

TUGAS AKHIR
ANALISIS SISTEM PEMBANGKIT PADA KAPAL TUGBOAT
DI PT WARUNA SHIPYARD INDONESIA

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Elektro Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

RIVANDI MA'ARIF
2107220081



PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATRA UTARA
MEDAN
2025

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan oleh:

Nama : Rivandi Ma'arif

NPM : 2107220081

Program Studi : Teknik Elektro

Judul Skripsi : Analisis Sistem Pembangkit Pada Kapal Tugboat Di PT
Waruna Shipyard Indonesia

Bidang Ilmu : Sistem Kendali

Telah Berhasil dipertahankan di hadapan tim penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 22 September 2025

Mengetahui dan menyetujui

Dosen Pembimbing



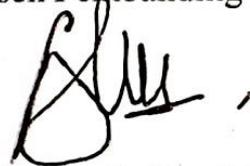
Dr. Elvy Sahnur Nasution S.T., M.pd

Dosen Pembanding I



Faisal Irsan Pasaribu, S.T, S.Pd., M.T

Dosen Pembanding II



Dr. Sudirman Lubis, S.T., M.T

Program Studi Teknik Elektro

Ketua



Dr. Elvy Sahnur Nasution, S.T., M.pd

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Surat yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Rivandi Ma'arif
Tempat / Tanggal Lahir : Medan / 11 September 2000
NPM : 2107220081
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Elektro

Menyatakan dengan Sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan tugas akhir saya yang berjudul:

“Analisis Sistem Pembangkit Pada Kapal Tugboat Di PT Waruna Shipyard Indonesia”

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian kerja hasil milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinil dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan / keserjanaan saya

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 22 September 2025

Saya yang menyatakan,



Rivandi Ma'arif

ABSTRAK

Kapal tugboat memiliki sistem pembangkit listrik yang menggunakan generator diesel dengan daya output sekitar 88 kW (merk Niigata, tipe SB-HW-64-SG.34, 3 fasa, 380/220V, 50 Hz, faktor daya 0,8). Generator ini dipilih untuk melayani kebutuhan beban listrik kapal, termasuk beban normal, puncak, dan darurat. Sistem distribusi yang digunakan adalah sistem radial dengan panel utama dan panel pembagi yang dilengkapi pengaman MCCB, ACB, dan kontaktor. Konsumsi bahan bakar dihitung berdasarkan beban kerja generator dan mesin induk dengan mempertimbangkan lama pelayaran, beban rata-rata, serta daya mesin, di mana efisiensi generator dipertahankan antara 78%–100%. Kapal juga dilengkapi generator darurat dan baterai emergency yang menyediakan daya sementara untuk peralatan keselamatan hingga sistem cadangan aktif. Hasil pengujian menunjukkan tegangan generator stabil pada 380 Volt dengan arus sekitar 40 Ampere dan daya keluaran ± 21 kW untuk beban yang diuji, sehingga sistem dinilai andal dan sesuai standar operasional kapal. Penelitian ini bertujuan menganalisis sistem pembangkit listrik kapal tugboat yang beroperasi di PT Waruna Shipyard Indonesia, dengan fokus pada tiga aspek utama: perhitungan kebutuhan daya, analisis konsumsi bahan bakar, serta evaluasi kapasitas cadangan (back-up) berupa baterai emergency. Metode yang digunakan adalah studi literatur, pengumpulan data lapangan, serta analisis teknis berdasarkan spesifikasi generator, MCCB, dan baterai cadangan. Hasil penelitian menyimpulkan bahwa kapasitas generator harus direncanakan 15–20% lebih besar dari beban puncak untuk menjamin kontinuitas suplai listrik. Konsumsi bahan bakar dipengaruhi oleh durasi pelayaran dan total daya yang dibutuhkan. Selain itu, kapasitas baterai emergency harus mencukupi pengoperasian peralatan penting seperti lampu darurat, pompa kebakaran, komunikasi, dan peralatan keselamatan lain selama periode blackout. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan dalam perencanaan dan pengelolaan sistem kelistrikan kapal agar lebih efisien, aman, dan sesuai standar BKI, sehingga keselamatan dan keandalan operasional kapal lebih terjamin.

Kata Kunci: sistem pembangkit listrik, kapal tugboat, daya listrik, konsumsi bahan bakar, baterai darurat.

ABSTRAK

The tugboat is equipped with a diesel generator system with an output power of approximately 88 kW (Niigata brand, type SB-HW-64-SG.34, 3-phase, 380/220V, 50 Hz, power factor 0.8). This generator is designed to supply the vessel's electrical demand, including normal, peak, and emergency loads. The distribution system applies a radial scheme with a main switchboard and sub-panels equipped with protection devices such as MCCB, ACB, and contactors. Fuel consumption is calculated based on generator workload and main engine operation by considering voyage duration, average load, and power demand, where generator efficiency is maintained between 78%–100%. The vessel is also equipped with an emergency generator and emergency batteries that provide temporary power for critical equipment until the back-up system becomes active. Test results indicate that the generator voltage remains stable at 380 Volts with a current of approximately 40 Amperes, producing ± 21 kW output under the tested load, thus confirming its reliability under operational standards.

This research aims to analyze the electrical power generation system of a tugboat operating at PT Waruna Shipyard Indonesia, focusing on three key aspects: ship power demand calculation, fuel consumption analysis, and evaluation of the back-up system capacity using emergency batteries. The research method combines literature study, field data collection, and technical analysis based on generator specifications, MCCB, and back-up batteries. The results conclude that generator capacity should be planned 15–20% higher than peak load to ensure continuous power supply. Fuel consumption depends on voyage duration and total electrical demand. Meanwhile, emergency battery capacity must be sufficient to operate essential equipment such as emergency lighting, fire pumps, communication systems, and other safety devices during blackout conditions. This research is expected to provide a reference for planning and managing ship electrical systems to achieve higher efficiency, safety, and compliance with BKI standards, thereby ensuring the reliability of ship operations.

Keywords: power generation system, tugboat, electrical power, fuel consumption, emergency battery.

KATA PENGANTAR

Dengan menyebut nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur kami panjatkan kepada Allah SWT, yang telah menetapkan segala sesuatu dengan sempurna, sehingga tiada sehelai daun pun yang jatuh tanpa izin-Nya. Alhamdulillah, atas rahmat dan petunjuk-Nya, penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul “ANALISIS SISTEM PEMBANGKIT PADA KAPAL TUGBOAT DI PT WARUNA SHIPYARD INDONESIA” sebagai salah satu syarat untuk meraih gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Dalam kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dan bantuan, baik secara langsung maupun tidak langsung, selama proses penyusunan skripsi ini. Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada:

1. Ayahanda Legino, Ibunda Sri Awan, Terima kasih atas doa, nasihat, dan kasih sayang yang tiada habisnya.
2. Bapak Dr. Agussani, M.A.P, selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T, selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Dr. Ade Faisal, M.Sc., Ph.D, selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Affandi, S.T., M.T, selaku Wakil Dekan III Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Faisal Irsan Pasaribu, S.T., M.T, selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

7. Ibu Elvy Sahnur, S.T., M.Pd, selaku Sekretaris Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Ibu Elvy Sahnur Nasution, S.T., M.Pd, yang dengan sabar telah membimbing, mengarahkan, dan memberikan masukan berharga selama proses penyusunan tugas akhir ini.
9. Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, atas ilmu yang sangat bermanfaat selama masa perkuliahan.
10. Bapak/Ibu Staf Administrasi Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, atas dukungan administratif yang diberikan.
11. Teman-teman Teknik Elektro, yang selalu memberikan dukungan, semangat, dan bantuan selama proses penyusunan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa laporan tugas akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat terbuka terhadap kritik dan saran yang membangun untuk perbaikan di masa mendatang. Harapan penulis, semoga laporan ini dapat memberikan manfaat, khususnya dalam bidang teknik elektro, dan menjadi kontribusi kecil bagi perkembangan dunia teknik.

Medan, 06 September 2025

Rivandi Ma'arif

DAFTAR ISI

BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Ruang Lingkup	4
1.4 Tujuan Penelitian	5
1.5 Manfaat Penelitian	5
1.6 Sistematika Penulisan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Tinjauan Pustaka Relafan	7
2.2 Mesin Generator	8
2.2.1 Generator Sinkron.....	9
2.2.2 Prinsip Kerja Generator Sinkron.....	10
2.3 Bagian Bagian Generator	10
a. stator.....	10
b. Dinamo stater	14
c. Governor	15
d. <i>Automatic Voltage Regulator (AVR)</i>	17
2.4 Generator Emergency	20
2.4.1 Relay	21
2.4.2 Kontaktor	22
2.4.3 <i>Push Button</i>	24
2.5 Jenis- Jenis Saklar Pemutus Tenaga	25
2.5.1 <i>Moulded Case Circuit Breaker (MCCB)</i>	25
2.5.2 <i>Mini Circuit Breaker (MCB)</i>	26
2.5.3 <i>Air Circuit Breaker (ACB)</i>	27
2.6 <i>Steering gear</i>	28
2.7 Ac split.....	30
2.8 baterai	32

2.9 Multitester	34
2.9.1 Bahan Bakar generator	36
2.9.2 Oil Water Seperator (OWS).....	38
2.9.3 Selector Switch.....	42
2.9.4 Maun Enggine.....	34
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	46
3.1 Waktu dan Tempat.....	46
1. Waktu	46
2. Tempat	46
3.2 Alat dan Bahan	46
3.3 Prosedur Kerja Alat.....	47
3.4 Tahapan Penelitian.....	48
3.5 Analisa Data.....	49
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	52
4.1. Keterangan daya kapal tugboat.....	52
4.2. Cara menghitung kebutuhan MCCB ada pada rumus persamaan	53
4.3 Menghitung Bahan Bakar Minyak.....	64
4.4 Menghitung kapasitas baterai	67
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	71
5.1 Kesimpulan	71
5.2 Saran	72
Daftar Pustaka	73

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Generator sinkron	9
Gambar 2.2 stator	13
Gambar 2.3 Dinamo stater	14
Gambar 2.4 govenor (Calder, 2007)	17
Gambar 2.5 <i>Automatic Voltage Regulator</i>	18
Gambar 2.6 Generator emergency	20
Gambar 2.7 kontaktor (Gede Siden Sudaryana)	23
Gambar 2.8 <i>Push button</i> (Gede Siden Sudaryana).....	24
Gambar 2.9 Bagian –bagian MCCB	25
Gambar 2.10 <i>Mini Circuit Breaker</i>	27
Gambar 2.11 <i>Air Circuit Breaker</i>	28
Gambar 2.12 Steering gear pada kapal Novriza (1980)	29
Gambar 2.13 Multitester	35
Gambar 2.14 oil water separator (OWS)	40
Gambar 2.15 Selector switch.....	42
Gambar 2.16 Instalasi mesin diesel pada kapal	44
Gambar 2.17 Injektor dan Proses Pembakaran	45
Gambar 2.18 Melepas Injektor dan Silinder Head	45
Gambar 4.1 Mengukur dengan multitester	53
Gambar 4.2 Mengukur dengan multitester	55
Gambar 4.3 Identifikasi nameplate Generator Set Kapal Tugboat ...	56
Gambar 4.4 Blok diagram sistem distribusi listrik di kapal tugboat.....	57
Gambar 4.5 Grafik hubungan arus eksitasi ke semua beban generator	63
Gambar 4.6 wiring Distribusi Baterai 24 VDC saat terjadi blackout ...	69

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Tugboat pelabuhan adalah kapal tunda yang digunakan untuk menarik atau mendorong kapal lain yang masuk dan keluar dari pelabuhan. Tugboat memiliki tenaga yang besar dibandingkan ukurannya, fungsi tugboat pelabuhan, menarik kapal besar yang akan bersandar ke pelabuhan, Menarik kapal rusak, menarik tongkang, menarik peralatan lainnya.

Kapal merupakan sarana utama dalam industri perikanan, transportasi, dan logistik maritim. Salah satu komponen kritis dalam operasi kapal adalah sistem pembangkit listrik, yang dihasilkan oleh mesin penggerak generator listrik. Keandalan mesin penggerak ini sangat penting untuk memastikan kontinuitas operasi kapal dan keselamatan awak kapal. Namun, mesin penggerak generator listrik pada kapal sering menghadapi berbagai tantangan operasional yang dapat menyebabkan kegagalan sistem.

Daya listrik merupakan hal yang sangat vital pada operasi kapal untuk keselamatan dan kenyamanan terhadap crew terutama penumpang. Ruang lingkup dan batasan sistem listrik dikapal secara khusus merupakan fungsi dari ukuran dan misi kapal. Sistem listrik dikapal adalah pembangkit daya, penerangan, komunikasi interior dan kontrol, sistem navigasi dan beberapa hal untuk keselamatan keperluan lainnya yang berhubungan dengan sistem listrik dan elektronik. Selama kapal berlayar dan berdiri sendiri dengan sumber dayanya, dalam hal ini pembangkit daya listrik dikapal diperlukan untuk menjaga kontinuitas pelayaran.

Perancangan kebutuhan sumber daya listrik dikapal umumnya mulai dilakukan pada tahap preliminari design kemudian terus berkembang dan dipertahankan terhadap penambahan detail sampai kedetail design. Dalam menentukan besarnya daya listrik dikapal setiap perancangan memperkirakan 2 (dua) pembangkit besar yang memenuhi kebutuhan listrik untuk berbagai

kondisi kapal, sehingga dapat diketahui daya listrik minimal dan maksimal. Pengamatan langsung dilapangan terhadap pengoperasian peralatan listrik dikapal untuk berbagai kondisi pelayaran dapat menjadi acuan perhitungan besar kebutuhan daya listrik sebenarnya. Hasilnya dapat digunakan untuk membandingkan antara perencanaan perhitungan kebutuhan daya dikapal dan kebutuhan daya listrik sebenarnya, sehingga dapat dipakai sebagai masukan terhadap pengembangan kapal selanjutnya. Sistem kelistrikan yang terdapat di kapal terdiri dari peralatan pembangkit daya, sistem distribusi dan juga berbagai macam peralatan listrik. Tenaga listrik yang digunakan sebagai penerangan, peralatan pendingin ruangan, penggerak motor mesin bantu dan juga untuk berbagai peralatan di dek kapal.

Penyediaan listrik yang kontinyu pada dasarnya sangat dibutuhkan untuk operasi peralatan kapal secara aman, oleh karena itu ketersediaan kapasitas daya generator yang memadai sangatlah penting. Dengan kondisi keterisoliran kapal pada saat berlayar, sehingga kapal juga harus dilengkapi dengan sistem pembangkit daya listrik darurat guna menghadapi kondisi darurat pada kapal. Generator sebagai sumber tenaga utama yang sanggup untuk mencukupi semua kebutuhan listrik di kapal, hal inilah yang menyebabkan terjadinya penumpukan daya pada instalasi kelistrikan di kapal. Penumpukan daya tersebut biasanya digunakan disaat tertentu dimana beberapa peralatan kapal sedang digunakan dalam waktu yang bersamaan. Sistem kapasitas generator dan peralatan listrik kapal terdapat kebutuhan maksimum dan minimum, kebutuhan maksimum sangat penting diketahui untuk menentukan kapasitas generator yang diperlukan.

Biro Klasifikasi Indonesiadalam rules Vol. IV 2004 mengisyaratkan sekurangnya 2 agregat yang terpisah dari mesin penggerak utama harus disediakan untuk pemberian daya listrik. Daya keluaran generator cukup untuk menutupi kebutuhan daya dalam palayaran ketika agregat rusak ataupun dihentikan (di-off-kan). Daya cadangan harus dimasukkan perhitungan untuk menutup kebutuhan daya pada puncak beban dalam waktu yang singkat, misalnya bila secara otomatis mengasut motor-motor besar. Apabila tidak ada petunjuk yang terperinci untuk menentukan persediaan daya yang cukup, daya keluaran

dari generator yang sekurang-kurangnya diperlukan untuk pelayaran selama pelayaran harus 20% lebih besar dari kebutuhan daya yang ditetapkan dalam electric balance daya. Untuk membuktikan bahwa instalasi generator diberi ukuran yang memadai, harus dilengkapi dengan suatu balance daya untuk instalasi listriknya. Kebutuhan daya harus ditetapkan untuk kondisi pelayaran, bongkar-muat dan kondisi darurat (emergency). Seluruh perlengkapan pemakaian daya listrik yang ada di kapal dan daya kerjanya (kapasitas) masing-masing peralatan harus tertera dalam suatu tabel untuk penentuan electric balance. Oleh karena itu melakukan koreksi terhadap kapasitas harga load factor peralatan dan diferency factor di kapal perlu melakukan Analisa Kebutuhan Daya Listrik Pada Kapal KM. Sabuk Nusantara92 Dengan Electric BalanceBKI

Menurut pengalaman penulis saat menjalani praktek kerja di PT. Waruna Shipyards Indonesia, Perusahaan ini bergerak dalam bidang industri maritim khususnya dalam layanan transportasi kapal tagboat dan galangan kapal tagboat. Pada saat melakukan praktek kerja, penulis ditempatkan pada bagian galangan kapal khususnya bagian electrical yang bertugas apabila ada laporan kerja dari pihak kapal untuk melakukan perbaikan sistem electrical kapal maka penulis dan teknisi akan berangkat ke kapal untuk melakukan pekerjaan tersebut.

Oleh karena itu, penulis tertarik untuk mengangkat judul ini sebagai tugas akhir penulis dengan judul **“ANALISIS SISTEM PEMBANGKIT PADA KAPAL TAGBOAT** memahami dan mencegah kegagalan mesin penggerak generator listrik, diperlukan analisis yang mendalam terhadap faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja mesin tersebut. Salah satu pendekatan yang efektif untuk melakukan analisis daya beban kapal agar tidak terjadi trip saat kapal berlayar.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana daya kapal tagboat yang digunakan saat berlayar?
2. Bagaimana jumlah bahan bakar saat berlayar ?
3. Bagaimana back up energi listrik pada kapal jika terjadi pemadaman?

1.3 Ruang Lingkup

Agar penelitian tugas akhir ini lebih terarah dan tanpa mengurangi maksud juga tujuannya, maka ditetapkan ruang lingkup penelitian sebagai berikut :

1. Menganalisis spesifikasi mesin pembangkit dan komponen pendukungnya (seperti generator, alternator, dan sistem distribusi daya) pada kapal tagboat. Ini mencakup perhitungan kebutuhan daya yang diperlukan oleh berbagai sistem di kapal.
2. Ruang lingkup ini meliputi penghitungan jumlah bahan bakar yang diperlukan oleh **main engine** dan **auxiliary engine** selama pelayaran normal. Perhitungan dilakukan berdasarkan durasi operasi, kapasitas mesin, dan konsumsi bahan bakar per jam. Tujuannya adalah untuk mengetahui estimasi kebutuhan bahan bakar harian serta cadangan yang harus disediakan guna menghindari kekurangan bahan bakar saat pelayaran.
3. Baterai emergency (baterai cadangan) pada kapal adalah sebagai sumber daya listrik sementara yang digunakan saat sistem daya utama mengalami kegagalan atau saat diperlukan untuk mengoperasikan sistem penting. Baterai emergency ini digunakan untuk menyalakan peralatan keselamatan, penerangan darurat, dan alat komunikasi darurat.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui berapa besar kapasitas daya pada kapal tagboat.
2. Menganalisis bahan bakar kapal saat berlayar.
3. Untuk menganalisis back up energi listrik pada kapal jika terjadi pemadaman.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian yang ingin di capai penulis dalam pembuatan skripsi/tugas akhir ini adalah :

1. Mengetahui dan menghitung besarnya daya pada kapal tagboat.
2. Mengetahui biaya listrik membantu perusahaan pelayaran atau operator kapal dalam menyusun anggaran operasional dengan lebih tepat dan realistis.
3. Baterai emergency berfungsi sebagai sumber daya listrik alternatif ketika sistem kelistrikan utama kapal mengalami kegagalan, seperti gangguan generator utama dan kebocoran, kebakaran dan korsleting.

