

# **TUGAS AKHIR**

## **ANALISIS PENGARUH BEBAN PADA SAFETY DEVICE AUXILIARY ENGINE DENGAN MENGGUNAKAN MEDIA LOAD BANK**

*Diselesaikan Untuk Melengkapi Tugas-tugas dan  
Memenuhi Syarat-syarat Untuk Memperoleh  
Gelar Sarjana Teknik Elektro  
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

**Disusun Oleh :**

**AHMAD ZAINUDDIN GINTING**

**2107220018**



**UMSU**  
Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
MEDAN  
2025**

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Ahmad Zainuddin Ginting  
NPM : 2107220018  
Program Studi : Teknik Elektro  
Judul Skripsi : Analisis Pengaruh Beban Pada Safety Device Auxiliary  
Engine Dengan Menggunakan Media Loadbank  
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, 30 September 2025

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing I / Penguji



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

Dosen Pembimbing I / Penguji



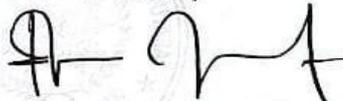
Dr. Elvy Sahnur Nasution, S.T., M.Pd

Dosen Pembimbing II / Peguji



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

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Ahmad Zainuddin Ginting  
Tempat /Tanggal Lahir : P.Brandan /20 Maret 2000  
NPM : 2107220018  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Elektro

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

**“Analisis Pengaruh Beban Pada Safety Device Auxiliary Engine Dengan Menggunakan Media Loadbank Kapal Di PT Waruna Shipyard Indonesia”**,

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya 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 utuh dan orisinal.

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/kesarjanaan 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 30 September 2021

Saya yang menyatakan,



Ahmad Zainuddin Ginting

## ABSTRAK

*Auxiliary engine* merupakan mesin bantu yang berfungsi menyediakan tenaga listrik dan mekanis untuk mendukung operasi kapal, terutama pada kapal tanker yang membutuhkan keandalan sistem kelistrikan. Energi mekanik dari mesin diesel atau penggerak lainnya diubah menjadi energi listrik melalui alternator, yang kemudian didistribusikan melalui *Main Switch Board* (MSB). Keandalan *auxiliary engine* dijaga oleh *safety device* yang memantau parameter penting seperti tekanan oli, suhu air pendingin, dan temperatur oli pelumas untuk mencegah kerusakan akibat kondisi abnormal. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi *safety device* pada *auxiliary engine*, menganalisis pengaruh perubahan beban menggunakan *load bank* terhadap parameter keselamatan mesin, serta mengevaluasi hubungan konsumsi daya dengan kinerja sistem proteksi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa MSB dengan konfigurasi  $2 \times 2250$  PS ASD Tug dilengkapi rangkaian pengendali dan proteksi yang mengatur suplai daya dari generator ke sistem distribusi kapal secara aman melalui kontaktor, relai proteksi, dan *interlock*. Selama pengujian 60 menit tanpa beban, tekanan oli pelumas cenderung menurun 5.1 bar untuk AE No. 1 dan 4.7 bar untuk AE No.2, sementara suhu air pendingin  $54^{\circ}\text{C}$  untuk AE No. 1 dan  $53^{\circ}\text{C}$  untuk AE No.2 dan suhu oli  $50^{\circ}\text{C}$  untuk AE No. 1 dan  $53^{\circ}\text{C}$  untuk AE No.2 meningkat meskipun mesin tidak menerima beban. Pada pengujian berbeban, hasil menunjukkan bahwa peningkatan beban menurunkan tekanan oli pelumas 4,1 bar pada beban 110% dan meningkatkan suhu pendingin menjadi  $83^{\circ}\text{C}$  serta suhu oli pelumas menjadi  $86^{\circ}\text{C}$  pada beban 110% secara signifikan. Hal ini menggambarkan bahwa semakin besar beban, semakin tinggi kerja sistem pendinginan dan pelumasan. Kesimpulannya, *auxiliary engine* bekerja stabil dengan tren penurunan tekanan oli serta peningkatan suhu pendingin dan oli sesuai beban, sehingga pemantauan berkala terhadap *safety device* sangat penting untuk menjaga keselamatan dan efisiensi operasional mesin.

Kata Kunci : Mesin bantu, Perangkat Keselamatan, *Load Bank*, Kapal Tanker

## **ABSTRACT**

*An auxiliary engine is a machine that serves to provide electrical and mechanical power to support ship operations, especially on tankers that require a reliable electrical system. Mechanical energy from a diesel engine or other propulsion is converted into electrical energy through an alternator, which is then distributed through the Main Switch Board (MSB). The reliability of the auxiliary engine is maintained by safety devices that monitor important parameters such as oil pressure, cooling water temperature, and lubricating oil temperature to prevent damage due to abnormal conditions. This study aims to identify safety devices on the auxiliary engine, analyze the effect of load changes using a load bank on engine safety parameters, and evaluate the relationship between power consumption and protection system performance. The results show that the MSB with a 2 × 2250 PS ASD Tug configuration is equipped with a control and protection circuit that regulates the power supply from the generator to the ship's distribution system safely through contactors, protection relays, and interlocks. During the 60-minute no-load test, the lubricating oil pressure tended to decrease by 5.1 bar for AE No. 1 and 4.7 bar for AE No. 2, while the cooling water temperature was 54°C for AE No. 3, 1 and 53°C for AE No. 2 and oil temperature 50°C for AE No. 1 and 53°C for AE No. 2 increased even though the engine was not receiving load. In the load test, the results showed that increasing the load reduced the lubricating oil pressure by 4.1 bar at 110% load and increased the coolant temperature to 83°C and the lubricating oil temperature to 86°C at 110% load significantly. This illustrates that the greater the load, the higher the work of the cooling and lubrication system. In conclusion, the auxiliary engine works stably with a decreasing trend in oil pressure and increasing coolant and oil temperatures according to load, so regular monitoring of safety devices is very important to maintain the safety and operational efficiency of the machine.*

*Keywords: Auxiliary engine, Safety Device, Load Bank, Tanker*

## KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb.

Puji syukur kita panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayahnya kepada kita semua sehingga saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul “**Analisis Pengaruh Beban Pada Auxiliary Engine Terhadap Safety Device Dengan Menggunakan Media Load Bank**” dengan baik.

Dimana tugas akhir ini adalah suatu kewajiban yang harus dilaksanakan oleh mahasiswa/i Teknik Elektro dan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Dan hasil tugas akhir ini dilampirkan pada sebuah laporan yang wajib diselesaikan untuk para mahasiswa/i.

Dalam penulisan tugas akhir ini saya menyadari masih banyak kekurangan baik dalam penulisan maupun dalam susunan kalimat yang mana saya mengharapkan saran dari berbagai pihak demi kesempurnaan tugas akhir ini.

Dalam kesempatan yang berbahagia ini, dengan segenap hati. Saya mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada berbagai pihak yang telah banyak memberikan motivasi kepada kami didalam penyusunan tugas akhir ini, terutama kepada :

1. Bapak Faisal Irsan Pasaribu, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, sekaligus sebagai Ketua Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Bapak Dr. Sudirman Lubis, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Ibu Elvy Sahnur Nasution, S.T., M.Pd., selaku Dosen Pembimbing II dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Munawar Alfansury Siregar, ST,MT selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu ketekniklistrikan kepada penulis.

6. Orang tua penulis: Bapak Awaluddin Ginting, Ibu Jaiyah, Kakak Haula Rizki Br Ginting, dan Adik Ramadhani Syafitri Br Ginting, yang tak hentinya mendo'akan dan memberikan dukungan seta nasihat setiap harinya, sehingga saya dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
7. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Seluruh rekan-rekan seperjuangan mahasiswa Program Studi Teknik Elektro khususnya kelas A3 yang telah banyak membantu dan memberikan semangat kepada penulis dengan memberikan masukan-masukan yang bermanfaat selama proses perkuliahan maupun dalam penulisan Tugas Akhir ini.
9. Seluruh saudara dan saudariku yang namanya tidak dapat saya sebutkan satu persatu, atas dukungan dan bantuan yang diberikan kepada saya.

Akhirnya saya mengharapkan semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi diri pribadi dan para pembaca. Dan kepada Allah SWT, saya serahkan segalanya demi tercapainya keberhasilan yang sepenuhnya.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Medan, 10 Maret 2025

AHMAD ZAINUDDIN GINTING

2107220018

## DAFTAR ISI

<b>ABSTRAK .....</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>iv</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Ruang Lingkup Penelitian .....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Metode Penulisan .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>5</b>
2.1 <i>Auxiliary Engine</i> .....	5
2.1.1 Prinsip Kerja <i>Auxiliary Engine</i> .....	6
2.1.2 Jenis-jenis <i>Auxiliary Engine</i> .....	9
2.1.3 Jenis-jenis Generator .....	10
2.2 <i>Load Bank</i> .....	13
2.2.1 Prinsip Kerja <i>Load Bank</i> .....	15
2.2.2 Jenis-jenis <i>Load Bank</i> .....	16
2.3 <i>Safety Device Engine</i> .....	19
2.3.1 Prinsip Kerja <i>Safety Device</i> .....	20
2.3.2 Jenis-jenis <i>Safety Device Engine</i> .....	21
2.4 Parameter Kelistrikan .....	30
2.4.1 Daya Listrik .....	30

2.4.2 Tegangan Listrik.....	31
2.4.3 Arus Listrik.....	32
2.5 Segitiga Daya .....	33
2.5.1 Daya Aktif / Nyata (P).....	34
2.5.2 Daya Semu (S).....	34
2.5.3 Daya Reaktif (Q).....	35
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>37</b>
3.1 Waktu dan Tempat .....	37
3.1.1 Waktu.....	37
3.1.2 Tempat .....	37
3.2 Data Penelitian .....	37
3.2.1 Data Spesifikasi <i>Auxiliary Engine</i> .....	38
3.2.2 Data Operasi <i>Auxiliary Engine</i> .....	38
3.3 Alat dan Bahan .....	38
3.3.1 Alat Pengujian .....	39
3.3.2 Bahan Pengujian .....	39
3.4 Prosedur Langkah Kerja.....	39
3.5 Tahapan Penelitian .....	41
3.6 <i>Flowchart</i> Penelitian .....	42
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>43</b>
4.1 Pengujian <i>Auxiliary Engine</i> Tanpa Beban .....	43
4.1.1 Hasil Pengujian <i>Lub Oil Press</i> .....	44
4.1.2 Hasil Pengujian <i>Cooling Fresh Water Temperature</i> .....	46
4.1.3 Hasil Pengujian <i>Lub Oil Temperature</i> .....	48
4.2 Pengujian <i>Auxiliary Engine</i> Dengan Beban .....	50
4.2.1 Hasil Pengujian <i>Auxiliary Engine</i> No.1.....	50
4.2.2 Hasil Pengujian <i>Auxiliary Engine</i> No.2.....	53

4.3 Perhitungan Parameter Teknis.....	56
4.3.1 Hasil Perhitungan Parameter Teknis <i>Safety Device</i> .....	56
4.3.1 Perhitungan Parameter Teknis <i>Auxiliary Engine</i> .....	57
<b>BAB V PENUTUP.....</b>	<b>64</b>
5.1 Kesimpulan.....	64
5.2 Saran.....	65
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Auxiliary Engine .....	6
Gambar 2. 2 Auxiliary Engine 2 Tak .....	9
Gambar 2. 3 Auxiliary Engine 4 Tak .....	10
Gambar 2. 4 Generator DC .....	11
Gambar 2. 5 Generator AC .....	12
Gambar 2. 6 Load Bank .....	15
Gambar 2. 7 Dummy Load .....	17
Gambar 2. 8 Load Bank Grid Resistor .....	17
Gambar 2. 9 Load Bank Heater Element .....	18
Gambar 2. 10 Safety Device .....	19
Gambar 2. 11 Sensor Pressure Switch Engine Lub Oil Low Press.....	23
Gambar 2. 12 Sensor Temperatur Control Cooling Fresh Water .....	25
Gambar 2. 13 Sensor Magnetic Pick Up Cummins .....	27
Gambar 2. 14 Sensor Temperatur Switch Lub Oil Engine .....	29
Gambar 2. 15 Simbol Tegangan AC dan DC.....	32
Gambar 3. 1 Flowchart Penelitian.....	42
Gambar 4. 1 Wiring Diagram Auxiliary Engine.....	43
Gambar 4. 2 Grafik Pengujian Lub Oil Press AE No.1 & 2 .....	46
Gambar 4. 3 Grafik Pengujian Cooling Fresh Water Temp AE No. 1 & 2 .....	48
Gambar 4. 4 Grafik Pengujian Lub Oil Temp AE No.1 & 2 .....	49
Gambar 4. 5 Pengujian Auxiliary Engine No.1 .....	52
Gambar 4. 6 Pengujian Auxiliary Engine No.2 .....	55

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbedaan Generator AC dengan Generator DC .....	12
Tabel 2. 2 Spesifikasi Load Bank Genset Isuzu Diesel 500 KVA.....	18
Tabel 2. 3 Data Safety Device Lub Oil Low Press Alarm & Trip.....	22
Tabel 2. 4 Data Safety Device Cooling Fresh High Temp Alarm & Trip .....	25
Tabel 2. 5 Data Safety Device Engine Over Speed Alarm & Trip .....	27
Tabel 2. 6 Data Safety Device Lub Oil High Temp Alarm & Trip .....	29
Tabel 3. 1 Waktu Penelitian.....	37
Tabel 3. 2 Data Spesifikasi Auxiliary Engine.....	38
Tabel 4. 1 Pengujian Lub Oil Pressure .....	45
Tabel 4. 2 Pengujian Cooling Fresh Water Temperature.....	47
Tabel 4. 3 Pengujian Lub Oil Temperature.....	49
Tabel 4. 4 Pengujian Auxiliary Engine No.1 Terhadap Lub Oil Pressure.....	50
Tabel 4. 5 Pengujian Auxiliary Engine No.1 Terhadap Cooling Fresh Temp.....	51
Tabel 4. 6 Pengujian Auxiliary Engine No.1 Terhadap Lub Oil Temp .....	52
Tabel 4. 7 Pengujian Auxiliary Engine No.2 Terhadap Lub Oil Press .....	53
Tabel 4. 8 Pengujian Auxiliary Engine No. 2 Terhadap Cooling Fresh Temp.....	54
Tabel 4. 9 Pengujian Auxiliary Engine No.2 Terhadap Lub Oil Temp .....	54
Tabel 4. 10 Hasil Perhitungan Parameter Teknis Auxiliary Engine .....	57
Tabel 4. 11 Perhitungan Parameter Teknis Auxiliary Engine .....	63

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

*Auxiliary engine* adalah mesin bantu yang digunakan di kapal untuk menyediakan tenaga bagi sistem dan peralatan yang tidak berhubungan langsung dengan sistem propulsi utama. Pada kapal tanker, *auxiliary engine* memiliki peran penting dalam mendukung berbagai operasi kapal, terutama dalam menyediakan daya listrik dan tenaga mekanis untuk berbagai peralatan. *Auxiliary engine* menghasilkan gaya listrik (GGL) dari hasil kerja konduktor serta medan magnet yang menghasilkan perubahan energi mekanik menjadi energi listrik. Energi mekanik berupa putaran yang dihasilkan oleh penggerak mula (*primer over*) yang dapat berupa turbin, mesin *diesel*, baling baling dan lain-lain. Energi listrik berupa alternator listrik arus bolak balik yang menghasilkan tegangan dan arus bolak balik (*alternating current, AC*) yang bekerja dengan mengubah energi mekanik menjadi energi listrik dengan adanya induksi medan magnet (Alimin Nurdin, 2018).

Sistem *safety device* pada *auxiliary engine* adalah perangkat keselamatan yang dirancang untuk melindungi mesin dari kerusakan akibat kondisi operasi yang tidak normal. Perangkat ini bekerja dengan memantau parameter penting seperti tekanan oli, suhu air pendingin, kecepatan mesin, dan beban. Sistem *safety device* sangat penting karena jika nilai parameter *safety device* melebihi batas aman, alarm akan berbunyi sebagai peringatan, dan jika kondisi abnormal terus berlanjut atau memburuk, sistem akan secara otomatis menghentikan mesin untuk mencegah kerusakan lebih lanjut.

*Load bank* adalah perangkat yang digunakan untuk menguji kinerja generator dengan memberikan beban listrik buatan dalam berbagai kondisi. *Load bank* digunakan untuk memastikan bahwa generator dapat menghasilkan daya sesuai spesifikasi yang ditentukan. Dengan *load bank*, generator dapat diuji dalam kondisi yang menyerupai beban operasional nyata, sehingga dapat diketahui bagaimana generator beroperasi dalam situasi sebenarnya. Penggunaan media *load bank*

digunakan untuk pengujian terhadap *auxiliary engine* dengan diberikan perubahan beban secara bertahap

Berdasarkan pada penjelasan diatas bahwa penelitian ini melakukan pengujian *auxiliary engine* terhadap *safety device* seperti *lubricating oil pressure low alarm & trip, cooling fresh water alarm & trip, over speed trip*, dan lain-lainnya, untuk meningkatkan keamanan *auxiliary engine* dengan mendeteksi masalah yang ada pada saat diberikan beban listrik.. Pengujian menggunakan media *load bank* sangat baik untuk dilakukan terlebih dahulu pada *auxiliary engine* untuk mengetahui seberapa besar tingkat ketahanan pada *safety device*, sebelum nantinya akan digunakan untuk kapal operasional dengan beban nyata.

Maka dari itu penelitian ini bertujuan untuk menganalisis *auxiliary engine* dengan pengujian beban pada media *load bank* sebelum digunakan untuk pemakaian konsumsi daya pada kapal *tanker*, agar sistem kelistrikan pada kapal tetap bekerja secara optimal dan terlaksana operasional yang lancar di kapal *tanker* milik PT. Waruna Shipyard Indonesia demi menjaganya pasokan minyak nasional.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini untuk mendukung pengoperasian *auxiliary engine* pada kapal *tanker* dari pengaruhnya setiap perubahan beban pemakaian terhadap *safety device* sangatlah penting. Maka sesuai judul yang diambil oleh peneliti di atas berdasarkan pada sumber data dan pengalaman kerja praktik yang peneliti alami selama di kapal *tanker* sebagai acuan untuk membuat skripsi/tugas akhir ini, maka pembahasan ini dapat di tentukan beberapa indikator dalam rumusan masalah ini yaitu :

1. Apa saja *safety device* yang terdapat pada *auxiliary engine* ?
2. Bagaimana pengaruh perubahan beban *load bank* pada *auxiliary engine* terhadap *safety device* *lub oil pressure, cooling fresh water temperature, dan lub oil temperature* ?
3. Menganalisa parameter teknis *power consumption* terhadap *safety device* pada *auxiliary engine* ?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian berdasarkan rumusan masalah yang didapat dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui apa saja *safety device* yang terdapat pada *auxiliary engine*.
2. Untuk mengetahui bagaimana pengaruh perubahan beban *load bank* pada *auxiliary engine* terhadap *safety device* *lub oil pressure*, *cooling fresh water temperature*, dan *lub oil temperature*.
3. Untuk mengetahui parameter teknis *power consumption* terhadap *safety device* pada *auxiliary engine*.

### 1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah di paparkan di atas, maka penelitian ini memfokuskan dari pokok permasalahan yang terjadi dalam pengaruh perubahan beban pada *auxiliary engine* terhadap *safety device*. Maka dilakukan pembatasan ruang lingkup sebagai berikut :

1. Membahas penggunaan jenis *safety device* terhadap *auxiliary engine* yang dipakai.
2. Pengukuran parameter *safety device* yang digunakan saat terjadi perubahan beban pada *auxiliary engine* dalam penggunaan media *load bank*.
3. Menilai beban listrik yang dibutuhkan oleh berbagai perangkat keselamatan (*safety device*) pada *auxiliary engine* yang digunakan.

