

**ANALISIS PENYEBAB TERJADINYA BLACK OUT PADA
GENERATOR DI KAPAL MT GAS NUSA**



HAMRAN

NIT : 21.42.068

TEKNIKA

**PROGRAM PENDIDIKAN DIPLOMA IV PELAYARAN
POLITEKNIK ILMU PELAYARAN MAKASSAR
TAHUN 2025**

ANALISIS PENYEBAB TERJADINYA BLACK OUT PADA GENERATOR DI KAPAL MT GAS NUSA

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Menyelesaikan
Program Pendidikan Diploma IV Pelayaran

Program Studi
TEKNIKA

Disusun dan Diajukan oleh

HAMRAN
NIT. 21.42.068

**PROGRAM DIPLOMA IV PELAYARAN
POLITEKNIK ILMU PELAYARAN MAKASSAR
TAHUN 2025**

SKRIPSI

**ANALISIS PENYEBAB TERJADINYA BLACK OUT PADA
GENERATOR DI KAPAL MT GAS NUSA**

Disusun dan Diajukan oleh:

HAMRAN

NIT..21.42.068

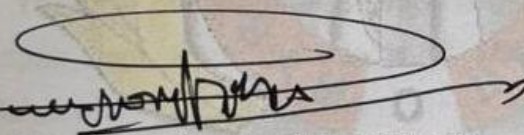
Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Skripsi

Pada tanggal, 26 September 2025

Menyetujui,

Pembimbing I

Pembimbing II


Ir. H. Mahbub Arfah, S.Si.T., M.T., M.Mar.E.

NIP: 197805022009121001


Waty Rimalia, M.Kom.

NIDN : 0906117804

Mengetahui:

a.n. Direktur

Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar
Pembantu Direktur I

Ketua Program Studi Teknika


Capt. Faisal Saransi, M.T., M.Mar

NIP. 19750329 199903 1 002


Ir. Alberto, S.Si.T., M.Mar.E., M.A.P.

NIP. 19760409 200604 1 001

KATA PENGANTAR

Dengan penuh rasa syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan petunjuk-Nya, saya berhasil menyelesaikan penyusunan skripsi berjudul " *ANALISIS PENYEBABNYA TERJADINYA BLACK OUT PADA GENERATOR DI ATAS KAPAL MT GAS NUSA*"

Proses penelitian ini merupakan langkah penting dalam perjalanan akademik saya di Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar. Sebagai seorang taruna pelayaran, penulisan skripsi ini menjadi bukti komitmen saya dalam memahami dan mengatasi tantangan teknis yang seringkali dihadapi dalam operasional kapal laut.

Mengakui keterbatasan dan kekurangan pengalaman pribadi, saya sangat mengharapkan saran, kritik, dan masukan untuk meningkatkan kualitas skripsi ini. Saya dengan tulus mengucapkan terima kasih kepada kedua orang tua tercinta, Bapak Hamzah dan Mara, serta kepada saudara dan pacar saya Asyifa Fila Fitriana, atas doa, semangat, kasih sayang, dan dukungan mereka selama perjalanan pendidikan saya.

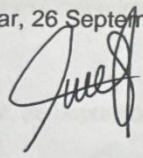
Tak lupa, penghargaan setinggi-tingginya saya sampaikan kepada:

1. Bapak Capt. Rudy Susanto M.Pd, Direktur Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar.
2. Bapak Capt. Faisal Saransi, M.T, Pembantu Direktur I Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar.
3. Bapak Alberto, S.Si.T., M.Mar.E., M.A.P., Ketua Jurusan Teknika.
4. Bapak Ir H.Mahbub Arfah, S.Si.T.,M.T.,M.Mar.E. Pembimbing I.
5. Ibu Waty Rimalia, M.Kom. Pembimbing II.
6. Para perwira, staf pengajar, dan karyawan Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar.
7. Kepala Kamar Mesin, perwira, dan seluruh ABK di MT Gas Nusa
8. Rekan-rekan Taruna dan Taruni angkatan XLII serta semua pihak yang

telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini.

Semoga rahmat-Nya senantiasa menyertai kita semua. Saya memohon maaf jika terdapat kekurangan dalam skripsi ini. Semoga hasil penelitian ini bermanfaat untuk peningkatan pengetahuan, terutama bagi saya sendiri, rekan-rekan Taruna di Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar, dan untuk meningkatkan kualitas perwira Indonesia di masa mendatang.

Makassar, 26 September 2025



HAMRAN
NIT:21.42.068

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya : HAMRAN

Nomor Induk Taruna : 21.42.068

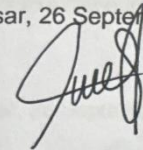
Program Studi : Teknika

Menyatakan bahwa skripsi dengan judul:

ANALISIS PENYEBABNYA TERJADINYA BLACK OUT PADA GENERATOR DI ATAS KAPAL MT GAS NUSA

Merupakan karya asli. Seluruh ide yang ada dalam skripsi ini yang saya nyatakan sebagai kutipan, merupakan ide yang saya susun sendiri. Jika pernyataan diatas terbukti sebaliknya, maka saya bersedia menerima sanksi yang ditetapkan oleh Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar.

Makassar, 26 September 2025



HAMRAN
NIT:21.42.068

PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT

Saya : HAMRAN

Nomor Induk Taruna : 21.42.068

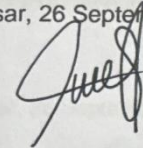
Program Studi : Teknika

Menyatakan bahwa skripsi dengan judul:

ANALISIS PENYEBABNYA TERJADINYA BLACK OUT PADA GENERATOR DI ATAS KAPAL MT GAS NUSA

Bahwa seluruh isi, petikan, data dan sumber-sumber lain betul asli dan bebas dari plagiat. Bila pernyataan diatas terbukti mengandung plagiat, maka saya bersedia menerima sanksi berupa aturan pendidikan yang ditetapkan secara nasional yang dikeluarkan oleh institusi PIP Makassar.

Makassar, 26 September 2025



HAMRAN
NIT:21.42.068

ABSTRAK

Hamran “Analisis Penyebabnya Terjadinya Blackout pada Generator di atas Kapal MT Gas Nusa”(Dibimbing oleh: Mahbud Arfah, Wati Rimalia) Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penyebab terjadinya blackout pada generator di kapal MT Gas Nusa.

Blackout merupakan kondisi padamnya sistem kelistrikan secara tiba-tiba yang dapat mengganggu operasional kapal serta membahayakan keselamatan pelayaran. Dalam pelaksanaannya, penelitian ini difokuskan untuk mengidentifikasi faktor-faktor utama yang menyebabkan blackout, seperti beban berlebih (*overload*), kegagalan sistem bahan bakar dan pendinginan, gangguan pada sistem kontrol otomatis, serta kesalahan manusia dalam pengoperasian.

Selain itu, penelitian ini juga menyoroti dampak blackout terhadap kinerja sistem navigasi dan propulsi kapal. Hasil analisis menunjukkan perlunya penerapan langkah pencegahan yang meliputi pemeliharaan berkala sistem kelistrikan, pelatihan awak kapal, serta penerapan teknologi pemantauan modern untuk meningkatkan keandalan sistem. Diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi terhadap peningkatan keselamatan dan efisiensi operasional kapal.

Kata kunci: *blackout*, sistem kelistrikan kapal, generator, *overload*, keselamatan pelayaran

ABSTRACT

Hamran “Analysis of the Causes of Blackout on the Generator Aboard MT Gas Nusa”(Supervised by: Mahbud Arfah, Wati Rimalia) This study aims to analyze the causes of blackout incidents on the generator aboard MT Gas Nusa.

A blackout is a sudden loss of electrical power that can disrupt ship operations and endanger maritime safety. This research focuses on identifying the main contributing factors to blackout events, such as electrical overload, failures in the fuel and cooling systems, malfunctions in the automatic control system, and human error in operation.

Furthermore, this study highlights the impact of blackouts on the performance of the ship's navigation and propulsion systems. The analysis results emphasize the importance of preventive actions, including regular maintenance of electrical systems, intensive crew training, and the implementation of modern monitoring technologies to enhance system reliability. It is expected that this research can contribute to improving the safety and operational efficiency of ships.