1.6 Sistematika Penulisan

Dalam upaya untuk mencapai pembuatan tugas akhir yang maksimal sehingga mencapai sebuah pemahaman ilmu pengetahuan. Maka penelitian tugas akhir ini disusun dengan sistematika yang terdiri dari 5 bab, yang setiap bab nya memiliki penjelasan berdasarkan pengalaman kerja praktik di perusahaan pelayaran disusun secara berkesinambungan yang dalam pembahasannya merupakan satu rangkaian yang tidak terpisahkan, adapun sistematika penelitian tersebut disusun sebagai berikut :

a. BAB I PENDAHULUAN

Dalam bab ini peneliti menjelaskan mengenai uraian dan penjelasan yang melatar belakangi pemilihan judul skripsi, rumusan masalah, ruang lingkup penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian, metode penulisan, dan sistematika penulisan.

b. BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Dalam bab ini menjelaskan mengenai tinjauan pustaka yang berisikan teori dan gambaran pengetahuan yang ada saat ini sehingga disusun dalam satu kesatuan utuh untuk dijadikan landasan penyusunan kerangka pemikiran dan definisi tentang istilah lain dalam penelitian.

c. BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Dalam bab ini menjelaskan mengenai jenis metode penelitian, waktu dan tempat penelitian, sumber data, teknis analisis data dan prosedur penelitian.

d. BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini menjelaskan mengenai uraian hasil penelitian dan pemecahan masalah guna memberikan jalan keluar atas masalah yang dihadapi.

e. BAB V PENUTUP

Pada bagian penutup berisikan kesimpulan dari hasil analisa dan pembahasan masalah yang menghasilkan saran yang dapat bermanfaat bagi pihak yang terkait sesuai dengan fungsi penelitian.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka Relevan

Pengertian Genset (Generator set) menurut Suprianto (2015) adalah suatu mesin yang dapat mengubah energy mekanik menjadi tenaga listrik melalui proses induksi electromagnetik. Menurut Wiki Pedia Genset (Generator set) adalah merupakan perangkat atau gabungan antara Generator atau Alternator dan Engine (mesin) yang dapat digunakan sebagai slat pembangkit Listrik. Sebelum Genset (Generator set) dikenal luas, Genset (Generator set) awalnya ditemukan oleh dua (2) orang, yang pertama adalah Michael Faraday dan juga Rudolph Diesel.

Pada tahun (1831) Michael Faraday menemukan induksi elektromagnetik yang kemudian berkembang menjadi Generator Modern. Sedangkan kelanjutannya, Rudolph diesel merupakan sosok penemu Generator Diesel itu sendiri, dimana ia mulai mengeluarkan hak paten mesin-mesinnya pada tahun (1892).

Pengertian mesin diesel menurut Zainal Arifin mesin diesel adalah sejenis mesin pembakaran dalam; lebih spesifik lagi, sebuah mesin pemicu kompresi, dimana bahan bakar dinyalakan oleh suhu tinggi gas yang dikompresi, dan bukan oleh alat berenergi lain (seperti busi).

Mesin diesel pertama kali ditemukan oleh Rudolph Cristian Karl Diesel atau lebih dikenal Rudolph Diesel (1892). Mesin diesel termasuk mesin dengan pembakaran dalam atau disebut dengan motor bakar, ditinjau dari cara memperoleh energi termalnya (energi panas). Untuk membangkitkan listrik, sebuah mesin diesel dihubungkan dengan generator dalam satu poros (poros dari mesin diesel dikopel dengan poros generator).

2.2 Mesin Generator

Energi listrik kapal perikanan Pukat Cincin di hasilkan dari Generator Set. Dimana, putaran pada Generator di salurkan oleh putaran dari mesin diesel yang menggunakan bahan bakar solar. Diketahui, keluaran dari Generator adalah tegangan, daya, dan arus listrik. Dimana, mempengaruhi faktor dari nilai Daya Semu dan Daya aktif. Kebutuhan daya beban listrik yang berhubungan dengan kapasitas dari Generator harus memiliki nilai efisiensi dari 78% atau sampai dengan 100%. Bertujuan agar tidak terjadi kerugian secara ekonomis serta peninjauan kecepatan putaran mesin penggerak Generator. Meninjau hal tersebut, penelitian kali ini bertujuan agar memperoleh indentifikasi efisiensi penggunaan Generator.

Generator Set adalah sebuah perangkat yang berfungsi menghasilkan daya listrik. Disebut sebagai Generator Set dikarenakan suatu set peralatan gabungan dari dua perangkat berbeda yaitu mesin dan Generator atau alternator. Mesin (Engine) sebagai perangkat pemutar sedangkan Generator atau alternator sebagai perangkat pembangkit listrik. Engine dapat berupa perangkat mesin disel berbahan bakar solar, mesin berbahan bakar bensin, mesin gas, maupun mesin turbin. Ada bermacam macam mesin sesuai dengan kebutuhan. Sedangkan Generator atau alternator merupakan kumparan atau gulungan tembaga yang terdiri dari stator (kumparan statis) dan rotor (kumparan berputar). Pada hakikatnya, sebuah mesin digunakan untuk memutar sebuah Generator pembangkit yang terbuat dari sekumpulan kawat tembaga. Hasil putaran tersebut menghasilkan medan magnet yang apabila diputar terus menerus dalam suatu kecepatan yang konstan dan berkelanjutan akan menghasilkan arus listrik. Dalam ilmu fisika yang sederhana dapat dijelaskan bahwa engine memutar rotor pada Generator sehingga timbul medan magnet pada kumparan stator Generator, medan magnet yang timbul pada stator dan berinteraksi dengan rotor yang berputar akan menghasilkan arus listrik sesuai hukum Lorentz (Badaruddin & Hardiansyah, 2015).

Penentuan kapasitas maupun dimensi generator harus disesuaikan dengan kebutuhan, tidak boleh terlalu kecil kapasitasnya dan tidak boleh terlalu besar dalam dimensinya. Oleh karena itu, sistem instalasi yang dibutuhkan tinjauan dari segi keamanan, dan keselamatan awak kapal dan kondisi teknis kapal. Beberapa kejadian kecelakaan kapal yang disebabkan oleh hubungan singkat listrik pada kapal yang mengabaikan peraturan instalasi umum listrik (PUIL) (Ridwan, 2015).

2.2.1 Generator Sinkron

Generator sinkron merupakan salah satu jenis generator listrik dimana terjadi proses pengkonversian energi dari energi mekanik ke energi listrik yang dihasilkan oleh putaran kumparan rotor yang memotong suatu medan elektromagnetik yang dihasilkan di stator sehingga kemudian menyebabkan timbulnya energi listrik.

Dikatakan generator sinkron karena jumlah putaran rotornya sama dengan jumlah putaran medan magnet pada stator. Kecepatan sinkron ini dihasilkan dari kecepatan putar rotor dengan ku-tub-kutub magnet yang berputar dengan kecepatan yang sama dengan medan putar pada stator. Kumparan medan pada generator sinkron terletak pada rotornya sedangkan kumparan jangkarnya terletak pada stator. Induksi elektromagnetik yang terjadi dalam generator merupakan bentuk aplikasi nyata dari Hukum Faraday yang menyatakan: “Jika sebuah penghantar memotong garis-garis gaya dari sebuah medan magnetik (flux) yang konstan, maka pada penghantar tersebut akan timbul tegangan induksi [1]



Gambar 2.1 Generator sinkron

2.2.2 Prinsip Kerja Generator Sinkron

Ketika kumparan medan yang terdapat pada rotor dihubungkan dengan sumber eksitasi tertentu yang akan mensuplai arus searah terhadap kumparan medan. Dengan adanya arus searah yang mengalir melalui kumparan medan maka akan menimbulkan fluksi yang besarnya terhadap waktu adalah tetap. Penggerak awal (Prime Mover) yang sudah terkopel dengan rotor segera dioperasikan sehingga memutar rotor pada kecepatan nominalnya.

Perputaran rotor tersebut sekaligus akan memutar medan magnet yang dihasilkan oleh kumparan medan. Medan putar yang dihasilkan pada rotor, akan diinduksikan pada kumparan jangkar sehingga pada kumparan jangkar yang terletak di stator akan dihasilkan fluks magnetik yang berubah-ubah besarnya terhadap waktu.

Untuk generator sinkron tiga fasa, digunakan tiga kumparan jangkar yang ditempatkan di stator yang disusun dalam bentuk tertentu, sehingga susunan kumparan jangkar yang sedemikian akan membangkitkan tegangan induksi pada ketiga kumparan jangkar yang besarnya sama tapi berbeda fasa 120° satu sama lain. Setelah itu ketiga terminal kumparan jangkar siap menghasilkan energi listrik. [1]

2.3 Bagian Bagian Generator

a. stator

Dalam proses menghasilkan listrik, stator dan rotor bekerja sama dalam suatu sistem yang saling melengkapi. Stator, yang terdiri dari kumparan kawat yang dililitkan pada kerangka statis, berperan sebagai medan magnet statis. Ketika rotor, yang terdiri dari magnet permanen atau kumparan kawat yang dialiri arus listrik, diputar di dalam stator, terjadi interaksi antara medan magnet stator dan rotor. Rotasi rotor menyebabkan perubahan fluks magnet pada kumparan stator, yang selanjutnya menginduksi ggl (gaya gerak listrik) pada kumparan. Ggl ini kemudian diubah menjadi energi listrik melalui proses induksi elektromagnetik. Arus listrik yang dihasilkan dialirkan ke rangkaian eksternal untuk dimanfaatkan.

Interaksi antara stator dan rotor inilah yang menjadi prinsip dasar kerja generator dan motor listrik. Stator menyediakan medan magnet yang diperlukan untuk menghasilkan ggl, sedangkan rotor bertanggung jawab untuk menghasilkan gerakan putar yang memicu perubahan fluks magnet pada kumparan stator.

Tanpa komponen stator dan rotor yang bekerja sama, proses menghasilkan listrik tidak dapat terjadi. Oleh karena itu, kedua komponen ini menjadi elemen penting dalam berbagai perangkat elektromekanik yang mengandalkan energi listrik.

- Pada generator AC, stator menghasilkan medan magnet statis, sedangkan pada generator DC, stator berupa kumparan yang berputar.
- Ggl yang dihasilkan oleh stator pada generator AC bersifat bolak-balik, sedangkan pada generator DC bersifat searah.

Perawatan Stator

Menjaga stator dengan baik adalah kunci agar genset tetap berkinerja maksimal dan umurnya panjang. Nah, ini dia beberapa tips yang bisa kita ikuti!

- **Bersihkan secara rutin:** Lakukan pembersihan teratur pada stator untuk menghilangkan debu, kotoran, dan minyak yang bisa mengganggu aliran udara dan menyebabkan overheating. Gunakan kain kering dan hindari penggunaan air atau bahan pembersih yang kasar.
- **Periksa kumparan:** Rutin periksa kondisi kumparan stator untuk memastikan tidak ada kerusakan seperti retak, terkelupas, atau kusut. Jika ditemukan kerusakan, segera ganti kumparan untuk mencegah korsleting dan kerusakan lebih lanjut.
- **Monitor suhu:** Lakukan pemantauan suhu stator secara berkala menggunakan termometer inframerah. Suhu yang tinggi dapat menandakan adanya masalah seperti korsleting atau beban berlebih.
- **Ukur isolasi:** Lakukan pengukuran isolasi stator secara teratur untuk memastikan nilai resistansi yang tepat. Isolasi yang rendah dapat menyebabkan kebocoran arus dan kerusakan pada komponen lainnya.

Selain itu, saat melakukan perawatan perhatikan juga tanda-tanda kerusakan stator seperti suara berisik, getaran yang berlebihan, bau terbakar, kinerja yang menurun, dan lain sebagainya. Sebelum menemukan tanda-tanda tersebut, lakukan langkah pencegahan ini!

- Pastikan stator terpasang dengan kuat dan sesuai pada struktur genset untuk menghindari getaran berlebihan yang bisa merusak.
- Jangan melebihi kapasitas beban genset untuk mencegah kerusakan pada stator dan bagian lainnya.
- Gunakan perangkat perlindungan seperti *surge arrester* untuk melindungi stator dari lonjakan tegangan yang bisa menyebabkan kerusakan.
- Lakukan pemantauan secara berkala terhadap kondisi stator untuk mendeteksi tanda-tanda kerusakan sedini mungkin.

Masalah Umum Pada Stator

Stator, sebagai bagian penting dalam generator dan motor listrik, rentan terhadap sejumlah masalah yang bisa mengganggu kinerjanya. Masalah-masalah umum ini bisa menjadi tantangan, tetapi ada solusi untuk mengatasinya. *Overheating* atau kepanasan berlebihan bisa disebabkan oleh beban yang terlalu berat, ventilasi yang kurang baik, kerusakan pada bantalan, atau kegagalan sistem pendingin. Gejalanya bisa berupa suhu stator yang tinggi, suara yang tidak biasa, dan bau terbakar. Solusinya termasuk mengurangi beban, membersihkan ventilasi, memeriksa serta mengganti bantalan yang rusak, dan memeriksa sistem pendingin.

Lainnya, kerusakan isolasi bisa disebabkan oleh kelembapan, tegangan yang terlalu tinggi, atau getaran berlebihan. Gejalanya termasuk penurunan tegangan output, kebocoran arus, dan *ground fault*. Solusinya adalah melakukan pengukuran isolasi secara rutin, menjaga stator tetap kering, memasang *surge arrester*, dan memeriksa bantalan serta rangka stator.

Terakhir, keausan mekanis bisa disebabkan oleh gesekan, getaran, atau keausan normal. Gejalanya meliputi suara berisik, getaran yang berlebihan, dan

penurunan kinerja. Solusinya termasuk memeriksa dan mengganti bantalan yang aus, memeriksa kecocokan antara rotor dan stator, serta memeriksa keausan pada komponen lain yang terkait.



Gambar 2.2 stator

Pentingnya Stator dalam Efisiensi Genset

Stator dalam genset memiliki peran yang sangat penting dalam menentukan seberapa efisien dan kuatnya daya yang dihasilkan. Stator yang terawat dengan baik akan menciptakan medan magnet yang stabil, memungkinkan konversi energi yang optimal dari mekanik ke listrik. Namun, stator yang rusak dapat mengakibatkan kebocoran energi dan penurunan efisiensi, sehingga meningkatkan konsumsi bahan bakar dan menurunkan *output* daya genset.

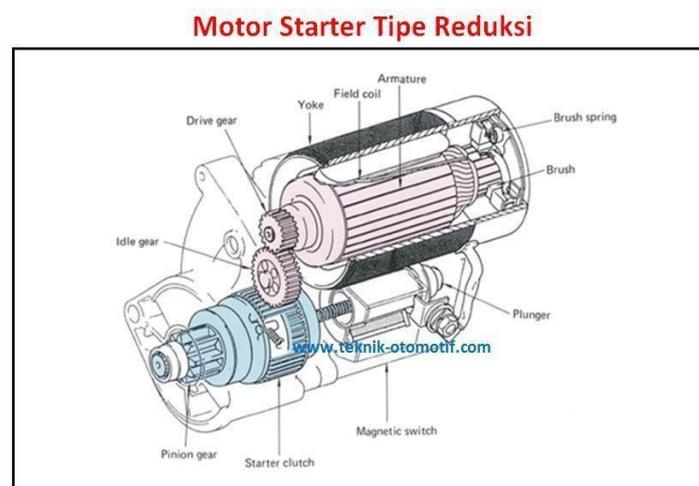
Efek stator yang sehat atau bermasalah juga berpengaruh pada *output* daya genset. Stator yang baik akan menciptakan medan magnet yang kuat, memungkinkan genset menghasilkan output daya yang maksimal. Namun, stator yang bermasalah dapat mengakibatkan penurunan *output* daya dan memperpendek umur genset.

Merawat stator dengan baik tidak hanya memperpanjang usia genset secara keseluruhan, tetapi juga mengurangi biaya operasional. Efisiensi yang tinggi dan *output* daya optimal akan menghemat biaya bahan bakar dan operasional secara keseluruhan, meningkatkan profitabilitas penggunaan genset.

Dengan demikian, menjaga kesehatan stator merupakan hal penting dalam memastikan kinerja optimal, umur panjang, dan efisiensi biaya genset.

b. Dinamo stater

Dinamo starter adalah salah satu bagian dari sistem pada A/E (*auxiliary Engine*) mesin bantu pada kapal tepatnya pada Diesel Generator, untuk memberikan putaran awal pada mesin agar dapat menjalankan sistem kerjanya, yaitu dengan merubah energi listrik menjadi energi gerak untuk memutar fly wheel melalui pinion gear pada Dinamo starter, dan selanjutnya dapat bekerja dengan memberikan putaran mesin melalui siklus pembakaran pada ruang bakar. Fungsi Dinamo starter adalah suatu bagian pada Mesin Diesel generator yang berfungsi untuk penggerak awal pada mesin sehingga mesin dapat berputar dan melakukan proses pembakaran didalam ruang bakar. Pada system kerjanya Dinamo Starter mendapatkan arus listrik dari batteray untuk dapat menjalankan system kerjanya yaitu untuk dapat menghidupkan mesin pada saat start awal. Perawatan Dinamo Stater yaitu dengan melakukan : cukup dengan menjaga komponen terhindar dari tetesan air atau korosi, pengecekan rutin air radiator dan pembersihan filter udara secara berkala.



Gambar 2.3 Dinamo stater

c. Governor

Governor bekerja berdasarkan prinsip feedback pada saat beroperasi dimaksudkan bahwa ketika beban berubah maka kecepatan putaran mesin juga cenderung berubah. Governor mendeteksi setiap perubahan yang terjadi, dan mengoreksi aliran suplai bahan bakar untuk mengembalikan putaran mesin ke nilai yang diinginkan. Jenis governor yang digunakan dalam mesin diesel kapal, yaitu governor mekanis, hidro-mekanis, dan elektronik (EUR, 2020). Masing-masing jenis memiliki mekanisme kontrol yang berbeda, namun fungsi utama sama yaitu menjaga kestabilan kecepatan putaran mesin. Meskipun governor memiliki peran krusial dalam mengatur kecepatan putaran mesin, namun perangkat ini tidak kebal terhadap kegagalan. Error pada governor menyebabkan ketidakstabilan putaran mesin, sehingga mengakibatkan berbagai masalah operasional. (Revision, 2020),

Ketidakstabilan putaran mesin menurunkan efisiensi bahan bakar, meningkatkan emisi gas buang, dan mempercepat keausan komponen mesin. Hal lain yaitu menyebabkan terjadinya getaran berlebihan yang dapat merusak struktur kapal dan mengurangi kenyamanan dari sisi penumpang kapal. Kerusakan governor disebabkan oleh berbagai faktor, yaitu kerusakan sisi mekanis, kegagalan elektronik, dan kesalahan kalibrasi. Penyebab kerusakan mekanis terjadi akibat keausan atau patahnya komponen internal governor. Permasalahan elektrikal seringkali terkait dengan masalah pada sensor, transmiter dan juga kondisi kabel dalam kondisi tidak baik atau rusak.

Salah satu permasalahan yang cukup banyak dibahas dalam industri maritim adalah error pada governor. Governor bekerja dengan menerima sinyal masukan dan mengubah sinyal tersebut menjadi tindakan fisik, seperti mengatur banyaknya aliran bahan bakar ke dalam mesin diesel. Berdasarkan permasalahan tersebut maka dilakukan penelitian ini, guna memberikan rekomendasi praktis bagi teknisi kapal untuk meningkatkan kegiatan perawatan dan mengatasi masalah ketidakstabilan putaran mesin. Implementasi hasil penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan keselamatan dan efisiensi operasional kapal secara keseluruhan.