### 1.5 Manfaat Penelitian

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

1. Untuk meningkatkan pengetahuan terhadap jenis *safety device* pada *auxiliary engine* yang digunakan khususnya kapal *tanker*.
2. Untuk meningkatkan pengetahuan tentang pengaruh perubahan beban *load bank* pada *auxiliary engine* terhadap *safety device* yang digunakan.
3. Untuk memahami beban listrik yang dibutuhkan oleh berbagai perangkat keselamatan (*safety device*) pada *auxiliary engine* guna menjamin efisiensi

sistem kontrol dan proteksi serta perencanaan kapasitas suplai daya DC (*power supply*) yang tepat.

### **1.6 Metode Penulisan**

Adapun metode penulisan yang digunakan untuk mendapatkan data dalam membahas permasalahan sesuai dengan judul yang di atas adalah :

1. Metode Literatur

Metode ini merupakan pengumpulan data dari berbagai buku tentang teori-teori.

2. Metode Survey Analitik

Metode ini merupakan pengumpulan data dengan cara survei observasi, survei penilaian, insiden kritis, dan analisis faktor.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### **2.1 Auxiliary Engine**

Dalam industri pelayaran, efisiensi dan keandalan sistem kapal sangat penting untuk menjamin kelancaran operasi. Selain mesin utama (*main engine*) yang berfungsi sebagai penggerak utama kapal, terdapat mesin tambahan yang disebut *auxiliary engine* atau mesin bantu, yang berperan dalam mendukung berbagai sistem operasional di kapal. Mesin bantu ini digunakan untuk menyediakan tenaga listrik, mengoperasikan pompa, kompresor, sistem hidrolis, serta berbagai peralatan lainnya.

*Auxiliary engine* merupakan mesin yang digunakan sebagai pembangkit tenaga listrik di kapal. *Auxiliary Engine* (AE) atau *diesel* generator bekerja untuk menghasilkan tenaga listrik ini digunakan untuk memasok listrik bagi pesawat yang memerlukan pasokan listrik termasuk penerangan kapal. *Auxiliary engine* bekerja menghasilkan gabungan antara *diesel engine* sebagai energi mekanik dengan *electric generator* (dalam hal ini adalah alternator) untuk menghasilkan listrik.

Generator dalam fungsinya memasok tenaga listrik kesistem harus memiliki keandalan dan kesiapan yang baik. Dalam hal ini generator harus memiliki pengaman untuk mencegah terjadinya segala kemungkinan gangguan yang akan terjadi, baik gangguan yang berasal dari generator itu sendiri maupun gangguan yang berasal dari bagian – bagian lain sistim listrik agar dapat mencegah kerusakan pada generator atau sistem (Hasiyah et al., 2020). Generator bekerja berdasarkan prinsip kerja induksi elektromagnetik atau fluksi yang kemudian mengubah energi listrik. Azas generator yang bekerja berdasarkan Hukum Induksi Faraday : “Apabila jumlah garis gaya yang melalui kumparan diubah, maka gaya gerak listrik dinduksikan dalam kumparan itu. Besarnya gaya gerak listrik yang dinduksikan berbanding lurus dengan laju perubahan jumlah garis gaya melalui kumparan” (Puspitaputri et al., 2021).

Kebutuhan akan listrik di atas kapal akan sangat terasa sekali pada saat malam hari kapal berlayar, berlabuh (*anchor*), dan ketika kapal *manouver*/sandar di

pelabuhan. Pemakaian akan naik beberapa kali lipat, sehingga di perlukan sebuah generator yang handal dan efisien untuk menagani kebutuhan listrik tersebut. Pengoperasiannya mesin kapal khususnya yang bertanggung jawab sebagai pengganti dari electrician, bertanggung jawab dalam penanganan sistem kelistrikan di kapal di tuntutan untuk terampil dalam menangani masalah-masalah yang timbul pada sistem kelistrikan.



Gambar 2. 1 *Auxiliary Engine*

### **2.1.1 Prinsip Kerja *Auxiliary Engine***

Dikutip dari (MIRZA, 2019) prinsip kerja generator berdasarkan hukum faraday yang mengandung pengertian bahwa apabila sepotong kawat penghantar listrik berada dalam medan magnet berubah-ubah, maka di dalam kawat tersebut akan terbentuk GGL induksi. Demikian pula sebaliknya bila sepotong kawat penghantar listrik digerak-gerakkan dalam medan magnet, maka kawat penghantar tersebut juga terbentuk GGL induksi. Tegangan GGL induksi yang dibangkitkan bergantung pada:

1. Jumlah dari lilitan dalam kumparan.
2. Kuat medan magnetik, makin kuat medan makin besar tegangan yang diinduksikan.
3. Kecepatan dari generator itu sendiri.

*Auxiliary engine* bekerja berdasarkan siklus empat langkah (*four-stroke cycle*) atau dua langkah (*two-stroke cycle*) pada mesin *diesel*. Prinsip dasarnya mencakup beberapa tahap utama:

A. Proses pembakaran dalam *Auxiliary Engine* (Siklus Empat Langkah *Diesel*)

1. Langkah Isap (*Intake Stroke*)

- Piston bergerak dari Titik Mati Atas (TMA) ke Titik Mati Bawah (TMB).
- Katup masuk terbuka, sehingga udara segar masuk ke dalam silinder.
- Katup buang dalam keadaan tertutup.

2. Langkah Kompresi (*Compression Stroke*)

- Piston bergerak dari TMB ke TMA.
- Katup masuk dan buang tertutup.
- Udara dalam silinder dikompresi hingga tekanan dan temperatur tinggi.

3. Langkah Pembakaran dan Usaha (*Power Stroke*)

- Bahan bakar disemprotkan ke dalam ruang bakar melalui injector.
- Bahan bakar bercampur dengan udara panas, lalu terjadi pembakaran spontan.
- Pembakaran menghasilkan ekspansi gas yang mendorong piston ke TMB, menciptakan tenaga mekanik.

4. Langkah Buang (*Exhaust Stroke*)

- Piston bergerak kembali dari TMB ke TMA.
- Katup buang terbuka, membuang gas sisa pembakaran keluar dari silinder.
- Siklus ini kemudian berulang.

Prinsip ini serupa pada mesin dua langkah, tetapi hanya memiliki dua proses utama, yaitu langkah isap-kompresi dan langkah usaha-buang, yang terjadi dalam satu putaran poros engkol.

## B. Konversi Energi Mekanik ke Energi Listrik

Setelah tenaga mekanik dihasilkan oleh auxiliary engine, tenaga ini digunakan untuk menggerakkan alternator atau generator. Berikut adalah prinsip konversinya:

1. Poros engkol mesin bantu terhubung dengan alternator melalui kopling fleksibel.
2. Alternator mengandung rotor dan stator yang menghasilkan medan magnet saat berputar.
3. Putaran rotor dalam medan magnet stator menyebabkan induksi elektromagnetik, yang menghasilkan arus listrik AC (*Alternating Current*).
4. Arus listrik AC ini kemudian diubah menjadi tegangan yang sesuai melalui panel distribusi listrik sebelum didistribusikan ke seluruh kapal.

Adapun prinsip kerja dari generator secara umum adalah sebagai berikut :

1. Kumputan medan yang terdapat pada rotor dihubungkan dengan sumber eksitasi tertentu yang akan mensuplai arus searah terhadap kumputan medan. Dengan adanya arus searah yang mengalir melalui kumputan medan maka akan menimbulkan fluks yang besarnya terhadap waktu adalah tetap.
2. Penggerak mula (*prime mover*) yang sudah terkopel dengan rotor segera dioperasikan sehingga rotor akan berputar pada kecepatan nominalnya.
3. Perputaran rotor tersebut sekaligus akan memutar medan magnet yang dihasilkan oleh kumputan medan. Medan putar yang dihasilkan pada rotor, akan diinduksikan pada kumputan jangkar sehingga pada kumputan jangkar yang terletak di stator akan dihasilkan fluks magnetik yang berubah-ubah besarnya terhadap waktu. Adanya perubahan fluks magnetik yang melingkupi suatu kumputan akan menimbulkan GGL induksi pada ujung-ujung kumputan tersebut.

Untuk generator sinkron tiga fasa, digunakan tiga kumputan jangkar yang ditempatkan di stator yang disusun dalam bentuk tertentu, sehingga susunan kumputan jangkar yang sedemikian akan membangkitkan tegangan induksi pada ketiga kumputan jangkar yang besarnya sama tapi berbeda fasa 120° satu sama lain.

Setelah itu ketiga terminal kumparan jangkar siap dioperasikan untuk menghasilkan energi listrik (Farhan, 2021).

### 2.1.2 Jenis-jenis *Auxiliary Engine*

Menurut (Yuswidjanto, 2021) mesin *diesel* terbagi menjadi dua jenis yaitu; mesin *diesel* 2 tak dan mesin *diesel* 4 tak. Berikut adalah penjelasan mengenai perbedaan antara mesin *diesel* 2 tak dan mesin *diesel* 4 tak.

#### 2.1.2.1 Mesin *Diesel* 2 Tak

Mesin *diesel* 2 tak mempunyai perbedaan dari mesin *diesel* 4 tak, perbedaan tersebut adalah pada mesin *diesel* 2 tak dalam menyelesaikan siklusnya hanya perlu satu kali putaran saja pada poros engkol (*crank shaft*). Kemudian pada mesin *diesel* 2 tak hanya mempunyai satu katup (*valve*) yaitu *exhaust valve*, yang dimana udara kompresi masuk melalui *blower* pada *turbocharge* menuju *scaving air* atau dengan sebutan udara bilas. Disebut sebagai udara bilas karena udara yang masuk melalui *scaving port* akan menggantikan gas hasil pembakaran dengan udara bersih yang kemudian akan digunakan untuk proses pembakaran bahan bakar didalam ruang bakar.

Keuntungan bila memakai mesin *diesel* 2 tak daripada mesin *diesel* 4 tak tak, terdapat pada *responsive*, karena tenaga yang dihasilkan oleh mesin *diesel* 2 tak lebih besar daripada mesin *diesel* 4 tak. Selain keuntungan terdapat juga kerugian yang dimiliki oleh mesin *diesel* 2 tak yang sebanding dengan besarnya tenaga yang dihasilkan oleh mesin *diesel* 2 tak.



Gambar 2. 2 *Auxiliary Engine* 2 Tak

### 2.1.2.2 Mesin *Diesel* 4 Tak

Pada mesin *diesel* 4 tak dalam menyelesaikan siklus kerjanya hanya memerlukan 2 kali putaran poros engkol (*crank shaft*). Proses yang dilalui pada mesin *diesel* 4 tak untuk mendapatkan hasil satu kali usaha pembakaran terdiri dari empat proses yaitu ; proses isap, proses kompresi, proses usaha, dan proses buang. Pada mesin *diesel* 4 tak tidak mempunyai *scaving port* karena mesin *diesel* 4 tak hanya memiliki satu pasang katup (*valve*) yaitu ; *valve inlet* dan *valve outlet*.

Keuntungan bila menggunakan mesin *diesel* 4 tak dibandingkan mesin *diesel* 2 tak terdapat pada konsumsi bahan bakarnya lebih sedikit daripada mesin *diesel* 2 tak. Selain itu kekurangan yang terdapat pada mesin *diesel* 4 tak terdapat pada kurangnya *responsive*, karena tenaga yang dihasilkan dari putaran mesin cenderung lebih rendah dibandingkan dengan mesin *diesel* 2 tak.



Gambar 2. 3 *Auxiliary Engine* 4 Tak

### 2.1.3 Jenis-jenis Generator

Dikutip dari (Supriyatna, 2023) ada beberapa jenis generator listrik yang dikategorikan berdasarkan sumber energi, jenis arus listrik yang dihasilkan, dan metode pengoperasiannya. Berikut adalah penjelasan lengkap mengenai jenis-jenis generator listrik:

#### 2.1.3.1 Generator Arus Searah (DC Generator)

Generator arus searah menghasilkan listrik dalam bentuk arus searah (DC), yang mengalir dalam satu arah tetap. Generator ini menggunakan komutator untuk mengubah arus bolak-balik (AC) yang dihasilkan dalam kumparan menjadi arus

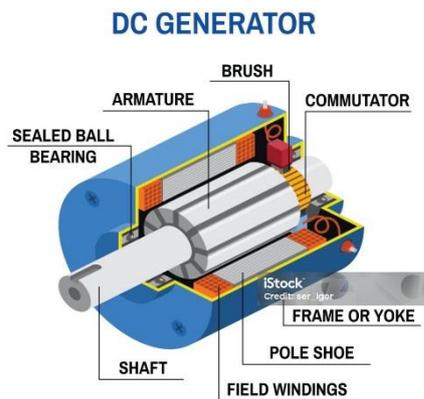
searah. Pada generator DC, ujung poros generator tidak menggunakan slip ring (cincin), namun menggunakan brush. Konstruksi brush ini mirip seperti cincin belah. Pada saat armature berputar, arus DC akan mengalir karena brush kiri sebagai kutub negatif dan brush kanan sebagai brush positif (Priyaningsih & Yuniarti, 2017). Dan berikut adalah jenis dari generator DC:

a. *Self-Excited* DC Generator

- *Shunt* Generator: Kumpanan medan dihubungkan secara paralel dengan jangkar.
- *Series* Generator: Kumpanan medan dihubungkan secara seri dengan jangkar.
- *Compound* Generator: Kombinasi dari *shunt* dan *series*, memiliki karakteristik yang lebih stabil.

b. *Separately Excited* DC Generator

- Kumpanan medan diberi arus dari sumber eksternal.



Gambar 2. 4 Generator DC

### 2.1.3.2 Generator Arus Bolak-balik (AC Generator)

Generator AC menghasilkan listrik dalam bentuk arus bolak-balik, yang berubah arah secara periodik. AC generator lebih umum digunakan dibandingkan DC generator. Prinsip kerja pada generator AC yaitu mengkonversi energi mekanik menjadi energi listrik dengan bentuk sinyal AC dengan frekuensi 60 Hz. Arus yang diinduksi pada komponen kumparan diteruskan ke sirkuit dengan menggunakan 2 buah slip ring yaitu berupa cincin terpisah yang diletakkan di ujung poros generator. Pada saat generator berputar yang kemudian memutar armature akan menghasilkan

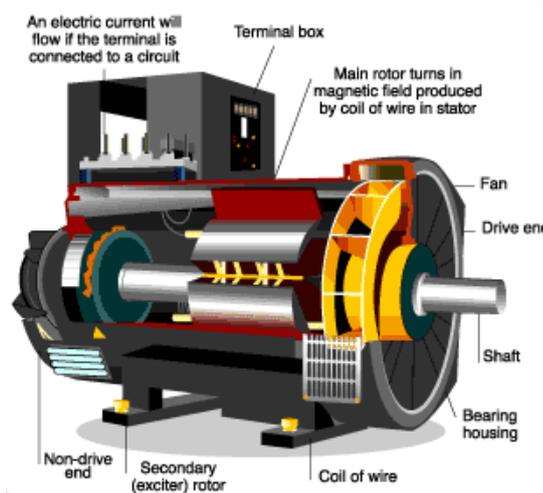
energi listrik pada cincin. Pada proses turunnaiik secara periodik ini, kumparan bisa bertindak sebagai kutub negatif dan positif yang menghasilkan arus bolak-balik. Dan berikut adalah jenis dari generator AC:

a. Alternator (*Synchronous Generator*)

- Rotor berputar dengan kecepatan sinkron dengan medan magnet yang dihasilkan.
- Digunakan dalam pembangkit listrik tenaga air, termal, dan nuklir.

b. *Induction Generator (Asynchronous Generator)*

- Menggunakan prinsip motor induksi untuk menghasilkan listrik.
- Umumnya digunakan dalam pembangkit listrik tenaga angin.



Gambar 2. 5 Generator AC

Tabel 2. 1 Perbedaan Generator AC dengan Generator DC

Generator AC	Generator DC
a. Menghasilkan arus searah dengan kondisi optimal dan konsisten selama 24 jam dalam mengalir perangkat tanpa hambatan.	a. Tegangan output yang dihasilkan relatif rendah karena tidak memiliki slip ring sehingga daya yang dikeluarkan tidak maksimal.
b. Menggunakan slip ring untuk mendistribusikan arus induksi ke sirkuit sehingga arus akan	b. Kehilangan daya lebih besar saat terjadi percikan bunga api.

<p>mengalir tanpa ditahan terlebih dahulu.</p> <p>c. Tidak ada batasan tegangan yang dihasilkan.</p> <p>d. Tidak adanya percikan api akan membuat komponen bagian dalam generator bertahan lama meskipun harus bekerja dibawah tekanan waktu yang relatif panjang.</p> <p>e. Daya yang dikeluarkan akan lebih efisien tanpa pemasangan brush pada ujung poros generator.</p>	<p>c. Terdapat batasan tegangan karena muncul percikan pada komutator yang merusak bagian part generator.</p>
--	---

Generator listrik memiliki berbagai jenis yang disesuaikan dengan kebutuhan penggunaannya, baik berdasarkan jenis arus yang dihasilkan (DC atau AC). Dalam struktur komponen penyusun, generator AC memang lebih rumit dibandingkan generator DC. Namun, dalam ketahanan yang diberikan generator AC memiliki kemampuan untuk memberikan suplai tegangan listrik yang tidak terbatas. Pemilihan jenis generator bergantung pada efisiensi, kebutuhan daya, serta faktor lingkungan dan ekonomi.

## **2.2 Load Bank**

Dikutip dari (Rosi & Bjekić, 2023) *load bank* adalah perangkat yang digunakan untuk memberikan beban listrik buatan pada generator atau sumber daya listrik lainnya untuk keperluan pengujian, pemeliharaan, dan verifikasi kinerja. *Load bank* dirancang untuk menyerap daya listrik dan mengubahnya menjadi bentuk energi lain, seperti panas, yang kemudian dibuang melalui sistem pendinginan. Load bank sangat penting dalam memastikan generator bekerja dengan optimal sebelum digunakan dalam kondisi nyata, serta untuk menghindari masalah seperti karbonisasi mesin pada generator diesel akibat beban rendah yang berkepanjangan.

Fungsi *load test* Generator atau pengujian beban terhadap generator adalah sebuah pengujian yang dilakukan untuk memastikan bahwa generator dapat difungsikan dengan baik dalam beberapa kondisi beban yang di berikan. Pemberian beban sesuai standar operasional prosedur yang ada dalam suatu ketentuan yang biasanya diatur oleh sebuah badan klasifikasi, baik itu nasional maupun internasional (Ricesno & Nandika, 2020). *Load bank* memiliki beberapa fungsi utama dalam pengoperasian dan pemeliharaan generator, di antaranya:

- a. Pengujian Kapasitas Generator
  - Memastikan generator dapat menghasilkan daya sesuai spesifikasi.
  - Mengetahui efisiensi kerja generator pada berbagai tingkat beban.
- b. Pencegahan *Carbon Buildup* pada Generator *Diesel*
  - Generator *diesel* yang sering bekerja dengan beban rendah cenderung mengalami penumpukan karbon dalam mesin, yang dapat mengurangi efisiensi dan mempercepat keausan komponen.
- c. Simulasi Beban dalam Kondisi Darurat
  - *Load bank* digunakan untuk mensimulasikan kondisi darurat guna memastikan generator dapat beroperasi dengan baik saat terjadi pemadaman listrik.
- d. Pemeliharaan dan *Troubleshooting*
  - Digunakan untuk mendeteksi masalah teknis pada generator, seperti ketidakseimbangan fasa, tegangan tidak stabil, atau efisiensi rendah.
- e. Stabilisasi Kinerja Generator
  - Membantu generator bekerja dalam rentang operasi optimalnya, sehingga meningkatkan umur pakai dan keandalan generator.