Keywords: blackout, ship electrical system, generator, overload, maritime safety

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	IV
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	VI
PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT	VII
ABSTRAK	VIII
ABSTRACT	IX
DAFTAR ISI	X
DAFTAR TABEL	XII
DAFTAR GAMBAR	XIII
DAFTAR LAMPIRAN	XIV
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	4
C. Tujuan Penelitian	5
D. Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
A. Prinsip Dasar Generator	6
B. Pengertian Generator Arus Bolak Balik	6
C. Metode Pembangkitan Generator	7
D. Prinsip Kerja Generator	7
E. Pengertian Blackout pada Generator Kapal	9
F. Penyebab Terjadinya Blackout pada Generator Kapal	11
G. Mesin Diesel	13
H. Beban Kerja (Load Factor) Generator Kapal	14
I. Faktor Kesamarataan (Diversity Factor) Generator Kapal	16
J. Perhitungan Kapasitas Generator Kapal	17

K. Pengertian Governor	19
L. Katup Penyemprotan Bahan Bakar	20
M. Pengertian Alternator pada Mesin Diesel di Kapal	23
N. Arus Listrik Searah (DC – Direct Current)	25
O. Arus Listrik Bolak-Balik (AC – Alternating Current)	26
P. Pemanfaatan Energi Surya dalam Sistem Kelistrikan Kapal	27
Q. Kerangka Pikir	29
R. Hipotesis	30
BAB III METODE PENELITIAN	31
A. Jenis, Desain, dan Variable Penelitian	31
B. Definisi Operasional Variabel/Deskripsi Fokus	31
C. Populasi Dan Sampel Penelitian	32
D. Teknik Pengumpulan Data Dan Instrumen Penelitian	32
E. Teknik Analisis Data	33
F. Jadwal Penelitian	34
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	36
A. Gambaran Umum Penelitian di Kapal MT Gas Nusa	36
B. Hasil Penelitian	37
C. Upaya Pencegahan Blackout Generator	38
D. Dampak Blackout Generator	40
E. Perbaikan yang dilakukan	41
D. Wawancara antara Cadet dan Kepala Kamar Mesin (KKM) mengenai Penyebab Terjadinya Blackout	43
F. Pembahasan	46
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	48
A. Kesimpulan	48
B. Saran	49
DAFTAR PUSTAKA	50
LAMPIRAN	52

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Beban Generator Menuju <i>Blackout</i>	17
Tabel 2. 2 Perbandingan Arus DC dan AC di Sistem Kelistrikan Kapal	27
Tabel 3. 1 Jadwal Pelaksanaan Penelitian	29
Tabel 4. 1 ship particular	36

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Prinsip kerja Generator	9
Gambar 2. 2 Arus DC	25
Gambar 2. 3 Arus AC	26
Gambar 4. 1 <i>nozzle</i> injektor Tersumbat	37
Gambar 4. 2 wawancara dengan KKM	45

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. 1 (<i>Generator Test Sheet</i>)	52
Lampiran 1. 2 (<i>Engine Load Test</i>)	53
Lampiran 1. 3 (<i>Main Data For Gensets</i>)	54
Lampiran 1. 4 proses terjadinya <i>Blackout</i>	55

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Dalam menunjang kebutuhan manusia, sudah dapat dipastikan bahwa sumber daya listrik saat ini telah menjadi kebutuhan bagi kelancaran terlaksananya kegiatan dalam melakukan aktivitas kehidupan manusia. Di setiap aktivitas kegiatan manusia, tidak sedikit dari mereka yang dalam melaksanakan pekerjaannya masih bisa terlepas dari yang dinamakan sumber arus listrik. Hal ini sudah menjadi kesinambungan antara segala jenis kegiatan manusia saat ini yang membutuhkan aliran listrik dengan sumber tersebut.

Seiring dengan perkembangan teknologi dan industri, listrik menjadi bagian yang tidak terpisahkan dalam kehidupan sehari-hari, termasuk dalam bidang transportasi laut. Kapal sebagai salah satu modal transportasi utama dalam perdagangan dan mobilisasi manusia sangat bergantung pada sistem kelistrikan untuk menjaga operasionalnya tetap berjalan dengan lancar.

(Ramadhan & Rimalia, 2025), perawatan dan perbaikan kebocoran pada Sea Water Pump sangat penting untuk menjaga suplai pendingin mesin induk, yang secara langsung memengaruhi kinerja generator kapal. Kerusakan atau kebocoran pompa dapat menyebabkan overheating pada mesin induk sehingga generator mengalami fluktuasi daya atau bahkan shutdown.

Dalam operasional kapal, sistem kelistrikan memegang peran yang sangat penting dalam menjaga fungsi utama berbagai peralatan dan sistem pendukung di atas kapal. Sistem kelistrikan yang handal dapat memastikan kelancaran navigasi, komunikasi, dan operasi mesin utama kapal. Tanpa adanya listrik yang stabil, berbagai komponen vital di kapal tidak dapat berfungsi sebagaimana mestinya.

Salah satu kejadian yang dapat mengganggu operasional kapal adalah *blackout* atau padamnya sistem kelistrikan secara tiba-tiba. *Blackout* dapat terjadi tanpa peringatan dan berdampak langsung pada berbagai sistem kapal, mengakibatkan kapal tidak dapat beroperasi secara optimal. (Alberto & others, 2024) menyatakan bahwa keselamatan berlayar erat kaitannya dengan pemahaman dokumen kelaiklautan kapal.

Kejadian *blackout* pada kapal dapat menyebabkan berbagai dampak serius, seperti gangguan navigasi, kendala dalam sistem propulsi, hingga ancaman terhadap keselamatan awak kapal. Dalam kondisi darurat, *blackout* dapat memperburuk situasi dan menghambat evakuasi atau penanganan insiden di atas kapal.

Menurut (Gunawan, 2019) *overload* dapat menyebabkan gangguan besar dalam sistem propulsi kapal yang berdampak pada keselamatan pelayaran. Jika propulsi kapal terganggu, maka kapal akan kehilangan kendali dan berisiko mengalami kecelakaan, seperti bertabrakan dengan kapal lain atau kandas di perairan dangkal.

(Pongkessu et al., 2019) menyatakan bahwa perawatan exhaust valve yang tepat pada mesin induk penting untuk menjaga kinerja generator kapal, karena valve yang aus atau macet dapat mengganggu suplai daya listrik serta operasional peralatan pendukung di kapal

Blackout pada generator kapal dapat disebabkan oleh berbagai faktor, termasuk beban berlebih (*overload*), gangguan pada sistem bahan bakar, kegagalan sistem pendinginan, serta masalah dalam sistem kontrol otomatis (Sulistyo, A., Prasetyo, 2022) Faktor-faktor ini dapat muncul secara individual maupun bersamaan, menyebabkan gangguan serius dalam sistem kelistrikan kapal.

Selain itu, faktor *eksternal* seperti kondisi cuaca ekstrem juga dapat berkontribusi terhadap terjadinya *blackout* pada kapal. Gelombang tinggi, petir, dan angin kencang dapat merusak sistem kelistrikan atau menyebabkan gangguan pada generator kapal yang mengakibatkan pemadaman listrik secara mendadak.

Kesalahan manusia dalam pengoperasian juga dapat menjadi penyebab utama terjadinya *blackout*. Kurangnya pemahaman awak kapal terhadap prosedur pengoperasian generator serta kurangnya pelatihan mengenai tindakan pencegahan dapat meningkatkan risiko terjadinya *blackout*.

Menurut laporan (DNV GL, 2020) sekitar 30% dari kasus *blackout* pada kapal terjadi akibat kegagalan sistem kontrol dan bahan bakar. Hal ini menunjukkan bahwa aspek teknis dan manajerial dalam pengelolaan sistem kelistrikan kapal perlu ditingkatkan untuk mengurangi risiko pemadaman listrik yang dapat membahayakan kapal dan awaknya.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penyebab utama terjadinya *blackout* pada generator di atas kapal serta memberikan rekomendasi untuk mengurangi risiko terjadinya kejadian serupa di masa depan. Dengan memahami faktor-faktor penyebabnya, diharapkan dapat diterapkan langkah-langkah pencegahan yang lebih efektif.

Langkah pencegahan yang dapat diambil antara lain adalah peningkatan pemeliharaan rutin pada sistem kelistrikan kapal. Pemeriksaan berkala terhadap generator, sistem bahan bakar, dan sistem pendinginan dapat membantu mendeteksi potensi masalah sebelum menyebabkan *blackout*.

Selain itu, pelatihan intensif bagi awak kapal mengenai pengoperasian dan pemeliharaan sistem kelistrikan dapat mengurangi risiko *blackout* yang disebabkan oleh kesalahan manusia. Pemahaman yang lebih baik tentang tindakan pencegahan dan penanganan darurat akan meningkatkan keandalan sistem kelistrikan kapal.

Peningkatan teknologi dalam sistem kontrol otomatis juga dapat membantu mengurangi kemungkinan terjadinya *blackout*. Penggunaan sensor canggih dan perangkat lunak pemantauan dapat memberikan peringatan dini jika ada indikasi gangguan dalam sistem kelistrikan.

Dalam beberapa kasus, pemasangan sumber daya cadangan seperti baterai atau generator darurat dapat menjadi solusi untuk menjaga

kelangsungan pasokan listrik di kapal. Dengan adanya sistem cadangan, kapal tetap dapat beroperasi meskipun terjadi gangguan pada sistem utama.

Kolaborasi antara industri perkapalan, regulator, dan penyedia teknologi juga diperlukan untuk meningkatkan standar keselamatan dan keandalan sistem kelistrikan kapal. Standarisasi dan regulasi yang ketat dapat membantu memastikan bahwa semua kapal memiliki sistem kelistrikan yang sesuai dengan standar keselamatan.

Dengan meningkatnya kesadaran akan pentingnya sistem kelistrikan yang andal di kapal, diharapkan insiden *blackout* dapat dikurangi di masa mendatang. Langkah-langkah pencegahan yang efektif dan pemeliharaan yang baik dapat memastikan operasional kapal tetap berjalan dengan aman dan efisien.