Governor sebagai perangkat elektro mekanis yang digunakan untuk mengatur kecepatan putaran mesin diesel agar tetap stabil, meskipun beban yang diterima oleh mesin berubah ubah. Komponen vital ini sebagai sistem pengendalian kecepatan mesin diesel, bertugas mengatur suplai bahan bakar atau aliran udara untuk memastikan mesin tetap beroperasi pada kecepatan yang diinginkan. Prinsip kerja governor mencakup beberapa tahapan utama yaitu, pertama sensor kecepatan putaran mesin dan mengirimkan data tersebut ke pengontrol. Pengontrol kemudian membandingkan kecepatan aktual mesin dengan kecepatan yang diinginkan (set point) dan menghasilkan sinyal koreksi jika terdapat perbedaan. Sinyal ini direspon governor dengan mengatur posisi katup bahan bakar atau udara untuk menyesuaikan kecepatan mesin. Dengan cara ini, governor menjaga kestabilan kecepatan mesin meskipun terjadi perubahan beban atau kondisi operasi lainnya. (Calder, 2007).

Permasalahan pada governor muncul saat aktivitas pemeliharaan tidak tepat. Salah satu permasalahan yang sering terjadi adalah sensor kecepatan yang mulai menunjukkan tanda abnormal, yaitu parameter tidak konsisten atau tidak akurat. Hal ini mengakibatkan transmiter memberikan sinyal yang salah, sehingga menyebabkan governor gagal mengatur kecepatan mesin dengan baik dan benar.

Spesifikasi Teknis Umum (contoh untuk governor mesin diesel kapal):

- Rentang Kecepatan Kerja: 500 – 1800 RPM (tergantung mesin).
- Akurasi Pengaturan Kecepatan: $\pm 0.25\%$ dari kecepatan nominal.
- Waktu Respons: 0,1 – 1 detik tergantung tipe (elektronik lebih cepat).
- Mode Operasi: Isochronous (kecepatan konstan) atau Droop (kecepatan turun saat beban naik, cocok untuk paralel).
- Tipe Aktuator: Mekanik, hidrolis, atau motor servo elektronik.
- Kapasitas Beban: Disesuaikan dengan daya mesin (dari <100 kW hingga >10 MW).
- Konsumsi Daya (Electronic Governor): 12V/24V DC, sekitar 20-50 Watt.

Prinsip Umum Kerja

1. Mesin berputar → governor mendeteksi kecepatan (melalui gaya sentrifugal, sensor kecepatan, atau tekanan).
2. Jika beban bertambah → putaran mesin cenderung turun. Governor menambah suplai bahan bakar (atau membuka katup) agar putaran kembali ke setpoint.
3. Jika beban berkurang → putaran mesin naik. Governor mengurangi suplai bahan bakar agar tidak overspeed.
4. Proses ini terus berlangsung otomatis agar kecepatan stabil.



Gambar 2.4 governor

d. Automatic Voltage Regulator (AVR)

Automatic Voltage Regulator (AVR) adalah sebuah divais pengatur tegangan yang digunakan pada generator sinkron untuk menyetabilkan tegangan keluaran yang dihasilkan dari generator sinkron. AVR memegang peranan penting dalam pembentukan tegangan terminal generotor sinkron dalam suatu pembangkit. Adanya perubahan-perubahan beban akan menyebabkan tegangan output terminal generator berubah-ubah sehingga dibutuhkan alat penyetabil tegangan (AVR) dengan melihat nilai arus eksitasi pada penguat tegangan

(eksiter). Persentase tegangan jatuh (drop tegangan) yang terjadi antara tegangan yang dibangkitkan generator terhadap tegangan *ouput* generator dapat dilihat dari nilai regulasi tegangan. peran dan penggunaan AVR sebagai pengendali tegangan generator sinkron Unit II Meidensha.



Gambar 2.5 *Automatic Voltage Regulator*

Prinsip kerja *Automatic Voltage Regulator* (AVR)

Apabila tegangan output generator dibawah tegangan normal tegangan generator, maka AVR akan memperbesar arus pengutan (*exitacy*) pada exiter. Dengan demikian apabila terjadi perubahan tegangan output generator akan dapat distabilkan oleh AVR secara otomatis dikarenakan dilengkapi dengan peralatan seperti alat yang digunakan untuk pembatasan minimum ataupun maksimum yang bekerja secara otomatis. Tiga keadaan AVR, yaitu :

- a) Jika tegangan output tinggi maka error signal(+) AVR akan memberikan perintah untuk mengurangi arus eksitasi
- b) Jika tegangan cocok dengan harga set point (0) maka AVR tidak akan memberikan perintah apapun
- c) Jika tegangan output rendah maka error signalakan (-) maka AVR akan memberi perintah agar menambahkan arus eksitasi.

Sistem eksitasi

Sistem eksitasi adalah sistem mengalirnya pasokan listrik arus searah sebagai penguatan pada generator listrik, sehingga menghasilkan tenaga listrik dan

besar tegangan keluaran bergantung pada besarnya arus eksitasi. Kontrol system eksitasi menghasilkan tegangan emf generator. Oleh karena itu, kontrol tersebut tidak hanya untuk mengontrol power faktor, arus, dan perbaikan variabel lain. Sistem eksitasi pada generator listrik terdiri dari 2 macam, yaitu

1. Sistem eksitasi menggunakan sikat Sistem eksitasi menggunakan sikat (brush excitation), sumber tenaga listrik berasal dari sumber listrik yang berasal dari generator arus searah (DC) atau generator arus bolak balik (AC) yang disearahkan terlebih dahulu dengan menggunakan rectifier. Jika menggunakan sumber listrik yang berasal dari generator AC atau permanent Magnet Generator (PMG) medan magnetnya adalah magnet permanent. Dalam lemari penyearah tegangan listrik arus bolak-balik diubah atau di searahkan menjadi tegangan arus searah untuk mengontrol kumparan medan exciter utama (main exciter). Untuk mengalirkan arus eksitasi dari main exciter ke rotor generator menggunakan slip ring dan sikat arang, demikian juga penyaluran arus yang berasal dari pilot exciter ke main exciter.
2. Sistem eksitasi tanpa menggunakan sikat Penggunaan sikat atau slip ring untuk menyalurkan arus eksitasi ke rotor generator eksitasi tanpa menggunakan sikat (*brushless excitation*). Keuntungan sistem eksitasi tanpa menggunakan sikat, antara lain adalah:
 - a. Energi yang diperlukan untuk eksitasi diperoleh dari poros utama (main shaft), sehingga keandalannya tinggi.
 - b. Biaya perawatan berkurang karena pada sistem eksitasi tanpa sikat (*brushless excitation*) tidak terdapat sikat, komutator dan slip ring.

Pada sistem eksitasi tanpa sikat (*brushless excitation*) tidak terjadi kerusakan isolasi karena melekatnya debu karbon pada farnish akibat sikat arang. Mengurangi kerusakan (*trouble*) akibat udara buruk (*bad atmosphere*) sebab semua peralatan ditempatkan pada ruang tertutup. Selama operasi tidak diperlukan penggantian sikat, sehingga meningkatkan keandalan operasi dapat berlangsung kontinua pada waktu yang lama. Pemutus medan generator (*generator field breaker*), field generator dan bus exciter atau kabel tidak diperlukan lagi. Biaya

pondasi berkurang, sebab aluran udara dan bus exciter atau kabel tidak memerlukan pondasi.

2.4 Generator Emergency

Generator merupakan perangkat yang mampu menghasilkan daya listrik. Alat ini berfungsi sebagai back-up apabila terjadi black out dimana tidak ada suplai energi listrik dari luar untuk peralatan pembangkit. Generator emergency atau disebut juga dengan generator berpenggerak diesel yang berarti gabungan dari dua komponen yaitu mesin dan generator. Mesin bekerja sebagai pemutar sedangkan generator atau alternator bekerja sebagai pembangkit listrik dimana mesin berbahan bakar HSD (*High Speed Diesel*) yang dapat menghasilkan putaran untuk memutar generator yang terdiri atas gulungan atau kumparan tembaga yang terdiri dari kumparan rotor (kumparan berputar) dan kumparan stator (kumparan statis).

Mesin memutar generator sehingga menimbulkan medan magnet pada generator, medan magnet yang ditimbulkan stator dan bertemu dengan rotor yang diputar maka akan menghasilkan tenaga listrik. Dalam keadaan normal, listrik yang digunakan oleh pembangkit dipasok dari generatornya sendiri. Namun jika semua generator utama pembangkit mati, maka listrik harus dipasok dari sistem kelistrikan. Namun, dalam kejadian pemadaman listrik, sistem juga tidak mendapat pasokan listrik. Sehingga dalam keadaan seperti ini, diperlukan asut gelap atau Black Start untuk memulai ulang pembangkit, agar dapat kembali beroperasi normal.



Gambar 2.6 Generator emergency

2.4.1 Relay

Relay adalah sebuah saklar yang dikendalikan oleh arus bandingan piranti ini dengan saklar reed, relay memiliki sebuah kumparan tegangan rendah yang dililitkan pada sebuah inti. Terdapat sebuah armatur besi yang akan tertarik menuju inti apabila arus mengalir melewati kumparan. Armatur ini terpasang pada sebuah tuas terpegas .ketika armatur tertarik menuju ini,kontak jalur bersama akan berubah posisi dari kontak normal-tertutup ke kontak normal-terbuka Secara sederhana relay elektromekanis ini didefinisikan sebagai berikut: (Bishop, Owen. 2004)

Sebagai komponen elektronika, relay mempunyai peran penting dalam sebuah sistem rangkaian elektronika dan rangkaian listrik untuk menggerakkan sebuah perangkat yang memerlukan arus besar tanpa terhubung langsung dengan perangkat pengendali yang mempunyai arus kecil. Dengan demikian relay dapat berfungsi sebagai pengaman. Relay terdiri dari 3 bagian utama, yaitu:

1. Common, merupakan bagian yang tersambung dengan *Normally Close* (dalam keadaan normal).
2. Koil (kumparan), merupakan komponen utama relay yang digunakan untuk menciptakan medan magnet.
3. Kontak, yang terdiri dari *Normally Close* dan *Normally Open*.



2.7 Relay

Prinsip Kerja

Relay merupakan komponen listrik yang memiliki prinsip kerja magnet dengan induksi listrik. Relay terdiri atas bagian-bagian utama sebagai berikut.

1. *Coil* atau Kumparan, merupakan gulungan kawat yang mendapat arus listrik. adalah sejenis saklar yang pergerakannya tergantung dari ada tidaknya arus listrik di *coil*.
2. *Contact* atau Penghubung, adalah sejenis saklar yang pergerakannya tergantung dari ada tidaknya arus listrik di *coil*. *Contact* ada 2 jenis, yaitu: *Normally Open* (kondisi awal sebelum diaktifkan *open*), dan *Normally Closed* (kondisi awal sebelum diaktifkan *close*).

Fungsi Relay

Fungsi atau kegunaan *relay* dalam dunia elektronika sebenarnya juga sama seperti dalam teknik listrik. Hanya saja kebanyakan *relay* yang digunakan dalam teknik elektronika adalah *relay* dengan *voltase* kecil seperti 6 Volt, 12 Volt, 24 Volt berbeda dengan teknik listrik yang memakai *relay* 220 Volt dan 110 Volt. Namun ada juga dalam teknik elektronika yang memakai *relay* dengan *voltase* tinggi. Walau ada perbedaan pemakaian *voltase* pada *relay*, sebenarnya *relay* memiliki fungsi atau kegunaan yang sama yakni sebagai alat pengganti saklar yang bekerja untuk mengontrol atau membagi arus listrik ataupun sinyal lain ke sirkuit rangkaian lainnya.

2.4.2 Kontaktor

Magnetic Contactor (MC) adalah sebuah komponen yang berfungsi sebagai penghubung/ kontak dengan kapasitas yang besar dengan menggunakan daya minimal. Dapat dibayangkan MC adalah relai dengan kapasitas arus yang lebih besar. Umumnya MC terdiri dari 3 pole kontak utama (main contact) dan kontak bantu (*auxiliary contact*). Untuk menghubungkan kontak adalah dengan cara memberikan tegangan pada koil MC sesuai spesifikasinya. Fungsi dari Kontak utama terdiri dari kontak tiga NO dan kontak bantu terdiri dari kontak NO dan NC.

Kontak utamanya mempunyai luas bidang kontak lebih luas dan tebal sedang kontak bantu lebih kecil dan tipis. Kontak utama digunakan untuk mengalirkan arus utama untuk aliran 3 fasa, misalnya motor listrik, pesawat pemanas dan sebagainya, sedangkan kontak bantu digunakan untuk mengalirkan arus bantu yaitu arus kontrol dan sinyal yang diperlukan untuk rangkaian utama. Kontak *Normally Open* = NO berarti saat kontaktor magnet belum bekerja kedudukan kontak membuka, bila kontaktor bekerja kontak itu menutup/menghubung. Sedang kontak *Normally Close* = NC, berarti saat kontaktor normal/belum bekerja kedudukannya menutup dan bila kontaktor bekerja kontak itu membuka. .(Gede Siden Sudaryana) [8]



Gambar 2.7 Kontaktor

Cara kerja kontaktor

Apabila kumparan utama dialiri arus, maka akan timbul medan magnet pada inti besi yang akan menarik inti besi dari kumparan hubung singkat yang dikopel dengan kontak utama dan kontak Bantu dari kontaktor tersebut. Hal ini akan mengakibatkan kontak utama dan kontak bantunya akan bergerak dari posisi normal dimana kontak NO akan tertutup sedangkan NC akan terbuka.

Selama kumparan utama kontaktor tersebut masih dialiri arus, maka kontak-kontaknya akan tetap pada posisi operasinya. Apabila pada kumparan kontaktor diberi tegangan yang terlalu tinggi maka akan menyebabkan berkurangnya umur atau merusak kumparan kontaktor tersebut. Tetapi jika tegangan yang diberikan terlalu rendah maka akan menimbulkan tekanan antara

kontak kontak dari kontaktor menjadi berkurang. Hal ini menimbulkan bunga api pada permukaannya serta dapat merusak kontak-kontaknya. Besarnya toleransi tegangan untuk kumparan kontaktor adalah berkisar 85% - 110% dari tegangan kerja kontaktor.

2.4.3 Push Button

Saklar tombol tekan (*Push button*) adalah saklar tekan yang berfungsi untuk menghubungkan atau memisahkan bagian-bagian dari suatu instalasi listrik satu sama lain. Prinsip kerja Push Button yaitu :

(a) Tipe *Normally Open* (NO) Tombol ini disebut juga dengan tombol start karena kontak akan menutup bila ditekan dan kembali membuka saat dilepas. Bila tombol ditekan maka kontak bergerak dan menyentuh kontak tetap sehingga arus listrik akan mengalir (ON).

(b) Tipe *Normally Close* (NC) Tombol ini disebut juga dengan tombol stop karena kontak akan membuka bila ditekan dan kembali menutup bila dilepaskan. Kontak bergerak akan lepas dari kontak tetap sehingga arus listrik akan terputus (OFF).

(c) Tipe NC dan NO Tipe ini kontak memiliki 4 buah terminal , sehingga bila tombol tidak ditekan maka sepasang kontak akan NC dan kontak lain akan NO, sebaliknya bila tombol ditekan maka kontak NC akan membuka dan kontak NO akan menutup. .(Gede Siden Sudaryana).



Gambar 2.8 Push button

2.5 Jenis- Jenis Saklar Pemutus Tenaga

2.5.1 Moulded Case Circuit Breaker (MCCB)

MCCB merupakan perangkat pengaman pada tegangan menengah yang beroperasi secara otomatis terhadap beban lebih dan hubung singkat. Pada jenis tertentu pengaman ini, memiliki kemampuan pemutusan yang dapat diatur sesuai dengan yang diinginkan. Arus nominal pada rating MCCB harus lebih besar dari arus yang dibutuhkan oleh peralatan yang terhubung.

Prinsip kerja yang dimiliki MCCB yaitu pengaman thermis untuk gangguan arus lebih dan pengaman magnetic untuk gangguan hubung singkat. Pengaman thermis ini menggunakan bimetal yang terdiri dari dua lempeng logam yang saling menempel. Panas yang dihasilkan oleh gangguan arus lebih akan menyebabkan bimetal ini melengkung dan mendorong tuas pemutus sehingga MCCB akan trip. Namun pengaman thermis ini memiliki respon yang sangat lambat dibandingkan pengaman magnetic.

Pengaman magnetic ini menggunakan koil, ketika terjadi gangguan hubung singkat maka koil akan terinduksi dan timbul medan magnet. Akibatnya poros yang ada di dekatnya akan tertarik dan menjalankan tuas pemutus. Pengaman magnetic tidak memerlukan waktu lama untuk tripnya. Karena pengaman magnetic bekerja secara magnetic sehingga waktu yang dibutuhkan untuk induksi sangatlah cepat dibandingkan dengan prinsip panas. Sehingga pengaman magnetic memiliki waktu yang sangat singkat/ tidak memerlukan waktu yang lama untuk trip. [4]



Gambar 2.9 Bagian –bagian MCCB

Cara menghitung kebutuhan MCCB ada pada rumus persamaan (1).

$$3 \phi (\text{phasa}) I = P / (\sqrt{3}) \cdot V \cdot \cos$$

Dimana :

P : Daya (Watt)

V : Tegangan (Volt)

$\cos \phi$: Faktor daya (minimal dari PLN = 0,85)

Prinsip kerja yang dimiliki MCCB yaitu pengaman thermis untuk gangguan arus lebih dan pengaman magnetic untuk gangguan hubung singkat. Pengaman thermis ini menggunakan bimetal yang terdiri dari dua lempeng logam yang saling menempel. Panas yang dihasilkan oleh gangguan arus lebih akan menyebabkan bimetal ini melengkung dan mendorong tuas pemutus sehingga MCCB akan trip. Namun pengaman thermis ini memiliki respon yang sangat lambat dibandingkan pengaman magnetic.

Pengaman magnetic ini menggunakan koil, ketika terjadi gangguan hubung singkat maka koil akan terinduksi dan timbul medan magnet. Akibatnya poros yang ada di dekatnya akan tertarik dan menjalankan tuas pemutus. Pengaman magnetic tidak memerlukan waktu lama untuk tripnya. Karena pengaman magnetic bekerja secara magnetic sehingga waktu yang dibutuhkan untuk induksi sangatlah cepat dibandingkan dengan prinsip panas. Sehingga pengaman magnetic memiliki waktu yang sangat singkat/ tidak memerlukan waktu yang lama untuk trip.

2.5.2 Mini Circuit Breaker (MCB)

MCB (gambar 2) adalah pengaman rangkaian yang dilengkapi dengan pengaman thermis (bimetal) untuk pengaman beban lebih dan juga dilengkapi relai elektromagnetik untuk pengaman hubung singkat. MCB banyak digunakan untuk pengaman sirkit satu phasa dan tiga phasa. *Miniatur Circuit Breakers* (MCB) didesain dengan fungsi utama untuk mengamankan kabel terhadap beban lebih.



Gambar 2.10 Mini Circuit Breaker

Dan terjadinya hubungan singkat pada rumah tangga. Sedangkan arus pengenal pemutus tenaga tersebut harus disesuaikan dengan besarnya arus beban yang dilewatkan kabel dan lebih kecil dari arus yang diizinkan pada kabel..