Kesimpulannya *load bank* adalah perangkat penting dalam pengujian dan pemeliharaan generator, membantu memastikan kinerja yang optimal dan umur pakai yang lebih panjang. Dengan berbagai jenis seperti resistif, reaktif, kombinasi, dan elektronik, *load bank* dapat digunakan untuk berbagai kebutuhan pengujian generator, baik untuk industri, perkantoran, maupun fasilitas darurat.



Gambar 2. 6 Load Bank

### 2.2.1 Prinsip Kerja Load Bank

Dikutip dari (Simanungkalit, 2024) prinsip kerja load bank didasarkan pada konversi energi listrik menjadi energi lain, seperti panas atau reaktif (induktif/kapasitif). Berikut adalah tahapan cara kerja load bank:

- a. Penyambungan ke Sumber Daya (Generator/UPS/PLN)
  - Load bank dihubungkan ke generator atau sumber daya listrik yang akan diuji. Tegangan, frekuensi, dan arus diperiksa sebelum pengujian dimulai.
- b. Penyesuaian Beban Secara Bertahap
  - Load bank menerapkan beban listrik secara bertahap atau sesuai kapasitas yang diinginkan. Beban ini dapat berupa beban resistif, induktif, atau kapasitif tergantung pada jenis load bank yang digunakan.
- c. Penyerap Daya Listrik dan Konversi Energi
  - Load Bank Resistif: Mengubah daya listrik menjadi panas melalui elemen pemanas seperti resistor.
  - Load Bank Induktif: Meniru beban motor listrik atau transformator dengan menghasilkan daya reaktif induktif.
  - Load Bank Kapasitif: Meniru beban elektronik dengan menghasilkan daya reaktif kapasitif.

- d. Pengukuran dan Pemantauan Kinerja
  - Parameter kelistrikan seperti tegangan, arus, daya aktif (kW), daya reaktif (kVAR), faktor daya (PF), dan frekuensi diukur untuk menilai kinerja generator. Jika terjadi ketidakseimbangan atau penyimpangan, tindakan korektif dapat dilakukan.
- e. Pembuangan Energi yang Dihasilkan
  - Load Bank Resistif: Panas yang dihasilkan oleh resistor didinginkan menggunakan kipas atau pendingin udara. *Load bank* Induktif/Kapasitif: Energi diserap dalam bentuk medan elektromagnetik, tetapi tetap menghasilkan panas yang perlu didinginkan.
- f. Evaluasi dan Analisis Kinerja Generator
  - Data yang dikumpulkan selama pengujian digunakan untuk menilai apakah generator bekerja sesuai spesifikasi. Jika ditemukan anomali, perawatan atau perbaikan dapat dilakukan sebelum generator digunakan dalam kondisi sebenarnya.

### **2.2.2 Jenis-jenis *Load Bank***

Dikutip dari (Nurjabar & Abdi Bangsa, 2023) Beban tiruan adalah suatu perangkat yang digunakan untuk mensimulasikan beban listrik yang biasanya digunakan untuk pengujian. Beberapa jenis beban tiruan yang biasa digunakan adalah sebagai berikut:

#### **2.2.2.1 *Dummy Load***

Menggunakan air garam dengan konsentrasi tertentu sebagai media pembebanannya yang berfungsi sebagai elektroda atau media elektrolit yang nantinya akan disambungkan pada genset. Cara ini dapat dilakukan dengan memasukkan elektroda pada unit genset ke dalam larutan garam yang dipantau terus konsentrasinya. Semakin dalam elektroda yang dimasukkan, maka nilai beban juga semakin tinggi.



Gambar 2. 7 *Dummy Load*

#### 2.2.2.2 *Load Bank Grid Resistor*

Terdiri dari beberapa lempengan plat nikel dengan karakteristik ketahanan tertentu. Disusun dengan lapisan isolator yang sangat tahan panas dan *blower* yang berfungsi untuk memberikan pendingin plat nikel yang akan terasa sangat panas saat terjadi pembebanan. Kapasitas beban akan sebanding dengan panas yang dihasilkan. Berikut adalah karakteristik dari *load bank grid resistor*:

- a. Mengubah daya listrik menjadi panas melalui resistor.
- b. Menyediakan beban linear yang menyerupai beban nyata pada kebanyakan perangkat listrik.
- c. Digunakan untuk pengujian daya aktif generator dan sistem distribusi listrik.
- d. Contoh aplikasi: Pengujian UPS, baterai, generator darurat.



Gambar 2. 8 *Load Bank Grid Resistor*

### 2.2.2.3 Load Bank Heater Element

Terdiri dari elemen pemanas dengan kapasitas tertentu agar nilai pembebanan bisa diperoleh. Tersusun dari kawat nickeline yang dibungkus menggunakan gips, pipa agar aman saat melakukan pembebanan.



Gambar 2. 9 Load Bank Heater Element

Dalam penelitian ini jenis dan kapasitas load bank yang digunakan adalah *Load Bank Genset Isuzu Diesel 500 KVA*, yang dimana *load bank* tersebut punya PT. Waruna Shipyard Indonesia sebagai bahan untuk penelitian ini. Dan berikut adalah spesifikasinya:

Tabel 2. 2 Spesifikasi *Load Bank Genset Isuzu Diesel 500 KVA*

<i>Load Bank Genset Isuzu Diesel 500 KVA</i>	
Tipe	Gen-1
Cos phi	0,95 $\phi$
Phase	3 phase AC
Wire	4 wire
Kw	400 Kw
Kva	500 KVA
Ampere	750 A

### 2.3 Safety Device Engine

*Safety device* pada *engine* adalah perangkat keselamatan yang dipasang pada mesin untuk mencegah kerusakan, kecelakaan, dan potensi bahaya saat mesin beroperasi. Perangkat ini berfungsi untuk melindungi mesin, operator, dan lingkungan sekitar dari risiko seperti panas berlebih, tekanan tinggi, kebocoran, atau kegagalan mekanis. Proteksi keamanan terhadap generator (genset) ada dua macam, yaitu: pengaman alarm yang memberikan informasi *warning* kepada operator bahwa ada sesuatu yang tidak normal pada operasi mesin generator sehingga operator segera melakukan tindakan (perubahan operasi), dan pengaman *trip* yang berfungsi untuk menghindarkan mesin generator dari kemungkinan kerusakan yang fatal ketika sistem beroperasi tidak normal maka otomatis mesin akan mati (*shutdown*) (Hendrawan et al., 2022). Beberapa fungsi utama dari *safety device* pada *engine* antara lain:

- a. Mencegah kecelakaan kerja dengan mendeteksi potensi bahaya dan menghentikan mesin jika diperlukan.
- b. Melindungi mesin dari kerusakan akibat kondisi operasional yang tidak normal.
- c. Meningkatkan efisiensi dan umur mesin dengan menjaga kinerja dalam batas aman.
- d. Menjaga keselamatan operator dengan memberikan peringatan dini atau tindakan otomatis dalam kondisi darurat.



Gambar 2. 10 *Safety Device*

### 2.3.1 Prinsip Kerja *Safety Device*

Prinsip kerja *safety device* pada mesin (*engine*) adalah untuk mencegah kerusakan dan memastikan keselamatan operasional dengan cara mendeteksi kondisi abnormal serta mengambil tindakan pencegahan secara otomatis. Misalnya, *temperature sensor* akan mematikan mesin jika suhu melebihi batas aman untuk menghindari *overheating*, *oil pressure switch* akan memberikan peringatan atau mematikan mesin jika tekanan oli terlalu rendah untuk mencegah kerusakan akibat pelumasan yang tidak mencukupi, dan *overspeed governor* akan membatasi putaran mesin agar tidak melebihi batas yang ditentukan guna mencegah kegagalan mekanis yang berbahaya. Dengan adanya *safety device*, risiko kecelakaan kerja dan kerusakan mesin dapat diminimalkan, sehingga mesin dapat beroperasi dengan lebih aman dan efisien (Amanulloh et al., 2019). Prinsip kerja *safety device engine* dapat dibagi ke dalam beberapa tahapan utama:

#### 2.3.1.1 Deteksi (*Monitoring System*)

*Safety device engine* dilengkapi dengan berbagai sensor yang secara terus-menerus memantau kondisi mesin. Sensor ini berfungsi untuk mendeteksi parameter seperti:

- Suhu mesin (*Temperature Sensor*): Mendeteksi *overheating* atau kenaikan suhu yang tidak normal.
- Tekanan oli (*Oil Pressure Sensor*): Memantau tekanan pelumasan untuk mencegah kerusakan akibat gesekan berlebihan.
- Tingkat bahan bakar dan pendingin (*Fluid Level Sensor*): Mengawasi ketersediaan bahan bakar, oli, atau cairan pendingin.
- Getaran (*Vibration Sensor*): Mendeteksi adanya ketidakseimbangan atau kerusakan komponen dalam mesin.
- *Overload Protection*: Memantau beban kerja mesin agar tidak melebihi kapasitas maksimum.

#### 2.3.1.2 Analisis Data (*Data Processing System*)

Setelah sensor mengumpulkan data, sistem kontrol (ECU atau PLC) akan menganalisis apakah nilai parameter yang terbaca masih dalam batas aman atau sudah mencapai kondisi berbahaya. Jika kondisi masih dalam batas aman, mesin

akan terus beroperasi seperti biasa. Jika ditemukan nilai abnormal, sistem akan memberikan peringatan awal kepada operator dalam bentuk lampu indikator, alarm suara, atau notifikasi pada layar kontrol.

#### **2.3.1.3 Peringatan dan Notifikasi (*Warning System*)**

Jika sensor mendeteksi anomali yang berpotensi membahayakan, *safety device engine* akan mengaktifkan sistem peringatan. Ini bisa berupa:

- Lampu indikator merah atau kuning di dashboard mesin.
- Alarm suara atau getaran untuk menarik perhatian operator.
- Notifikasi digital pada layar kontrol atau sistem pemantauan berbasis IoT.

Peringatan ini memberi kesempatan bagi operator untuk segera mengambil tindakan sebelum kondisi menjadi lebih buruk.

#### **2.3.1.4 Tindakan Pencegahan (*Protection Mechanism*)**

Jika mesin terus beroperasi dalam kondisi berbahaya atau operator tidak merespons peringatan, *safety device engine* akan mengaktifkan mekanisme perlindungan, seperti:

- *Shutdown* otomatis (*Emergency Shutdown System*) untuk menghentikan mesin guna menghindari kerusakan lebih lanjut.
- Pembatasan daya (*Power Limitation*) untuk mengurangi beban kerja mesin hingga kembali ke kondisi aman.
- Pemutusan bahan bakar (*Fuel Cut-Off System*) untuk mencegah kebakaran atau ledakan akibat kebocoran bahan bakar.

Prinsip kerja *safety device engine* melibatkan proses pemantauan, analisis data, pemberian peringatan, perlindungan otomatis, dan pemulihan sistem untuk menjaga keamanan dan efisiensi operasional mesin. Dengan adanya *safety device engine*, risiko kerusakan mesin dan kecelakaan kerja dapat diminimalkan, sehingga produktivitas dan umur mesin dapat lebih terjaga.

#### **2.3.2 Jenis-jenis *Safety Device Engine***

Dikutip dari (Khamdilah & Kundori, 2020) *safety device engine* adalah berbagai perangkat keamanan yang dirancang untuk melindungi mesin dari kerusakan, mencegah kecelakaan, dan memastikan kinerja optimal. Perangkat ini

bekerja dengan mendeteksi, memberikan peringatan, dan mengambil tindakan otomatis jika terjadi kondisi berbahaya. Berikut adalah jenis-jenis *safety device engine* beserta penjelasannya:

### 2.3.2.1 *Lub Oil Low Pressure Alarm & Trip*

*Safety device engine lub oil low pressure alarm & trip* adalah sistem perlindungan yang berfungsi untuk mendeteksi tekanan oli pelumas yang berada di bawah batas aman guna mencegah kerusakan mesin akibat pelumasan yang tidak mencukupi. Ketika sensor tekanan oli mendeteksi nilai tekanan lebih rendah dari standar yang ditetapkan, sistem akan mengaktifkan alarm peringatan (*Lub Oil Low Pressure Alarm*) untuk memberi tahu operator agar segera mengambil tindakan. Jika tekanan oli terus menurun hingga mencapai ambang batas kritis, sistem akan secara otomatis mematikan mesin (*trip*) guna mencegah keausan berlebihan dan potensi kerusakan fatal pada komponen mesin (Kuang et al., 2024).

Prinsip kerja *safety device engine lub oil low pressure alarm & trip* dimulai dengan sensor tekanan oli yang terus memantau tekanan pelumas dalam sistem mesin. Jika tekanan oli turun di bawah batas aman yang telah ditentukan, sensor akan mengirimkan sinyal ke sistem kontrol untuk mengaktifkan alarm peringatan (*Lub Oil Low Pressure Alarm*), yang dapat berupa lampu indikator, suara *buzzer*, atau notifikasi digital guna memberi tahu operator agar segera melakukan pengecekan dan tindakan perbaikan. Jika tekanan oli terus menurun hingga mencapai ambang batas kritis yang dapat menyebabkan kerusakan serius pada mesin akibat kurangnya pelumasan, sistem akan secara otomatis memicu trip (*shutdown* otomatis) untuk menghentikan operasi mesin dan mencegah keausan atau kerusakan lebih lanjut pada komponen penting seperti bantalan (*bearing*), poros engkol (*crankshaft*), dan piston. Berikut adalah data yang dipakai untuk *safety device engine lub oil low pressure alarm & trip*:

Tabel 2. 3 Data *Safety Device Lub Oil Low Press Alarm & Trip*

Tipe Engine : Cummins 6BTA5.9 - GM100		
Description	Set Point	Status
Engine Low Lub Oil Press	1,5 Bar	Safety Alarm
Engine To Low Lub Oil Press	0,9 Bar	Safety Shutdown

Dari tabel 2.3 menunjukkan bahwa settingan untuk *safety device engine lub oil low pressure alarm & trip* pada *engine* Cummins 6BTA5.9 - GM100 saat sensor *lub oil press* menunjukkan *set point* 1,5 bar menyatakan status alarm sebagai peringatan kepada operator jaga/operator mesin, agar harap tekanan oli pada *engine* untuk diperhatikan. Dan ketika sensor *lub oil press* menunjukkan *set point* 0,9 bar menyatakan status *engine shutdown* untuk mencegah terjadinya kerusakan pada *engine* tersebut. Untuk sensor *pressure switch lub oil low press* tipe saginomiya yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. *Merk* : Saginomiya
- b. *Type* : SNS-C103X
- c. *Range* : 0.5~3 kgf/cm<sup>2</sup> (bar)
- d. *Connection* : 1/4inch



Gambar 2. 11 Sensor *Pressure Switch Engine Lub Oil Low Press*

### **2.3.2.2 Cooling Fresh Water High Temperature Alarm & Trip**

Dikutip dari (Stanivuk et al., 2021) *safety device* pada sistem pendingin mesin berfungsi untuk melindungi mesin dari *overheating* yang dapat menyebabkan kerusakan serius. Salah satu perlindungan penting adalah *fresh water high temperature alarm & trip*, yang bekerja dengan cara mendeteksi suhu air pendingin (*fresh water*) yang melebihi batas normal. Ketika suhu air pendingin naik melampaui batas yang telah ditentukan, *alarm* akan aktif untuk memberikan peringatan kepada operator bahwa terdapat potensi *overheating*. Jika suhu terus meningkat dan mencapai batas kritis, sistem *trip* akan bekerja secara otomatis untuk mematikan mesin guna mencegah kerusakan lebih lanjut. Penyebab umum dari

aktivasi alarm dan trip ini antara lain kegagalan pompa air pendingin, kebocoran pada sistem pendingin, tersumbatnya *heat exchanger*, atau rendahnya level air pendingin. Oleh karena itu, pemeliharaan rutin pada sistem pendingin sangat penting untuk memastikan mesin beroperasi dengan aman dan optimal.

Prinsip Kerja *safety device engine cooling fresh water high temperature Alarm & trip* pada sistem pendingin mesin didasarkan pada pemantauan suhu air pendingin (*fresh water*) menggunakan sensor suhu (temperatur sensor atau *thermostat*). Sensor ini dipasang di jalur keluar air pendingin dari mesin untuk mendeteksi suhu aktual dalam sistem. Sensor yang digunakan jenis nya seperti *thermoelectric* yaitu alat yang mengubah energi panas dari gradien temperatur menjadi energi listrik atau sebaliknya dari energi listrik menjadi gradien temperatur (Pasaribu et al., 2019).

a. Deteksi Suhu

Ketika mesin beroperasi, sensor suhu terus memonitor temperatur air pendingin. Jika suhu tetap dalam batas normal, sistem bekerja secara normal tanpa *alarm* atau *trip*.

b. *Alarm* Aktif

Jika suhu air pendingin melebihi batas yang telah ditentukan (misalnya karena pendinginan yang tidak efektif atau beban mesin yang terlalu tinggi), sensor akan mengirimkan sinyal ke alarm sistem. *Alarm* akan berbunyi atau menyala untuk memperingatkan operator agar segera melakukan tindakan pemeriksaan dan perbaikan.

c. *Trip* atau *Shutdown* Mesin

Jika suhu terus meningkat hingga mencapai batas kritis yang berpotensi merusak mesin, sistem akan mengaktifkan mekanisme *trip*. Mekanisme *trip* ini akan secara otomatis mematikan mesin untuk mencegah *overheating* yang dapat menyebabkan kerusakan serius, seperti keausan komponen, deformasi logam, atau bahkan kegagalan mesin total.

Prinsip kerja ini memastikan bahwa mesin selalu bekerja dalam kondisi aman dan mencegah terjadinya kegagalan akibat panas. Berikut adalah data yang dipakai untuk *safety device engine cooling fresh water high temperature alarm & trip*:

Tabel 2. 4 Data *Safety Device Cooling Fresh High Temp Alarm & Trip*

Tipe Engine : Cummins 6BTA5.9 - GM100		
Description	Set Point	Status
Engine Cooling F.W High Temp	90 °C	Safety Alarm
Engine Cooling F.W High Temp	95 °C	Safety Shutdown

Dari tabel 2.4 menunjukkan bahwa settingan untuk *safety device cooling fresh water high temperature alarm & trip* pada *engine* Cummins 6BTA5.9 - GM100 saat sensor temperatur *cooling fresh water* menunjukkan *set point* 90 °C menyatakan status alarm sebagai peringatan kepada operator jaga/operator mesin, agar harap sistem pendingin pada *engine* untuk diperhatikan. Dan ketika sensor temperatur *cooling fresh water* menunjukkan *set point* 95 °C menyatakan status *engine shutdown* untuk mencegah terjadinya kerusakan pada *engine* tersebut. Untuk sensor *temperature control cooling fresh water* tipe *saginomiya* yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. *Merk* : Saginomiya
- b. *Type* : TNS C1100XW
- c. *Range* : 65~105°C
- d. *Connection* : Capiler Tube 1M

Gambar 2. 12 Sensor Temperatur *Control Cooling Fresh Water*

### 2.3.2.3 Engine Over Speed Alarm & Trip

*Engine over speed alarm & trip* adalah perangkat keselamatan yang berfungsi untuk melindungi mesin dari kecepatan berlebih (*overspeed*), yang dapat menyebabkan kerusakan serius pada komponen mesin dan meningkatkan risiko kecelakaan. Ketika mesin beroperasi, sistem ini menggunakan sensor kecepatan (*speed sensor* atau *governor*) untuk terus memonitor putaran mesin (RPM). Jika kecepatan mesin melebihi batas aman yang telah ditetapkan oleh pabrikan (Micheau et al., 2006).