Blackout pada kapal merupakan masalah serius yang dapat berdampak pada keselamatan pelayaran dan operasional kapal. Dengan memahami faktor penyebabnya serta menerapkan tindakan pencegahan yang tepat, risiko *blackout* dapat diminimalkan sehingga kapal dapat beroperasi dengan lebih aman dan andal.

Diperlukan kerja sama antara semua pihak yang terlibat dalam industri maritim untuk menciptakan lingkungan yang lebih aman dan bebas dari risiko *blackout*. Kesadaran, inovasi teknologi, dan disiplin dalam pemeliharaan sistem kelistrikan adalah kunci utama dalam menghadapi tantangan ini.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Apa saja faktor utama penyebab *overload* pada generator di atas kapal?
2. Bagaimana dampak *blackout* terhadap operasional kapal?

3. Bagaimana upaya yang dapat dilakukan untuk mencegah terjadinya overload pada generator guna menghindari *blackout* di atas kapal?

C. Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui penyebab utama *blackout* pada generator di atas kapal.
2. Untuk mengetahui dampak *blackout* terhadap operasional dan keselamatan kapal.
3. Untuk menyusun upaya preventif yang efektif dalam mencegah terjadinya *overload* pada generator guna meminimalkan risiko *blackout* di atas kapal.

D. Manfaat Penelitian

1. Manfaat Teoritis :
 - a. Dapat meningkatkan referensi pengetahuan dan kemajuan ilmu dalam prodi teknika.
 - b. Dapat dijadikan sebagai masukan terhadap taruna dalam upaya meningkatkan mutu pendidikan, serta referensi pada penelitian masa yang akan datang.
2. Manfaat Praktis :

Agar dapat bermanfaat bagi pihak-pihak terkait dalam penyelesaian masalah yaitu faktor-faktor apa yang mengakibatkan kurang maksimalnya proses pembakaran.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Prinsip Dasar Generator

Generator adalah perangkat yang berfungsi untuk mengubah energi mekanik menjadi energi listrik melalui prinsip induksi elektromagnetik. Menurut (DNV GL, 2020) generator bekerja berdasarkan prinsip bahwa perubahan medan magnet dalam suatu konduktor akan menghasilkan arus listrik. Dalam industri kelistrikan, generator banyak digunakan sebagai sumber utama energi listrik, baik di darat maupun di laut. Generator pada kapal umumnya digerakkan oleh mesin diesel, yang berfungsi sebagai penggerak utama untuk memutar rotor di dalam stator guna menghasilkan listrik. Generator kapal memainkan peran yang sangat penting dalam operasional kapal karena hampir seluruh sistem kelistrikan di kapal bergantung padanya. Oleh karena itu, desain dan perawatan generator harus dilakukan secara optimal agar kapal dapat beroperasi dengan efisien dan aman.

B. Pengertian Generator Arus Bolak Balik

Arus bolak-balik atau (*alternating current AC*) adalah jenis arus listrik yang arah dan besarnya berubah-ubah secara periodik terhadap waktu. Dalam sistem tenaga listrik modern, arus bolak-balik lebih banyak digunakan dibandingkan arus searah (*direct current/DC*) karena kelebihanannya dalam transmisi daya listrik jarak jauh dengan efisiensi yang tinggi. Salah satu karakteristik utama arus bolak-balik adalah bentuk gelombangnya yang sinusoidal. Bentuk gelombang ini memungkinkan distribusi daya yang lebih stabil dan minim kehilangan energi selama transmisi. Oleh karena itu, sebagian besar generator yang digunakan dalam industri kelistrikan adalah generator arus bolak-balik.

Sumber listrik rumah tangga dan industri pada umumnya menggunakan arus bolak-balik karena lebih mudah diubah tegangannya

dengan *transformator*. Hal ini memungkinkan daya listrik didistribusikan dari pembangkit ke pengguna dengan lebih efisien tanpa banyak kehilangan energi.

C. Metode Pembangkitan Generator

Metode membangkitkan terpisah memanfaatkan sumber daya *eksternal* untuk memberikan eksitasi pada medan magnet dalam generator. Dalam metode ini, terdapat dua tipe generator yang bekerja bersama, di mana salah satu generator bertugas menghasilkan arus eksitasi yang diperlukan oleh generator utama.

Kedua metode tersebut memiliki keunggulan dan kelemahan masing-masing. Metode membangkitkan sendiri lebih efisien dan kompak karena tidak memerlukan sumber *eksternal*, tetapi lebih bergantung pada kondisi internal generator. Sementara itu, metode membangkitkan terpisah menawarkan kontrol yang lebih fleksibel atas medan magnet, tetapi memerlukan sistem tambahan.

D. Prinsip Kerja Generator

Prinsip kerja generator berdasarkan hukum Faraday tentang induksi *elektromagnetik*, yang menyatakan bahwa perubahan medan magnet di sekitar kumparan kawat dapat menghasilkan perbedaan potensial, sehingga menghasilkan arus listrik.

Menurut (DNV GL, 2020) generator terdiri dari beberapa bagian utama, yaitu rotor, stator, sistem eksitasi, dan regulator tegangan. Rotor merupakan bagian yang berputar dan menghasilkan medan magnet, sedangkan stator adalah bagian diam yang berisi kumparan kawat tempat arus listrik dihasilkan.

Sistem eksitasi berfungsi untuk mengontrol medan magnet yang dihasilkan oleh rotor. Sedangkan regulator tegangan memastikan bahwa listrik yang dihasilkan tetap stabil dan sesuai dengan kebutuhan sistem kelistrikan kapal.

Di kapal, generator berfungsi sebagai sumber utama tenaga listrik untuk berbagai sistem operasional, termasuk sistem navigasi, komunikasi, penerangan, hingga propulsi. Keandalan generator sangat penting untuk memastikan kapal dapat beroperasi dengan aman, terutama saat berlayar di perairan yang jauh dari daratan.

Oleh karena itu, pemeliharaan generator menjadi faktor krusial dalam industri maritim. Pemeriksaan berkala, penggantian suku cadang yang aus, serta pemantauan kinerja generator harus dilakukan untuk memastikan operasional kapal tetap optimal.

Selain itu, operator kapal juga harus memahami bagaimana cara menangani gangguan pada generator. Gangguan seperti tegangan tidak stabil, panas berlebih, dan kerusakan pada rotor atau stator harus segera diidentifikasi dan diperbaiki agar tidak mengganggu operasi kapal.

Seiring dengan perkembangan teknologi, banyak kapal modern yang telah menggunakan generator dengan kontrol otomatis. Sistem ini memungkinkan pemantauan dan pengendalian generator dilakukan secara digital, sehingga meningkatkan efisiensi dan keamanan operasional kapal.

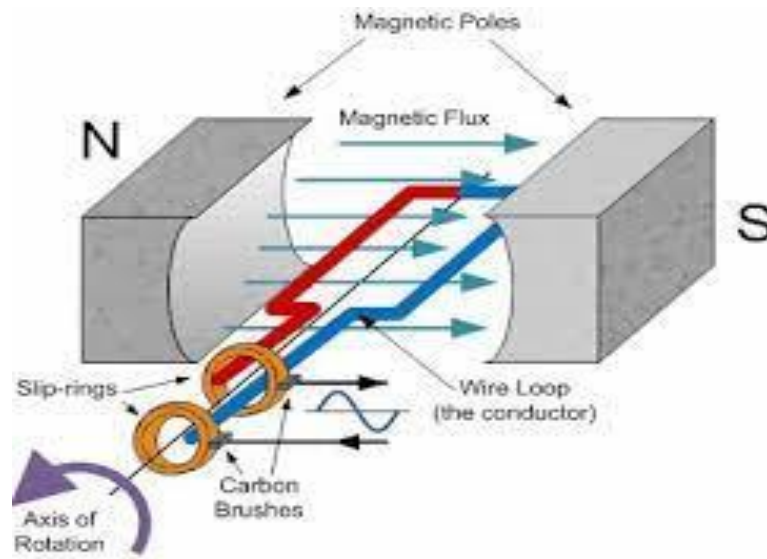
Penerapan teknologi sensor dan *Internet of Things* (IoT) juga mulai diterapkan dalam sistem generator kapal. Sensor dapat digunakan untuk mendeteksi anomali dalam generator dan memberikan peringatan dini jika ada potensi gangguan, sehingga operator dapat melakukan tindakan *preventif* sebelum terjadi kerusakan serius.

Secara keseluruhan, generator arus bolak-balik merupakan komponen yang sangat vital dalam dunia maritim. Tanpa generator yang andal, kapal tidak akan dapat berfungsi dengan optimal dan dapat menghadapi risiko kegagalan sistem yang berpotensi membahayakan awak kapal dan penumpang.

Dengan memahami prinsip kerja, metode pembangkitan, dan cara perawatan generator, diharapkan para operator kapal dapat mengoperasikan generator dengan lebih baik dan meningkatkan efisiensi operasional kapal. Perkembangan teknologi di bidang generator juga terus

meningkat, memberikan berbagai inovasi untuk meningkatkan keandalan dan efisiensi sistem kelistrikan kapal di masa depan.