Pada MCB terdapat dua jenis pengaman yaitu secara termis dan elektromagnetis, pengaman termis berfungsi untuk mengamankan arus beban lebih sedangkan pengaman elektromagnetis berfungsi untuk mengamankan jika terjadi hubung singkat. Pengaman termis pada MCB memiliki prinsip yang sama dengan *thermal overload* yaitu menggunakan dua buah logam yang digabungkan (bimetal), pengamanan secara termis memiliki kelambatan, ini bergantung pada besarnya arus yang harus diamankan, sedangkan pengaman elektromagnetik menggunakan sebuah kumparan yang dapat menarik sebuah anker dari besi lunak.

2.5.3 Air Circuit Breaker (ACB)

ACB (gambar 3) merupakan jenis *circuit breaker* dengan sarana pemadam busur api berupa udara. ACB dapat digunakan pada tegangan rendah dan tegangan menengah. Udara pada tekanan ruang atmosfer digunakan sebagai peredam busur api yang timbul akibat proses *switching* maupun gangguan. *Air Circuit Breaker* dapat digunakan pada tegangan rendah dan tegangan menengah. Rating standar *Air Circuit Breaker* (ACB) yang dapat dijumpai dipasaran. Pengoperasian pada bagian mekanik ACB dapat dilakukan dengan bantuan solenoid motor ataupun pneumatik. Perlengkapan lain yang sering diintegrasikan dalam ACB adalah *Over Current Relay* (OCR) dan *Under Voltage Relay*(UVR).



Gambar 2.11 Air Circuit Breaker

2.6 Steering gear

Steering gear adalah suatu sistem kontrol yang berfungsi sebagai penggerak daun kemudi saat kapal melakukan manuver.¹¹ Kemudi kapal ini adalah salah satu alat bantu yang mampu menggeser atau membelokkan arah pergerakan kapal, baik arah lurus maupun arah belok ke sisi kiri dan sisi kanan kapal dengan menggerakkan kemudi. Menurut Novriza (1980) sistem kemudi kapal adalah sistem yang berfungsi untuk mengatur arah gerak kapal yang digerakkan melalui sistem hidrolik. Mesin kemudi harus mampu mengarahkan kapal dengan kecepatan maksimum dan daun kemudi harus mampu digerakkan dari satu sisi sebanyak 350 dan berpindah pada sisi yang lain sejauh 300 tidak lebih dari 28 detik. Novriza (1980)

Kemudi kapal merupakan suatu alat kapal yang digunakan untuk mengubah dan menentukan arah gerak kapal, baik arah lurus maupun belok kapal. Kemudi kapal ditempatkan diujung belakang lambung kapal/ buritan di belakang propeller. Prinsip kerja kemudi kapal untuk mengubah arah arus yang mengakibatkan perubahan arah kapal. Cara kerja kemudi kapal yaitu kemudi digerakkan secara mekanis atau hidruolik dari anjungan dengan menggerakkan roda kemudi. Novriza (1980)

Sistem hidraulik merupakan teknik yang memanfaatkan zat cair, biasanya berupa oli untuk melakukan suatu gerakan segaris atau putaran. Sistem ini bekerja

berdasarkan prinsip jika suatu zat cair dikenakan tekanan, maka tekanan itu akan merambat ke segala arah dengan tidak bertambah atau berkurang kekuatannya sistem berdasarkan hukum Archimedes. Dan untuk menentukan daya pompa dalam rangkaian sistem kemudi tersebut, perhitungan beban maksimum rudder yang dipakai pada saat sudut belok dimana rudder mendapat beban maksimum dengan batas kecepatan kapal masih dapat melakukan maneuver dengan baik.

Sistem kemudi memiliki tiga bagian utama yaitu hidrolis yang berfungsi sebagai penggerak daun kemudi melalui rudder stock, sehingga kemudi dapat bergerak Bersama pada saat belok dan berfungsi untuk meringankan gerakan daun kemudi pada digerakkan. Selain itu rudder stock merupakan poros yang mengikut rudder blade dan penerus gaya dari sistem hidrolis kedaun kemudi. Rudder blade berfungsi untuk membelokkan arah aliran air yang disebabkan oleh baling-baling sehingga dapat membelokkan kapal.

Poros kemudi atau sumbu kemudi pada umumnya dibuat dari bahan baja tuang atau tempa. Garis Tengah poros ditentukan berdasarkan hasil perhitungan, agar mampu menahan beban puntiran atau beban lenturan yang terjadi pada kemudi. Poros daun kemudi dipasang menembus lambung dalam selubung tongkat. Hal ini untuk menjamin kedekatan dari air laut. Pada bagian atas, poros kemudi dihubungkan dengan instalasi penggerak kemudi dan bagian bawah dihubungkan dengan daun kemudi melalui kopleng mendatar atau kopleng tegak. Novriza (1980)



Gambar 2.12 Steering gear pada kapal.

2.7 Ac split

Semakin tingginya temperatur udara saat ini membuat kenyamanan seseorang menjadi terganggu, sehingga AC (Air Conditioning) menjadi salah satu alternatif untuk memperoleh temperatur yang rendah sehingga membuat kenyamanan bagi seseorang dengan takaran temperatur dan kelembaban tertentu sesuai dengan standar kenyamanan seseorang. Temperatur rata-rata di Indonesia mencapai 35°C, dengan temperatur yang cukup tinggi, AC dapat mengkondisikan udara dengan baik sesuai dengan kebutuhan seseorang dengan temperatur nyaman 20-26°C dan RH 50-80%. Air Conditioner atau lebih dikenal dengan nama AC merupakan suatu peralatan yang berfungsi untuk mengkondisikan suhu atau udara dalam suatu ruangan. (Trott and Welch 2000).

Selain itu pada saat ini banyak AC yang telah di rancang se efisien mungkin dari segi refrigeran yang ramah lingkungan hingga konsumsi listrik yang lebih ekonomis (*AC Inverter*). AC dipergunakan untuk mempertahankan kondisi udara baik suhu maupun kelembaban udara dengan cara menyerap panas dari udara ruangan tersebut sehingga suhu di ruangan itu akan turun. Dan menurunkan kadar uap air yang ada di udara sehingga memperoleh kenyamanan (Trott and Welch 2000).

Sistem kerja AC menggunakan siklus kompresi uap, didalam siklus kompresi uap ini tentunya terdapat 4 komponen utama kompresor yang merupakan penggerak utama, kondensor, katup ekspansi dan evaporator, serta beberapa komponen pendukung lainnya yang berfungsi sebagai alat pengaman dari AC tersebut. Fungsi dari setiap komponen tersebut berbeda-beda, dimana nantinya tersusun dan dihubungkan satu sama lain sehingga membentuk fungsi yang baik untuk mengkondisikan udara dalam suatu ruangan. Semakin tinggi kinerja suatu AC maka semakin cepat pendinginan yang di capai (Shan K 2001). Proses pertukaran udara panas menjadi dingin terdapat pada evaporator yang mana udara akan bersirkulasi melalui bantuan blower. Evaporator merupakan komponen yang digunakan untuk menyerap panas dari ruangan, melalui aliran fluida yang dilewatkan dan dengan bantuan angin yang dihasilkan oleh fan. AC memiliki banyak tipe, seperti *Air Conditioner Window*, *Air Conditioner Split*

Wall, Air Conditioner Split Duct, Air Conditioner Orifice Tube dan lain-lain (Daikin 2015).

Semakin lama usia AC tersebut maka kemampuannya juga akan berkurang. Pada dasarnya AC harus mendapatkan perawatan yang baik untuk mempertahankan performanya. Untuk memperoleh tingkat kenyamanan pada manusia tentu berpengaruh antara kapasitas beban pendingin dan volume ruangan. Berdasarkan hal tersebut maka penelitian terhadap capaian suhu dan kelembaban untuk memperoleh kenyamanan manusia dalam suatu ruangan terhadap umur pakai AC yang telah lama akan dilakukan dalam penelitian ini.

Sistem Tata Udara

Sistem tata udara pada AC (*air Conditioning*) adalah penerapan sistem refrigerasi untuk menjaga temperatur permukaan atau ruangan pada sebuah bangunan agar tetap dingin selama pada musim panas. Sistem pengkondisian udara (refrigerasi) membuang panas dari sebuah sistem atau ruangan ke lingkungan (Withman 2009) .

Pengkondisian udara adalah proses perlakuan udara untuk mengatur suhu, kelembaban, kebersihan dan juga pendistribusian udara guna mencapai kondisi nyaman yang dibutuhkan oleh penghuni yang ada didalamnya (Stoecker and Jones 1982)

Berdasarkan hal tersebut dapat disimpulkan bahwa sistem tata udara atau pengkondisian udara merupakan proses pengaturan udara yang meliputi temperatur, kelembapan, serta kualitas udara dan cara pendistribusiannya di dalam ruangan guna mendapatkan kondisi kenyamanan tertentu. Secara umum, dalam sebuah perencanaan sistem tata udara bertujuan untuk menghasilkan kenyamanan termal bagi penghuni dan juga dapat menciptakan kondisi yang optimal bagi proses produksi. pendingin 18000 Btu/hr, data akan diambil selama 5 kali dengan masing-masing durasi 60 menit, temperatur yang akan di setting yaitu 200C. Alat dan bahan yang digunakan:

1. AC LG 18000 Btu/hr
2. Thermometer

3. RH meter

4. Psycrometric Chart

Analisa yang dilakukan dengan cara mengukur temperatur dan RH (*Relative humidity*) yang berada di ruangan selama proses pendinginan. Pengambilan data dilakukan selama 10 kali masing-masing per 30 menit. Data temperatur dan RH (*Relative humidity*) tersebut akan di plot ke psycrometric chart untuk mengetahui nilai w (Humidity ratio).

Cara Kerja Siklus

1. Proses 1-2 : Refrigeran bertemperatur dan tekanan rendah di hisap oleh kompresor sehingga mengalami sistem kompresi yang mana refrigeran akan berubah menjadi temperatur dan tekanan tinggi dengan fase tetap gas.. Temperatur yang dihasilkan akan lebih tinggi dari pada lingkungan.
2. Proses 2-3 : Refrigeran dengan fase gas bertemperatur dan tekanan tinggi akan mengalami proses kondensasi yaitu pengembunan, dimana panas dari refrigeran akan di buang ke lingkungan dan refrigeran dalam bentuk gas akan berubah menjadi cair, temperatur akan turun dari sebelumnya sedangkan tekanan tetap tinggi.
3. Proses 3-4 : Dalam proses ini, refrigeran akan melalui katup ekspansi yang mana refrigeran akan melewati pipa yang diameternya sangat kecil sehingga mengakibatkan refrigeran yang berfase cair menjadi mix yaitu campuran antara gas dan cairan sehingga temperatur menjadi rendah dibawah temperatur lingkungan.
4. Proses 4-1 : Refrigeran fase mix akan mentransfer dingin ke pipa evaporator dan udara akan di distribusikan oleh blower sehingga terjadi pertukaran kalor sehingga menyebabkan ruangan menjadi dingin.

2.8 Baterai

Kendaraan listrik pasti memerlukan baterai sebagai sumber tenaga penggerak kompone-komponen listrik, seperti: motor starter, penerangan (lampu), klakson, dan lain sebagainya. Baterai sangat penting sebagai pemasok energi ke seluruh komponen kelistrikan yang ada pada kendaraan listrik, hal ini menjadikan

baterai sangat vital sebagai sumber tenaga kompone-komponen listrik. Baterai ditemukan oleh ahli fisika dari Perancis bernama Gaston Plante pada tahun 1859.

Baterai atau akkumulator adalah sebuah sel listrik dimana didalamnya berlangsung proses elektrokimia yang reversible (dapat berkebalikan) dengan efisiensinya yang tinggi. Yang dimaksud dengan reaksi elektrokimia reversibel adalah didalam baterai dapat berlangsung proses pengubahan kimia menjadi tenaga listrik (proses pengosongan) dan sebaliknya dari tenaga listrik menjadi tenaga kimia (proses pengisian) dengan cara proses regenerasi dari elektroda - elektroda yang dipakai yaitu, dengan melewati arus listrik dalam arah polaritas yang berlawanan didalam sel. Baterai menghasilkan listrik melalui proses kimia. Terdapat 2 jenis baterai berdasarkan pada proses yang terjadi, yaitu:

1. Primary battery Baterai yang hanya dapat digunakan sekali saja dan dibuang. Material elektrodanya tidak dapat berkebalikan arah ketika dilepaskan.
2. Secondary battery Baterai yang dapat digunakan dan diisi ulang beberapa kali, proses kimia yang terjadi di dalam baterai ada reversibel, dan baha aktif dapat kembali ke kondisi semula dengan pengisian sel.

Banyaknya jenis baterai sekunder yang ada dipasaran maka diperlukan kajian untuk mendapatkan jenis baterai terbaik dan sesuai dengan kebutuhan untuk mobil listrik. Menurut Albright, (2012) dalam penelitiannya mengenai perbandingan antara Lead Acid dan Lithium-Ion dalam aplikasi penyimpanan stasionari menyebutkan bahwa pada saat ini baterai Lithium-Ion merupakan baterai yang lebih baik untuk digunakan dalam berbagai situasi, khususnya pada iklim panas, meskipun memiliki biaya awal yang lebih tinggi. Selain itu, baterai Lithium-Ion memiliki efisiensi yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan baterai Lead Acid.

Menurut Fendy, (2012) dalam penelitiannya tentang karakteristik Baterai Lithium-Polymer menyebutkan bahwa baterai jenis Lithium-Polymer memiliki standar yang lebih baik bila dibandingkan dengan baterai NiMH seperti memiliki massa yang lebih ringan dan tersedia dalam berbagai macam bentuk, memiliki

kapasitas penyimpanan energi listrik yang besar, serta memiliki tingkat discharge rate energi yang tinggi .

Contoh Spesifikasi Baterai Kapal (Starter dan House Battery)

parameter	Stater baterai (diesel)	House Battery (Peralatan/Navigasi)
Jenis	Lead-acid AGM / Gel	Lithium-ion (LiFePO ₄) atau AGM
Tegangan	12V / 24V	12V / 24V / 48V
Kapasitas	80–200Ah	100–500Ah (atau setara kWh)
CCA (Arus Starter)	600–1200A	Tidak terlalu penting (fokus kapasitas)
Siklus Hidup	300–500 siklus	2000–5000 siklus (LiFePO ₄)
Aplikasi	Menghidupkan mesin diesel	Navigasi, penerangan, pompa, propulsi (jika listrik)

2.9 Multitester

Pada zaman yang sudah serba canggih seperti yang kita alami saat ini sangat banyak sekali orang yang tidak bisa lagi menggunakan alat ukur listrik multimeter sebagaimana mestinya, padahal fungsi dan kegunaan dari multimeter itu sendiri bisa diterapkan dalam kehidupan sehari-hari di rumah pada peralatan-peralatan elektronika yang dipergunakan, seperti kipas angin, mixer, blender, dan lain-lainnya. Multimeter merupakan alat ukur listrik yang banyak digunakan oleh teknisi di laboratorium dan bengkel lektronika. Fungsi utama dari multimeter ini ialah mengukur resistansi, kapasitansi, arus listrik, tegangan AC maupun DC, menguji baik atau tidaknya suatu komponen, mengetahui sambungan rangkaian, dan sebagainya. Hasil dari pengujian tersebut akan ditunjukkan oleh jarum penunjuk pada multimeter (Sugiri, 2004)



2.13 Multitester

Keterangan bagian-bagian multimeter dan fungsinya :

1. Papan skala, berfungsi sebagai skala pembacaan meter
2. Jarum penunjuk, berfungsi sebagai penunjuk besaran yang diukur.
3. Sekrup pengatur posisi jarum penunjuk, berfungsi untuk mengatur kedudukan jarum penunjuk. Hal ini bisa dilakukan dengan cara bantuan menggunakan obeng.
4. Saklar pengatur posisi jarum penunjuk, berfungsi untuk mengatur jarum penunjuk pada posisi nol. Caranya : saklar pemilih diputar pada posisi (Ohm), test lead + (merah dihubungkan ke test lead – (hitam), kemudian tombol pengatur kedudukan 0 diputar ke kiri atau ke kanan sehingga menunjuk pada kedudukan 0
5. Saklar pemilih jangkauan alat ukur (selector), berfungsi untuk memilih posisi pengukuran dan batas ukurannya. Ada empat posisi multimeter, yaitu :
 - 1) voltmeter DC yang terdiri dari empat batas ukur : 10, 50, 250, dan 1000.
 - 2) Posisi DCmA (miliampere DC) berarti multimeter berfungsi sebagai mili amperemeter DC yang terdiri dari tiga batas ukur : 0,5, 50, dan 250.
 - 3) Posisi (Ohm) berarti multimeter berfungsi sebagai ohmmeter, yang terdiri dari tiga batas ukur : X10, X 100 dan X1K .
 - 4) Posisi ACV (Volt AC) berarti multimeter berfungsi sebagai voltmeter AC yang terdiri dari empat batas ukur : 10, 50, 250 dan 1000.

- 5) Terminal kabel pemeriksa (-) probe hitam, berfungsi sebagai tempat masuknya test lead kutub - yang berwarna hitam.
- 6) Terminal kabel pemeriksa (+) probe merah, berfungsi sebagai tempat masuknya test lead kutub + yang berwarna merah. .
- 7) Batas ukur, berfungsi berapa ukuran dari komponen yang akan diukur (batas ukur ohm meter, volt meter AC, volt meter DC dan amper meter DC).

2.9.1 Bahan Bakar generator

Bahan bakar pada umumnya merupakan suatu senyawa yang mengandung unsur hidrokarbon. Hampir semua jenis bahan bakar yang beredar di pasaran berasal dari minyak bumi beserta turunannya yang kemudian diolah menjadi berbagai macam dan jenis bahan bakar. Bahan itu sendiri sangat diperlukan dalam proses pembakaran yang terjadi di ruang bakar. Bahan bakar yang digunakan motor bakar, diusahakan harus memenuhi kriteria sifat fisik dan sifat kimia, antara lain : nilai bakar bahan bakar itu sendiri, densitas energi yang tinggi, tidak beracun, stabilitas panas, rendah polusi, mudah dipakai dan disimpan. Sedangkan sifat alamiah dari bahan bakar itu sendiri: . Volatility (Penguapan) adalah kemampuan menguap dari bahan bakar pada temperatur tertentu dalam proses destilasi, titik nyala adalah temperatur tertentu dimana bahan bakar dapat terbakar dengan sendirinya tanpa bantuan percikan api, gravitasi spesifik merupakan perbandingan berat jenis bahan bakar terhadap acuan tertentu (terhadap berat jenis udara ataupun air), dan nilai bakar, merupakan jumlah energi yang terkandung dalam bahan bakar.

Bahan bakar yang digunakan dalam motor bakar dapat dibedakan menurut wujudnya menjadi 3 kelompok, yaitu gas, cair, dan padat. Bahan bakar gas pada saat ini biasanya berasal dari gas alam, sedangkan bahan bakar cair berasal dari hasil penyulingan minyak bumi. Bahan bakar padat biasanya berupa batu bara. Adapun kriteria utama yang harus dipenuhi bahan bakar yang akan digunakan dalam motor bakar adalah sebagai berikut : Proses pembakaran bahan bakar dalam silinder harus secepat mungkin dan panas yang dihasilkan harus tinggi, bahan bakar yang digunakan harus tidak meninggalkan endapan atau deposit setelah proses pembakaran, karena akan menyebabkan kerusakan pada dinding silinder,

dan Gas sisa pembakaran harus tidak berbahaya pada saat dilepaskan ke atmosfer. Bensin, atau Petrol (biasa disebut gasoline di Amerika Serikat dan Kanada) adalah cairan bening, agak kekuning - kuning, dan berasal dari pengolahan minyak bumi yang sebagian besar digunakan sebagai bahan bakar di mesin pembakaran dalam. Bensin dengan rumus molekul C_8H_{18} ini termasuk senyawa Alkana karena memiliki rumus molekul C_nH_{2n+2} , ia juga dapat melarutkan zat. Sebagian besar bensin tersusun dari hidrokarbon alifatik yang diperkaya dengan iso-oktana atau benzena untuk menaikkan nilai oktan. Kadang-kadang, bensin juga dicampur dengan etanol sebagai bahan bakar alternatif.

a. Premium

Reaksi pembakaran pada bensin adalah termasuk reaksi pembakaran yang tidak sempurna, yaitu oksigen tidak mencukupi untuk berlangsungnya reaksi yang sempurna, maka pembakaran tidak sempurna terjadi. Dalam hal ini, karbon pada hidrokarbon teroksidasi hanya sampai pada tingkat karbon monoksida atau bahkan hanya sampai karbon saja.