Prinsip kerja *engine over speed alarm & trip* didasarkan pada pemantauan kecepatan putaran mesin (RPM) secara terus-menerus menggunakan *speed sensor* atau *governor*. Sistem ini dirancang untuk mencegah kerusakan mesin akibat kecepatan berlebih yang bisa menyebabkan kegagalan mekanis atau bahkan kecelakaan serius.

a. Pemantauan Kecepatan

Saat mesin beroperasi, *speed sensor* mengukur putaran mesin dan mengirimkan data ke sistem kontrol. Jika RPM berada dalam batas normal, mesin bekerja tanpa gangguan.

b. Aktivasi *Alarm*

Jika RPM mesin meningkat melebihi batas aman pertama (misalnya, 105% dari kecepatan normal), alarm akan aktif. *Alarm* ini dapat berupa suara, lampu indikator, atau sinyal di panel kontrol, yang berfungsi sebagai peringatan bagi operator untuk segera mengurangi kecepatan mesin.

c. Aktivasi *Trip* atau *Shutdown*

Jika kecepatan terus meningkat hingga mencapai batas kritis (misalnya, 110% atau lebih dari kecepatan normal), sistem *trip* akan bekerja secara otomatis. Sistem ini akan mematikan mesin dengan salah satu mekanisme berikut: Memutus suplai bahan bakar, sehingga pembakaran berhenti dan mesin mati. Dan mengaktifkan aktuatur penghenti mesin, yang langsung menghentikan operasi mesin. Berikut adalah data yang dipakai untuk *safety device engine over speed alarm & trip*:

Tabel 2. 5 Data *Safety Device Engine Over Speed Alarm & Trip*

Tipe Engine : Cummins 6BTA5.9 - GM100		
Description	Set Point	Status
Engine Over Speed	1660 RPM	Safety Alarm
Engine Over Speed	1725 RPM	Safety Shutdown

Dari tabel 2.5 menunjukkan bahwa settingan untuk *safety device over speed alarm & trip* pada *engine* Cummins 6BTA5.9 - GM100 saat sensor *magnetic pick up* mengirim data ke monitor dengan menunjukkan *set point* 1660 RPM menyatakan status alarm sebagai peringatan kepada operator jaga/operator mesin, agar harap mengurangi kecepatan pada *engine*. Dan ketika sensor *magnetic pick up* mengirim data ke monitor dengan menunjukkan *set point* 1725 RPM menyatakan status *engine shutdown* untuk mencegah terjadinya kerusakan pada *engine* tersebut. Untuk sensor *magnetic pick up* tipe cummins yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. *Merk* : Cummins
- b. *Part Number* : 3971994
- c. *Description* : MPU *Engine Speed Sensor* : *Magnetic Pick Up Unit*
- d. *Diameter drat MPU* : 18 mm (1.8 cm)
- e. *Length MPU* : 65 mm (6.5 cm)

Gambar 2. 13 Sensor *Magnetic Pick Up Cummins*

#### 2.3.2.4 *Lub Oil High Temperature Alarm & Trip*

Dikutip dari *lub oil high temperature alarm & trip* adalah perangkat keselamatan yang berfungsi untuk melindungi mesin dari dampak suhu oli pelumas yang terlalu tinggi. Oli pelumas berperan penting dalam mengurangi gesekan antar komponen mesin, mendinginkan bagian yang bergerak, serta menjaga kinerja optimal mesin. Jika suhu oli terlalu tinggi, viskositasnya akan menurun, sehingga pelumas kehilangan kemampuannya untuk melindungi komponen mesin dari keausan dan *overheating*. Sistem ini bekerja dengan sensor suhu oli pelumas (temperatur sensor) yang memantau suhu secara terus-menerus (Stepien et al., 2014).

Prinsip kerja *lub oil high temperature alarm & trip* didasarkan pada pemantauan suhu oli pelumas secara terus-menerus menggunakan sensor suhu (temperatur sensor) yang terpasang di jalur oli mesin. Sistem ini dirancang untuk melindungi mesin dari dampak suhu oli yang terlalu tinggi, yang dapat menyebabkan penurunan efektivitas pelumasan, peningkatan gesekan, dan potensi kerusakan mesin.

a. Pemantauan Suhu Oli

Saat mesin beroperasi, sensor suhu oli pelumas membaca suhu oli secara *real-time*. Jika suhu oli berada dalam batas normal, mesin akan beroperasi tanpa gangguan.

b. Aktivasi Alarm

Jika suhu oli meningkat melebihi batas aman pertama, alarm akan aktif dalam bentuk suara atau lampu indikator di panel kontrol. Alarm ini berfungsi sebagai peringatan awal bagi operator agar segera mengecek sistem pelumasan dan mencari penyebab kenaikan suhu.

c. Aktivasi *Trip* atau *Shutdown* Mesin

Jika suhu oli terus meningkat hingga mencapai batas kritis, sistem *trip* akan bekerja secara otomatis. Mekanisme ini akan menghentikan operasi mesin atau mengurangi daya mesin dengan salah satu cara mematikan mesin secara otomatis untuk mencegah *overheating* yang dapat merusak komponen mesin.

Penyebab umum tingginya suhu oli pelumas meliputi kegagalan sistem pendingin oli, rendahnya level oli, kualitas oli yang buruk, atau beban mesin yang berlebihan. Oleh karena itu, perawatan berkala pada sistem pelumasan, untuk memastikan mesin tetap beroperasi dengan aman dan efisien.

Tabel 2. 6 Data *Safety Device Lub Oil High Temp Alarm & Trip*

Tipe Engine : Cummins 6BTA5.9 - GM100		
Description	Set Point	Status
Engine Lub Oil High Temp	90 °C	Safety Alarm
Engine Lub Oil High Temp	98 °C	Safety Shutdown

Dari tabel 2.6 menunjukkan bahwa settingan untuk *safety device lub oil high temperature alarm & trip* pada *engine* Cummins 6BTA5.9 - GM100 saat sensor temperatur *lub oil engine* menunjukkan *set point* 90 °C menyatakan status alarm sebagai peringatan kepada operator jaga/operator mesin, agar harap sistem pelumasan pada *engine* untuk diperhatikan. Dan ketika sensor temperatur *lub oil engine* menunjukkan *set point* 98 °C menyatakan status *engine shutdown* untuk mencegah terjadinya kerusakan pada *engine* tersebut. Untuk sensor *temperature control lub oil engine* tipe cummins yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. *Merk* : Cummins
- b. *Type* : QSM11 M11
- c. *Range* : 55~105°C



Gambar 2. 14 Sensor Temperatur *Switch Lub Oil Engine*

## 2.4 Parameter Kelistrikan

Listrik adalah cabang ilmu fisika yang mempelajari sifat dan interaksi muatan listrik serta aplikasinya dalam sistem rangkaian. Konsep fundamental mencakup muatan listrik (dinyatakan dalam Coulomb), arus listrik (aliran muatan per satuan waktu, dalam Ampere), tegangan listrik (beda potensial antara dua titik, dalam Volt), dan hambatan listrik (penolakan terhadap aliran arus, dalam Ohm) (Tri & Yanto, 2019). Hukum Ohm menyatakan hubungan linier antara tegangan, arus, dan hambatan ( $V = I \times R$ ), sedangkan hukum Kirchhoff terdiri dari dua prinsip utama: Hukum Arus Kirchhoff (jumlah arus masuk dan keluar di satu titik cabang adalah nol) dan Hukum Tegangan Kirchhoff (jumlah total tegangan dalam satu loop tertutup adalah nol). Rangkaian listrik dapat dikonfigurasi dalam bentuk seri atau paralel, masing-masing dengan karakteristik total resistansi dan distribusi tegangan atau arus yang berbeda. Pemahaman dasar ini merupakan fondasi untuk analisis dan desain sistem kelistrikan dalam berbagai aplikasi teknis, mulai dari sistem daya hingga rangkaian elektronik.

### 2.4.1 Daya Listrik

Daya Listrik merupakan jumlah energi yang diserap atau dihasilkan dalam sebuah sirkuit/rangkaian. Sumber Energi seperti Tegangan listrik akan menghasilkan daya listrik sedangkan beban yang terhubung dengannya akan menyerap daya listrik tersebut. Dengan kata lain, Daya listrik adalah tingkat konsumsi energi dalam sebuah sirkuit atau rangkaian listrik. Kita mengambil contoh Lampu Pijar dan Heater (Pemanas), Lampu pijar menyerap daya listrik yang diterimanya dan mengubahnya menjadi cahaya sedangkan Heater mengubah serapan daya listrik tersebut menjadi panas. Semakin tinggi nilai Watt-nya semakin tinggi pula daya listrik yang dikonsumsi (Tanjung et al., n.d.).

Dalam rumus perhitungan, Daya Listrik biasanya dilambangkan dengan huruf “P” yang merupakan singkatan dari *Power*. Sedangkan Satuan Internasional (SI) Daya Listrik adalah Watt yang disingkat dengan W. Watt adalah sama dengan satu joule per detik ( $\text{Watt} = \text{Joule} / \text{detik}$ ). Rumus umum yang digunakan untuk menghitung daya listrik dalam sebuah Rangkaian Listrik adalah sebagai berikut :

$$P = V \times I \quad \dots\dots\dots(2.1)$$

$$P = I^2 \times R \quad \dots\dots\dots(2.2)$$

$$P = \frac{V^2}{R} \quad \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan :

P = Daya Listrik dengan satuan *Watt* (W)

V = Tegangan Listrik dengan satuan *Volt* (V)

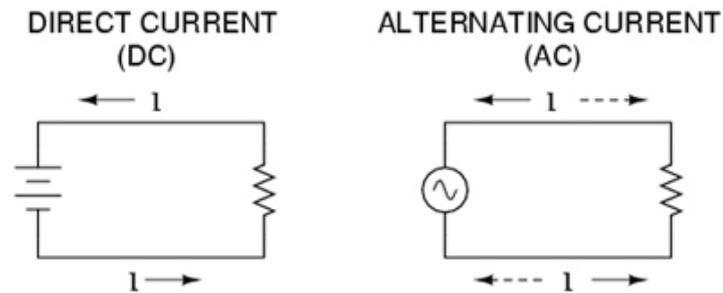
I = Arus Listrik dengan satuan *Ampere* (A)

R = Hambatan dengan satuan *Ohm* ( $\Omega$ )

#### 2.4.2 Tegangan Listrik

Tegangan Listrik merupakan jumlah energi yang dibutuhkan untuk memindahkan unit muatan listrik dari satu rangkaian ke rangkaian lainnya. Tegangan listrik yang dinyatakan dengan satuan *volt* ini juga sering disebut dengan beda potensial listrik karena pada dasarnya tegangan listrik adalah ukuran perbedaan potensial antara dua titik dalam rangkaian listrik. Suatu benda dikatakan memiliki potensial listrik lebih tinggi daripada benda lain karena benda tersebut memiliki jumlah muatan positif yang lebih banyak jika dibandingkan dengan jumlah muatan positif pada benda lainnya. Sedangkan yang dimaksud dengan Potensial listrik itu sendiri adalah banyaknya muatan yang terdapat dalam suatu benda. Tegangan listrik terbentuk adanya aliran-aliran arus listrik dengan hambatan listrik.

Sebuah sumber tegangan listrik yang konstan biasanya disebut dengan tegangan DC (tegangan searah) sedangkan sumber tegangan listrik yang bervariasi secara berkala dengan waktu disebut dengan tegangan AC (tegangan bolak balik). Tegangan listrik diukur dengan satuan Volt yang dilambangkan dengan simbol huruf “V” (Panjaitan, 2018). Berikut adalah simbol tegangan DC dan simbol tegangan AC :



Gambar 2. 15 Simbol Tegangan AC dan DC

Rumus umum yang digunakan untuk menghitung tegangan listrik dalam sebuah Rangkaian Listrik adalah sebagai berikut :

$$V = \frac{P}{I} \dots\dots\dots (2.4)$$

$$V = R \times I \dots\dots\dots (2.5)$$

$$V = \sqrt{P \times R} \dots\dots\dots (2.6)$$

Keterangan :

V = Tegangan Listrik dengan satuan *Volt* (V)

P = Daya Listrik dengan satuan *Watt* (W)

I = Arus Listrik dengan satuan *Ampere* (A)

R = Hambatan dengan satuan *Ohm* ( $\Omega$ )

### 2.4.3 Arus Listrik

Arus listrik merupakan muatan listrik yang mengalir melalui media konduktor dalam tiap satuan waktu. Muatan listrik pada dasarnya dibawa oleh Elektron dan Proton di dalam sebuah atom. Proton memiliki muatan positif, sedangkan Elektron memiliki muatan negatif. Namun, Proton sebagian besar hanya bergerak di dalam inti atom. Jadi, tugas untuk membawa muatan dari satu tempat ke tempat lainnya ini ditangani oleh Elektron. Hal ini dikarenakan elektron dalam bahan konduktor seperti logam sebagian besar bebas bergerak dari satu atom ke atom lainnya (Panjaitan, 2018).

Arus listrik terbentuk adanya aliran-aliran muatan listrik yang mengalir pada medium tertentu, pembagian arus listrik dibagi menjadi 2 bagian : arus listrik searah (*Direct Current*) dan arus listrik bolak-balik (*Alternating Current*). Satuan dari arus listrik adalah Amper dilambangkan dengan huruf “I” yang artinya “*intensity* (intensitas)”. Dalam Hukum Ohm menyatakan bahwa besarnya Arus Listrik (I) yang mengalir melalui sebuah penghantar atau konduktor adalah berbanding lurus dengan beda potensial atau Tegangan (V) dan berbanding terbalik dengan hambatannya (R). Rumus umum yang digunakan untuk menghitung arus listrik dalam sebuah Rangkaian Listrik adalah sebagai berikut :

$$I = \frac{P}{V} \dots\dots\dots (2.7)$$

$$I = \frac{V}{R} \dots\dots\dots (2.8)$$

$$I = \sqrt{\frac{P}{R}} \dots\dots\dots (2.9)$$

Keterangan :

I = Arus Listrik dengan satuan *Ampere* (A)

V = Tegangan Listrik dengan satuan *Volt* (V)

P = Daya Listrik dengan satuan *Watt* (W)

R = Hambatan dengan satuan *Ohm* ( $\Omega$ )

## 2.5 Segitiga Daya

Dikutip dari (Ferdiansah et al., 2023) Segitiga daya adalah representasi grafis berbentuk segitiga siku-siku yang menggambarkan hubungan antara tiga jenis daya dalam sistem listrik arus bolak-balik (AC), yaitu daya aktif (P), daya reaktif (Q), dan daya semu (S). Daya aktif merupakan daya yang benar-benar digunakan untuk melakukan kerja, seperti menggerakkan motor atau menyalakan lampu, dan dinyatakan dalam satuan watt (W). Daya reaktif adalah daya yang dibutuhkan oleh komponen induktif atau kapasitif dalam sistem, seperti trafo dan motor listrik, untuk membentuk medan magnet atau kapasitansi, dan dinyatakan dalam volt-ampere reaktif (VAR). Sedangkan daya semu merupakan hasil kombinasi dari daya

aktif dan daya reaktif secara vektor, yang mencerminkan total daya yang ditransfer dari sumber ke beban, dan dinyatakan dalam volt-ampere (VA). Dalam segitiga daya, daya aktif digambarkan sebagai alas segitiga, daya reaktif sebagai sisi tegak, dan daya semu sebagai sisi miring.

### 2.5.1 Daya Aktif / Nyata (P)

Daya aktif merupakan daya yang dibutuhkan oleh beban resistif, dimana daya ini akan menunjukkan adanya aliran energi listrik dari pembangkit ke beban. Secara umum daya ini sering digunakan oleh konsumen dan sebagai satuan yang digunakan untuk daya listrik (Saputra, 2024). Daya aktif (disebut juga daya nyata atau *real power*) adalah daya listrik yang benar-benar digunakan untuk melakukan kerja dalam suatu sistem listrik.

Dalam kehidupan sehari-hari energi listrik yang disalurkan dari PLN ke rumahrumah, maka daya yang tertulis pada kWh meter merupakan daya aktif dan itu merupakan daya yang akan dibayarkan oleh pelanggan. Rumus umum yang digunakan untuk menghitung daya aktif dalam sebuah Rangkaian Listrik adalah sebagai berikut :

$$P = V \times I \times \cos \phi \text{ (satu phase)} \quad \dots\dots\dots (2.10)$$

$$P = V \times I \times \cos \phi \sqrt{3} \text{ (tiga phase)} \quad \dots\dots\dots (2.11)$$

Keterangan :

P = Daya Listrik dengan satuan *Watt* (W)

V = Tegangan Listrik dengan satuan *Volt* (V)

I = Arus Listrik dengan satuan *Ampere* (A)

$\cos \phi$  = Faktor Daya

### 2.5.2 Daya Semu (S)

Daya semu adalah total daya yang disuplai oleh sumber listrik dalam sistem arus bolak-balik (AC), yang merupakan kombinasi vektor dari daya aktif dan daya reaktif. Daya ini tidak menunjukkan jumlah energi yang sepenuhnya digunakan untuk kerja nyata, tetapi mencerminkan keseluruhan beban yang harus ditanggung

oleh sistem kelistrikan. Daya semu dilambangkan dengan huruf S dan diukur dalam satuan volt-ampere (VA). Hubungan matematis daya semu dengan daya aktif (P) dan daya reaktif (Q) mengikuti hukum Pythagoras (Amir & Somantri, 2018).

Dalam segitiga daya, daya semu digambarkan sebagai sisi miring yang menghubungkan daya aktif di alas dan daya reaktif di sisi tegak, sehingga menunjukkan bahwa meskipun daya reaktif tidak menghasilkan kerja nyata, ia tetap memengaruhi total daya yang diperlukan dari sumber listrik. Daya semu sangat penting dalam perencanaan kapasitas instalasi listrik karena semua peralatan seperti transformator dan generator harus mampu menangani nilai daya semu, bukan hanya daya aktif. Rumus umum yang digunakan untuk menghitung daya semu dalam sebuah Rangkaian Listrik adalah sebagai berikut :

$$S = V \times I \text{ (satu phase)} \quad \dots\dots\dots (2.12)$$

$$S = V \times I \times \sqrt{3} \text{ (tiga phase)} \quad \dots\dots\dots (2.13)$$

Keterangan :

S = Daya Semu dengan satuan *Volt Ampere* (VA)

V = Tegangan Listrik dengan satuan *Volt* (V)

I = Arus Listrik dengan satuan *Ampere* (A)

### 2.5.3 Daya Reaktif (Q)

Daya reaktif adalah komponen daya dalam sistem arus bolak-balik (AC) yang tidak digunakan untuk melakukan kerja nyata, tetapi sangat penting untuk mempertahankan medan magnet atau kapasitansi dalam peralatan listrik seperti motor induksi, transformator, dan kapasitor. Daya ini dilambangkan dengan huruf Q dan diukur dalam satuan *volt-ampere reaktif* (VAR). Meskipun daya reaktif tidak menghasilkan energi yang digunakan secara langsung, ia tetap diperlukan agar peralatan yang bersifat induktif atau kapasitif dapat berfungsi dengan baik (Harahap Muchsin dkk., 2021).