Gambar 2. 1 Prinsip kerja Generator



Sumber: www.Autoexpo.com

E. Pengertian *Blackout* pada Generator Kapal

Blackout pada kapal adalah kondisi serius yang terjadi ketika sistem kelistrikan utama kapal mengalami kegagalan total, menyebabkan terhentinya pasokan listrik ke semua peralatan yang bergantung pada sumber daya tersebut. Kondisi ini dapat berdampak besar terhadap keselamatan dan operasional kapal, terutama jika terjadi di tengah laut atau dalam kondisi cuaca buruk. Gangguan ini bisa disebabkan oleh berbagai faktor, termasuk kegagalan mesin diesel generator, gangguan pada sistem distribusi listrik, serta kesalahan operasional (Academia.edu, 2023)

Menurut (Semarang, 2023) *blackout* pada kapal dapat dikategorikan menjadi dua jenis utama. *Blackout* total terjadi ketika semua generator mati, menyebabkan kapal kehilangan sumber daya listrik sepenuhnya. Dalam situasi ini, sistem navigasi, komunikasi, dan kontrol kapal juga ikut terhenti, sehingga kapal menjadi tidak terkendali. Sementara itu, *blackout* parsial

hanya berdampak pada sebagian sistem listrik kapal, yang masih memungkinkan beberapa peralatan tetap berfungsi, meskipun dengan keterbatasan.

Kondisi *blackout* total sangat berbahaya karena kapal menjadi tidak dapat bermanuver, terutama di perairan yang ramai atau dalam kondisi darurat. Tanpa daya listrik, sistem navigasi seperti radar dan GPS tidak akan berfungsi, sehingga meningkatkan risiko tabrakan dengan kapal lain atau kandas di perairan dangkal. Selain itu, *blackout* juga dapat berdampak pada keselamatan awak kapal, terutama jika sistem penerangan dan alarm bahaya juga ikut mati.

Penyebab utama *blackout* pada kapal adalah kegagalan mesin diesel generator, yang merupakan sumber utama listrik di kapal. Gangguan ini bisa terjadi akibat overload, kehabisan bahan bakar, kegagalan sistem pendingin, atau kerusakan mekanis. Jika mesin generator tidak dapat dihidupkan kembali dalam waktu singkat, kapal akan mengalami *blackout* yang berkepanjangan dan berisiko tinggi.

Selain kegagalan generator, *blackout* juga bisa disebabkan oleh gangguan pada sistem distribusi listrik, seperti korsleting, pemutus arus yang tidak berfungsi, atau kabel yang rusak. Gangguan pada sistem ini dapat menyebabkan suplai listrik terputus secara tiba-tiba, bahkan jika generator masih dalam kondisi baik. Oleh karena itu, pemeriksaan dan perawatan berkala pada sistem kelistrikan kapal sangat penting untuk mencegah *blackout*.

Faktor lain yang dapat menyebabkan *blackout* adalah kesalahan operasional. Kesalahan dalam pengoperasian generator, seperti pengaturan beban yang tidak tepat atau prosedur *switching* yang salah, dapat menyebabkan ketidakseimbangan daya dan akhirnya memicu kegagalan sistem listrik. Oleh karena itu, operator kapal harus memiliki pemahaman yang baik tentang prosedur pengoperasian sistem kelistrikan kapal dan selalu mengikuti standar keselamatan yang berlaku.

Untuk mengatasi *blackout*, kapal biasanya dilengkapi dengan emergency generator, yaitu generator cadangan yang dapat menyala secara otomatis saat sumber daya utama mengalami kegagalan. Generator darurat ini biasanya berfungsi untuk menyediakan daya listrik bagi sistem vital kapal, seperti navigasi, komunikasi, dan penerangan darurat, sehingga kapal tetap dapat beroperasi dalam kondisi darurat.

Pencegahan *blackout* dapat dilakukan dengan perawatan rutin dan inspeksi berkala pada sistem kelistrikan kapal. Pengecekan kondisi generator, sistem distribusi listrik, serta sistem kontrol harus dilakukan secara berkala untuk mendeteksi potensi masalah sebelum terjadi kegagalan total. Selain itu, pelatihan bagi awak kapal dalam menangani kondisi darurat juga sangat penting untuk memastikan respons yang cepat dan efektif saat *blackout* terjadi.

Teknologi modern telah membantu dalam mengurangi risiko *blackout* melalui penggunaan sistem otomatisasi dan monitoring. Banyak kapal saat ini dilengkapi dengan sistem pemantauan berbasis komputer yang dapat mendeteksi anomali pada sistem kelistrikan dan memberikan peringatan dini sebelum terjadi kegagalan. Dengan demikian, awak kapal dapat mengambil tindakan preventif sebelum *blackout* benar-benar terjadi.

Secara keseluruhan, *blackout* pada kapal adalah kondisi yang harus diantisipasi dengan serius. Dampaknya yang dapat mengganggu keselamatan dan operasional kapal membuat pencegahan menjadi hal yang sangat penting. Dengan perawatan yang baik, pemantauan sistem yang cermat, serta kesiapan awak kapal dalam menangani kondisi darurat, risiko *blackout* dapat diminimalkan, sehingga kapal dapat beroperasi dengan lebih aman dan efisien.

F. Penyebab Terjadinya *Blackout* pada Generator Kapal

Menurut (Basir et al., 2021), *blackout* merupakan kondisi padam total listrik di kapal yang biasanya disebabkan oleh gangguan pada sistem pembakaran mesin diesel generator. Ketidaktepatan proses

pembakaran akibat kelambatan penyalaan dan kualitas bahan bakar yang buruk dapat menyebabkan tegangan output turun drastis, sehingga seluruh sistem kelistrikan berhenti berfungsi. Blackout adalah suatu keadaan dimana listrik mengalami suatu gangguan atau masalah yang terjadi akibat kelebihan, ketidakmampuan suatu tegangan listrik dan arus yang mengalir terlalu tinggi atau besar. tidak ada satupun peralatan listrik yang dapat berfungsi dengan baik (Basir et al., 2021)

1. Ketidaknormalan pada Mesin Diesel Generator

Proses pembakaran pada mesin diesel generator harus berlangsung dengan sempurna agar dapat menghasilkan daya listrik yang optimal. Jika terjadi gangguan dalam proses pembakaran, seperti tekanan udara yang tidak mencukupi atau sistem penyemprotan bahan bakar yang tidak optimal, maka tegangan listrik yang dihasilkan bisa turun dan berpotensi menyebabkan *blackout* (Academia.edu, 2023)

2. Menurunnya Kinerja Diesel Generator

Menurut (Semarang, 2023), beberapa faktor yang menyebabkan penurunan kinerja generator meliputi:

- a. Filter bahan bakar yang kotor, sehingga suplai bahan bakar ke mesin terganggu.
- b. Kurangnya pemeliharaan berkala, yang menyebabkan komponen-komponen penting mengalami keausan atau kegagalan fungsi.
- c. Pengabutan bahan bakar yang tidak optimal akibat *nozzle* injector yang tersumbat.

3. *Overload* Saat *Manuver* Kapal

Saat kapal melakukan manuver menggunakan bow thruster atau peralatan lain yang memerlukan daya tinggi, beban listrik bisa melebihi kapasitas generator. Jika tidak diatur dengan baik, kondisi ini dapat menyebabkan *overload* yang berujung pada *blackout* (Academia.edu, 2023)

4. Gangguan *Undervoltage* dalam Instalasi Listrik Kapal

Jaringan listrik kapal dapat mengalami gangguan tegangan rendah (*undervoltage*) akibat lonjakan beban yang berlebihan. Jika *undervoltage* ini tidak segera dikendalikan, dapat menyebabkan *voltage collapse* dan *blackout* total (Saputra et al., 2023)

5. Kurangnya Perawatan pada Komponen Vital

Komponen penting seperti DO *Purifier* dan sistem penyaringan bahan bakar harus selalu dalam kondisi baik. Jika tidak dilakukan perawatan secara berkala, kotoran dalam bahan bakar dapat mengganggu performa mesin diesel generator dan menyebabkan *blackout* (Adiku, 2021) Upaya Pencegahan *Blackout* pada Generator Kapal

Untuk mencegah terjadinya *blackout*, beberapa langkah yang dapat dilakukan meliputi:

- a. Melakukan perawatan rutin dan berkala sesuai dengan standar *Planned Maintenance System* (PMS).
- b. Memeriksa dan mengganti komponen yang sudah aus, seperti filter bahan bakar dan *nozzle injector*.
- c. Mengelola beban listrik dengan baik, terutama saat kapal sedang bermanuver atau dalam kondisi beban tinggi.

Menggunakan sistem proteksi *undervoltage*, seperti *undervoltage load shedding* (UVLS), untuk mencegah gangguan tegangan rendah (Saputra et al., 2023)

G. Mesin Diesel

Motor diesel termasuk dalam kategori motor bakar torak dan merupakan salah satu jenis mesin pembakaran dalam (*internal combustion engine*). Mesin ini banyak digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk kendaraan, kapal, dan pembangkit listrik, karena efisiensinya yang tinggi dalam mengubah bahan bakar menjadi tenaga mekanis.

Prinsip utama dari motor diesel adalah mengubah energi kimia menjadi energi mekanis. Energi kimia diperoleh dari proses pembakaran

bahan bakar (solar) yang bercampur dengan udara di dalam silinder mesin. Proses ini menghasilkan tekanan tinggi yang mendorong torak (*piston*) untuk bergerak, sehingga menghasilkan tenaga mekanis yang dapat digunakan untuk menggerakkan kendaraan atau peralatan lainnya.