Premium Reaksi pembakaran pada bensin adalah termasuk reaksi pembakaran yang tidak sempurna, yaitu oksigen tidak mencukupi untuk berlangsungnya reaksi yang sempurna, maka pembakaran tidak sempurna terjadi. Dalam hal ini, karbon pada hidrokarbon teroksidasi hanya sampai pada tingkat karbon monoksida atau bahkan hanya sampai karbon saja.

b. Konsep Reaksi Pembakaran

Reaksi pembakaran adalah reaksi kimia bahan bakar dan oksigen yang diperoleh dari udara yang akan menghasilkan panas dan gas sisa pembakaran yang berlangsung dalam waktu yang sangat cepat. Reaksi pembakaran tersebut akan menghasilkan produk hasil pembakaran yang komposisinya tergantung dari kualitas pembakaran yang terjadi. Proses yang terjadi dalam pembakaran adalah oksidasi dengan reaksi sebagai berikut :

Karbon + Oksigen \rightarrow Karbon dioksida + panas
 Hidrogen + Oksigen \rightarrow uap air + panas.

Pembakaran akan dikatakan sempurna apabila campuran bahan bakar dan oksigen (dari udara) mempunyai perbandingan yang tepat (stoichiometric), hingga

tidak diperoleh sisa. Bila oksigen terlalu banyak, dikatakan campuran kurus dan hasil pembakarannya menghasilkan api oksidasi. Sebaliknya, bila bahan bakarnya terlalu banyak (tidak cukup oksigen), dikatakan campuran kaya (rich) sehingga pembakaran ini menghasilkan api reduksi. Pada motor bensin, campuran udara dan bahan bakar tersebut dinyalakan dalam silinder oleh percik listrik dari busi pada akhir langkah kompresi dengan suhu pembakaran berkisar antara 2100 K sampai 2500 K. waktu pembakaran yang teratur lamanya kira-kira 3 mili detik (0,003 s)

c. Dapat Merawat Mesin Menjadi Lebih Awet

Dapat Merawat Mesin Menjadi Lebih Awet Keuntungan lain yaitu, penggunaan alat ini pada mesin dapat membuat mesin menjadi lebih awet. Hal ini terjadi karena brown gas hasil alat penghematan bahan bakar tersebut meningkatkan pembakaran menjadi makin sempurna membuat bahan bakar yang digunakan pada mesin habis dibakar dan sempurna untuk menggerakkan mesin. Sehingga berdampak mengurangi sisa Keuntungan lain yaitu, penggunaan alat ini pada mesin dapat membuat mesin menjadi lebih awet. Hal ini terjadi gas hasil alat penghematan bahan bakar tersebut meningkatkan pembakaran menjadi makin sempurna membuat bahan bakar yang digunakan pada mesin habis dibakar dan sempurna untuk menggerakkan mesin. Sehingga berdampak mengurangi sisa – sisa araan pada kendaraan dan dapat pada komponen serta kerusakan . Gas brown ini juga dapat pula membersihkan deposit karbon yang ada dalam ruang membuat suhu mesin tetap stabil dan karbon akibat pembakaran pada kendaraan dan dapat memperlambat ke ausan pada komponen serta kerusakan yang terjadi pada mesin. Gas membersihkan deposit karbon yang ada dalam ruang bakar mesin dan membuat suhu mesin tetap stabil dan lebih dingin.

2.9.2 Oil water seperator (ows)

Minyak merupakan salah satu sumber pencemar dalam perairan, yang disebabkan karena berbagai hal mulai dari eksplorasi pengilangan minyak, bumi, kecelakaan transportasi, kebocoran pipa ataupun pembuangan air buangan kamar mesin dan kegiatan Pencemaran di kapal lainnya. minyak ini dapat menimbulkan polusi terhadap perairan dan laut yang berdampak pada turunnya

daya dukung berdampak lingkungan pada yang terganggunya kehidupan organisme dalam perairan tersebut. Menurut Peraturan Menteri Nomor 21 Tahun 2010 tentang Perlindungan Lingkungan Maritim, disebutkan bahwa kegiatan diatas kapal dapat menyumbang bahan pencemar diantaranya; minyak, bahan cair beracun, muatan bahan berbahaya dalam bentuk kemasan, kotoran, sampah, udara, air ballast, dan atau barang dan bahan berbahaya bagi lingkungan yang ada di kapal. Sebab itu, setiap awak kapal wajib melakukan pencegahan dan menanggulangi pencemaran yang bersumber dari kapalnya.

Indonesia peristiwa dikejutkan dengan tumpahan minyak yang sebelah menggenangi wilayah perairan Indonesia di barat daya, tepatnya perbatasan Indonesia dengan Singapura di wilayah Selat Malaka. Peristiwa tersebut tepatnya terjadi di perairan sekitar 11 mil laut timur Pedra Branca, sebuah pulau terpencil yang merupakan titik paling timur di Singapura. Tumpahan minyak ini disebabkan oleh tabrakan yang terjadi antara kapal MT Alyarmouk dari Libya dengan kapal MV Sinar Kapuas yang merupakan milik pemerintah Singapura. Tabrakan tersebut menyebabkan robeknya lambung kapal Alyarmouk yang perjalanan menuju sedang Tiongkok dalam dan menumpahkan minyak bertipe Madura Crude Oil. Diperkirakan jumlah minyak yang tumpah adalah sebesar 4.500 ton minyak mentah. (p3sdlp.litbang.kkp.go.id) Akibat dari tabrakan ini, tumpahan minyak yang disebabkan oleh kapal tersebut mencemari laut. Tumpahan minyak tidak hanya mencemari perairan Singapura, namun Indonesia pun mendapat imbas dari peristiwa tersebut.

a. Cara kerja oil water separator "OWS" di atas kapal

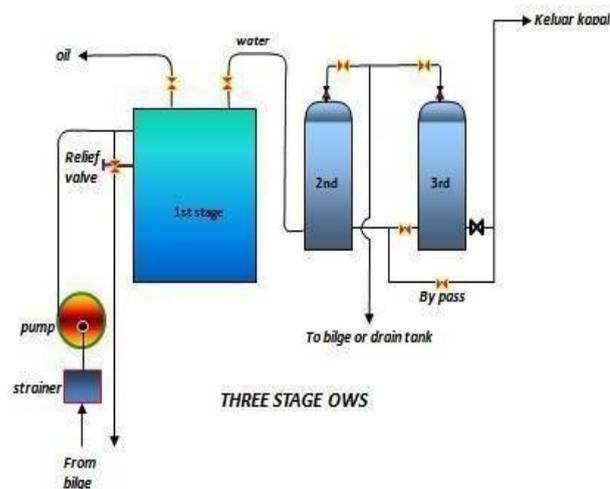
1. Proses Pemisahan pada tabung pertama

Air got yang dipompa masuk ke tabung pertama akan menjalani pemisahan dimana air got tersebut akan melewati plat-plat pemisah utama yang terpasang horizontal dalam tabung pemisah sehingga lumpur tidak akan melewati ataupun ikut dengan air got ke ruang. Air got yang masih mengandung minyak yang melewati plat-plat utama ini akan menjalani proses pemisahan pada plat-plat kedua, sehingga lumpur yang ringan akan tertahan. Selanjutnya dalam tabung ini akan terjadi proses pemisahan dimana prinsip kerjanya berdasarkan

berat jenis cairan sehingga minyak yang memiliki berat jenis lebih rendah dari air akan berada di permukaan air dan terkumpul dalam ruang pengumpulan minyak. Kemudian air got yang telah dipisahkan dengan minyak berdasarkan berat jenis ini, akan disalurkan ke tabung pemisah kedua.

3. Proses Pemisahan pada tabung kedua

Setelah melalui proses pemisahan pada tabung pemisah pertama, air got yang telah mijnyaknya berkurang akan kandungan melalui proses pemisahan lagi, proses pemisahan selanjutnya dimana pada tabung pemisah kedua air got ini akan disaring kembali melalui coalescer sehingga partikel partikel minyak yang masih mengikut dalam air got tersebut akan terkumpul pada tempat minyak di tabung yang kedua. Air got yang telah dipisahkan dengan partikel-partikel minyak akan dialirkan keluar tabung terpisah untuk dapat dibuang kelaut, namun ini melalui alat yang mendeteksi kandungan minyak (Oil Content Meter) untuk mencegah terjadinya pencemaran dilaut. Gambar 2. 2 Cara kerja oil water separator (OWS) di atas kapal Bagian – bagian oil water separator "OWS" Pada pesawat Oil Water Separator memiliki dua bagian utama antara lain : a. Ruang pemisah yang kasar (tabung 1) b. Ruang pemisah yang halus (tabung 2)



Gambar 2.14 oil water separator (OWS)

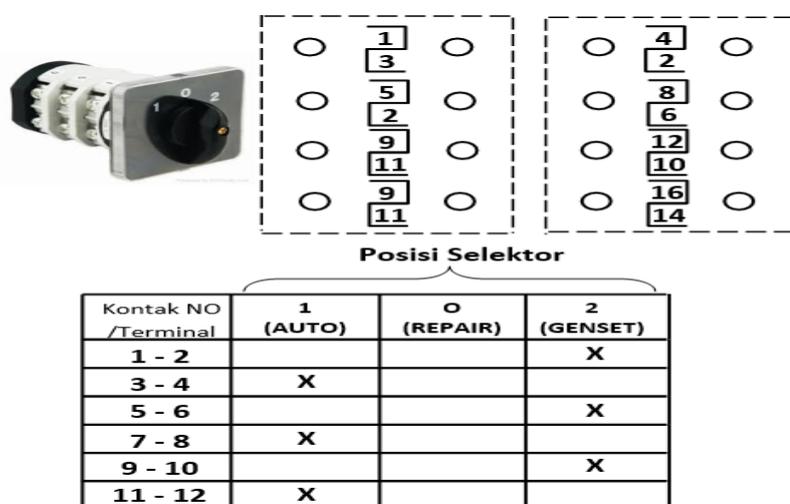
Prinsip dasar dan cara kerja OWS

pemisahannya berdasarkan berat jenis dari unsur-unsur yang terkandung di dalam air got yang di proses. Dimana unsur yang memiliki berat jenis paling besar (lumpur) akan berada paling bawah dan keluar lewat sludge out, kemudian air yang berat jenis lebih berat dari minyak dan lebih ringan dari lumpur akan berada dibawah minyak di ruang pemisah. Sehingga minyak yang berada dipermukaan akan dialirkan ke Waste Oil Tank, sedangkan air yang telah melalui proses penyaringan yang kedua akan keluar dari OWS dengan tingkat kandungan dibawah 15 ppm. Spesifikasi Komponen Teknis, Filter Komponen berupa kawat kasa penyaring dimana partikel-partikel besar akan terpisah pada saat proses penghisapan air limbah got kapal maka hanya media cair saja yang masuk kedalam pesawat OWS sebelum proses pemisahan:

1. Plunger pump komponen berupa pompa plunger, pemindah media cair dengan kekentalan (viskositas) yang cukup tinggi dari kolom got menuju kedalam tabung pemisah hingga menekan cairan keluar.
2. Plat Pemisah Utama dan Kedua (Primary and Secondary Separating Section) Plat ini membentuk susunan susunan plat yang horizontal yang air got yang masuk ke ruang pemisah ini melalui proses penyaringan/pemisah pada tiap-tiap plat. Dimana unsur yang memiliki berat jenis paling besar (air) akan berada paling bawah kemudian minyak yang berat jenis lebih kecil berada diatasnya akan terkumpul diruang pengumpulan minyak (Oil Collecting Chamber) dengan demikian kandungan minyak air got akan berkurang.
3. Ruang Pengumpulan Air (Water Collecting Chamber) Ruang ini terletak di bagian sisi kanan tabung pemisah yang mana berfungsi sebagai tempat pengumpulan air laut yang telah dipisahkan berdasarkan berat jenisnya. Dan selanjutnya air tersebut akan dikeluarkan ke laut melalui pipa pembuangan air.
4. Pipa Pengeluaran Minyak (Oil Outlet) Pipa ini berfungsi sebagai saluran pengeluaran minyak dari ruang pengumpul minyak ke Waste Oil Tank.
5. Pipa Pengeluaran Air (Water Outlet) Pipa ini berfungsi sebagai saluran pengeluaran air dari ruang pengumpul air keluar kapal.

2.9.3 Selector switch

Ini menyediakan beberapa posisi, kondisi on dan kondisi off, ada dua, tiga, empat bahkan lebih pilihan posisi, dengan berbagai tipe geser maupun putar. Selector switch biasanya dipasang pada panel kontrol untuk memilih jenis operasi yang berbeda, dengan rangkaian yang berbeda pula. Selector switch memiliki beberapa kontak dan setiap kontak dihubungkan oleh kabel menuju rangkaian yang berbeda.



Gambar 2.15 Selector switch

Selector switch bekerja berdasarkan prinsip pemutusan dan penghubungan arus listrik melalui perubahan posisi tuas (handle) yang diputar oleh operator. Perangkat ini terdiri dari blok kontak NO (Normally Open) dan NC (Normally Closed) yang akan berpindah posisi sesuai arah putaran tuas. Setiap posisi pada *selector switch* mewakili kondisi atau mode operasi yang berbeda.

Ketika tuas berada pada posisi OFF, seluruh kontak terbuka sehingga tidak ada arus yang mengalir. Apabila tuas diputar ke posisi ON atau Auto, maka kontak NO akan menutup dan menghubungkan arus ke rangkaian yang diinginkan, sementara kontak NC akan terbuka untuk memutus jalur lain. Pada posisi Manual, *selector switch* akan menghubungkan arus ke jalur pengendalian manual, memungkinkan operator mengoperasikan peralatan secara langsung.

Contoh penerapan pada kapal, selector switch digunakan untuk mengatur mode pengoperasian generator dengan posisi Auto – OFF – Manual. Pada posisi Auto, sistem akan bekerja secara otomatis menggunakan kontrol panel atau PLC. Pada posisi Manual, operator dapat mengendalikan generator secara langsung. Sementara posisi OFF digunakan untuk memutuskan seluruh jalur sehingga generator tidak dapat dijalankan.

Prinsip ini juga berlaku pada selector switch tipe Forward – OFF – Reverse yang digunakan untuk mengatur arah putaran motor listrik. Saat diputar ke posisi Forward, rangkaian dihubungkan untuk memutar motor searah jarum jam. Jika diputar ke posisi Reverse, rangkaian beralih untuk memutar motor berlawanan arah jarum jam. Dengan demikian, selector switch memungkinkan pengalihan fungsi atau mode operasi dengan cepat dan aman tanpa perlu mencabut kabel atau mengubah instalasi.

Spesifikasi Umum Selector Switch

Parameter	Nilai Umum
Tegangan Kerja	220 V AC / 380 V AC
Arus Nominal	10 A – 20 A
Tipe Kontak	1 NO, 1 NC, atau kombinasi
Derajat Proteksi	IP40 – IP65
Jumlah Posisi	2 posisi atau 3 posisi
Mekanisme	Stay Put (tetap) atau Spring Return (kembali)
Diameter Mounting	22 mm atau 30 mm

2.9.4 Maun Engine

lebih banyak digunakan dibandingkan jenis mesin induk kapal lainnya karena kelebihanya yaitu konsumsi bahan bakar lebih hemat dan lebih mudah dalam mengoperasikannya. Selain itu motor diesel dibuat dengan konstruksi yang lebih kuat. Instalasi mesin diesel pada kapal ditunjukkan pada Gambar 1. *Injector* bahan bakar digunakan untuk menyalurkan bahan bakar diesel yang terukur di ruang pembakaran. Cara kerja Injektor pada umumnya menggunakan bahan bakar bertekanan tinggi dari *injection pump*. Beberapa jenis *injector* bekerja dengan mekanisme gerakan dari poros mesin. Fungsi utama yaitu mengabutkan bahan bakar hingga terpecah-pecah menjadi bagian yang halus dan bentuknya menjadi kabut dalam suhu tinggi kemudian bercampur dengan udara kompresi sehingga mengakibatkan pembakaran yang cepat dan sempurna



Gambar 2.16. Instalasi mesin diesel pada kapal

Dengan penggunaan *injector*, jumlah bahan bakar sudah ditentukan akan diinjeksi. Injeksi bahan bakar tersebut masuk kedalam bagian yang kedap pada ruang pembakaran kemudian bercampur dengan udara kompresi yang bersuhu tinggi yaitu $> 6000^{\circ}\text{C}$. Oleh karena itu motor diesel perbandingan kompresinya dibuat lebih tinggi yaitu 15 : 1 sampai 22 : 1. Sehingga terjadilah pembakaran seperti pada Gambar 2.



Gambar 2.17 *Injector* dan proses pembakaran

Melepas *Injector* dari Kepala Silinder (*Cylinder Head*)

Pelaksanaan kegiatan perawatan dan perbaikan terhadap *injector*, langkah pertama yang dilakukan yaitu membersihkan kotoran-kotoran komponen mesin di sekitar *injector*. Setelah itu, melepas pipa-pipa bahan bakar tekanan tinggi dan pengembalian bahan bakar dengan meletakkan komponen tersebut dengan tertata rapi. Kemudian melepas baut-baut pengikat *injector* untuk memudahkan pengangkatan *injector* dari dudukannya (*cylinder head*). Kemudian, menutupnya agar kotoran atau benda-benda asing tidak masuk ke ruang bakar. Kegiatan melepas *injector* dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2.18 Melepas *injector* dari *cylinder head*

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Adapun waktu dan tempat pada pelaksanaan penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Waktu

Waktu yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian tugas akhir ini dimulai dari 2023 sampai 2024.

Tabel 3. 1 Waktu Penelitian

No	Keterangan	Bulan Ke							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	Kajian Literatur								
2	Penyusunan Proposal Penelitian								
3	Penulisan Bab 1 Sampai Bab 3								
5	Analisa Data								
6	Seminar Proposal								
7	Seminar Hasil								
8	Sidang Akhir								

2. Tempat

Tempat yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian tugas akhir ini di Jln, Bagan Deli Lama, Medan, Belawan I, Medan Kota Belawan, Kota Medan, Sumatera Utara 20411.

3.2 Alat dan Bahan

Dalam perancangan dan pembuatan sistem ini, diperlukan alat serta bahan untuk merakit sehingga terciptanya sistem sesuai yang diinginkan. Adapun alat dan bahan yang digunakan sebagai berikut :

- a. Multitester berfungsi untuk mengecek tegangan serta kontinuitas kabel pada rangkaian yang sudah selesai dirakit
- b. Kunci pas digubennakan untuk mengencangkan atau mengendurkan baut dan mur.
- c. Obeng positif berfungsi untuk membuka dan menyetorkan baut positif
- d. Tang potong berfungsi untuk memotong dan mengupas kabel
- e. Obeng negatif berfungsi untuk membuka dan menyetorkan obeng minus

3.3 Prosedur Kerja Alat

Untuk menyalakan genset, pertama-tama pastikan genset berada di area terbuka, bahan bakar mencukupi, dan genset serta area sekitarnya kering. Kemudian, periksa semua indikator pada panel kontrol, pastikan semua saklar dalam posisi OFF, dan periksa kondisi oli. Setelah itu, nyalakan saklar utama, tarik tuas starter, dan tahan hingga mesin menyala.