Daya reaktif merupakan daya yang tidak termanfaatkan oleh konsumen, termanfaatkan oleh konsumen, namun hanya dapat termanfaatkan khususnya pada pembangkitan dan pabrik/industri karena terdapat beban tertentu seperti motor

listrik, yang memerlukan bentuk lain dari daya, yaitu daya reaktif (VAR) untuk membuat medan magnet atau dengan kata lain daya reaktif adalah daya yang terpakai sebagai energi pembangkitan flux magnetik sehingga timbul magnetisasi dan daya ini dikembalikan ke sistem karena efek induksi elektromagnetik itu sendiri, sehingga daya ini sebenarnya merupakan beban (kebutuhan). Rumus umum yang digunakan untuk menghitung daya reaktif dalam sebuah Rangkaian Listrik adalah sebagai berikut :

$$Q = V \times I \times \sin \phi \text{ (satu phase) } \dots\dots\dots (2.14)$$

$$Q = V \times I \times \sin \phi \sqrt{3} \text{ (tiga phase) } \dots\dots\dots (2.15)$$

Keterangan :

Q = Daya Reaktif dengan satuan *Volt Ampere Reaktif* (VAR)

V = Tegangan Listrik dengan satuan *Volt* (V)

I = Arus Listrik dengan satuan *Ampere* (A)

Sin  $\phi$  = Faktor Daya

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Waktu dan Tempat

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

#### 3.1.1 Waktu

Waktu yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian tugas akhir ini dimulai dari tahun 2024 sampai 2025.

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								

#### 3.1.2 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 Data Penelitian

Data penelitian yang diperoleh dari salah satu kapal milik PT Waruna Shipyard Indonesia. Adapun data yang di ambil di antaranya adalah:

### 3.2.1 Data Spesifikasi *Auxiliary Engine*

Pada penelitian ini akan dilakukan pengujian terhadap 2 unit *auxiliary engine* dengan tipe yang sama. Berikut adalah data spesifikasi dari *auxiliary engine* tersebut:

Tabel 3. 2 Data Spesifikasi *Auxiliary Engine*

Auxiliary Engine Cummins		
1	Engine Model	6BTA5.9-GM100
2	Engine Type	6 Cylinders
3	Rated Speed	1500 RPM
4	Rated Power	100 kW
5	Power Factor	0.85 $\phi$
6	Frequenzy	60 Hz
7	Phase	3 Phase
8	Main	220 VAC
9	Alternator Serial Number	TPD221028-2
10	Wet Weight	453 kg

### 3.2.2 Data Operasi *Auxiliary Engine*

Data operasi *auxiliary engine* terhadap *safety device* sangat penting untuk memastikan kinerja mesin tetap optimal dan aman. Pemantauan parameter seperti tekanan oli, suhu air pendingin, serta alarm dan *trip* sistem dapat membantu mendeteksi potensi kegagalan lebih awal. Dengan analisis data yang akurat, tindakan preventif dapat dilakukan untuk mencegah kerusakan mesin dan meningkatkan keselamatan operasional di atas kapal. Dalam penelitian ini, pengumpulan data operasi akan ditampilkan pada bab 4 yang nantinya akan dilakukan perhitungan untuk mengetahui bagaimana pengaruh beban terhadap *safety device auxiliary engine* .

### 3.3 Alat dan Bahan

Dalam penelitian tugas akhir ini, diperlukan alat serta bahan untuk melakukan pengujian terhadap sistem *auxiliary engine* sesuai yang diinginkan. Adapaun alat dan bahan yang digunakan sebagai berikut:

### 3.3.1 Alat Pengujian

Dalam pengujian sistem ini penulis menggunakan beberapa alat yang digunakan untuk memperlancar proses pengujian pada *auxiliary engine* ini. Adapun alat yang digunakan sebagai berikut :

- a. Avo meter berfungsi untuk mengukur tegangan serta *frequency* pada *auxiliary engine*.
- b. Tang ampere berfungsi untuk mengukur arus pada *auxiliary engine* saat beban *load bank* diberikan.
- c. *Thermo gun* berfungsi untuk mengukur secara actual temperatur pada *auxiliary engine*

### 3.3.2 Bahan Pengujian

Adapun bahan pengujian yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. 2 unit *auxiliary engine* Cummins 6BTA5.9 - GM100 sebagai media yang akan dilakukan pengujian.
- b. 1 unit *load bank* Isuzu *Diesel* 500 KVA sebagai pengujian beban terhadap *auxiliary engine*.

### 3.4 Prosedur Langkah Kerja

Adapun prosedur langkah kerja dari rangkaian yang dibuat oleh penulis ini adalah sebagai berikut :

1. Persiapan
  - Memastikan semua personel yang terlibat memahami prosedur pengujian dan menggunakan alat pelindung diri (APD) yang sesuai.
  - Periksa kondisi umum *auxiliary engine*, termasuk sistem pelumasan, pendinginan, dan bahan bakar.
  - Memastikan *safety device* seperti alarm temperatur, tekanan oli, dan sistem trip dalam kondisi baik dan berfungsi normal.
  - Menyalakan sistem monitoring untuk mencatat parameter operasi selama pengujian.

## 2. Pelaksanaan Pengujian Beban

### a. Menyalakan *Auxiliary Engine*

- Hidupkan *auxiliary engine* sesuai dengan prosedur *start-up* standar.
- Biarkan mesin berjalan dalam kondisi idle untuk memastikan semua parameter stabil.

### b. Meningkatkan Beban Secara Bertahap

- Tambahkan beban secara bertahap sesuai dengan kapasitas yang telah ditentukan.
- Pantau parameter operasi seperti tekanan oli, suhu air pendingin, dan tegangan listrik.
- Pastikan *auxiliary engine* beroperasi dengan normal tanpa getaran atau suara abnormal.

### c. Menguji Fungsi *Safety Device*

- Simulasikan kondisi ekstrem dengan meningkatkan beban hingga batas aman.
- Periksa apakah alarm berbunyi saat tekanan oli turun atau suhu meningkat di luar batas normal.
- Menguji sistem *trip* dengan memutus suplai oli atau pendingin untuk memastikan mesin mati otomatis saat terjadi kondisi darurat.
- Mencatat waktu respons dari masing-masing *safety device* dan bandingkan dengan standar yang ditetapkan.

## 3. Evaluasi dan Penyelesaian

- Kembalikan beban ke kondisi normal secara bertahap sebelum menghentikan mesin.
- Matikan *auxiliary engine* sesuai dengan prosedur *shutdown* yang benar.
- Mencatat hasil pengujian, termasuk respon *safety device* dan kondisi operasional mesin.
- melakukan inspeksi akhir untuk memastikan tidak ada kerusakan atau indikasi keausan yang berlebihan pada komponen mesin.  
melaporkan hasil pengujian kepada pihak yang berwenang untuk evaluasi lebih lanjut.

Prosedur ini bertujuan untuk memastikan bahwa *auxiliary engine* beroperasi dengan aman dan semua *safety device* berfungsi dengan baik dalam kondisi beban operasional.

### 3.5 Tahapan Penelitian

Tahapan yang dilakukan untuk pengujian *auxiliary engine* pada penelitian ini adalah sebagai berikut, yaitu :

a. Studi Pendahuluan

Yang dimaksud dalam studi pendahuluan adalah melakukan bimbingan kepada dosen pembimbing mengenai judul dan topik pembahasan yang diarahkan untuk penelitian analisis pengaruh beban pada *auxiliary engine* terhadap *safety device* dengan menggunakan media *load bank*.

b. Data kepustakaan

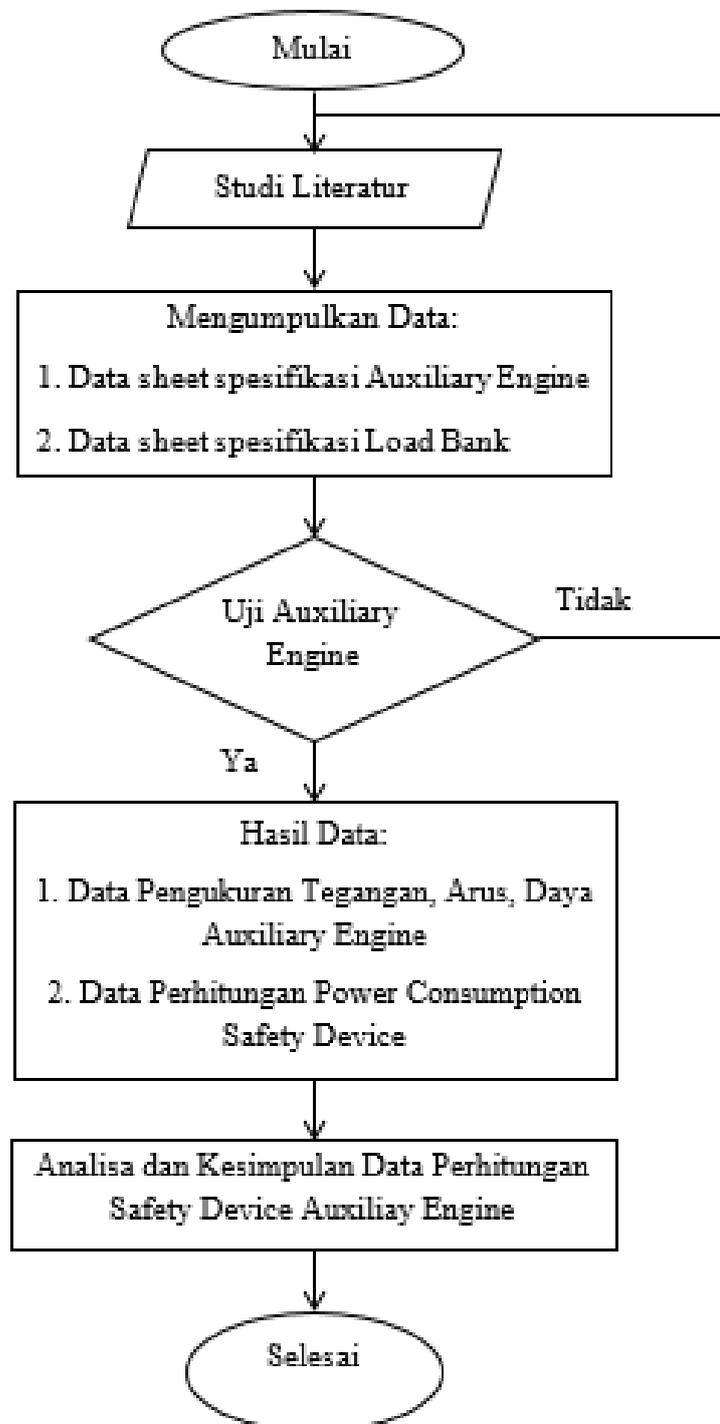
Data kepustakaan merupakan pengumpulan data-data dengan cara membaca dan mempelajari berbagai literatur-literatur, maupun tulisan-tulisan, dan bahan- bahan kuliah yang di dapatkan selama mengikuti perkuliahan guna memperoleh landasan teori yang berkaitan dengan materi yang menjadi pembahasan dalam penelitian tugas akhir ini.

c. Penelitian lapangan (*field research*)

Penelitian lapangan adalah penelitian yang dilakukan secara langsung terhadap objek penelitian yaitu melakukan secara langsung analisa pengaruh beban pada *auxiliary engine* terhadap *safety device* dengan menggunakan media *load bank*.

### 3.6 Flowchart Penelitian

Adapun *flowchart* pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

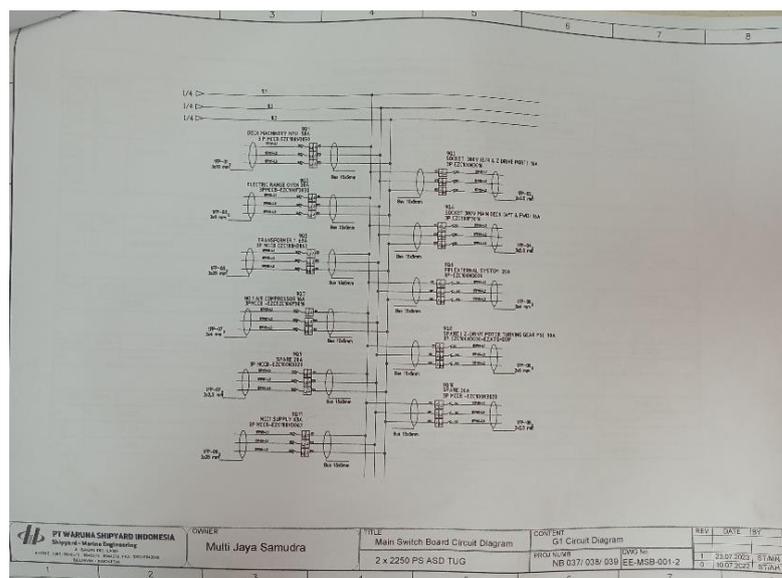
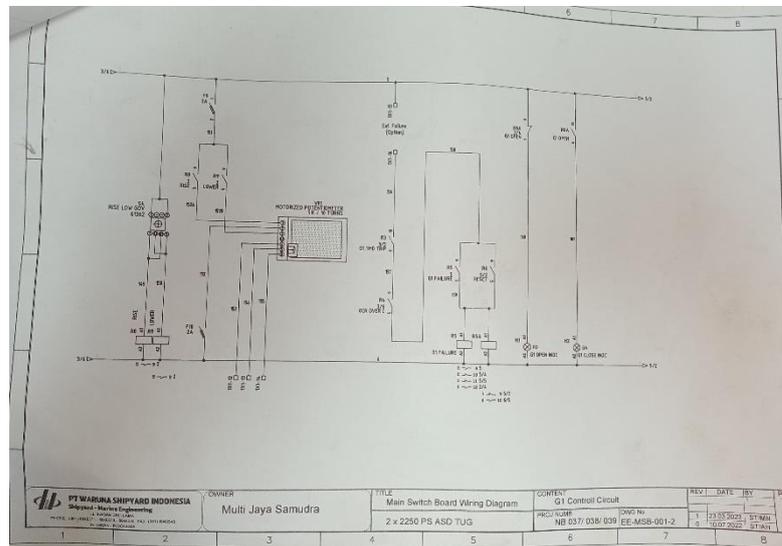


Gambar 3. 1 *Flowchart* Penelitian

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Pengujian *Auxiliary Engine* Tanpa Beban

Pada pengujian *auxiliary engine* ini dilakukan dengan cara test *running auxiliary engine* No. 1 dan No. 2 tanpa beban apapun selama  $\pm 60$  menit kemudian akan dilihat parameter indikator *safety device lub oil pressure, cooling fresh water temperature, dan lub oil temperature* secara berkala. Berikut adalah pengujian *auxiliary engine* tanpa beban terhadap *safety device*.



Gambar 4. 1 Wiring Diagram *Auxiliary Engine*

Penjelasan pada gambar 4.1 menunjukkan diagram kelistrikan *main switch board* pada kapal dengan konfigurasi  $2 \times 2250$  PS ASD Tug, yang terdiri dari dua bagian utama: diagram pengkabelan (*wiring diagram*) dan diagram rangkaian (*circuit diagram*). Pada gambar pertama terlihat rangkaian pengendali (G1 Control Circuit) yang menghubungkan sumber daya, komponen proteksi, serta peralatan kontrol seperti sakelar, relai, dan terminal *block* untuk mengatur aliran arus pada sistem kelistrikan utama. Sementara gambar kedua menampilkan detail rangkaian kontrol G1 yang memuat urutan sambungan antar komponen seperti *push button*, *selector switch*, lampu indikator, dan koil kontaktor, yang berfungsi mengendalikan penyambungan dan pemutusan daya dari generator ke sistem distribusi listrik kapal. Keseluruhan rangkaian ini dirancang untuk memastikan operasi *main switch board* berjalan aman dan andal, dengan sistem kontrol yang dapat mengaktifkan, memutus, dan memantau suplai daya sesuai kebutuhan operasional kapal.

- Prinsip Kerja

Main Switch Board G1 bekerja dengan prinsip pengendalian suplai daya dari generator menuju sistem distribusi listrik kapal melalui *control circuit* dan *protection device*. Saat operator mengaktifkan *selector switch* atau *push button* pada panel kontrol, sinyal listrik dialirkan ke koil kontaktor (*contactor coil*). Koil ini akan menciptakan medan magnet yang menarik kontak utama sehingga terhubung dan memungkinkan daya dari generator masuk ke busbar utama. Lampu indikator pada panel akan menyala untuk menunjukkan kondisi *ON* atau *OFF*, serta status operasi generator. Apabila terjadi kondisi abnormal seperti overload, tegangan tidak stabil, atau kesalahan fasa, relai proteksi akan bekerja memutus arus ke koil kontaktor, sehingga kontak utama terbuka dan suplai daya terputus untuk mencegah kerusakan. Sistem ini juga dilengkapi rangkaian interlock yang memastikan generator hanya dapat dihubungkan ke busbar jika semua parameter operasi aman. Dengan demikian, rangkaian ini tidak hanya mengatur proses penyambungan dan pemutusan daya, tetapi juga menjamin keselamatan dan kontinuitas suplai listrik di kapal.

#### 4.1.1 Hasil Pengujian *Lub Oil Press*

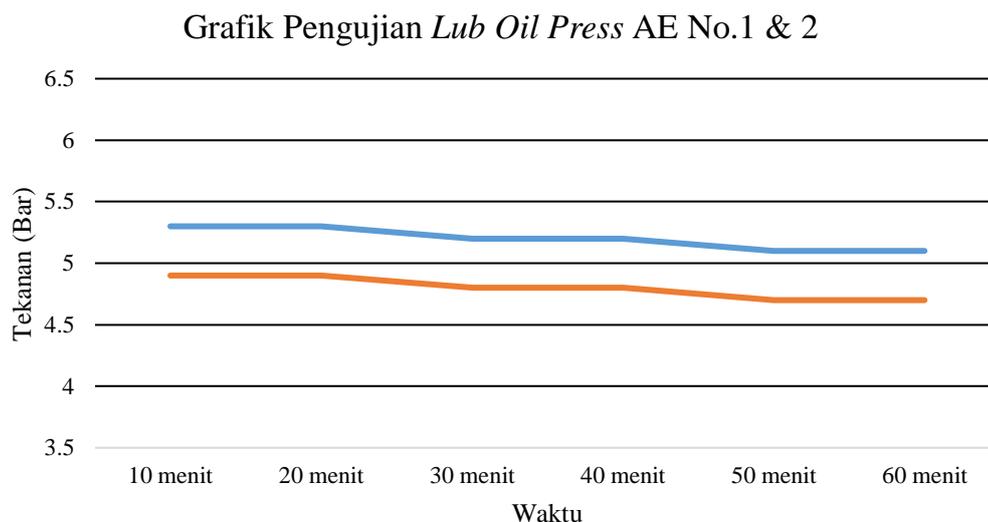
Pengujian pada *lub oil pressure* ini dilakukan dengan cara test *running auxiliary engine* No. 1 dan No. 2, kemudian sensor *pressure transmitter* pada *lub oil* akan

mengirimkan sinyal transmit berupa P/I (*Pressure*/mA) ke indikator di local panel *engine* tersebut untuk melihat perbandingan *pressure* disetiap menitnya, sesuai *set point* yang telah ditentukan sebagai *safety* pada *engine* tersebut. Data ini diambil berdasarkan tekanan pada oli *engine*, kemudian dicatat setiap 10 menit sekali selama  $\pm 60$  menit. Berikut adalah hasil pengujian *auxiliary engine* No. 1 dan No. 2 tanpa beban terhadap *safety device lub oil pressure* :

Tabel 4. 1 Pengujian *Lub Oil Pressure*

No	Beban	Tekanan (Bar)		Waktu
		AE No. 1	AE No.2	
1	0 Kw	5.3	4.9	10 menit
2	0 Kw	5.3	4.9	20 menit
3	0 Kw	5.2	4.8	30 menit
4	0 Kw	5.2	4.8	40 menit
5	0 Kw	5.1	4.7	50 menit
6	0 Kw	5.1	4.7	60 menit

Dari tabel 4.1 telah dilakukan pengujian pada *auxiliary engine* No. 1 dan No. 2 dengan tanpa beban selama rentan waktu 60 menit. Dengan cara mengukur perubahan tekanan yang terdapat pada *auxiliary engine* dengan menggunakan sensor *pressure transmitter* sebagai pendeteksi setiap tekanan yang diberikan dalam waktu kurang lebih 60 menit. Kemudian diambil data perubahan tekanan setiap 10 menit sekali, lalu data tersebut diolah menggunakan microsoft excel untuk mendapatkan hasil di Tabel 4. 1. Agar lebih jelas perubahan tekanan setiap 10 menit maka perlu di buat grafik dari tabel diatas, di dapatkan tabel pada berikut ini :



Gambar 4. 2 Grafik Pengujian *Lub Oil Press* AE No.1 & 2

Penjelasan pada grafik 4.2 pengujian *Lub Oil Press* AE No.1 & 2 menunjukkan bahwa tekanan pelumas pada kedua *auxiliary engine* cenderung mengalami penurunan perlahan seiring bertambahnya waktu operasi. AE No.1 (garis biru) memiliki tekanan awal sekitar 5,35 bar pada menit ke-10 dan menurun hingga sekitar 5,1 bar pada menit ke-60. Sementara itu, AE No.2 (garis oranye) memulai dengan tekanan sekitar 4,9 bar dan turun menjadi sekitar 4,7 bar pada akhir pengujian. Perbedaan tekanan antara kedua mesin relatif konstan, di mana AE No.1 selalu memiliki tekanan lebih tinggi dibanding AE No.2, yang menunjukkan adanya perbedaan kinerja sistem pelumasan pada masing-masing mesin.