Proses pembakaran dalam motor diesel terjadi melalui beberapa tahapan, dimulai dari hisap, kompresi, pembakaran, dan pembuangan. Pada langkah hisap, udara murni masuk ke dalam silinder. Kemudian, pada langkah kompresi, udara dikompresi hingga mencapai suhu dan tekanan tinggi. Setelah itu, bahan bakar disemprotkan ke dalam ruang bakar, sehingga terjadi pembakaran spontan tanpa perlu percikan api dari busi, seperti pada mesin bensin.

Salah satu keunggulan utama motor diesel adalah efisiensinya yang lebih tinggi dibandingkan mesin bensin. Hal ini disebabkan oleh rasio kompresi yang lebih tinggi, yang memungkinkan pembakaran bahan bakar berlangsung lebih sempurna dan menghasilkan lebih banyak energi. Selain itu, motor diesel lebih tahan lama dan memiliki daya tahan lebih tinggi, sehingga sering digunakan untuk keperluan industri dan transportasi berat.

Secara keseluruhan, motor diesel merupakan teknologi yang sangat penting dalam berbagai sektor industri. Dengan prinsip kerja yang mengandalkan pembakaran bahan bakar di dalam ruang bakar, motor ini mampu memberikan tenaga yang besar dengan konsumsi bahan bakar yang lebih hemat. Oleh karena itu, motor diesel tetap menjadi pilihan utama dalam berbagai aplikasi yang membutuhkan tenaga besar dan efisiensi tinggi.

H. Beban Kerja (*Load Factor*) Generator Kapal

Faktor beban (*load factor*) pada generator kapal merupakan rasio antara daya listrik yang digunakan dengan kapasitas total generator, yang dinyatakan dalam persentase. Faktor ini sangat penting dalam pengelolaan sistem kelistrikan kapal karena berpengaruh terhadap efisiensi operasional dan umur peralatan. Jika generator bekerja pada faktor beban yang terlalu

rendah atau terlalu tinggi dalam jangka waktu lama, dapat menyebabkan inefisiensi energi dan mempercepat keausan komponen.

1. *Load Factor* merupakan indikator efisiensi penggunaan daya generator, dihitung sebagai rasio antara daya rata-rata yang digunakan terhadap daya maksimum generator dalam periode tertentu.

Rumus:

$$\text{Load Factor} = (\text{Daya Rata-Rata [kW]} / \text{Daya Maksimum Generator [kW]}) \times 100\%$$

3. Rumus Terjadinya *Blackout* Akibat *Load Factor* Berlebih

$$\text{Load Factor (\%)} = (P_{\text{Beban}} / P_{\text{Generator}}) \times 100$$

Dimana:

- a. P_{Beban} = Total beban listrik yang digunakan (dalam kW)
- b. $P_{\text{Generator}}$ = Kapasitas maksimum generator yang tersedia (dalam kW)

Dalam setiap kondisi operasional tersebut, jumlah daya yang dikonsumsi dapat bervariasi. Misalnya, saat kapal sandar di pelabuhan, konsumsi daya mungkin lebih rendah dibandingkan saat berlayar atau melakukan manuver di laut. Oleh karena itu, perhitungan yang akurat terhadap beban listrik di setiap kondisi sangat penting agar generator dapat bekerja dalam batas optimal tanpa mengalami kelebihan atau kekurangan beban yang berisiko.

Manajemen beban yang baik dapat membantu dalam memastikan generator kapal tetap beroperasi dengan aman dan efisien. Dengan mempertahankan faktor beban dalam kisaran yang ideal, konsumsi bahan bakar dapat dikontrol dengan lebih baik, mengurangi emisi gas buang, serta mencegah terjadinya gangguan mendadak akibat *overloading* atau *underloading* pada generator.

Dengan mempertimbangkan semua faktor tersebut, pengelola kapal dapat mengambil langkah-langkah strategis dalam pengoperasian generator. Pemantauan berkala terhadap faktor beban, pemeliharaan *preventif*, serta penggunaan teknologi otomatisasi dalam sistem kelistrikan kapal dapat menjadi solusi untuk meningkatkan efisiensi dan memperpanjang masa pakai generator, sehingga kapal dapat beroperasi dengan lebih andal dan ekonomis.

I. Faktor Kesamarataan (*Diversity Factor*) Generator Kapal

"Faktor kesamarataan (*diversity factor*) adalah rasio antara jumlah total daya maksimum yang digunakan dalam suatu sistem dengan jumlah total daya terpasang dari semua peralatan listrik yang tersedia di kapal. Faktor ini digunakan untuk memperhitungkan bahwa tidak semua peralatan listrik akan beroperasi pada waktu yang sama dan pada kapasitas penuh. Oleh karena itu, dalam desain dan perhitungan kapasitas generator kapal, faktor kesamarataan harus diperhitungkan untuk menghindari pemborosan daya dan memastikan efisiensi sistem kelistrikan kapal. Jika tidak ada data yang lebih spesifik, nilai faktor kesamarataan yang digunakan dalam perhitungan tidak boleh kurang dari 0,5" (Biro Klasifikasi Indonesia (BKI), 2023) Selain itu, menurut Jurnal Teknik Elektro Maritim:

"Dalam sistem kelistrikan kapal, perhitungan faktor kesamarataan bertujuan untuk mengoptimalkan distribusi daya listrik. Dengan menggunakan faktor kesamarataan yang sesuai, generator dapat dioperasikan pada kapasitas optimalnya tanpa risiko overloading atau pemborosan daya. Faktor ini menjadi sangat penting dalam sistem kelistrikan kapal, mengingat operasional peralatan listrik di kapal berbeda-beda tergantung pada kondisi operasional kapal, seperti saat bersandar, berlayar, atau dalam keadaan darurat"(Gunawan & Prasetyo, 2023)

J. Perhitungan Kapasitas Generator Kapal

Dalam sistem kelistrikan kapal, kapasitas generator harus disesuaikan dengan total beban listrik yang dibutuhkan oleh seluruh sistem di kapal.

Perhitungan kapasitas generator dilakukan agar generator mampu memasok daya listrik secara optimal tanpa mengalami *overload* atau kekurangan daya. Tabel 2. 1 Beban Generator Menuju *Blackout*

Beban (kW)	Kapasitas (kVA)	Load Factor	Status
400	600	66.7%	Normal
480	600	80%	Batas Aman
550	600	91.7%	Bahaya Overload
580	600	96.7%	Overload Ringan
610	600	101.7%	Gangguan Dimulai
630	600	105%	Alarm Aktif
650	750	108.3%	BLACKOUT

Sumber : Manual Pengoperasian Mesin dan Sistem Kelistrikan Kapal

1. Rumus Dasar Kapasitas Generator

Kapasitas daya listrik yang dibutuhkan (kVA) untuk sebuah generator diesel di kapal dapat dihitung dengan rumus:

$$S = P / \cos \varphi$$

Contoh : $S = P / \cos \varphi$

$$S = 650 / 0,8$$

$$S = 750$$

Keterangan:

- S = Kapasitas daya semu (kVA)
- P = Daya aktif atau real power (kW)
- $\cos \varphi$ = Faktor daya (power factor), umumnya 0,8 untuk sistem kelistrikan kapal

2. Perhitungan Daya Aktif (P)

Jika yang diketahui adalah tegangan dan arus:

$$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \phi$$

Keterangan:

- P = Daya aktif (kW)
- V = Tegangan antar fasa (Volt)
- I = Arus (Ampere)
- $\cos \phi$ = Power Factor

3. Perhitungan Kapasitas Generator berdasarkan Beban Kapal

$$P_{\text{total}} = \Sigma P_{\text{beban tetap}} + \Sigma P_{\text{beban variabel}}$$

Setelah diperoleh total daya aktif, maka:

$$\text{Kapasitas Generator (kVA)} = P_{\text{total}} / \cos \phi \times \text{Faktor Keamanan}$$

Faktor keamanan biasanya 1,2 – 1,3 untuk mengantisipasi lonjakan beban dan ekspansi sistem.

4. Contoh Perhitungan

Misalkan total beban kapal (lampu, pompa, radar, HVAC, dll) adalah 160 kW, dengan *power factor* 0,8 dan faktor keamanan 1,25.

$$\text{Kapasitas Generator} = 160 / 0,8 \times 1,25 = 250 \text{ kVA}$$

Maka dibutuhkan generator dengan kapasitas minimum 250 kVA untuk dapat menyuplai daya secara stabil.

5. Catatan Tambahan

- a. Jika digunakan lebih dari satu generator, maka pembagian beban dan redundansi sistem harus diperhitungkan (misalnya sistem 2 *running* 1 *standby*).
- b. Perlu dilakukan perhitungan harmonik dan transien jika terdapat peralatan elektronik sensitif seperti radar dan ECDIS.

K. Pengertian Governor

Governor adalah komponen penting dalam sistem kontrol mesin, terutama pada mesin diesel kapal dan generator, yang berfungsi untuk mengatur kecepatan putaran mesin secara otomatis agar tetap stabil sesuai dengan beban yang diberikan. *Governor* bekerja dengan prinsip umpan balik, di mana ia mendeteksi perubahan kecepatan mesin dan menyesuaikan suplai bahan bakar untuk menjaga putaran mesin tetap dalam batas yang telah ditentukan.