Berikut langkah-langkah detailnya:

1. Siapkan Genset:

- a) Letakkan genset di area terbuka yang cukup ventilasi, jauh dari bahan mudah terbakar, dan pastikan area di sekitarnya kering.
- b) Pastikan genset memiliki bahan bakar yang cukup sesuai petunjuk manual.
- c) Periksa tingkat oli dan pastikan mencukupi.
- d) Pastikan semua kabel terhubung dengan benar dan tidak ada sambungan yang longgar.

2. Periksa Panel Kontrol:

- a) Pastikan semua saklar pada panel kontrol dalam posisi OFF.
- b) Periksa indikator pada panel kontrol, seperti tegangan, arus, dan frekuensi.

3. Menyalakan Genset:

- a) Nyalakan saklar utama genset ke posisi ON.
- b) Jika ada katup bahan bakar, pastikan terbuka (posisi ON).
- c) Tarik tuas starter secara perlahan, jangan terlalu kuat.
- d) Tahan tuas starter hingga mesin genset menyala.
- e) Jika mesin tidak langsung menyala, tunggu beberapa saat lalu coba lagi dengan tarikan yang lembut.

4. Menstabilkan Mesin:

- a) Setelah mesin menyala, biarkan berjalan selama beberapa menit untuk menstabilkan putaran mesin.
- b) Periksa panel kontrol genset untuk memastikan semua indikator dalam kondisi normal.

5. Beban:

- a) Jangan langsung menyambungkan beban listrik ke genset saat pertama kali menyalakannya. Tunggu hingga mesin stabil.

6. Pemberian Beban:

- a) Setelah mesin stabil, baru sambungkan beban listrik dengan hati-hati dan sesuai kapasitas genset.

3.4 Tahapan Penelitian

Tahapan yang dilakukan dalam penelitian sistem pembangkit pada kapal adalah sebagai berikut, yaitu :

1. Studi pendahuluan

Yang dimaksud dalam studi pendahuluan adalah melakukan bimbingan kepada dosen pembimbing mengenai judul dan topik pembahasan yang diarahkan untuk dapat menganalisa sistem pembangkit pada kapal..

- Data kepustakaan

Data kepustakaan merupakan pengumpulan data-data dengan cara membaca dan mempelajari berbagai literatur-literatur, maupun tulisan-tulisan, dan bahan- bahan kuliah yang di dapatkan selama mengikuti perkuliahan guna

memperoleh landasan teori yang berkaitan dengan materi yang menjadi pembahasan dalam penelitian tugas akhir ini.

2. Penelitian lapangan (*field research*)

Penelitian lapangan adalah penelitian yang dilakukan secara langsung terhadap objek penelitian yaitu melakukan secara langsung analisa sistem pembangkit pada kapal

3.5 Analisa Data

Faktor Daya Faktor daya yang sering disebut sebagai $\cos \phi$ didefinisikan sebagai perbandingan daya aktif (kW) dan daya semu (kVA). Atau sebagai perbandingan antara arus yang dapat menghasilkan kerja didalam suatu rangkaian terhadap arus total yang masuk kedalam rangkaian. Adanya nilai faktor daya pada sistem tegangan AC disebabkan adanya beban yang mengalir dan nilainya bergantung oleh karakteristik beban tersebut, rumus faktor daya. (Sumber:Edwin Saputra, 2016)

$$\text{Faktor daya} = \cos \phi = (w) / s(va)$$

Keterangan:

P = Daya aktif (Watt)

s = Daya semu (Volt Ampere)

q= Daya reaktif (Volt Ampere Reaktif)

Hubungan Antara Tegangan Dan Frekuensi Terhadap Beban Tegangan merupakan beda potensial listrik diantara dua titik dalam rangkaian listrik dan dinyatakan dalam satuan volt. Dimana besaran ini mengukur energy potensial dari sebuah medan listrik yang mengakibatkan adanya aliran listrik dalam sebuah konduktor listrik.

Tahanan / beban merupakan komponen elektronik yang memiliki dua saluran untuk menahan arus listrik dengan memproduksi penurunan tegangan diantara kedua salurannya sesuai dengan arus yang mengalirinya . (Sumber:Edwin Saputra, 2016)

$$v = P \text{ IL} \times (\text{Cos } \phi) \times \sqrt{3}$$

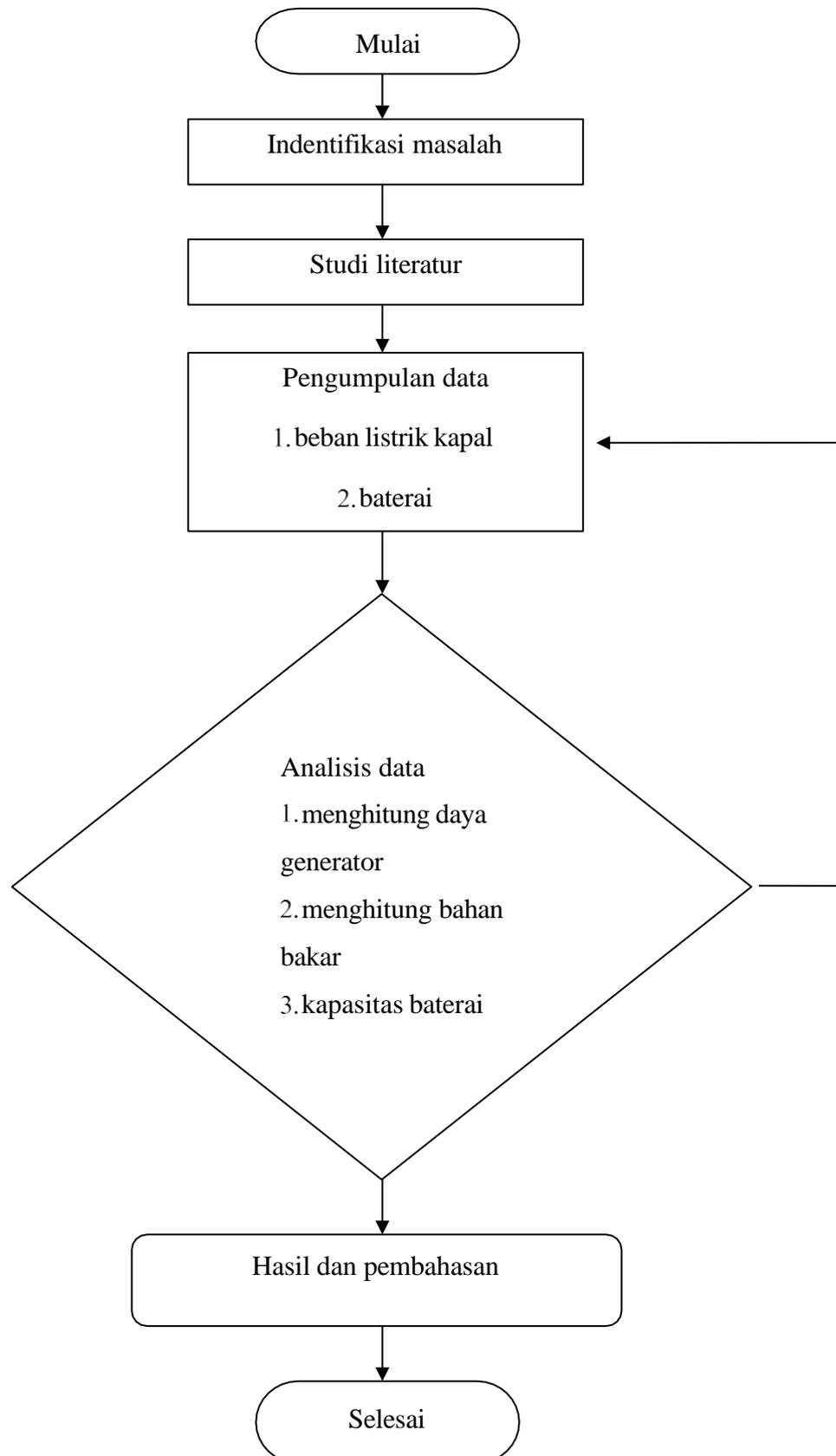
Keterangan:

V = tegangan generator

P = daya

IL = arus beban

3.6 flowchart



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Keterangan daya kapal tugboat

Generator dikapal merupakan alat bantu yang fungsinya adalah sumber pembangkit daya listrik yang ada. Sehingga keberadaannya sangat vital bagi operasional sebuah kapal. Faktor terpenting yang mempengaruhi pemilihan sistem pembangkit listrik di kapal adalah dengan pemilihan kapasitas generator yang sesuai.

Daya cadangan harus dimasukkan dalam perhitungan untuk menutup kebutuhan daya pada puncak beban waktu singkat. Bila tidak ada petunjuk yang terperinci untuk menentukan persediaan daya yang cukup, daya keluar dari generator yang sekurang-kurangnya diperlukan untuk pelayanan selama pelayaran di laut harus 15% lebih besar dari kebutuhan daya yang di tentukan dalam balance daya

Perencanaan sistem pembangkit listrik pada suatu kapal perlu memperhatikan kapasitas dari generator agar dapat mensuplai kebutuhan listrik pada semua kondisi operasional kapal. Pemilihan kapasitas generator dipengaruhi oleh jenis dan fungsi kapal masing-masing. Kapasitas generator yang dipilih harus lebih besar dari kebutuhan daya listrik pada kondisi beban puncak. Kebutuhan maximum penting diketahui untuk menentukan kapasitas Berdasarkan pengalaman diatas, permasalahan penulis dan berusaha menghitung beban pada generator di Kapal Tugboat Hangtuh V. Penelitian ini juga menguji kemampuan menerima beban pada generator menggunakan Load Test. Kemudian, penelitian ini membandingkan antara hasil dari perhitungan dengan hasil uji beban pada generator. generator yang diperlukan. Sedangkan kebutuhan minimum digunakan untuk menentukan konfigurasi dari system pembangkit listrik yang sesuai serta untuk menentukan kapan generator di operasikan. Secara umum terdapat empat kelompok beban di kapal yang harus dilayani oleh generator berdasarkan fungsinya masing masing:

4.2. Cara menghitung kebutuhan MCCB ada pada rumus persamaan

$$3 \text{ } \phi \text{ (phasa) } I = P / \sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \phi$$

Dimana :

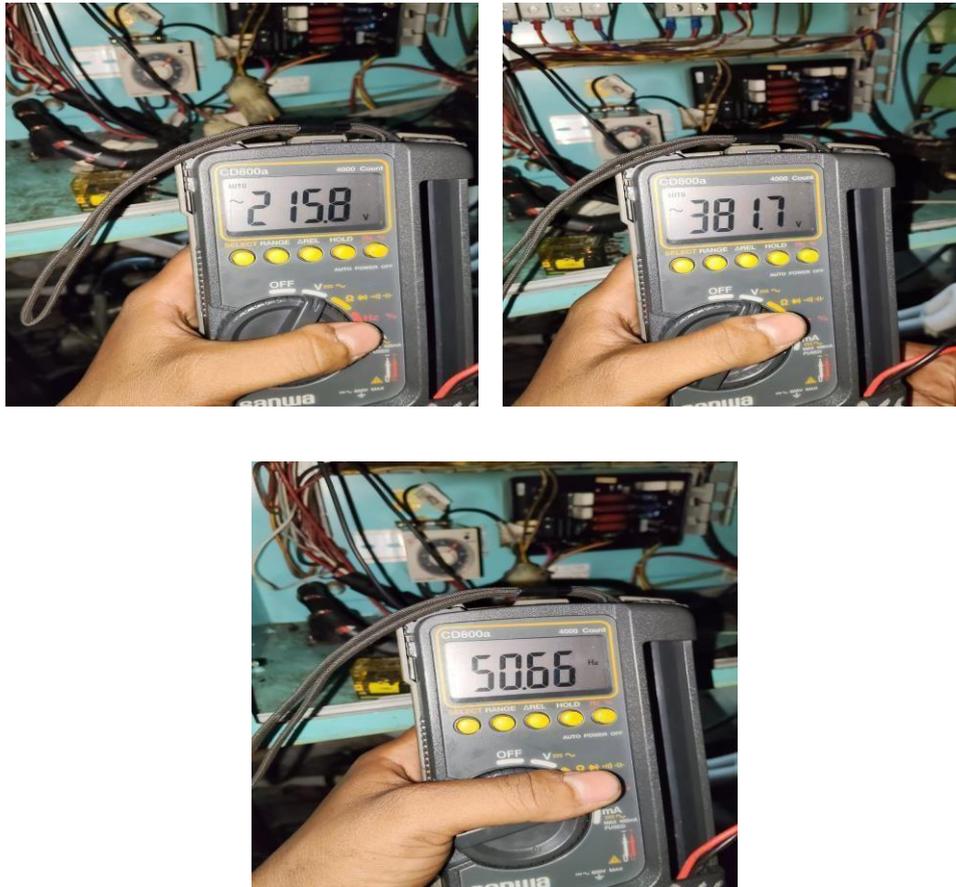
P : Daya (Watt)

V : Tegangan (Volt)

cos ϕ Faktor daya (minimal dari PLN = 0,85)

4.3. Data ukur generator

Berikut adalah data rata-rata vibrasi yang terekam pada beberapa titik pengukuran:



Gambar 4.1 Mengukur dengan multimeter

Pengukuran dilakukan pada panel sistem kelistrikan kapal tugboat menggunakan multimeter digital Sanwa CD800a. Tujuan pengukuran ini adalah

untuk memastikan bahwa parameter tegangan dan frekuensi berada dalam batas standar operasional sesuai ketentuan kelistrikan kapal.

1. Pengukuran Tegangan (Single Phase dan Line Voltage)

- Pada Gambar 1, hasil pengukuran menunjukkan tegangan sebesar 215,8 Volt, yang mengindikasikan pengukuran dilakukan pada salah satu fasa (single-phase). Tegangan ini masih dalam rentang normal untuk suplai satu fasa (sekitar 220 Volt).
- Pada Gambar 2, hasil pengukuran menunjukkan tegangan sebesar **381,7** Volt, yang mengindikasikan pengukuran dilakukan pada tegangan antar fasa (line-to-line voltage). Nilai ini sesuai dengan standar tegangan tiga fasa pada kapal, yaitu 380 – 440 Volt.

2. Pengukuran Frekuensi

- Pada Gambar 3, pengukuran frekuensi menunjukkan nilai 50,66 Hz, yang berarti berada dalam kondisi normal sesuai standar sistem kelistrikan Indonesia (50 Hz). Nilai ini menunjukkan bahwa kecepatan putaran generator (RPM) berada pada set point yang tepat dan governor bekerja dengan baik.

Analisis

Berdasarkan hasil pengukuran ini, dapat disimpulkan bahwa sistem kelistrikan kapal berada dalam kondisi baik, dengan tegangan dan frekuensi yang sesuai standar. Tidak ditemukan indikasi gangguan signifikan pada generator maupun sistem distribusi daya. Namun, pemantauan secara berkala tetap diperlukan untuk menjaga kestabilan parameter listrik, khususnya saat terjadi perubahan beban.



Gambar 4.2 Mengukur dengan multimeter

Berdasarkan hasil pengamatan langsung pada panel kontrol generator set di kapal tugboat, dilakukan pengukuran terhadap dua parameter utama, yaitu frekuensi (Hz) dan tegangan (Volt).

Pada pengukuran frekuensi yang ditampilkan pada Gambar 1, jarum penunjuk berada pada angka sekitar 47 Hz. Nilai ini lebih rendah dari standar frekuensi normal untuk sistem kelistrikan kapal, yaitu 50 Hz. Rendahnya frekuensi dapat disebabkan oleh berkurangnya kecepatan putaran mesin diesel penggerak generator akibat beban yang terlalu tinggi atau pengaturan governor yang kurang optimal. Kondisi ini perlu mendapat perhatian khusus karena frekuensi yang tidak sesuai standar dapat mempengaruhi kinerja peralatan listrik di kapal.

Selanjutnya, hasil pengukuran tegangan yang terlihat pada Gambar 2 menunjukkan jarum berada pada posisi sekitar 400 Volt. Tegangan ini masih berada dalam rentang normal untuk sistem kelistrikan tiga fasa pada kapal, yaitu 380 – 440 Volt, sehingga dapat disimpulkan bahwa sistem tegangan bekerja dengan baik dan stabil.

Alat ukur yang digunakan telah dilakukan kalibrasi oleh PT Waruna Shipyards Indonesia pada tanggal 24 Mei 2023 oleh Departemen Electrical, sehingga hasil pengukuran dapat dinyatakan valid. Dengan demikian, berdasarkan hasil pengukuran ini dapat disimpulkan bahwa meskipun tegangan berada pada kondisi normal, frekuensi perlu dilakukan penyesuaian melalui pengaturan kecepatan mesin atau kalibrasi governor agar berada pada standar 50 Hz.

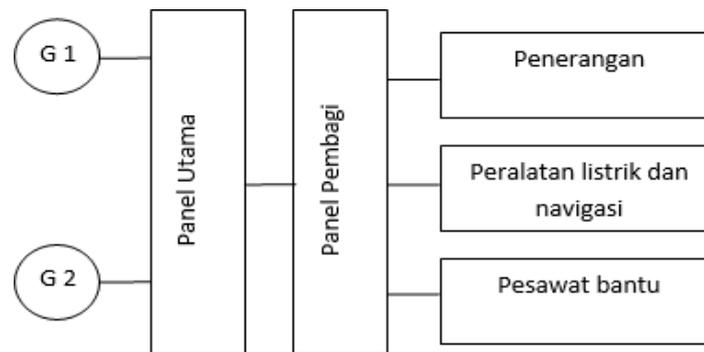


Gambar 4.3 Identifikasi nameplate Generator Set Kapal Tugboat

Hasil pengamatan terhadap nameplate generator yang terpasang pada kapal tugboat menunjukkan spesifikasi teknis sebagai berikut. Generator memiliki merek SEAMAC dengan model CCFJ100J-W. Berdasarkan data yang tertera, generator ini beroperasi pada frekuensi 50 Hz dengan tegangan keluaran nominal sebesar 380 Volt. Daya keluaran (output power) yang dihasilkan adalah 100 kW dengan faktor daya (power factor) sebesar 0,8 sehingga arus nominal yang disuplai sebesar 189,9 Ampere.

Tipe penggerak utama (prime mover) yang digunakan adalah mesin diesel dengan seri 6CT8.3-GM115, sedangkan alternator yang digunakan adalah tipe UCM274F1. Berat total unit generator adalah 1580 kg, menunjukkan bahwa peralatan ini termasuk kategori heavy-duty untuk kebutuhan kelistrikan utama kapal. Selain itu, generator ini dilengkapi dengan sistem kontrol FJ4000D2-23 yang berfungsi untuk mengatur operasi generator agar tetap stabil dan aman.

Dengan spesifikasi ini, generator mampu memenuhi kebutuhan daya kapal, khususnya untuk mengoperasikan sistem penerangan, navigasi, komunikasi, dan peralatan mesin bantu lainnya.



Gambar 4.4. Blok diagram sistem distribusi listrik di kapal tugboat

Sistem distribusi arus listrik ini dimulai dari generator satu dan dua sebagai pembangkit energi listrik, kemudian energi listrik tersebut disalurkan ke papan hubung utama, kemudian dari papan hubung utama energi listrik disalurkan ke panel-panel pembagi yang dilengkapi dengan alat-alat pengaman berupa *circuit breaker*, *magnetic contactor*, *over current relay*, *Marine Transformer* dan *safety fuse* setelah itu panel-panel pembagi tersebut di distribusikan ke pemakai yang meliputi instalasi penerangan, peralatan listrik dan navigasi serta pesawat bantu yang sebagian besar energi banyak digunakan untuk mengoperasikan motor listrik.