#### **4.1.2 Hasil Pengujian *Cooling Fresh Water Temperature***

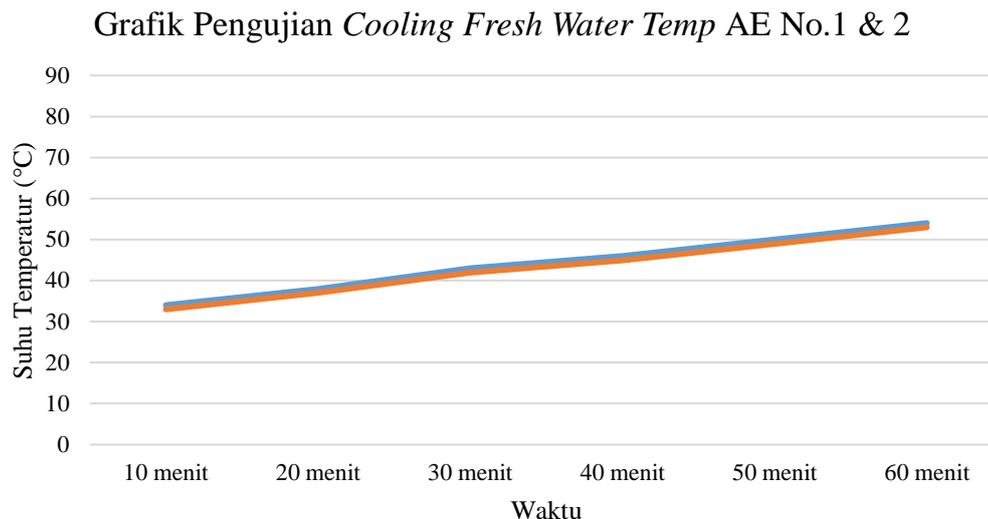
Pengujian pada *cooling fresh water temperature* ini dilakukan dengan cara test *running auxiliary engine* No. 1 dan No. 2, kemudian sensor *thermocouple temperature* pada *cooling fresh water* akan mengirimkan sinyal berupa mV kemudian sinyal tersebut di *convert* menggunakan *thermocouple amplifier* untuk mengubah sinyal dari mV menjadi mA lalu dikirim ke indikator di local panel *engine* tersebut untuk melihat perbandingan suhu temperature disetiap menitnya, sesuai *set point* yang telah ditentukan sebagai *safety* pada *engine* tersebut. Data ini diambil berdasarkan suhu temperature pada *cooling fresh water*, kemudian dicatat

setiap 10 menit sekali selama  $\pm 60$  menit. Berikut adalah hasil pengujian *auxiliary engine* No. 1 dan No. 2 tanpa beban terhadap *safety device cooling fresh water* :

Tabel 4. 2 Pengujian *Cooling Fresh Water Temperature*

No	Beban	Suhu ( $^{\circ}\text{C}$ )		Waktu
		AE No. 1	AE No.2	
1	0 Kw	34	33	10 menit
2	0 Kw	38	37	20 menit
3	0 Kw	43	42	30 menit
4	0 Kw	46	45	40 menit
5	0 Kw	50	49	50 menit
6	0 Kw	54	53	60 menit

Dari tabel 4.2 telah dilakukan pengujian pada *auxiliary engine* No. 1 dan No. 2 dengan tanpa beban selama rentan waktu 60 menit. Dengan cara mengukur perubahan suhu tempratur yang terdapat pada *auxiliary engine* dengan menggunakan sensor *thermocouple temperature* sebagai pendeteksi suhu tempratur yang diberikan dalam waktu kurang lebih 60 menit. Kemudian diambil data perubahan suhu tempratur setiap 10 menit sekali, lalu data tersebut diolah menggunakan microsoft excel untuk mendapatkan hasil di Tabel 4. 2. Agar lebih jelas perubahan suhu tempratur setiap 10 menit maka perlu di buat grafik dari tabel diatas, di dapatkan tabel pada berikut ini :



Gambar 4. 3 Grafik Pengujian *Cooling Fresh Water Temp* AE No. 1 & 2

Penjelasan pada grafik 4.3 pengujian *Cooling Fresh Water Temp* AE No.1 & 2 menunjukkan bahwa suhu air pendingin pada kedua auxiliary engine meningkat secara bertahap seiring dengan lamanya waktu operasi. Pada menit ke-10, suhu awal berada di kisaran 33–34°C, kemudian naik secara konstan hingga mencapai sekitar 54–55°C pada menit ke-60. Kenaikan suhu pada AE No.1 (garis biru) dan AE No.2 (garis oranye) terlihat hampir sejajar, menunjukkan bahwa sistem pendingin kedua mesin bekerja dengan pola yang serupa dan tidak terdapat perbedaan signifikan dalam laju kenaikan suhu antara keduanya.

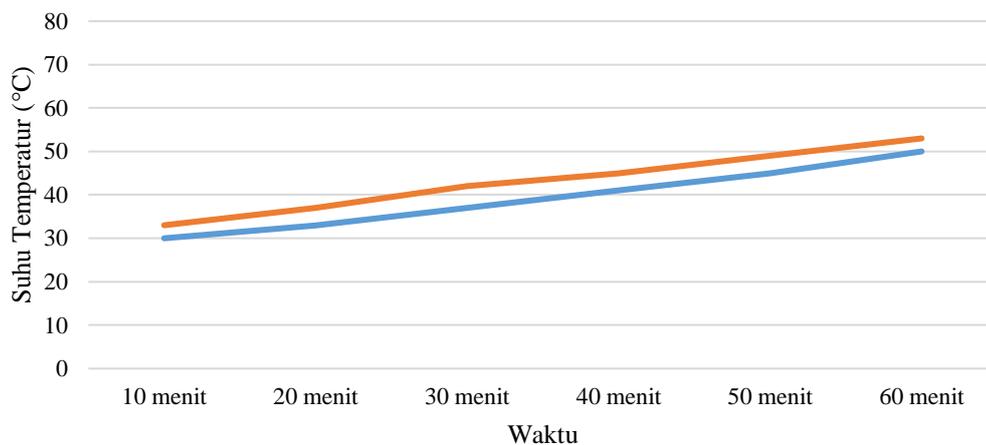
#### 4.1.3 Hasil Pengujian *Lub Oil Temperature*

Pengujian pada *lub oil temperature* ini dilakukan dengan cara test *running auxiliary engine* No.1 dan No.2, kemudian sensor *thermocouple temperature* pada *lub oil* akan mengirimkan sinyal berupa mV kemudian sinyal tersebut di *convert* menggunakan *thermocouple amplifier* untuk mengubah sinyal dari mV menjadi mA lalu dikirim ke indikator di local panel *engine* tersebut untuk melihat perbandingan suhu temperature disetiap menitnya, sesuai *set point* yang telah ditentukan sebagai *safety* pada *engine* tersebut. Data ini diambil berdasarkan suhu temperature pada *lub oil*, kemudian dicatat setiap 10 menit sekali selama  $\pm 60$  menit. Berikut adalah hasil pengujian *auxiliary engine* No.1 dan No.2 tanpa beban terhadap *safety device lub oil* :

Tabel 4. 3 Pengujian *Lub Oil Temperature*

No	Beban	Suhu (°C)		Waktu
		AE No. 1	AE No.2	
1	0 Kw	30	33	10 menit
2	0 Kw	33	37	20 menit
3	0 Kw	37	42	30 menit
4	0 Kw	41	45	40 menit
5	0 Kw	45	49	50 menit
6	0 Kw	50	53	60 menit

Dari tabel 4.3 telah dilakukan pengujian pada *auxiliary engine* No. 1 dan No. 2 dengan tanpa beban selama rentan waktu 60 menit. Dengan cara mengukur perubahan suhu tempratur yang terdapat pada *auxiliary engine* dengan menggunakan sensor *thermocouple temperature* sebagai pendeteksi suhu tempratur yang diberikan dalam waktu kurang lebih 60 menit. Kemudian diambil data perubahan suhu tempratur setiap 10 menit sekali, lalu data tersebut diolah menggunakan microsoft excel untuk mendapatkan hasil di Tabel 4. 3. Agar lebih jelas perubahan suhu tempratur setiap 10 menit maka perlu di buat grafik dari tabel diatas, di dapatkan tabel pada berikut ini :

Grafik Pengujian *Lub Oil Temp* AE No.1 & 2Gambar 4. 4 Grafik Pengujian *Lub Oil Temp* AE No.1 & 2

Penjelasan pada grafik 4.4 pengujian *Lub Oil Temp* AE No.1 & 2 menunjukkan bahwa suhu oli pelumas pada kedua auxiliary engine mengalami peningkatan secara bertahap selama 60 menit pengujian. AE No.1 (garis biru) memulai dari suhu sekitar 30°C pada menit ke-10 dan meningkat hingga mendekati 50°C pada menit ke-60. Sementara itu, AE No.2 (garis oranye) memiliki suhu awal lebih tinggi, sekitar 33°C, dan mencapai sekitar 53°C di akhir pengujian. Perbedaan suhu antara kedua mesin relatif konstan, dengan AE No.2 selalu lebih tinggi beberapa derajat dibanding AE No.1, yang dapat mengindikasikan perbedaan beban kerja atau efisiensi sistem pendinginan pada masing-masing mesin.

#### 4.2 Pengujian Auxiliary Engine Dengan Beban

Pada pengujian *auxiliary engine* ini dilakukan dengan cara test *running auxiliary engine* No.1 dan No.2 menggunakan beban *load bank* secara bertahap dari 25% - 110% kapasitas dari *auxiliary engine* tersebut. Kemudian akan dilihat parameter indikator *safety device lub oil pressure, cooling fresh water temperature, dan lub oil temperature* secara berkala. Berikut adalah pengujian *auxiliary engine* No. 1 dan No. 2 menggunakan beban *load bank* secara bertahap terhadap *safety device* :

##### 4.2.1 Hasil Pengujian Auxiliary Engine No.1

Berikut adalah hasil pengujian Auxiliary Engine No.1 terhadap *safety device lub oil pressure, cooling fresh water temperature, dan lub oil temperature* :

Tabel 4. 4 Pengujian Auxiliary Engine No.1 Terhadap Lub Oil Pressure

Lub Oil Pressure			
NO	Beban (Kw)	Capacity (AE 1)	Pressure (Bar)
1	0	0%	5,1
2	20	25%	4,7
3	40	50%	4,5
4	60	75%	4,3
5	80	100%	4,2
6	88	110%	4,1

Dari tabel 4.4 menunjukkan Data bahwa tekanan minyak pelumas (*lube oil pressure*) mengalami penurunan seiring dengan peningkatan beban daya mesin dari kondisi tanpa beban (0 kW) hingga beban penuh 100% (80 kW) dan bahkan pada kondisi *overload* 110% (88 kW). Pada kondisi tanpa beban, tekanan oli berada di angka 5,1 bar, lalu perlahan menurun menjadi 4,7 bar di 25% beban, 4,5 bar di 50% beban, 4,3 bar di 75% beban, hingga mencapai 4,2 bar pada beban penuh dan 4,1 bar pada *overload*. Penurunan ini disebabkan oleh meningkatnya kecepatan serta suhu mesin saat beban bertambah, sehingga viskositas oli berkurang dan menghasilkan tekanan yang lebih rendah. Akibatnya, sistem pelumasan harus tetap dijaga dalam batas aman agar gesekan antar komponen mesin tetap terkontrol dan tidak menimbulkan keausan berlebih.

Tabel 4. 5 Pengujian *Auxiliary Engine* No.1 Terhadap *Cooling Fresh Temp*

Cooling Fresh Temperatue			
NO	Beban (Kw)	Capacity (AE 1)	Suhu (°C)
1	0	0%	54
2	20	25%	61
3	40	50%	67
4	60	75%	73
5	80	100%	79
6	88	110%	83

Dari tabel 4.5 menunjukkan Data bahwa temperatur *cooling fresh water* (air pendingin mesin) meningkat seiring dengan kenaikan beban daya mesin, dari kondisi tanpa beban hingga *overload*. Pada kondisi 0% beban, suhu air pendingin tercatat 54°C, kemudian naik menjadi 61°C pada 25% beban, 67°C pada 50% beban, 73°C pada 75% beban, 79°C pada 100% beban, dan mencapai 83°C saat *overload* 110%. Kenaikan suhu ini terjadi karena bertambahnya beban mesin mengakibatkan proses pembakaran lebih intensif sehingga panas yang dihasilkan di ruang bakar meningkat. Akibatnya, sistem pendingin harus bekerja lebih keras untuk menyerap panas tersebut dan menjaga agar mesin tetap berada dalam temperatur operasi normal. Jika pendinginan tidak optimal, maka suhu berlebih

dapat menyebabkan *overheat*, kerusakan material, hingga menurunkan efisiensi kerja mesin

Tabel 4. 6 Pengujian Auxiliary Engine No.1 Terhadap *Lub Oil Temp*

Lub Oil Temperature			
NO	Beban (Kw)	Capacity (AE 1)	Suhu (°C)
1	0	0%	50
2	20	25%	56
3	40	50%	67
4	60	75%	75
5	80	100%	80
6	88	110%	86

Dari tabel 4.6 menunjukkan Data bahwa temperatur minyak pelumas (*lub oil temperature*) meningkat seiring bertambahnya beban daya mesin dari kondisi tanpa beban hingga overload. Pada 0% beban, temperatur oli berada pada 50°C, lalu naik menjadi 56°C di 25% beban, 67°C di 50% beban, 75°C di 75% beban, 80°C pada beban penuh 100%, dan mencapai 86°C saat overload 110%. Kenaikan suhu ini disebabkan oleh meningkatnya gesekan antar komponen mesin dan tingginya panas hasil pembakaran saat beban bertambah, sehingga oli yang berfungsi sebagai pelumas sekaligus pendingin ikut menyerap panas. Akibatnya, jika temperatur oli terus meningkat tanpa pengendalian, viskositasnya dapat menurun sehingga kemampuan pelumasan berkurang dan risiko keausan atau kerusakan komponen mesin menjadi lebih besar.



Gambar 4. 5 Pengujian Auxiliary Engine No.1

Penjelasan pada gambar 4.5 menunjukkan sebuah *auxiliary engine* lengkap dengan panel kontrolnya, yang berfungsi sebagai penggerak generator untuk menghasilkan daya listrik pada kapal. Mesin ini dilengkapi sistem pembuangan, pendingin, dan pelumasan untuk mendukung kinerja optimalnya. Sementara itu, gambar kedua menampilkan nameplate atau papan identitas mesin, yang biasanya memuat informasi teknis seperti merek, model, daya terpasang (*rated power*), frekuensi, tegangan, arus, putaran per menit (RPM), serta negara asal pabrikasi. Informasi pada nameplate ini sangat penting untuk keperluan identifikasi, pengoperasian, serta perawatan mesin sesuai spesifikasi pabrik.

#### 4.2.2 Hasil Pengujian *Auxiliary Engine No.2*

Berikut adalah hasil pengujian *Auxiliary Engine No.2* terhadap *safety device lub oil pressure, cooling fresh water temperature, dan lub oil temperature* :

Tabel 4. 7 Pengujian *Auxiliary Engine No.2* Terhadap *Lub Oil Press*

Lub Oil Pressure			
NO	Beban (Kw)	Capacity (AE 2)	Pressure (Bar)
1	0	0%	4,9
2	20	25%	4,5
3	40	50%	4,3
4	60	75%	4,2
5	80	100%	4,1
6	88	110%	4

Dari tabel 4.7 menunjukkan data bahwa tekanan minyak pelumas (*lub oil pressure*) menurun secara bertahap seiring dengan peningkatan beban daya mesin dari kondisi tanpa beban hingga overload. Pada 0% beban, tekanan oli berada pada 4,9 bar, kemudian turun menjadi 4,5 bar di 25% beban, 4,3 bar di 50% beban, 4,2 bar di 75% beban, 4,1 bar pada beban penuh 100%, dan mencapai 4,0 bar saat overload 110%. Penurunan tekanan ini terjadi karena meningkatnya suhu kerja mesin membuat viskositas oli berkurang, sehingga aliran oli menjadi lebih mudah tetapi tekanannya menurun. Selain itu, bertambahnya kecepatan dan gesekan antar komponen juga memperbesar kebutuhan pelumasan. Akibatnya, jika tekanan oli

terlalu rendah, pelumasan tidak optimal dan berisiko menyebabkan gesekan berlebih, keausan dini, bahkan kerusakan serius pada komponen mesin.

Tabel 4. 8 Pengujian *Auxiliary Engine* No. 2 Terhadap *Cooling Fresh Temp*

Cooling Fresh Temperatue			
NO	Beban (Kw)	Capacity (AE 1)	Suhu (°C)
1	0	0%	53
2	20	25%	60
3	40	50%	66
4	60	75%	72
5	80	100%	78
6	88	110%	82

Dari tabel 4.8 menunjukkan data bahwa temperatur cooling fresh water (air pendingin mesin) meningkat seiring dengan bertambahnya beban daya mesin dari kondisi tanpa beban hingga overload. Pada 0% beban, suhu air pendingin tercatat 53°C, lalu naik menjadi 60°C pada 25% beban, 66°C pada 50% beban, 72°C pada 75% beban, 78°C pada 100% beban, dan mencapai 82°C saat overload 110%. Peningkatan ini terjadi karena semakin tinggi beban mesin, proses pembakaran menghasilkan panas yang lebih besar sehingga suhu komponen mesin meningkat dan otomatis menaikkan temperatur air pendingin. Akibatnya, sistem pendingin harus bekerja lebih keras untuk menjaga kestabilan suhu mesin. Jika pendinginan tidak optimal, temperatur yang terlalu tinggi dapat menyebabkan overheating, menurunkan efisiensi, bahkan berisiko merusak komponen vital mesin.

Tabel 4. 9 Pengujian *Auxiliary Engine* No.2 Terhadap *Lub Oil Temp*

Lub Oil Temperature			
NO	Beban (Kw)	Capacity (AE 1)	Suhu (°C)
1	0	0%	53
2	20	25%	57
3	40	50%	69
4	60	75%	73
5	80	100%	81

6	88	110%	87
---	----	------	----

Dari tabel 4.9 menunjukkan data bahwa temperatur minyak pelumas (lub oil temperature) meningkat seiring dengan kenaikan beban daya mesin dari kondisi tanpa beban hingga overload. Pada 0% beban, temperatur oli berada di angka 53°C, lalu naik menjadi 57°C pada 25% beban, 69°C pada 50% beban, 73°C pada 75% beban, 81°C pada 100% beban, dan mencapai 87°C saat overload 110%. Peningkatan ini disebabkan oleh bertambahnya panas akibat pembakaran yang lebih intensif serta meningkatnya gesekan antar komponen mesin saat beban bertambah, sehingga oli sebagai media pelumas dan pendingin ikut menyerap panas. Akibatnya, jika temperatur oli terlalu tinggi, viskositasnya akan menurun sehingga kemampuan pelumasan berkurang, meningkatkan risiko gesekan berlebih, keausan cepat, bahkan potensi kerusakan serius pada mesin.