Menurut (Woodward, 2020) "*Governor* memainkan peran utama dalam mengontrol kecepatan mesin dengan menyesuaikan jumlah bahan bakar yang disuntikkan ke dalam ruang bakar berdasarkan perubahan beban." Dengan kata lain, *Governor* bertugas menjaga kestabilan daya output mesin, menghindari fluktuasi kecepatan yang berlebihan, serta mencegah kemungkinan terjadinya overspeed yang dapat merusak komponen mesin.

Terdapat beberapa jenis *Governor* yang umum digunakan, seperti *mechanical Governor*, *hydraulic Governor*, dan *electronic Governor*. *Mechanical Governor* menggunakan gaya sentrifugal untuk mengatur aliran bahan bakar, sedangkan *hydraulic Governor* memanfaatkan tekanan oli sebagai media penggerakannya. Sementara itu, *electronic Governor* merupakan jenis yang paling modern, menggunakan sensor elektronik untuk mendeteksi perubahan kecepatan dan sistem aktuator untuk mengontrol suplai bahan bakar secara lebih presisi.

Menurut (Pulkrabek, 2020) "perkembangan teknologi elektronik telah memungkinkan *Governor* untuk beroperasi dengan lebih akurat dalam mengatur kecepatan mesin, sehingga meningkatkan efisiensi bahan bakar serta mengurangi konsumsi energi yang tidak perlu." Dengan adanya *Governor* yang bekerja secara optimal, operasional mesin kapal menjadi lebih andal, efisien, dan aman.

L. Katup Penyemprotan Bahan Bakar

Dalam industri perkapalan, performa injektor bahan bakar memiliki peranan yang sangat penting dalam menentukan efisiensi operasional mesin diesel kapal. Injektor yang berfungsi dengan baik akan memastikan bahan bakar teratomisasi dengan optimal dan terbakar secara sempurna di dalam ruang bakar. Sebaliknya, injektor yang bermasalah dapat mengakibatkan ketidaksempurnaan dalam pembakaran, yang berdampak pada peningkatan konsumsi bahan bakar serta emisi gas buang yang lebih tinggi.

Sistem injeksi bahan bakar yang tidak optimal dapat menyebabkan berbagai permasalahan, seperti daya mesin yang menurun, peningkatan konsumsi bahan bakar, hingga gangguan pada komponen mesin lainnya. Akibatnya, biaya operasional kapal akan meningkat, yang pada akhirnya mempengaruhi profitabilitas perusahaan pelayaran. Oleh karena itu, pemeliharaan injektor secara berkala menjadi langkah penting dalam menjaga kinerja mesin kapal tetap optimal.

Menurut Biro Klasifikasi Indonesia (BKI 2023), penggunaan sistem injeksi yang baik serta pemeliharaan rutin dapat mengurangi risiko pembakaran tidak sempurna. Hal ini dapat mencegah terjadinya peningkatan konsumsi bahan bakar yang tidak perlu serta mengurangi kadar emisi gas buang. Dengan demikian, pemantauan injektor secara berkala dapat membantu kapal beroperasi dengan lebih efisien dan ramah lingkungan.

Salah satu teknologi modern yang dapat diterapkan dalam sistem injeksi bahan bakar adalah *common rail system*. Teknologi ini memungkinkan kontrol tekanan injeksi yang lebih presisi, sehingga bahan bakar dapat disemprotkan ke dalam ruang bakar dengan lebih baik. Dengan adanya *common rail system*, performa mesin dapat ditingkatkan, konsumsi bahan bakar dapat ditekan, dan emisi gas buang dapat dikurangi secara signifikan.

Selain teknologi *common rail*, metode pemantauan injektor menggunakan sensor cerdas juga mulai dikembangkan dalam industri perkapalan. Sensor ini mampu mendeteksi performa injektor secara real-time dan memberikan peringatan dini apabila terjadi penyimpangan dalam sistem injeksi bahan bakar. Dengan adanya pemantauan otomatis ini, perbaikan dapat dilakukan lebih cepat sebelum terjadi kerusakan yang lebih parah pada mesin kapal.

Pemeliharaan injektor tidak hanya terbatas pada perawatan rutin, tetapi juga melibatkan pembersihan dan penggantian komponen yang sudah aus atau rusak. Salah satu metode pembersihan yang umum digunakan adalah *ultrasonic cleaning*, yang mampu menghilangkan kotoran dan deposit karbon yang menempel pada lubang injektor. Pembersihan yang baik akan memastikan aliran bahan bakar tetap optimal dan menghindari penyumbatan yang dapat mengganggu kinerja mesin.

Selain itu, bahan bakar yang digunakan juga memiliki peran penting dalam menjaga performa injektor. Penggunaan bahan bakar dengan kualitas rendah atau mengandung banyak kontaminan dapat mempercepat keausan injektor dan menyebabkan penyumbatan pada *nozzle*. Oleh karena itu, pemilihan bahan bakar yang sesuai dengan spesifikasi mesin sangat dianjurkan untuk menghindari masalah pada sistem injeksi.

Dalam praktiknya, operator kapal perlu memahami cara mendeteksi gejala awal dari injektor yang bermasalah. Beberapa tanda umum yang menunjukkan injektor bermasalah antara lain mesin sulit dinyalakan, suara mesin yang tidak stabil, asap knalpot yang berwarna gelap, serta peningkatan konsumsi bahan bakar yang tidak wajar. Dengan mengenali tanda-tanda ini, tindakan perbaikan dapat dilakukan sebelum terjadi kerusakan yang lebih besar.

Penerapan teknologi injeksi yang modern serta perawatan yang berkala tidak hanya memberikan keuntungan dari segi efisiensi bahan bakar, tetapi juga berkontribusi dalam mengurangi dampak lingkungan. Emisi gas buang yang lebih rendah berarti mengurangi pencemaran udara

dan mematuhi regulasi lingkungan yang semakin ketat di industri maritim. Dengan demikian, investasi dalam sistem injeksi yang lebih baik menjadi langkah strategis bagi perusahaan pelayaran dalam meningkatkan keberlanjutan operasional mereka.

Kesimpulannya, performa injektor dalam mesin diesel kapal sangat menentukan efisiensi operasional dan keberlanjutan industri perkapalan. Dengan pemantauan yang rutin, penerapan teknologi modern seperti common rail system dan sensor cerdas, serta pemilihan bahan bakar yang berkualitas, perusahaan pelayaran dapat memastikan kapal mereka beroperasi dengan lebih hemat dan ramah lingkungan. Oleh karena itu, perhatian terhadap sistem injeksi bahan bakar menjadi kunci dalam menjaga daya saing dan profitabilitas di sektor perkapalan.

M. Pengertian Alternator pada Mesin Diesel di Kapal

Alternator pada kapal merupakan bagian penting dari sistem pembangkitan listrik, terutama pada kapal-kapal yang menggunakan mesin diesel sebagai sumber tenaga utama. Alternator bekerja mengubah energi mekanik yang dihasilkan oleh mesin diesel menjadi energi listrik untuk kebutuhan operasional kapal seperti sistem navigasi, penerangan, komunikasi, dan permesinan bantu lainnya.

“*Alternator* pada mesin diesel kapal adalah unit pembangkit listrik yang dikopel langsung dengan *prime mover* (mesin diesel), menghasilkan daya listrik untuk memenuhi beban kapal selama berlayar maupun saat berlabuh.”(Sutanto, 2023)

Alternator umumnya digunakan dalam sistem genset kapal (diesel generator set) dan menjadi bagian krusial dalam sistem kelistrikan AC (*Alternating Current*) di atas kapal.

1. Prinsip Kerja Alternator Diesel di Kapal

Alternator pada kapal menggunakan prinsip induksi elektromagnetik. Ketika mesin diesel berputar, porosnya memutar rotor alternator. Rotor ini membentuk medan magnet yang memotong kumparan stator, sehingga menghasilkan arus bolak-balik (AC).

“Prinsip kerja alternator kapal adalah saat rotor berputar karena penggerak mesin diesel, medan magnet yang dihasilkan akan memotong kumparan stator dan menghasilkan arus bolak-balik yang kemudian disalurkan ke sistem kelistrikan kapal.” (Iskandar, 2024)

Dalam sistem kelistrikan AC di kapal, tegangan dan frekuensi harus dijaga tetap stabil (biasanya 440 V dan 60 Hz pada kapal dagang), yang dikontrol oleh governor pada mesin diesel dan automatic voltage regulator (AVR) pada alternator.

2. Komponen Alternator pada Mesin Diesel Kapal

Komponen utama alternator pada mesin diesel di kapal meliputi:

- a. Rotor: Bagian berputar yang menghasilkan medan magnet.
- b. Stator: Kumparan tempat induksi elektromagnetik terjadi.
- c. Rectifier: Mengubah arus AC menjadi DC jika diperlukan untuk sistem kontrol.
- d. AVR (Automatic Voltage Regulator): Mengatur tegangan output.
- e. Bearing & Shaft: Menyokong rotasi rotor.
- f. Cooling Fan: Mendinginkan alternator agar tidak overheat.