Tabel 4.1 Alat penerangan pada kapal tugboat

No	Nama Peralatan Unit	Unit	Daya (w)	Unit total (w)
1	Double Fluorescent	48	20x2	1920
2	Single Fluorescent	8	20	160
3	Ceiling Light (Non	10	20	200
4	Desk Light (Non Water Tigth)	10	10	100
5	Berth Light (Non Water Tigth)	17	10	170
6	Exhaust Fan	13	75	975
7	Lampu Projector	4	200	800

8	Red Light (Pada MCB)	4	5	20
9	Green Light (Pada MCB)	3	5	15
10	.Incandescent lamp, Non Water Tight untuk penerangan tangga.	6	40	240
	total			4600

Dari tabel 4.1 jumlah seluruh pemakaian beban listrik yang terpakai dari beberapa instalasi keseluruhan sebesar Watt. Maka efisiensi pemakaian daya listrik keseluruhan dari satu unit generator di hitung menggunakan Persamaan.

Perhitungan presentase pemakaian generator untuk peralatan penerangan:

Dimana:

$$P = V \times I:$$

P = Daya (Watt)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

$$I = \frac{P}{V} = \frac{4600}{220} = 25 \text{ Ampere}$$

Tabel 4.2 Alat penerangan navigasi pada kapal tugboat

No	Nama Peralatan Unit	Unit	Daya (w)	Unit total (w)
1	Musthead Light	2	40	80
2	Side Light	2	40	80
3	Stern Light	1	40	40
4	Anchor Light	1	40	40
5	Morse Signal Light	1	40	40

6	Search Light	1	500	500
7	Chart Table Light	1	15	15
8	total			755

Tabel 4.2 menunjukkan daftar peralatan penerangan navigasi yang digunakan pada kapal tugboat beserta jumlah unit dan daya listrik masing-masing. Berdasarkan tabel tersebut, terdapat beberapa jenis lampu navigasi yang wajib dipasang sesuai peraturan keselamatan pelayaran, antara lain **masthead light, side light, stern light, anchor light, morse signal light, search light, dan chart table light.**

Perhitungan presentase pemakaian generator untuk peralatan penerangan navigasi:

Dimana:

$$P = V \times I$$

$$P = \text{Daya (Watt)}$$

$$V = \text{Tegangan (Volt)}$$

$$I = \text{Arus (Ampere)}$$

$$I = \frac{P}{V} = \frac{755}{125} = 6 \text{ Ampere}$$

Tabel 4.3 Alat permesinan untuk daya normal

No	Nama Peralatan	Unit	Daya (kW)/	Unit Total Daya (kW)
1	Bilge/Ballast Pump	2	7.5	15
2	Sea Water Hydrophore Pump	1	0,375	0,375
3	Fresh Water Hydrophore Pump	1	1.5	1.5
4	Fuel Oil Transfer	1	1.1	1.1

	Pump			
5	G.S. Fire Pump	1	5.5	5.5
6	Sewage Pump	1	3.7	3.7
7	Oil Bilge Pump	1	1.5	1.5
8	Oil-Water Separator	1	0.4	0.4
9	Air Compressor	1	3	3
10	Stand-by L.O. Pump for Main Engine	1	2.2	2.2
11	Stand-by L.O. Pump for Gear Box	1	2.2	2.2
12	Pompa Hidrophore Mesin Jangkar/ Pintu pendarat depan	1	18.5	18.5
13	Pompa Hidrophore Pintu pendarat belakang	1	15	15
14	Pompa Hidrophore Mesin Kemudi	1	5	5
15	Peralatan Radio, Telephone, SSB, Radar, dll.	1	1	1
16	Fan Kamar ABK, Mess, dll.	1	0.75	0.75
17	Exhaust Fan Dapur, KM / WC	1	0.6	0.6
18	Fan Ruang Penumpang	2	2.2	4.4
19	Ventilasi Fan	1	2.2	4.4

	Kamar Mesin			
20	Windlas jangkar	1	26	26
	total			52,8

Berdasarkan Tabel 4.3 daftar peralatan listrik pada kapal mencakup berbagai pompa, sistem ventilasi, peralatan komunikasi, dan mesin bantu lainnya. Total daya yang dibutuhkan oleh peralatan-peralatan ini harus diperhitungkan secara akurat untuk menentukan kapasitas generator yang sesuai dan menjaga keandalan sistem kelistrikan kapal.

Peralatan utama yang memiliki daya besar adalah windlass jangkar dengan daya sebesar 26 kW, diikuti oleh pompa hidrophore untuk mesin jangkar/pintu pendarat depan dengan daya 18,5 kW, dan pompa hidrophore pintu pendarat belakang dengan daya 15 kW. Ketiga peralatan ini merupakan konsumen daya terbesar dan umumnya tidak beroperasi secara bersamaan, tetapi harus diperhitungkan untuk kondisi puncak (peak load).

Peralatan lain yang memiliki daya sedang antara 3 kW hingga 7,5 kW meliputi bilge/ballast pump (7,5 kW per unit, total 15 kW untuk dua unit), **G.S.** fire pump (5,5 kW), serta pompa hidrophore mesin kemudi (5 kW). Sedangkan pompa-pompa pendukung seperti fuel oil transfer pump (1,1 kW), fresh water hydrophore pump (1,5 kW), dan oil bilge pump (1,5 kW) memiliki daya yang relatif kecil.

Selain itu, peralatan bantu seperti air compressor (3 kW), sewage pump (3,7 kW), dan stand-by lubricating oil pump untuk main engine maupun gear box (masing-masing 2,2 kW) juga merupakan bagian penting dari sistem pendukung mesin utama.

Peralatan non-mesin seperti peralatan komunikasi dan navigasi (1 kW), kipas kamar ABK (0,75 kW), kipas exhaust dapur dan kamar mandi (0,6 kW) , serta kipas ruang penumpang (4,4 kW) juga masuk dalam perhitungan daya karena berfungsi untuk kenyamanan dan keselamatan selama operasi kapal.

Total daya terpasang dari seluruh peralatan adalah 52,8 kW. Nilai ini menjadi dasar perhitungan dalam menentukan kapasitas generator, dengan tambahan margin cadangan sebesar 20% untuk mengantisipasi lonjakan beban (peak load) dan memastikan generator bekerja tidak melebihi kapasitas nominal.

Perhitungan presentase pemakaian generator untuk peralatan penerangan navigasi:

Dimana:

$$P = V \times I$$

P = Daya (Watt)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

$$I = \frac{P}{V} = \frac{52,800}{380 \times 1,73 \times 0,8} = 956 \text{ Ampere}$$

Perhitungan presentase pemakaian generator untuk peralatan permesinan dan penerangan dapat diketahui dengan menggunakan persamaan atau dapat dirumuskan sebagai berikut.

dimana:

η = Presentase pemakaian

Po = Daya peralatan yang dibutuhkan

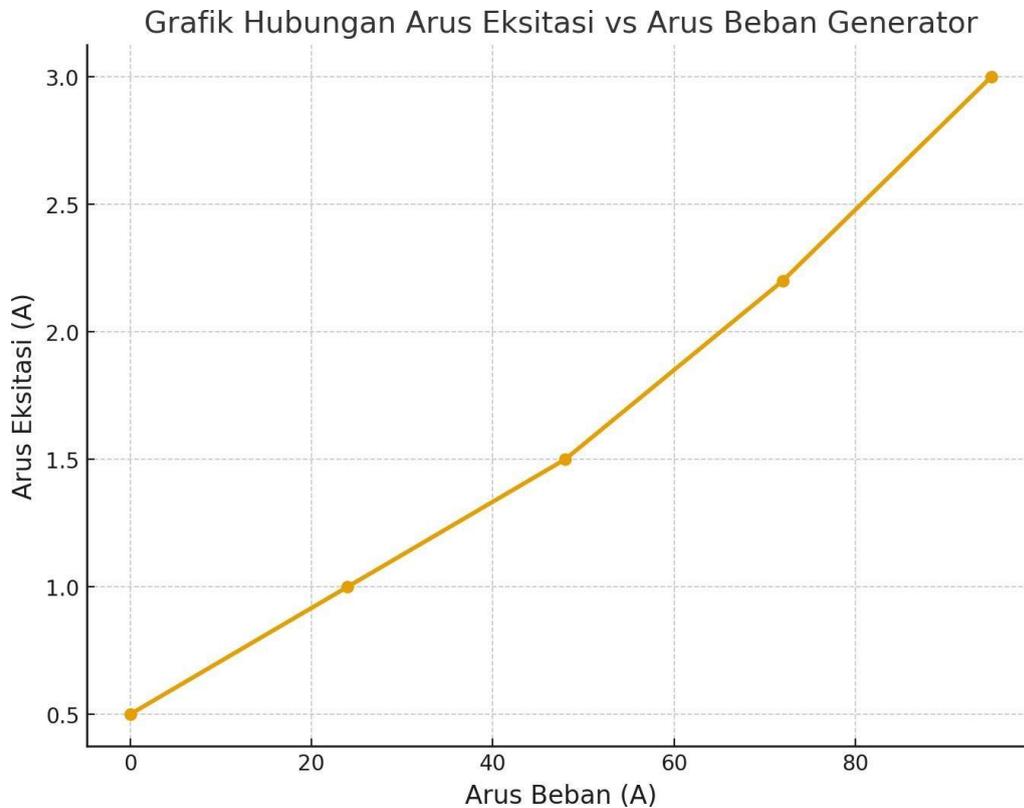
Pi = Daya generator generator yang tersedia

Untuk presentase pemakaian generator utama didapatkan nilai efesiensi.

$$\eta = \frac{58,155}{100} \times 100\%$$

$$\eta = 58,8\%$$

Gambar 4.5 grafik hubungan arus eksitasi ke semua beban generator



Gambar di atas memperlihatkan grafik hubungan antara arus eksitasi dengan arus beban pada generator kapal tugboat. Dari grafik terlihat bahwa semakin besar arus beban yang disuplai generator, semakin besar pula arus eksitasi yang dibutuhkan. Pada kondisi tanpa beban (0 A), arus eksitasi hanya sekitar 0,5 A. Saat beban meningkat hingga 25% (24 A), arus eksitasi naik menjadi 1 A, kemudian bertambah menjadi 1,5 A pada 50% beban (48 A). Pada 75% beban (72 A), arus eksitasi yang dibutuhkan mencapai 2,2 A, sedangkan pada kondisi beban penuh (95 A) arus eksitasi maksimum mencapai sekitar 3 A.

Pola kenaikan tersebut menunjukkan bahwa hubungan antara arus beban dengan arus eksitasi bersifat non-linier. Pada beban rendah hingga menengah, kenaikan arus eksitasi masih relatif landai. Namun, ketika beban mendekati penuh, arus eksitasi meningkat lebih tajam. Hal ini disebabkan oleh adanya pengaruh saturasi magnetik pada inti besi generator, sehingga untuk menambah

fluks magnet yang mempertahankan tegangan keluaran, dibutuhkan arus eksitasi yang jauh lebih besar.

Fenomena ini menunjukkan pentingnya sistem pengaturan eksitasi (Automatic Voltage Regulator/AVR) dalam menjaga kestabilan tegangan generator. Dengan menyesuaikan besar arus eksitasi secara otomatis sesuai beban yang terhubung, generator dapat tetap menyuplai daya listrik pada tegangan yang stabil dan sesuai standar kelistrikan kapal.

Dengan demikian, hasil pengukuran ini membuktikan bahwa pada beban penuh sebesar 95 A, generator memerlukan arus eksitasi maksimum 3 A. Data ini menjadi acuan penting dalam menentukan kapasitas sistem eksitasi serta memastikan bahwa generator mampu bekerja stabil dalam kondisi operasi nyata di kapal tugboat.

4.3 Menghitung Bahan Bakar Minyak

Nilai tekanan minyak sebesar 2,8 bar berada dalam kisaran normal (umumnya 2,5–4 bar), yang menunjukkan sistem pelumasan bekerja baik dan tidak ada indikasi kebocoran atau gangguan pada pompa pelumas. Suhu air pendingin sebesar 70°C juga masih dalam batas aman untuk operasi mesin diesel (umumnya 70–85°C), sehingga sistem pendingin berfungsi dengan baik.

Tegangan output generator sebesar 380 V merupakan standar untuk sistem 3 fasa pada kapal, sedangkan arus sebesar 40 A menandakan beban yang terhubung berada pada kondisi moderat.

Tabel 4.4 data ukur pengetesan generator

Jam kerja	Tekanan minyak	Suhu air pendingin	Tegangan (volts)	Arus (amperes)
12	2,8	70	380	40
12	2,8	70	380	40
12	2,8	70	380	40
12	2,8	70	380	40

12	2,8	70	380	40
----	-----	----	-----	----

Berdasarkan hasil pengukuran pada Tabel 4.4, kondisi mesin selama pengujian menunjukkan nilai yang stabil, yaitu jam kerja 1/24 jam, tekanan minyak 2,8 bar, suhu pendingin 70 °C, tegangan 380 Volt, dan arus listrik 40 Ampere. Hal ini menunjukkan mesin dan generator beroperasi sesuai standar.

Dengan arus 40 A dan tegangan 380 V serta faktor daya ($\cos \phi$) 0,8, daya keluaran generator adalah:

$$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \phi = \sqrt{3} \times 380 \times 40 \times 0,8 \approx 21,04 \text{ kW}$$

Generator bekerja pada beban normal dengan kapasitas sekitar 21 kW

Tabel 4.5 pengetesan pemakaian bahan bakar

Pemakaian dalam 24 jam Consumption in 24 hours	
Uraian	Bahan bakar FO Fuel oil (L)
Bahan bakar	10.000
motor induk main engine	180
Motor bantu Aux-engine	146
Jumlah sekarang	9674

Tabel 4.5 Pengujian konsumsi bahan bakar dilakukan untuk mengetahui jumlah pemakaian bahan bakar pada motor induk (main engine) dan motor bantu (auxiliary engine) selama periode 12 jam operasi. Berdasarkan Tabel 4.5, diketahui bahwa jumlah bahan bakar awal adalah 10.000 liter, dengan rincian pemakaian sebagai berikut:

- Motor induk (Main Engine): 180 liter
- Motor bantu (Auxiliary Engine): 146 liter
- Jumlah sisa bahan bakar: 9674 liter

Dengan data tersebut, dapat dihitung total pemakaian bahan bakar selama pengujian:

Rincian konsumsi menunjukkan bahwa penggunaan bahan bakar untuk motor induk lebih kecil dibandingkan untuk motor bantu, hal ini karena motor induk tidak beroperasi penuh selama pengujian, sedangkan motor bantu (generator) bekerja terus-menerus untuk menyuplai daya listrik ke seluruh sistem kapal. Jika dikonversi ke rata-rata per jam untuk motor bantu:

Untuk menghitung perkiraan pemakaian bahan bakar genset, Anda dapat menggunakan rumus dasar: Konsumsi Bahan Bakar (liter/jam) = 0,21 x Daya Genset (kVA) x Beban (%) x Waktu Operasi (jam). Faktor 0,21 adalah perkiraan kasar, dan bisa berbeda tergantung pada jenis genset dan kondisi operasional.

Rumus perkiraan konsumsi bahan bakar genset yang sering digunakan adalah:
perhitungan:

- Genset: 100 kw
- Beban: 58 %
- Waktu operasi: 12 jam

Rumus = $0,21 \times \text{kapasitas genset} \times \text{beban}$

Konsumsi = $0,21 \times 100 \text{kw} \times 0,58 = 12,18 \text{ liter/jam}$

Jadi di kali dalam 24 jam adalah = 146,16 liter

Angka ini menunjukkan bahwa konsumsi bahan bakar generator berada pada tingkat efisiensi normal untuk kapasitas mesin tersebut. Dengan konsumsi yang stabil, dapat disimpulkan bahwa sistem pembangkit listrik kapal beroperasi sesuai spesifikasi dan aman digunakan dalam jangka panjang.

4.4 Menghitung kapasitas baterai

4.6 Contoh Spesifikasi Baterai Kapal (Starter dan House Battery)

parameter	Stater baterai (diesel)	House Battery (Peralatan/Navigasi)
Jenis	Lead-acid AGM / Gel	Lithium-ion (LiFePO ₄) atau AGM
Tegangan	12V / 24V	12V / 24V / 48V
Kapasitas	80–200Ah	100–500Ah (atau setara kWh)
CCA (Arus Starter)	600–1200A	Tidak terlalu penting (fokus kapasitas)
Siklus Hidup	300–500 siklus	2000–5000 siklus (LiFePO ₄)
Aplikasi	Menghidupkan mesin diesel	Navigasi, penerangan, pompa, propulsi (jika listrik)

Tabel 4.6 spesifikasi Baterai house berfungsi untuk menyuplai daya ke peralatan navigasi, lampu penerangan, radio komunikasi, dan sistem elektronik lainnya. Jenis baterai yang banyak digunakan adalah Lithium-ion tipe LiFePO₄ karena memiliki siklus hidup panjang (2000–5000 siklus), kapasitas besar, dan bobot lebih ringan dibandingkan Lead-Acid. Alternatif lain adalah AGM, meskipun memiliki umur pakai lebih pendek dibandingkan LiFePO₄. Tegangan house battery bervariasi, yaitu 12V, 24V, atau 48V, dengan kapasitas yang lebih besar dibandingkan baterai starter, yaitu 100–500 Ah atau setara dengan beberapa kWh energi. Parameter CCA tidak terlalu penting pada baterai house, karena tugas utamanya adalah menyuplai daya secara stabil dalam jangka waktu lama, bukan memberikan arus besar sesaat.

Dengan pemilihan baterai yang tepat, sistem kelistrikan kapal dapat berjalan dengan andal, baik untuk keperluan start mesin maupun untuk mempertahankan daya pada peralatan penting selama operasi atau saat terjadi keadaan darurat.

4,7 kapasitas dan beban daya lampu

komponen	unit	daya	Total daya
Lampu emergency	15	20 watt	300 watt
Semok detektor	4	4 watt	16 watt

Tabel 4.7 Sistem kelistrikan darurat kapal dilengkapi dengan beberapa komponen penting, seperti lampu emergency dan smoke detector. Lampu emergency berjumlah 15 unit, masing-masing memiliki daya 20 watt, sehingga total daya yang dibutuhkan untuk seluruh lampu adalah 300 watt. Sementara itu, smoke detector terpasang sebanyak 4 unit, masing-masing mengonsumsi daya 4 watt, sehingga total dayanya adalah 16 watt. Kombinasi kedua komponen ini memastikan pencahayaan dan deteksi asap tetap berfungsi saat kondisi darurat dengan total daya keseluruhan sebesar 316 watt.