Gambar 4. 6 Pengujian *Auxiliary Engine* No.2

Penjelasan pada gambar 4.6 memperlihatkan sebuah *auxiliary engine* yang terhubung dengan generator listrik, dilengkapi panel kontrol untuk memantau dan mengoperasikan sistem. Mesin ini berfungsi sebagai sumber daya listrik cadangan atau pendukung di kapal, memastikan suplai energi tetap tersedia saat dibutuhkan. Gambar kedua menampilkan nameplate atau papan identitas mesin, yang seharusnya berisi informasi teknis seperti merek, model, daya terpasang (*rated power*), tegangan, frekuensi, arus, putaran per menit (RPM), serta negara asal produksi. Data pada nameplate ini menjadi acuan penting dalam pengoperasian dan perawatan mesin agar sesuai dengan spesifikasi pabrik dan standar keselamatan.

### 4.3 Perhitungan Parameter Teknis

Perhitungan parameter teknis dilakukan untuk menentukan spesifikasi dan kinerja suatu sistem atau komponen berdasarkan data teknis, standar industri, serta kondisi operasional yang direncanakan.

#### 4.3.1 Hasil Perhitungan Parameter Teknis *Safety Device*

Berikut adalah hasil parameter teknis dari *safety device* yang digunakan pada *auxiliary engine* :

##### 1. *Lub Oil Pressure*

Berdasarkan dari sensor yang digunakan, perhitungan diatas, bahwa nilai arus masukkan adalah 2 *Ampere*, dengan nilai tegangan yaitu 24 VDC maka nilai daya listrik dapat ditentukan sebagai berikut :

$$\text{Dik : } V = 24 \text{ VDC}$$

$$I = 2 \text{ A}$$

Dit : Beban (P).....?

Jawab :

$$P = V \times I$$

$$= 24 \times 2$$

$$P = 48 \text{ Watt}$$

Maka hasil perhitungan nilai daya pada sensor *lub oil pressure* adalah 48 Watt

##### 2. *Cooling Fresh Water Temperature*

Berdasarkan dari sensor yang digunakan, perhitungan diatas, bahwa nilai arus masukkan adalah 2 *Ampere*, dengan nilai tegangan yaitu 24 VDC maka nilai daya listrik dapat ditentukan sebagai berikut :

$$\text{Dik : } V = 24 \text{ VDC}$$

$$I = 2 \text{ A}$$

Dit : Beban (P).....?

Jawab :

$$P = V \times I$$

$$= 24 \times 2$$

$$P = 48 \text{ Watt}$$

Maka hasil perhitungan nilai daya pada sensor *cooling fresh water temperature* adalah 48 Watt

### 3. *Lub Oil Temperature*

Berdasarkan dari sensor yang digunakan, perhitungan diatas, bahwa nilai arus masukkan adalah 2 Ampere, dengan nilai tegangan yaitu 24 VDC maka nilai daya listrik dapat ditentukan sebagai berikut :

$$\text{Dik : } V = 24 \text{ VDC}$$

$$I = 1 \text{ A}$$

Dit : Beban (P).....?

Jawab :

$$P = V \times I$$

$$= 24 \times 1$$

$$P = 24 \text{ Watt}$$

Maka hasil perhitungan nilai daya pada sensor *lub oil temperature* adalah 48 Watt

#### 4.3.1 Perhitungan Parameter Teknis *Auxiliary Engine*

Berikut adalah hasil parameter teknis dari *auxiliary engine* yang digunakan :

Tabel 4. 10 Hasil Perhitungan Parameter Teknis *Auxiliary Engine*

Data Parameter Auxiliary Engine						
POWER (Kw)	0	20	40	60	80	88
CURRENT (A)	0	30	61	92	123	136
VOLTAGE (V)	440	440	440	440	440	440
FREQUENCY (Hz)	60	60	60	60	60	60
POWER FACTOR (cos φ)	0	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85

Berdasarkan pada tabel data 4.10 parameter *auxiliary engine* menunjukkan bahwa tegangan keluaran pada ketiga fasa (R-S-T) stabil di angka 440 V dan frekuensi tetap pada 60 Hz selama pengoperasian. Nilai *power factor* awal berada di 0 saat beban nol, kemudian meningkat menjadi 0,85 ketika beban diberikan dan bertahan konstan. Arus pada masing-masing fasa meningkat seiring kenaikan daya, mulai dari 0 A pada kondisi tanpa beban hingga mencapai 136 A pada daya maksimum 88 kW. Peningkatan daya (*power output*) terlihat proporsional terhadap kenaikan arus, dimulai dari 20 kW pada arus 30 A hingga 88 kW pada arus 136 A, yang menunjukkan kinerja mesin dan generator berjalan normal sesuai karakteristik beban. Berdasarkan perhitungan pada tabel 4.6, maka nilai daya semu dan daya reaktif dapat ditentukan sebagai berikut :

a) Daya Semu & Daya Reaktif dengan beban 20 Kw

- Daya Semu

Dik :  $P_{input} = 20 \text{ Kw}$

$$\text{Cos } \phi = 0,85$$

Dit : Daya Semu (S)...?

Jawab :

$$S = \frac{P_{in}}{\text{Cos } \phi}$$

$$= \frac{20}{0,85}$$

$$S = 23, 53 \text{ kVA}$$

Maka hasil perhitungan nilai daya semu adalah 23, 53 kVA

- Daya Reaktif

Dik :  $P_{input} = 20 \text{ Kw}$

$$\text{Daya Semu} = 23, 53 \text{ kVA}$$

Dit : Daya Reaktif (Q)...?

Jawab :

$$\begin{aligned}
 Q &= \sqrt{S^2 - P^2} \\
 &= \sqrt{23,53^2 - 20^2} \\
 &= \sqrt{153,54}
 \end{aligned}$$

$$Q = 12,39 \text{ kVAR}$$

Maka hasil perhitungan nilai daya reaktif adalah 12,39 kVAR

b) Daya Semu & Daya Reaktif dengan beban 40 Kw

- Daya Semu

$$\text{Dik : } P_{\text{input}} = 40 \text{ Kw}$$

$$\text{Cos } \phi = 0,85$$

Dit : Daya Semu (S)...?

Jawab :

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{P_{\text{in}}}{\text{Cos } \phi} \\
 &= \frac{40}{0,85}
 \end{aligned}$$

$$S = 47,06 \text{ kVA}$$

Maka hasil perhitungan nilai daya semu adalah 47,06 kVA

- Daya Reaktif

$$\text{Dik : } P_{\text{input}} = 40 \text{ Kw}$$

$$\text{Daya Semu} = 47,06 \text{ kVA}$$

Dit : Daya Reaktif (Q)...?

Jawab :

$$\begin{aligned}
 Q &= \sqrt{S^2 - P^2} \\
 &= \sqrt{47,06^2 - 40^2}
 \end{aligned}$$

$$= \sqrt{614,65}$$

$$Q = 24,78 \text{ kVAR}$$

Maka hasil perhitungan nilai daya reaktif adalah 24,78 kVAR

c) Daya Semu & Daya Reaktif dengan beban 60 Kw

- Daya Semu

$$\text{Dik : } P_{\text{input}} = 60 \text{ Kw}$$

$$\text{Cos } \phi = 0,85$$

Dit : Daya Semu (S)...?

Jawab :

$$S = \frac{P_{\text{in}}}{\text{Cos } \phi}$$

$$= \frac{60}{0,85}$$

$$S = 70,59 \text{ kVA}$$

Maka hasil perhitungan nilai daya semu adalah 70,59 kVA

- Daya Reaktif

$$\text{Dik : } P_{\text{input}} = 60 \text{ Kw}$$

$$\text{Daya Semu} = 70,59 \text{ kVA}$$

Dit : Daya Reaktif (Q)...?

Jawab :

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2}$$

$$= \sqrt{70,59^2 - 60^2}$$

$$= \sqrt{1383,54}$$

$$Q = 37,19 \text{ kVAR}$$

Maka hasil perhitungan nilai daya reaktif adalah 37,19 kVAR

d) Daya Semu & Daya Reaktif dengan beban 80 Kw

- Daya Semu

Dik :  $P_{input} = 80 \text{ Kw}$

$\text{Cos } \phi = 0,85$

Dit : Daya Semu (S)...?

Jawab :

$$S = \frac{P_{in}}{\text{Cos } \phi}$$

$$= \frac{80}{0,85}$$

$S = 94,12 \text{ kVA}$

Maka hasil perhitungan nilai daya semu adalah 94,12 kVA

- Daya Reaktif

Dik :  $P_{input} = 80 \text{ Kw}$

Daya Semu = 94,12 kVA

Dit : Daya Reaktif (Q)...?

Jawab :

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2}$$

$$= \sqrt{94,12^2 - 80^2}$$

$$= \sqrt{2458,7}$$

$Q = 49,58 \text{ kVAR}$

Maka hasil perhitungan nilai daya reaktif adalah 49,58 kVAR

e) Daya Semu & Daya Reaktif dengan beban 88 Kw

- Daya Semu

Dik :  $P_{\text{input}} = 88 \text{ Kw}$

$\text{Cos } \phi = 0,85$

Dit : Daya Semu (S)...?

Jawab :

$$S = \frac{P_{\text{in}}}{\text{Cos } \phi}$$

$$= \frac{88}{0,85}$$

$S = 103,53 \text{ kVA}$

Maka hasil perhitungan nilai daya semu adalah 103,53 kVA

- Daya Reaktif

Dik :  $P_{\text{input}} = 88 \text{ Kw}$

Daya Semu = 103,53 kVA

Dit : Daya Reaktif (Q)...?

Jawab :

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2}$$

$$= \sqrt{103,53^2 - 88^2}$$

$$= \sqrt{2973,47}$$

$Q = 54,53 \text{ kVAR}$

Maka hasil perhitungan nilai daya reaktif adalah 54,53 kVAR

Tabel 4. 11 Perhitungan Parameter Teknis *Auxiliary Engine*

Description	25 % (20 Kw)	50 % (40 Kw)	75 % (60 Kw)	100 % (80 Kw)	110 % (88 Kw)
Daya Semu	23, 53 kVA	47, 06 kVA	70, 59 kVA	94, 12 kVA	103, 53 kVA
Daya Reaktif	12,39 kVAR	24,78 kVAR	37,19 kVAR	49,58 kVAR	54,53 kVAR

Dari tabel 4.11 menunjukkan data hubungan antara beban generator dengan daya semu (kVA) dan daya reaktif (kVAR) pada berbagai tingkat pembebanan, yaitu 25%, 50%, 75%, 100%, dan 110% dari kapasitas maksimum. Seiring dengan meningkatnya daya aktif (kW), terlihat bahwa daya semu naik secara proporsional, mulai dari 23,53 kVA pada beban 25% hingga mencapai 103,53 kVA pada beban 110%. Hal yang sama juga terjadi pada daya reaktif, di mana nilainya meningkat dari 12,39 kVAR pada beban 25% hingga 54,53 kVAR pada beban 110%. Kondisi ini menunjukkan bahwa semakin besar beban yang diberikan pada generator, semakin besar pula kebutuhan daya total (apparent power) dan komponen daya reaktif yang harus ditangani, sehingga berpengaruh terhadap faktor daya (power factor) dan efisiensi sistem kelistrikan.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari semua pembahasan yang telah penulis lakukan mengenai “Analisis Pengaruh Beban Pada *Auxiliary Engine* Terhadap *Safety Device* Dengan Menggunakan Media *Load Bank*”, maka sebagai bagian akhir dari laporan tugas akhir ini penulis memberikan beberapa simpulan yang diambil dari hasil penelitian dan pembahasan masalah sebagai berikut :

- a. Selama periode pengamatan 60 menit dalam kondisi tanpa beban (0 kW), tekanan oli pelumas pada *auxiliary engine* (AE) No. 1 dan AE No. 2 mengalami penurunan bertahap. Tekanan pada AE No. 1 turun dari 5.3 bar menjadi 5.1 bar, sementara pada AE No. 2 turun dari 4.9 bar menjadi 4.7 bar. Penurunan ini menunjukkan adanya kecenderungan penurunan tekanan meskipun mesin tidak dibebani, yang dapat mengindikasikan efek dari suhu kerja, degradasi oli, atau keausan sistem pelumasan.
- b. Selama pengamatan selama 60 menit dalam kondisi tanpa beban (0 kW), suhu pada *cooling fresh water Auxiliary Engine* (AE) No. 1 dan AE No. 2 mengalami peningkatan secara bertahap. Suhu AE No. 1 naik dari 34°C menjadi 54°C, sementara suhu AE No. 2 meningkat dari 33°C menjadi 53°C. Kenaikan suhu ini menunjukkan bahwa meskipun mesin tidak dibebani, proses pemanasan tetap terjadi akibat gesekan internal dan sirkulasi pelumas.
- c. Selama 60 menit pengamatan dalam kondisi tanpa beban (0 kW), suhu pada *lub oil Auxiliary Engine* (AE) No. 1 dan AE No. 2 meningkat secara bertahap. Suhu AE No. 1 naik dari 30°C menjadi 50°C, sedangkan AE No. 2 naik dari 33°C menjadi 53°C. Kenaikan suhu ini menunjukkan bahwa proses pemanasan tetap terjadi meskipun mesin tidak menerima beban, yang kemungkinan disebabkan oleh aktivitas sistem pelumasan, gesekan komponen internal, dan sirkulasi pendingin yang belum stabil sepenuhnya. Perbedaan suhu antar kedua mesin juga menunjukkan adanya variasi karakteristik atau kondisi masing-masing mesin. Pemantauan lebih lanjut

diperlukan untuk memastikan suhu tetap dalam batas aman dan efisiensi sistem pendinginan tetap optimal.

- d. Hasil pengujian AE No.1 tekanan oli pelumas (*Lub Oil Pressure*) mengalami penurunan bertahap dari 5,1 bar pada beban 0% menjadi 4,1 bar pada beban 110%. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi beban, semakin besar kerja sistem pelumasan, sehingga tekanan cenderung menurun akibat peningkatan suhu dan viskositas oli yang menurun. Suhu Air Pendingin (*Cooling Fresh Water Temperature*) meningkat dari 54°C menjadi 83°C, menandakan peningkatan panas yang dihasilkan oleh mesin saat bekerja dengan beban lebih tinggi. Sistem pendingin bekerja lebih keras untuk menjaga suhu mesin tetap dalam batas aman. Suhu Oli Pelumas (*Lub Oil Temperature*) juga meningkat signifikan dari 50°C pada beban 0% menjadi 86°C pada beban 110%, selaras dengan peningkatan gesekan dan panas dalam sistem.
- e. Hasil pengujian AE No. 2 tekanan oli pelumas (*Lub Oil Pressure*) menunjukkan penurunan bertahap dari 4,9 bar menjadi 4,0 bar. Penurunan ini umum terjadi karena peningkatan suhu kerja mengurangi viskositas oli, sehingga tekanan dalam sistem pelumasan menurun. Suhu Air Pendingin (*Cooling Fresh Water Temperature*) meningkat dari 53°C pada beban 0% menjadi 82°C pada beban 110%, menunjukkan bahwa semakin tinggi beban, semakin besar panas yang harus diserap oleh sistem pendingin. Suhu Oli Pelumas (*Lub Oil Temperature*) juga meningkat dari 53°C menjadi 87°C, sejalan dengan kenaikan beban dan meningkatnya gesekan serta panas dari komponen mesin.

## 5.2 Saran

Berdasarkan dari uraian pada pembahasan mengenai “Analisis Pengaruh Beban Pada *Auxiliary Engine* Terhadap *Safety Device* Dengan Menggunakan Media *Load Bank*”, maka peneliti akan memberikan saran-saran yang muncul berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan selama berada di lingkungan kerja, dengan saran-saran sebagai berikut :

- a. Dari pihak operator kapal khususnya bas 3 harus selektif dalam merawat dan mengoperasikan *auxiliary engine* sesuai dengan SOP yang telah

ditentukan, dan pastinya berdasarkan manual *book* sesuai dengan *engine* tersebut.

- b. Pengaturan *safety device* yang di setting, sesuai dengan manual *book* dan monitoring yang dilakukan berkala pada *auxiliary engine* di kapal khususnya saat digunakan.
- c. Perlu diadakannya penelitian lanjutan tentang pengembangan sistem *safety device* dengan model yang lain sebagai tambahan sarana pembelajaran dan sistem pembaharuan pada *auxiliary engine*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alimin Nurdin, A. A. R. A. R. (2018). PERANAN AUTOMATIC VOLTAGE REGULATOR SEBAGAI PENGENDALI TEGANGAN GENERATOR SINKRON. *JURNAL AMPERE, Volume 3 N*.
- Amanulloh, M. I., Anderson, M. S., & ... (2019). Kinerja Safety Device Pada Engine Caterpillar 3066. *Seminar Nasional ...*, 1279–1283. <http://prosiding-old.pnj.ac.id/index.php/sntm/article/view/2205%0Ahttp://prosiding-old.pnj.ac.id/index.php/sntm/article/download/2205/1260>
- Amir, M., & Somantri, A. M. (2018). ANALISIS PERBAIKAN FAKTOR DAYA UNTUK MEMENUHI PENAMBAHAN BEBAN 300 kVA TANPA PENAMBAHAN DAYA PLN. *Sinusoida*, 19(1), 33–44. <https://doi.org/10.37277/s.v19i1.153>
- Farhan, M. (2021). Pengaruh Pembebanan Terhadap Arus Eksitasi Generator Unit 2 Pltmh Curug. *Jurnal Simetrik*, 398–403. <https://doi.org/https://doi.org/10.31959/js.v11i1.653>
- Ferdiansah, B., Margiantono, A., & Ahmad, F. (2023). Analisis Pengaruh Kapasitor Bank Terhadap Nilai Faktor Daya Dan Nilai Jatuh Tegangan. *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*, 5(2), 234–241. <https://doi.org/10.37905/jjee.v5i2.20893>
- Harahap Muchsin dkk. (2021). Pengaruh Perubahan Variasi Eksitasi Tegangan Terhadap Daya Reaktif Pada Generator. *Universitas Prima Indonesia*, 3(2), 71–76.
- Hasiah, H., Adnan, A., Musa, L., & Nurdin, A. (2020). Analisis Kinerja Diesel Generator Listrik Dikapal Mt.Fortune Glory Xli. *Jurnal Venus*, 7(14), 113–132. <https://doi.org/10.48192/vns.v7i14.260>
- Hendrawan, A., Hasbi, M., & Rahman, N. (2022). Simulasi Safety Device Overheat Generator Set Engine Berbasis Arduino Jurusan Teknik Mesin Prodi Alat Berat , Politeknik Negeri Banjarmasin. *Jurnal ITEKNA*, 22(1), 18–24.