AVR dan sistem pengaturan kecepatan mesin sangat menentukan kestabilan frekuensi dan tegangan output pada alternator kapal (Yunita, 2024)

3. Fungsi Alternator dalam Sistem Kelistrikan Kapal

Fungsi utama alternator di kapal adalah:

- a. Menghasilkan daya listrik AC untuk distribusi ke sistem-sistem di kapal
- b. Mengisi baterai melalui charger DC (jika sistem DC digunakan)
- c. Menyediakan listrik untuk navigasi, sistem kontrol, HVAC, komunikasi, dan pemanas

Alternator diesel generator di kapal merupakan tulang punggung sistem tenaga listrik. Kegagalan sistem ini dapat menyebabkan blackout yang berbahaya bagi operasional kapal (Widodo, 2023)

4. Perawatan Alternator di Kapal

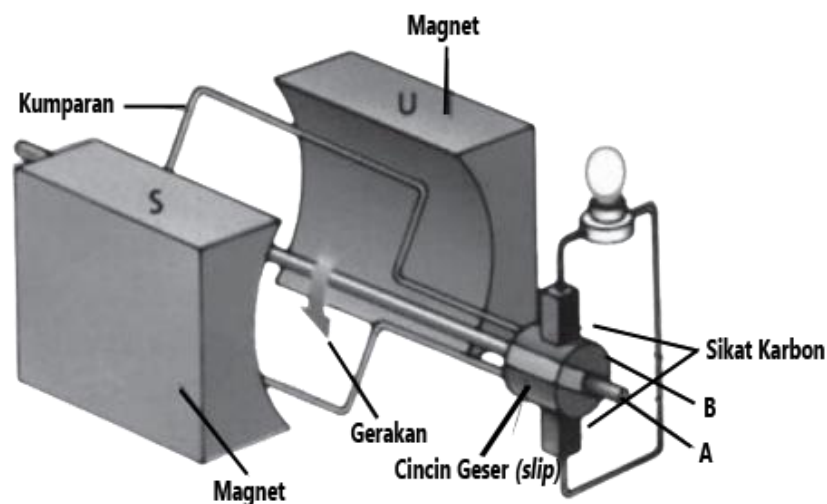
Perawatan alternator meliputi inspeksi kebersihan, pemeriksaan koneksi, pengecekan bearing, pengujian isolasi stator, serta pemeriksaan sistem pendingin dan AVR.

“Preventive maintenance alternator perlu dilakukan secara berkala, terutama pengecekan insulasi dan sistem pendinginan, untuk mencegah terjadinya gangguan kelistrikan kapal (Insight, 2024)

N. Arus Listrik Searah (DC – *Direct Current*)

Arus searah (*Direct Current* atau *DC*) adalah aliran *elektron* yang bergerak dalam satu arah tetap dari kutub negatif menuju kutub positif. Sumber arus DC yang paling umum adalah baterai, aki, dan sel surya. Dalam sistem kelistrikan kapal, arus DC banyak digunakan untuk peralatan navigasi darurat, lampu darurat, kontrol elektronik, dan sistem komunikasi cadangan.

Gambar 2. 2 Arus DC



Menurut (Hambley, 2019) dalam buku *Electrical Engineering Principles and Applications*, arus DC memiliki karakteristik kestabilan tegangan dan cocok untuk sistem yang membutuhkan pasokan daya yang konstan dan tidak terganggu oleh perubahan frekuensi.

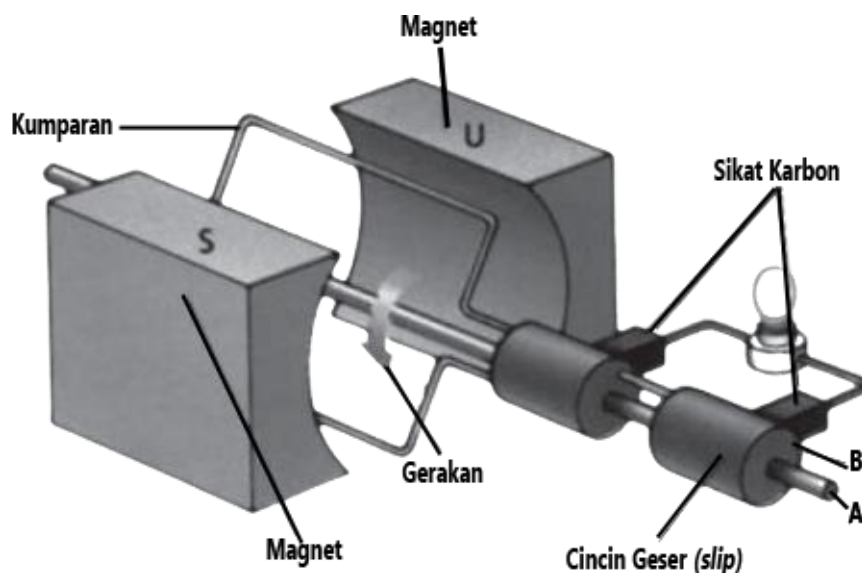
1. Karakteristik utama arus DC
 - a. Tegangan dan arah arus tetap.
 - b. Cocok untuk sistem cadangan dan kontrol.
 - c. Efisiensi tinggi dalam jangkauan pendek.
2. Di kapal, baterai DC biasanya digunakan untuk:
 - a. Sistem penerangan darurat.
 - b. Panel kontrol utama dan sistem navigasi.

- c. Menjaga fungsi penting saat terjadi *blackout AC*.

O. Arus Listrik Bolak-Balik (AC – *Alternating Current*)

Arus bolak-balik (*Alternating Current* atau AC) adalah aliran arus listrik yang berubah arah secara periodik. Dalam sistem AC, tegangan juga berosilasi antara positif dan negatif dengan frekuensi tertentu, biasanya 50 Hz atau 60 Hz tergantung pada wilayah atau sistem kapal.

Gambar 2. 3 Arus AC



Generator utama di kapal menghasilkan arus AC untuk menyuplai kebutuhan listrik besar seperti pompa, mesin bantu, pendingin udara, dan peralatan deck. Arus AC sangat efisien untuk distribusi daya dalam skala besar karena kemampuannya untuk ditransformasikan ke tegangan tinggi atau rendah dengan mudah menggunakan transformator.

Karakteristik utama arus AC:

1. Frekuensi dan arah arus berubah secara berkala.
2. Efisien untuk distribusi jarak jauh dan beban besar.
3. Lebih kompleks dalam hal perlindungan sistem dan kestabilan.

Berdasarkan (Wildi, 2020) dalam *Electrical Machines, Drives and Power Systems*, sistem AC di kapal memerlukan regulasi tegangan dan frekuensi yang stabil. Gangguan seperti tegangan tidak stabil akibat kerusakan AVR

(*Automatic Voltage Regulator*) dapat menyebabkan perlengkapan penting trip dan memicu *blackout*.

Tabel 2. 2 Perbandingan Arus DC dan AC di Sistem Kelistrikan Kapal

Aspek	Arus DC	Arus AC
Arah Arus	Satu arah	Bolak-balik (berubah arah)
Penggunaan di Kapal	Sistem darurat, kontrol, navigasi	Sistem utama, motor, pompa
Stabilitas Tegangan	Sangat stabil	Tergantung sistem AVR
Efisiensi Distribusi	Kurang efisien di jarak jauh	Efisien dengan <i>transformator</i>
Sensitivitas Gangguan	Lebih tahan	Rentan terhadap tegangan turun

Sumber : Manual Book *Electrical Engineering*

P. Pemanfaatan Energi Surya dalam Sistem Kelistrikan Kapal

1. Pentingnya Keberlangsungan Suplai Daya di Kapal

Sistem kelistrikan merupakan komponen vital dalam operasional kapal. Keberlangsungan suplai daya sangat penting untuk menunjang fungsi peralatan navigasi, komunikasi, penerangan, dan sistem kontrol lainnya. Ketergantungan terhadap generator utama maupun auxiliary engine untuk menyediakan energi listrik mengakibatkan konsumsi bahan bakar yang tinggi serta mempercepat laju keausan mesin akibat waktu operasional yang panjang. Oleh karena itu, diperlukan sistem alternatif yang dapat mendukung efisiensi dan keberlanjutan suplai daya tanpa sepenuhnya membebani sistem konvensional.

2. Energi Surya sebagai Energi Alternatif

Menurut (Arfah & Irwan, 2016), pemanfaatan energi surya di lingkungan asrama perguruan tinggi menunjukkan efektivitas konversi sinar matahari menjadi energi listrik melalui sistem tenaga surya. Sistem ini terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu:

- a. Panel fotovoltaik (PV): Mengubah energi matahari menjadi energi listrik arus searah (DC).
- b. Charge controller: Mengatur aliran daya dari panel surya ke baterai dan mencegah overcharging.
- c. Baterai penyimpanan: Menyimpan energi listrik untuk digunakan saat malam hari atau saat intensitas cahaya rendah.
- d. Inverter: Mengubah arus searah (DC) dari baterai menjadi arus bolak-balik (AC) yang dapat digunakan oleh peralatan di kapal.