Daya total = 300 watt + 16 watt

$$= 316 \text{ watt}$$

Kapasitas baterai = tegangan \times kapasitas baterai

$$= 24 \text{ v} \times 100 \text{ ah}$$

$$= 1200 \text{ wh}$$

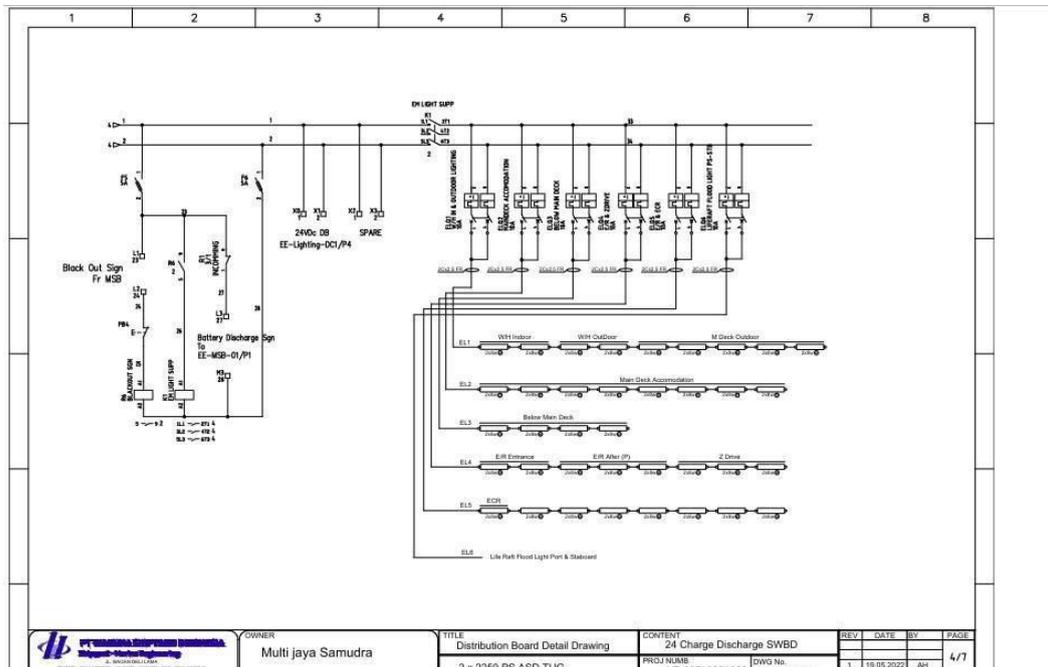
Waktu operasi = kapasitas (wh) / daya beban \times efisiensi sistem

$$= \frac{1200}{316} \times 90\%$$

$$= 3,4 \text{ jam}$$

Dengan tegangan 24 vdc dan arus 100 ah dapat menghasilkan daya 1200 wh (watt hour) dengan beban daya 316 watt mampu menghidupkan 3,4 jam

Gambar 4.6 wiring Distribusi Baterai 24 VDC saat terjadi blackout



Rangkaian ini dirancang untuk mendistribusikan daya listrik dari baterai 24 VDC ke berbagai beban penerangan darurat pada kapal, sehingga sistem tetap berfungsi saat terjadi blackout atau kegagalan generator utama. Baterai ini terhubung dengan DC Distribution Board (24 VDC DB) yang dilengkapi proteksi dan komponen pengaman untuk menjamin keamanan dan keandalan sistem.

Ketika sistem dalam kondisi normal, baterai dalam keadaan terhubung ke charger yang berasal dari Main Switchboard (MSB), sehingga selalu terisi penuh. Pada saat terjadi pemadaman listrik atau generator tidak beroperasi, sumber daya otomatis beralih ke baterai, yang kemudian menyuplai daya ke Emergency Lighting Circuit (ELQ1 – ELQ6). Jalur-jalur ini melayani penerangan di area penting kapal seperti Wheel House (W/H) indoor & outdoor, Main Deck Accommodation, Engine Room (E/R), ECR, Z-Drive, dan Life Raft Flood Light.

Setiap jalur penerangan darurat dilengkapi pengaman berupa fuse 5A dan MCB 10A yang berfungsi memutuskan arus jika terjadi hubung singkat atau arus lebih. Penggunaan kabel 2C x 2,5 mm² FR (Fire Resistant) memastikan keandalan sistem terhadap panas dan api, sehingga mendukung keselamatan kapal.

Selain itu, terdapat indikator Battery Discharge Sign yang menunjukkan status pelepasan daya baterai ketika sistem bekerja pada mode darurat. Dengan demikian, operator dapat memantau kondisi baterai dan mengambil tindakan jika kapasitas mendekati batas minimum. Apabila suplai listrik normal kembali, sistem kembali mengalihkan daya ke MSB untuk mengisi ulang baterai secara otomatis.

Secara keseluruhan, rangkaian ini memastikan penerangan darurat tetap berfungsi selama blackout, mendukung prosedur keselamatan, dan mempermudah evakuasi jika terjadi keadaan darurat di kapal

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data generator dan performa keluaran daya listrik pada generator, bahan bakar solar dan baterai emergency serta studi literatur dan observasi lapangan yang telah dilakukan, maka diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Kapal tugboat memiliki sistem pembangkit listrik yang menggunakan generator diesel dengan daya output sekitar 88 kW (merk Niigata, tipe SB-HW-64-SG.34, 3 fasa, 380/220V, 50 Hz, faktor daya 0,8). Generator ini dipilih agar mampu melayani seluruh kebutuhan beban listrik kapal, termasuk beban normal, beban puncak, dan beban darurat. Perhitungan menunjukkan kapasitas generator harus 15% lebih besar dari total kebutuhan daya agar aman terhadap lonjakan beban. Sistem distribusi yang digunakan adalah sistem radial, dengan panel utama dan panel pembagi yang dilengkapi pengamanan seperti MCCB, ACB, dan kontaktor.
2. Konsumsi bahan bakar pada kapal tugboat dihitung berdasarkan beban kerja generator dan mesin induk. Generator diesel menggunakan bahan bakar High Speed Diesel (HSD). Perhitungan kebutuhan bahan bakar dilakukan dengan mempertimbangkan lama waktu pelayaran, beban rata-rata, dan daya mesin. Semakin tinggi beban generator (misalnya mendekati kapasitas maksimum saat semua peralatan aktif), semakin tinggi pula konsumsi bahan bakar. Umumnya, efisiensi generator dipertahankan antara 78% hingga 100% untuk menghindari pemborosan bahan bakar.
3. Kapal dilengkapi dengan generator darurat (emergency generator) yang berfungsi sebagai sumber listrik cadangan ketika generator utama gagal beroperasi. Selain itu, terdapat baterai emergency yang berfungsi menyediakan daya sementara untuk peralatan penting seperti penerangan darurat, pompa kebakaran, dan sistem komunikasi. Baterai ini memungkinkan pengoperasian

peralatan keselamatan hingga sistem pembangkit darurat aktif. Dengan adanya sistem ini, kapal tetap dapat beroperasi dalam kondisi aman hingga sumber daya utama kembali normal.

4. Berdasarkan pengujian, tegangan generator stabil di 380 Volt dengan arus sekitar 40 Ampere. Perhitungan daya menunjukkan keluaran sebesar ± 21 kW untuk beban yang diuji. Sistem ini dinilai andal karena mampu mempertahankan parameter sesuai standar operasional kapal.

5.2 Saran

1. Kapasitas generator sebaiknya dihitung dengan margin minimal 15–20% dari total kebutuhan daya untuk mengantisipasi lonjakan beban saat peralatan dioperasikan bersamaan. Lakukan pemeliharaan berkala pada sistem pembangkit, termasuk pengecekan faktor daya, tegangan, dan frekuensi agar kinerja tetap stabil. Pertimbangkan penggunaan sistem monitoring otomatis (power management system) untuk mengontrol distribusi daya dan mencegah kelebihan beban (overload).
2. Operator kapal harus melakukan perencanaan bahan bakar secara akurat dengan memperhitungkan durasi pelayaran, beban mesin, dan kondisi cuaca. Gunakan bahan bakar sesuai standar seperti High Speed Diesel (HSD) agar mesin dan generator bekerja efisien dan tidak menimbulkan kerusakan. Lakukan perawatan filter bahan bakar dan sistem injeksi secara berkala untuk menjaga efisiensi pembakaran, sehingga konsumsi bahan bakar dapat ditekan.
3. Pastikan emergency generator diuji secara rutin agar siap digunakan kapan saja saat terjadi gangguan daya utama. Gunakan baterai cadangan (emergency battery) dengan kapasitas sesuai standar SOLAR untuk mendukung sistem penerangan darurat dan peralatan keselamatan minimal 3 jam. Pertimbangkan untuk memasang sistem alarm otomatis yang mendeteksi kegagalan daya dan langsung mengaktifkan back up, sehingga tidak terjadi blackout total

Daftar Pustaka

- (McLean, 2005)Anwar, K. (2011). Efektivitas Alat Penukar Kalor pada Sistem Pendingin Generator PLTA. *Mektek Tahun XIII*, 3, 186–193.
- McLean, G. W. (2005). Generators. *Newnes Electrical Power Engineer's Handbook, Second Edition*, 11(1), 105–133. <https://doi.org/10.1016/B978-075066268-0/50005-6>
- Nasional, K., Sosial, I., & Measurement, B. E. (2017). *Penerapan dan penggunaan alat ukur multimeter pada pengukuran komponen elektronika*. 226–230.
- Rasmini, N. W., Ta, I. K., Mudiana, I. N., & Parti, I. K. (2019). Rancang Bangun Automatic Transfer Switch (ATS) PLN - Genset 3 Phasa 10 kVA. *Matrix : Jurnal Manajemen Teknologi Dan Informatika*, 9(2), 41–46. <https://doi.org/10.31940/matrix.v9i2.1344>
- Sudaryana, I. G. S. (2015). Pemanfaatan Relai Tunda Waktu Dan Kontaktor Pada Panel Hubung Bagi (Phb) Untuk Praktek Penghasutan Starting Motor Star Delta. *Jurnal Pendidikan Teknologi Dan Kejuruan*, 12(2). <https://doi.org/10.23887/jptk.v12i2.6478>
- (Sudaryana, 2015)Anwar, K. (2011). Efektivitas Alat Penukar Kalor pada Sistem Pendingin Generator PLTA. *Mektek Tahun XIII*, 3, 186–193.
- McLean, G. W. (2005). Generators. *Newnes Electrical Power Engineer's Handbook, Second Edition*, 11(1), 105–133. <https://doi.org/10.1016/B978-075066268-0/50005-6>
- Nasional, K., Sosial, I., & Measurement, B. E. (2017). *Penerapan dan penggunaan alat ukur multimeter pada pengukuran komponen elektronika*. 226–230.
- Rasmini, N. W., Ta, I. K., Mudiana, I. N., & Parti, I. K. (2019). Rancang Bangun Automatic Transfer Switch (ATS) PLN - Genset 3 Phasa 10 kVA. *Matrix :*

Jurnal Manajemen Teknologi Dan Informatika, 9(2), 41–46.
<https://doi.org/10.31940/matrix.v9i2.1344>

Sudaryana, I. G. S. (2015). Pemanfaatan Relai Tunda Waktu Dan Kontaktor Pada Panel Hubung Bagi (Phb) Untuk Praktek Penghasutan Starting Motor Star Delta. *Jurnal Pendidikan Teknologi Dan Kejuruan*, 12(2).
<https://doi.org/10.23887/jptk.v12i2.6478>

(Anwar, 2011)Anwar, K. (2011). Efektivitas Alat Penukar Kalor pada Sistem Pendingin Generator PLTA. *Mektek Tahun XIII*, 3, 186–193.

McLean, G. W. (2005). Generators. *Newnes Electrical Power Engineer's Handbook, Second Edition*, 11(1), 105–133. <https://doi.org/10.1016/B978-075066268-0/50005-6>

Nasional, K., Sosial, I., & Measurement, B. E. (2017). *Penerapan dan penggunaan alat ukur multimeter pada pengukuran komponen elektronika*. 226–230.

Rasmini, N. W., Ta, I. K., Mudiana, I. N., & Parti, I. K. (2019). Rancang Bangun Automatic Transfer Switch (ATS) PLN - Genset 3 Phasa 10 kVA. *Matrix : Jurnal Manajemen Teknologi Dan Informatika*, 9(2), 41–46.
<https://doi.org/10.31940/matrix.v9i2.1344>

Sudaryana, I. G. S. (2015). Pemanfaatan Relai Tunda Waktu Dan Kontaktor Pada Panel Hubung Bagi (Phb) Untuk Praktek Penghasutan Starting Motor Star Delta. *Jurnal Pendidikan Teknologi Dan Kejuruan*, 12(2).
<https://doi.org/10.23887/jptk.v12i2.6478>

(Nasional et al., 2017)Anwar, K. (2011). Efektivitas Alat Penukar Kalor pada Sistem Pendingin Generator PLTA. *Mektek Tahun XIII*, 3, 186–193.

McLean, G. W. (2005). Generators. *Newnes Electrical Power Engineer's Handbook, Second Edition*, 11(1), 105–133. <https://doi.org/10.1016/B978-075066268-0/50005-6>

- Nasional, K., Sosial, I., & Measurement, B. E. (2017). *Penerapan dan penggunaan alat ukur multimeter pada pengukuran komponen elektronika*. 226–230.
- Rasmini, N. W., Ta, I. K., Mudiana, I. N., & Parti, I. K. (2019). Rancang Bangun Automatic Transfer Switch (ATS) PLN - Genset 3 Phasa 10 kVA. *Matrix : Jurnal Manajemen Teknologi Dan Informatika*, 9(2), 41–46. <https://doi.org/10.31940/matrix.v9i2.1344>
- Sudaryana, I. G. S. (2015). Pemanfaatan Relai Tunda Waktu Dan Kontaktor Pada Panel Hubung Bagi (Phb) Untuk Praktek Penghasutan Starting Motor Star Delta. *Jurnal Pendidikan Teknologi Dan Kejuruan*, 12(2). <https://doi.org/10.23887/jptk.v12i2.6478>
- (et al., 2019)Anwar, K. (2011). Efektivitas Alat Penukar Kalor pada Sistem Pendingin Generator PLTA. *Mektek Tahun XIII*, 3, 186–193.
- McLean, G. W. (2005). Generators. *Newnes Electrical Power Engineer's Handbook, Second Edition*, 11(1), 105–133. <https://doi.org/10.1016/B978-075066268-0/50005-6>
- Nasional, K., Sosial, I., & Measurement, B. E. (2017). *Penerapan dan penggunaan alat ukur multimeter pada pengukuran komponen elektronika*. 226–230.
- Rasmini, N. W., Ta, I. K., Mudiana, I. N., & Parti, I. K. (2019). Rancang Bangun Automatic Transfer Switch (ATS) PLN - Genset 3 Phasa 10 kVA. *Matrix : Jurnal Manajemen Teknologi Dan Informatika*, 9(2), 41–46. <https://doi.org/10.31940/matrix.v9i2.1344>
- Sudaryana, I. G. S. (2015). Pemanfaatan Relai Tunda Waktu Dan Kontaktor Pada Panel Hubung Bagi (Phb) Untuk Praktek Penghasutan Starting Motor Star Delta. *Jurnal Pendidikan Teknologi Dan Kejuruan*, 12(2). <https://doi.org/10.23887/jptk.v12i2.6478>

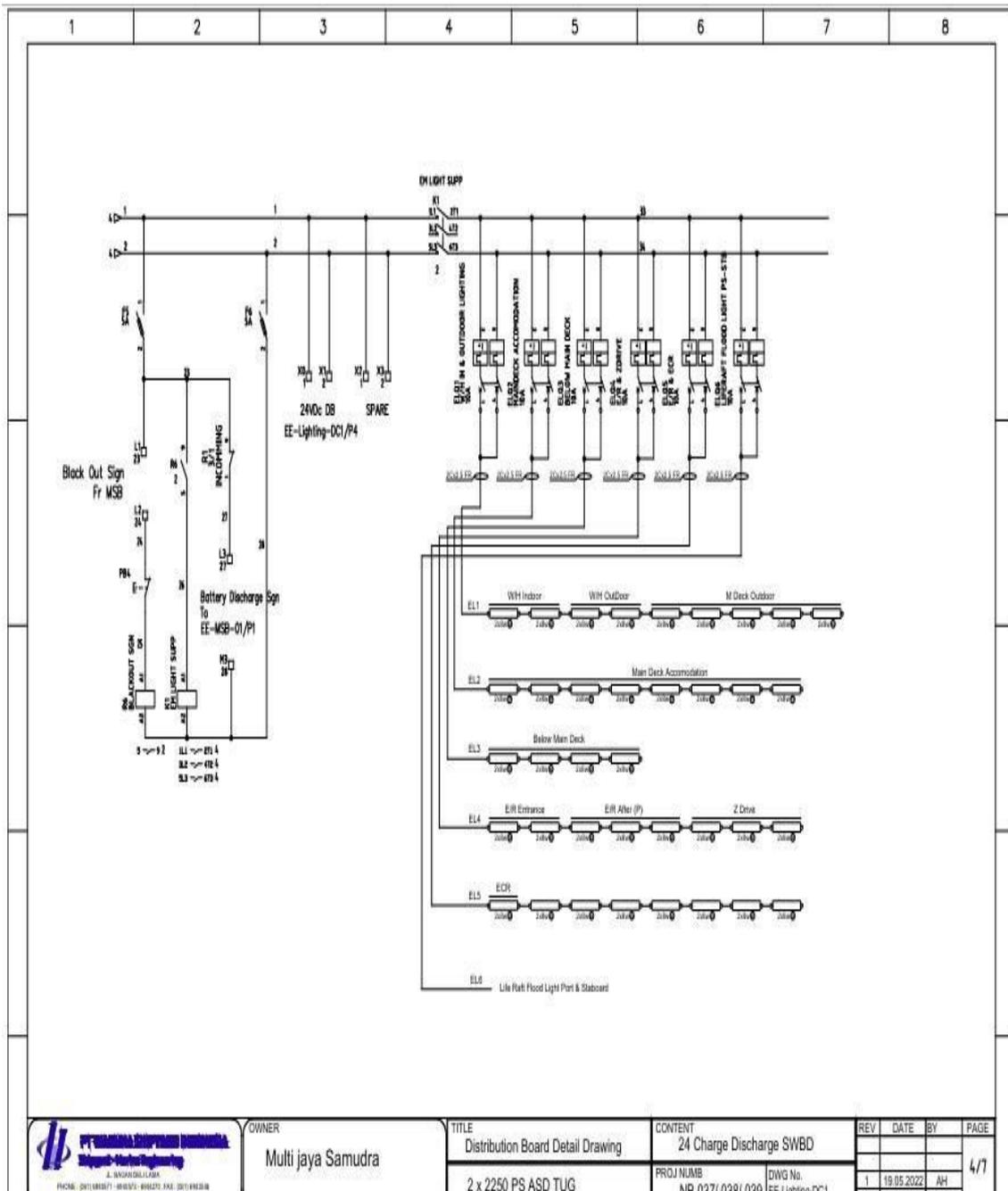
LAMPIRAN



Gambar 1 Identifikasi nameplate Generator Set Kapal Tugboat



Gambar 2 voltase pada generator



Gambar 3 wiring terjadi balck out



Gambar 4 Batrai emergency lighting

DAFTARRIWAYAT HIDUP



DATA DIRI PENULIS

Nama lengkap : Rivandi Ma'arif
 Nomor pokok mahasiswa : 2107220081
 Tempat, Tanggal Lahir : Medan, 11 September 2000
 Alamat : Jl Brigjen Katamso Kampung Baru Gg lori no 43
 Kec medan Medan Maimun , kota Medan
 Agama : Islam
 Jenis Kelamin : Laki-laki
 No. HP : +62 38 4918 7570
 Email : rivandimaarif2000@gmail.com

DATA ORANG TUA PENULIS

Nama Ayah : Muhammadin
 Agama : Islam
 Nama Ibu : Sri Mulya Ningsih
 Agama : Islam
 Alamat : Jl. Brigjen Katamso Kampung Baru Kec Medan
 Maimun Gg Lori No 43

Riwayat Pendidikan Penulis

1. (2007 - 2013) : SD Negeri 060907 Medan
2. (2013 - 2016) : SMP Harapan Mandiri
3. (2016 - 2019) : SMA Angkasa Lanud Suwondo
4. (2021 - 2025) : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
S1 Teknik Elektro