3. Implementasi Sistem Tenaga Surya di Kapal

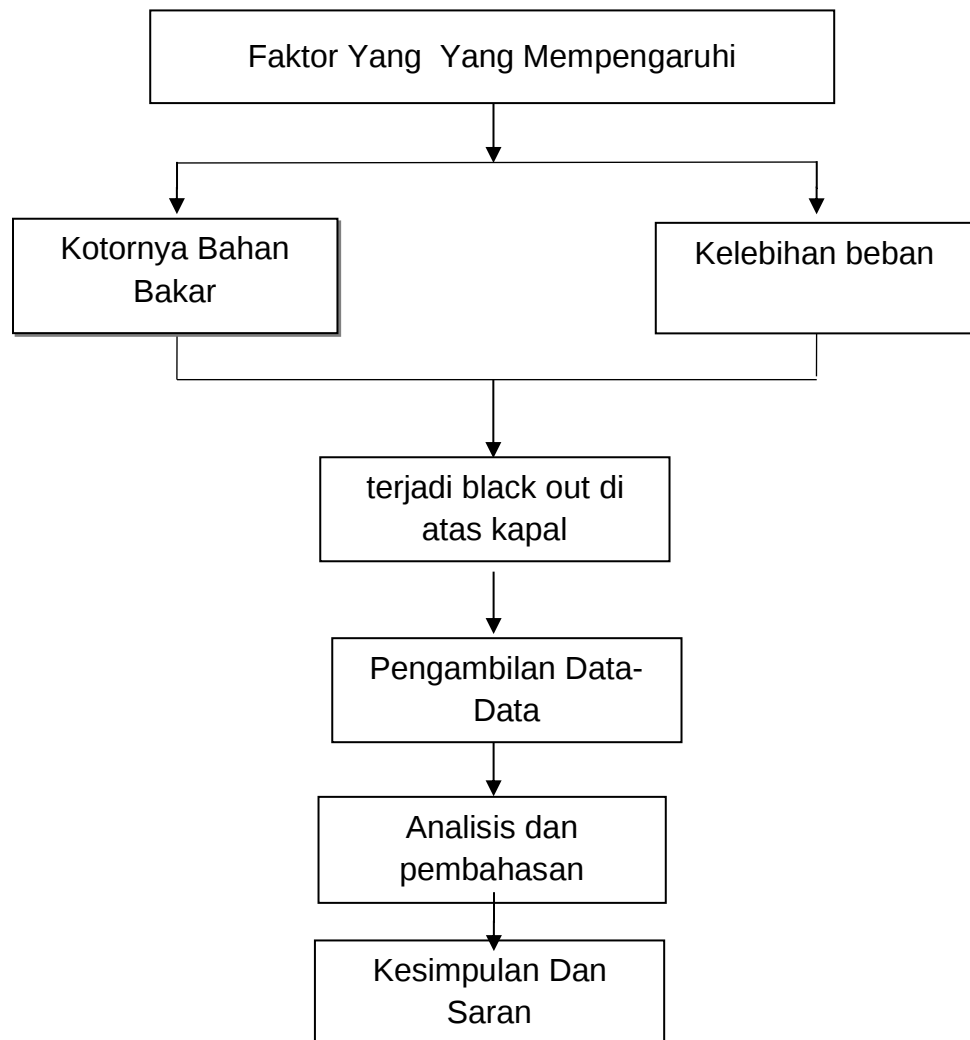
Jika sistem tenaga surya diimplementasikan pada sistem kelistrikan kapal, khususnya saat kapal dalam kondisi standby di pelabuhan atau ketika cuaca mendukung di tengah laut, maka sistem ini dapat berfungsi sebagai sumber daya listrik tambahan atau cadangan. Hal ini akan membantu:

- a. Mengurangi beban kerja generator utama.
- b. Memperpanjang umur mesin akibat pengurangan jam operasi.
- c. Menekan konsumsi bahan bakar serta biaya operasional.
- d. Menurunkan emisi gas buang dan mendukung pelestarian lingkungan.

Penerapan ini sangat relevan terutama dengan meningkatnya regulasi internasional seperti *International Convention for the Prevention of Pollution from Ships* (MARPOL) Annex VI, yang mengatur batasan emisi gas buang dari kapal. Dengan sistem tenaga surya, kapal dapat berkontribusi dalam mengurangi jejak karbon serta mendukung energi terbarukan

Q. Kerangka Pikir

Adapun kerangka pikir dari skripsi ini, yaitu membahas tentang faktor yang mempengaruhi terjadinya *black out* diatas kapal :



Gambar 2.2. Kerangka Pikir

R. Hipotesis

Berdasarkan masalah pokok yang telah penulis uraian diatas, maka penulis merumuskan hipotesis sebagai berikut : terjadinya black out generator di atas kapal diduga masalah itu terjadi dikarenakan

1. kelebihan beban pada generator
2. kotornya Bahan Bakar

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Jenis, Desain, dan Variable Penelitian

1. Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan oleh penulis pada saat melakukan penelitian adalah jenis penelitian deksriptif kualitatif, dimana data yang diperoleh berupa informasi sekitar pembahasan, baik secara lisan maupun tulis dan penelitian kualitatif lebih menekankan pada seberapa dalam informasi dan data yang diperoleh.

2. Desain dan Variable Penelitian

Desain penelitian merupakan keseluruhan dari penelitian, atau mencakup hal – hal yang akan dilakukan peneliti mulai dari membuat hipotesis dan implikasi secara operasional sampai pada analisis akhir data yang selanjutnya disimpulkan dan diberikan saran.

3. Jumlah Variable Penelitian

Apa bila disesuaikan dengan jenis penelitian maka penulis mengambil jumlah variable penelitian yaitu *analisis penyebab terjadinya black out pada generator diatas kapal*.

B. Definisi Operasional Variabel/Deskripsi Fokus

Definisi operasional dalam hal ini adalah gambaran yang cukup jelas tentang variabel-variabel dalam objek praktek kerja lapangan terjadinya *Black Out Generator* di atas kapal. *Black out* (tidak nampak sama sekali) adalah salah satu keadaan dimana listrik mengalami suatu masalah yang dapat mengakibatkan kelebihan, ketidak mampuan suatu tegangan listrik dan arus yang mengalir terlalu tinggi atau besar dan menurunnya rpm pada generator yang disebabkan oleh bahan bakar kotor menyebabkan generator mengalami *black out*. *Black out* pada sebuah kapal dampak yang buruk bagi kapal yang dalam melakukan pelayaran. Hal ini biasa menyebabkan fatal seperti kandas, tabrakan, kecelakaan, dan lain-lainnya.

C. Populasi Dan Sampel Penelitian

1. Populasi

Populasi penelitian adalah jumlah keseluruhan dari unit analisa yang akan diduga, populasi yang akan digunakan yaitu kotornya bahan bakar dari service tank, *Voltage drop* diakibatkan permintaan listrik berlebihan dari *power bank* yang menyebabkan generator mengalami black out.

2. Sampel

Sampelnya penelitian adalah bagian dari populasi yang diharapkan dapat mewakili populasi. Sampel yang akan kami gunakan yaitu data-data yang diperoleh dari hasil observasi atau pengamatan secara langsung terhadap objek penelitian dimana penulis akan melaksanakan praktek laut (Prala).

D. Teknik Pengumpulan Data Dan Instrumen Penelitian

Adapun teknik dalam pengumpulan data yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Teknik penelitian lapangan

a. Survey (*observasi*)

Dalam metode penulis mengambil data pada saat terjun langsung dalam melakukan perbaikan pada ruang bakar dan komponen lainnya pada *diesel generator di kapal*.

b. Wawancara (*interview*)

Dengan metode yang penulis mengadakan wawancara langsung kepada para masinis diatas kapal khususnya terhadap masinis 3 yang bertanggung jawab terhadap pemeliharaan dan perawatan *diesel generator* di kapal.

2. Teknik penelitian pustaka (*library search*)

Penulis memperoleh data dan informasi dengan membaca dan mempelajari literature, buku-buku, dan tulisan-tulisan mengenai

mesin *diesel generator* untuk memperoleh landasan teori yang akan diteliti.

E. Teknik Analisis Data

Teknik analisis yang dipakai dalam penelitian ini adalah metode analisis kualitatif, yaitu suatu metode yang diperoleh berupa informasi-informasi sekitar pembahasan, baik secara lisan maupun tulisan, yang menggambarkan penelitian ini.

F. Jadwal Penelitian

Tabel 3. 1 Jawdal Pelaksanaan Penelitian

No	Kegiatan	Tahun 2023											
		Bulan											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Pengumpulan referensi												
2	Pemilihan judul												
3	Penyusunan proposal dan bimbingan												
4	Seminar proposal												
5	Perbaikan seminar proposal												
		Tahun 2023											
		Bulan											
8.	Perbaikan Seminar Proposal												

9.	Pengambilan Data Penelitian									BERLAYAR			
		Tahun 2024											
		Bulan											
10.	Pengambilan Data Penelitian	BERLAYAR											
11.	Penyusunan/ Pengolahan Data												
		Tahun 2025											
		Bulan											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
12	Penyusunan skripsi dan bimbingan												
13	Seminar hasil												
14	Perbaikan Seminar hasil												
15	Bimbingan Seminar Tutup												
15	Seminar Tutup												
16	Perbaikan Seminar tutup												

Sumber: data yang diolah (2023/2024/2025)