- Khamdilah, A., & Kundori, K. (2020). Analisis Manajemen Perawatan Actuator Sebagai Safety Device Dalam Memproteksi Terjadinya Overspeed Pada Mesin Penggerak Utama Kapal. *Dinamika Bahari*, 1(2), 90–97. <https://doi.org/10.46484/db.v1i2.211>
- Kuang, X., Yang, X., Bian, H., Kuang, R., Hu, N., & Li, S. (2024). Performance evaluation of nano-graphene lubricating oil with high dispersion and low viscosity used in diesel engines. *PLoS ONE*, 19(8 August), 1–21. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0307394>
- Micheau, P., Oddo, R., & Lecours, G. (2006). Engine speed limiter for watercrafts. *IEEE Transactions on Control Systems Technology*, 14(3), 579–585. <https://doi.org/10.1109/TCST.2006.872508>
- MIRZA, D. A. (2019). *PENGEMBANGAN GENERATOR LISTRIK SEDERHANA SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN FISIKA PADA MATERI INDUKSI ELEKTROMAGNETIK*. 1–23.
- Nurjabar, B., & Abdi Bangsa, I. (2023). Analisis Metode Pemeliharaan Diesel Generator Menggunakan Beban Tiruan Pada Sistem Backup Tenaga Listrik. *Aisyah Journal Of Informatics and Electrical Engineering (A.J.I.E.E)*, 5(1), 21–29. <https://doi.org/10.30604/jti.v5i1.137>
- Panjaitan, S. N. H. dan M. (2018). *PEMBELAJARAN FISIKA DASAR DAN ELEKTRONIKA DASAR (ARUS, HAMBATAN DAN TEGANGAN LISTRIK) MENGGUNAKAN APLIKASI MATLAB METODE SIMULINK*. *STMIK Budi Darma*, 4(3).
- Pasaribu, F. I., Roza, I., & Efendi, Y. (2019). Memanfaatkan panas exhaust sepeda motor sebagai sumber energi listrik memakai thermoelectric. *Journal of Electrical and System Control Engineering*, 3(1), 13–29. <http://ojs.uma.ac.id/index.php/jesce>
- Priyaningsih, N., & Yuniarti, N. (2017). ANALISIS EFISIENSI GENERATOR PADA WIND TURBINE. *Marine Technology Society Journal*, 14(5), 12–19.

- Puspitaputri, G. Y., Priyananda, C. W., & Syahbana, D. F. (2021). Automatic Voltage Regulator (AVR) Generator dengan Mikrokontroler Menggunakan Metode Hill Climbing. *Jurnal Teknik ITS*, 10(2), 171–176. <https://doi.org/10.12962/j23373539.v10i2.67421>
- Ricesno, M., & Nandika, R. (2020). Perhitungan Dan Pengujian Beban Pada Generator Di Kapal Tugboat Hangtuh V. *Sigma Teknika*, 3(1), 10–21. <https://doi.org/10.33373/sigma.v3i1.2443>
- Rosi, M., & Bjekić, M. (2023). *Load bank system modification for appropriatediesel generator testing by programmable resistive load*. 7(1), 1–8. <https://doi.org/10.7251/IJEEC2301001R>
- Saputra, R. D. (2024). Peningkatan Akurasi Penggunaan Daya Aktif Kepada Pelanggan Potensial Pln Ulp Batu Melalui Pengukuran Tidak Langsung. *Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan*, 12(1). <https://doi.org/10.23960/jitet.v12i1.3758>
- Simanungkalit, P. (2024). *ANALISA UNJUK KERJA DAN KONSUMSI BAHAN BAKAR GENSET BP 50 HZ 1000 KVA TERHADAP BEBAN BERVARIASI*. 18(1).
- Stanivuk, T., Lalić, B., Mikuličić, J. Ž., & Šundov, M. (2021). Simulation modelling of marine diesel engine cooling system. *Transactions on Maritime Science*, 10(1), 112–125. <https://doi.org/10.7225/toms.v10.n01.008>
- Stepien, Z., Urzedowska, W., & Czerwinski, J. (2014). *Research on Engine Lube Oil Deterioration and Emissions of Diesel Engines with BioFuels (RME)*. 4(1A), 32–49. <https://doi.org/10.5923/s.ep.201401.03>
- Supriyatna, D. (2023). Analysis of Power Efficiency Produced by AC and DC Generators: A Literature Review. *MOTIVECTON: Journal of Mechanical, Electrical and Industrial Engineering*, 5(2), 261–268. <https://doi.org/10.46574/motivection.v5i2.211>
- Tanjung, Y. P., Sentinuwo, S., & Jacobus, A. (n.d.). *Penentuan Daya Listrik Rumah Tangga Menggunakan Metode Decision Tree*.

Tri, D., & Yanto, P. (2019). *Praktikalitas Media Pembelajaran Interaktif Pada Proses Pembelajaran Rangkaian Listrik*. 19(1), 75–82.  
<https://doi.org/10.24036/invotek.v19vi1.409>

Yuswidjajanto, Y. (2021). *Mengenal Tahapan dan Prinsip Kerja Mesin Diesel*.

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



### Data Pribadi

Nama : Ahmad Zainuddin Ginting  
Tempat/Tanggal Lahir : P.brandan, 20 Maret 2000  
Jenis kelamin : Laki-Laki  
Umur : 25 Tahun  
Agama : Islam  
Status : Belum Menikah  
Tinggi Badan / Berat Badan : 170cm/60 kg  
Kewarganegaraan : Indonesia  
Alamat : Dusun V Desa Kota datar, Kec hamparan perak,  
No Hp : 0821-6217-5900  
Email : [ahmadzainuddin242@gmail.com](mailto:ahmadzainuddin242@gmail.com)

### Data Orang Tua

Nama Ayah : Awaluddin  
Agama : Islam  
Kewarganegaraan : Indonesia  
Nama Ibu : Jaiyah  
Agama : Islam  
Kewarganegaraan : Indonesia  
Alamat : Dusun V Desa Kota datar, Kec hamparan perak,

### Latar Belakang Pendidikan

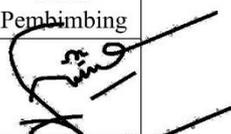
SDN 105276 : Tahun 2006 - 2012  
Mts YPI AR-Rahman : Tahun 2012 - 2015  
MAS Ulumul Qur'an : Tahun 2015 - 2018  
Mahasiswa Prodi Teknik : Tahun 2021 - 2025  
Elektro Fakultas Teknik  
Universitas Muhammdiyah  
Sumatera Utara



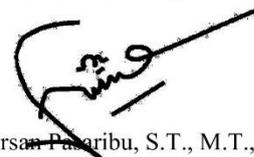
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA (UMSU)  
FAKULTAS TEKNIK – TEKNIK ELEKTRO

BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR (SKRIPSI)

Nama : Ahmad Zainuddin Ginting  
NPM : 2107220018  
Fakultas/Jurusan : Teknik / Teknik Elektro  
Judul Tugas Akhir : “Analisis Pengaruh Beban Pada *Auxiliary Engine* Terhadap *Safety Device* Dengan Menggunakan Media *Load Bank*”

No	Tanggal	Catatan Asistensi	Paraf Pembimbing
1	03/02/2025	Revisi BAB 1 Pendahuluan (Latar belakang penelitian sebelumnya)	
2	11/02/2025	Revisi ruang lingkup penelitian.	
3	19/02/2025	Revisi BAB 2 Tinjauan Pustaka (masukan jenis-jenis safety device)	
4	28/02/2025	Tambahkan sitasi jurnal mengenai safety device	
5	12/03/2025	Perbaiki Flowchart Penelitian	
6	20/03/2025	ACC Sempro	

Mengetahui  
Dosen Pembimbing



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



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA (UMSU)  
FAKULTAS TEKNIK – TEKNIK ELEKTRO

BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR (SKRIPSI)

Nama : Ahmad Zainuddin Ginting  
NPM : 2107220018  
Fakultas/Jurusan : Teknik / Teknik Elektro  
Judul Tugas Akhir : “Analisis Pengaruh Beban Pada *Auxiliary Engine* Terhadap *Safety Device* Dengan Menggunakan Media *Load Bank*”

No	Tanggal	Catatan Asistensi	Paraf Pembimbing
1	13/06/2025	Revisi abstrak (masukan Latar belakang, tujuan penelitian, metode, dan hasil kesimpulan)	
2	20/06/2025	Revisi tulisan dengan ukuran spasi 1,5	
3	04/07/2025	Revisi BAB 4 (masukan foto pengujian dan gambar wiring diagram)	
4	14/07/2025	Masukan penjelasan minimal 1 paragraf pada gambar, tabel dan grafik di BAB 4	
5	25/07/2025	Revisi BAB 5 (urutkan kesimpulan sesuai tujuan penelitian)	
6	11/08/2025	ACC Semhas	

Mengetahui  
Dosen Pembimbing



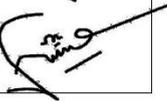
Faisal Irsan Pasaribu, S.T., M.T.,



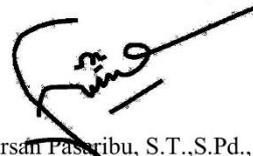
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA (UMSU)  
FAKULTAS TEKNIK – TEKNIK ELEKTRO

BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR (SKRIPSI)

Nama : Ahmad Zainuddin Ginting  
NPM : 2107220018  
Fakultas/Jurusan : Teknik / Teknik Elektro  
Judul Tugas Akhir : “Analisis Pengaruh Beban Pada *Safety Device auxiliary engine*  
Dengan Menggunakan Media *Load Bank*”

No	Tanggal	Catatan Asistensi	Paraf Pembimbing
1	25/08/2025	Revisi Kata Pengantar, BAB 4 (masukan Satuan pada table dan dinarasikan)	
2	03/09/2025	ACC Sidang	

Mengetahui  
Dosen Pembimbing



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

## Analisis Pengaruh Beban Pada *Safety Device Auxiliary Engine* Dengan Menggunakan Media *Load Bank*

Ahmad Zainuddin Ginting<sup>1</sup>, Faisal Irsan Pasaribu<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

Jl. Kapten Muchtar Basri, No. 03 Medan Telp. (061) 6622400 ex. 12 Kode pos 20238

e-mail: ahmadzainuddin242@gmail.com<sup>1</sup>, faisalirsan@umsu.ac.id<sup>2</sup>

**Abstrak**— *Auxiliary engine* merupakan mesin bantu yang berfungsi menyediakan tenaga listrik dan mekanis untuk mendukung operasi kapal, terutama pada kapal tanker yang membutuhkan keandalan sistem kelistrikan. Energi mekanik dari mesin diesel atau penggerak lainnya diubah menjadi energi listrik melalui alternator, yang kemudian didistribusikan melalui Main Switch Board (MSB). Keandalan *auxiliary engine* dijaga oleh *safety device* yang memantau parameter penting seperti tekanan oli, suhu air pendingin, dan temperatur oli pelumas untuk mencegah kerusakan akibat kondisi abnormal. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi *safety device* pada *auxiliary engine*, menganalisis pengaruh perubahan beban menggunakan *load bank* terhadap parameter keselamatan mesin, serta mengevaluasi hubungan konsumsi daya dengan kinerja sistem proteksi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa MSB dengan konfigurasi  $2 \times 2250$  PS ASD Tug dilengkapi rangkaian pengendali dan proteksi yang mengatur suplai daya dari generator ke sistem distribusi kapal secara aman melalui kontaktor, relai proteksi, dan interlock. Selama pengujian 60 menit tanpa beban, tekanan oli pelumas cenderung menurun 5.1 bar untuk AE No. 1 dan 4.7 bar untuk AE No.2, sementara suhu air pendingin  $54^{\circ}\text{C}$  untuk AE No. 1 dan  $53^{\circ}\text{C}$  untuk AE No.2 dan suhu oli  $50^{\circ}\text{C}$  untuk AE No. 1 dan  $53^{\circ}\text{C}$  untuk AE No.2 meningkat meskipun mesin tidak menerima beban. Pada pengujian berbeban, hasil menunjukkan bahwa peningkatan beban menurunkan tekanan oli pelumas 4,1 bar pada beban 110% dan meningkatkan suhu pendingin menjadi  $83^{\circ}\text{C}$  serta suhu oli pelumas menjadi  $86^{\circ}\text{C}$  pada beban 110% secara signifikan. Hal ini menggambarkan bahwa semakin besar beban, semakin tinggi kerja sistem pendinginan dan pelumasan. Kesimpulannya, *auxiliary engine* bekerja stabil dengan tren penurunan tekanan oli serta peningkatan suhu pendingin dan oli sesuai beban, sehingga pemantauan berkala terhadap *safety device* sangat penting untuk menjaga keselamatan dan efisiensi operasional mesin.

**Kata kunci** : Mesin bantu, Perangkat Keselamatan, Load Bank, Kapal Tanker

**Abstract**— *An auxiliary engine is a machine that serves to provide electrical and mechanical power to support ship operations, especially on tankers that require a reliable electrical system. Mechanical energy from a diesel engine or other propulsion is converted into electrical energy through an alternator, which is then distributed through the Main Switch Board (MSB). The reliability of the auxiliary engine is maintained by safety devices that monitor important parameters such as oil pressure, cooling water temperature, and lubricating oil temperature to prevent damage due to abnormal conditions. This study aims to identify safety devices on the auxiliary engine, analyze the effect of load changes using a load bank on engine safety parameters, and evaluate the relationship between power consumption and protection system performance. The results show that the MSB with a  $2 \times 2250$  PS ASD Tug configuration is equipped with a control and protection circuit that regulates the power supply from the generator to the ship's distribution system safely through contactors, protection relays, and interlocks. During the 60-minute no-load test, the lubricating oil pressure tended to decrease by 5.1 bar for AE No. 1 and 4.7 bar for AE No. 2, while the cooling water temperature was  $54^{\circ}\text{C}$  for AE No. 3. 1 and  $53^{\circ}\text{C}$  for AE No. 2 and oil temperature  $50^{\circ}\text{C}$  for AE No. 1 and  $53^{\circ}\text{C}$  for AE No. 2 increased even though the engine was not receiving load. In the load test, the results showed that increasing the load reduced the lubricating oil pressure by 4.1 bar at 110% load and increased the coolant temperature to  $83^{\circ}\text{C}$  and the lubricating oil temperature to  $86^{\circ}\text{C}$  at 110% load significantly. This illustrates that the greater the load, the higher the work of the*

*cooling and lubrication system. In conclusion, the auxiliary engine works stably with a decreasing trend in oil pressure and increasing coolant and oil temperatures according to load, so regular monitoring of safety devices is very important to maintain the safety and operational efficiency of the machine.*

**Keywords :** Auxiliary engine, Safety Device, Load Bank, Tanker

### Pendahuluan

*Auxiliary engine* adalah mesin bantu yang digunakan di kapal untuk menyediakan tenaga bagi sistem dan peralatan yang tidak berhubungan langsung dengan sistem propulsi utama. Pada kapal *tanker*, *auxiliary engine* memiliki peran penting dalam mendukung berbagai operasi kapal, terutama dalam menyediakan daya listrik dan tenaga mekanis untuk berbagai peralatan. *Auxiliary engine* menghasilkan gaya listrik (GGL) dari hasil kerja konduktor serta medan magnet yang menghasilkan perubahan energi mekanik menjadi energi listrik. Energi mekanik berupa putaran yang dihasilkan oleh penggerak mula (*primer over*) yang dapat berupa turbin, mesin *diesel*, baling baling dan lain-lain. Energi listrik berupa alternator listrik arus bolak-balik yang menghasilkan tegangan dan arus bolak-balik (*alternating current, AC*) yang bekerja dengan mengubah energi mekanik menjadi energi listrik dengan adanya induksi medan magnet [1].

Sistem *safety device* pada *auxiliary engine* adalah perangkat keselamatan yang dirancang untuk melindungi mesin dari kerusakan akibat kondisi operasi yang tidak normal. Perangkat ini bekerja dengan memantau parameter penting seperti tekanan oli, suhu air pendingin, kecepatan mesin, dan beban. Sistem *safety device* sangat penting karena jika nilai parameter *safety device* melebihi batas aman, alarm akan berbunyi sebagai peringatan, dan jika kondisi abnormal terus berlanjut atau memburuk, sistem akan secara otomatis menghentikan mesin untuk mencegah kerusakan lebih lanjut.

*Load bank* adalah perangkat yang digunakan untuk menguji kinerja generator dengan memberikan beban listrik buatan dalam berbagai kondisi. *Load bank* digunakan untuk memastikan bahwa generator dapat menghasilkan daya sesuai spesifikasi yang ditentukan. Dengan *load bank*, generator dapat diuji dalam kondisi yang menyerupai beban operasional nyata, sehingga dapat diketahui bagaimana generator beroperasi dalam situasi sebenarnya. Penggunaan media *load bank* digunakan untuk pengujian terhadap *auxiliary engine* dengan diberikan perubahan beban secara bertahap.

Berdasarkan pada penjelasan diatas bahwa penelitian ini melakukan pengujian *auxiliary engine* terhadap *safety device* seperti *lubricating oil pressure low alarm & trip, cooling fresh water alarm & trip, over speed trip*, dan lain-lainnya, untuk meningkatkan keamanan *auxiliary engine* dengan mendeteksi masalah yang ada pada saat diberikan beban listrik.. Pengujian menggunakan media *load bank* sangat baik untuk dilakukan terlebih dahulu pada *auxiliary engine*

untuk mengetahui seberapa besar tingkat ketahanan pada *safety device*, sebelum nantinya akan digunakan untuk kapal operasional dengan beban nyata. Studi Pustaka.

### Auxiliary Engine

Dalam industri pelayaran, efisiensi dan keandalan sistem kapal sangat penting untuk menjamin kelancaran operasi. Selain mesin utama (*main engine*) yang berfungsi sebagai penggerak utama kapal, terdapat mesin tambahan yang disebut *auxiliary engine* atau mesin bantu, yang berperan dalam mendukung berbagai sistem operasional di kapal. Mesin bantu ini digunakan untuk menyediakan tenaga listrik, mengoperasikan pompa, kompresor, sistem hidrolis, serta berbagai peralatan lainnya.

Generator dalam fungsinya memasok tenaga listrik kesistim harus memiliki keandalan dan kesiapan yang baik. Dalam hal ini generator harus memiliki pengamanan untuk mencegah terjadinya segala kemungkinan gangguan yang akan terjadi, baik gangguan yang berasal dari generator itu sendiri maupun gangguan yang berasal dari bagian – bagian lain sistim listrik agar dapat mencegah kerusakan pada generator atau sistem (Hasiah et al., 2020). Generator bekerja berdasarkan prinsip kerja induksi elektromagnetik atau fluksi yang kemudian mengubah energi listrik. Azas generator yang bekerja berdasarkan Hukum Induksi Faraday : “Apabila jumlah garis gaya yang melalui kumparan diubah, maka gaya gerak listrik dinduksikan dalam kumparan itu. Besarnya gaya gerak listrik yang dinduksikan berbanding lurus dengan laju perubahan jumlah garis gaya melalui kumparan”[2].



Gambar 1 Auxiliary Engine

## Load Bank

*Load bank* adalah perangkat yang digunakan untuk memberikan beban listrik buatan pada generator atau sumber daya listrik lainnya untuk keperluan pengujian, pemeliharaan, dan verifikasi kinerja. *Load bank* dirancang untuk menyerap daya listrik dan mengubahnya menjadi bentuk energi lain, seperti panas, yang kemudian dibuang melalui sistem pendinginan. *Load bank* sangat penting dalam memastikan generator bekerja dengan optimal sebelum digunakan dalam kondisi nyata, serta untuk menghindari masalah seperti karbonisasi mesin pada generator diesel akibat beban rendah yang berkepanjangan [3].



Gambar 2 *Load Bank*

## Parameter Kelistrikan

Listrik adalah cabang ilmu fisika yang mempelajari sifat dan interaksi muatan listrik serta aplikasinya dalam sistem rangkaian. Konsep fundamental mencakup muatan listrik (dinyatakan dalam Coulomb), arus listrik (aliran muatan per satuan waktu, dalam Ampere), tegangan listrik (beda potensial antara dua titik, dalam Volt), dan hambatan listrik (penolakan terhadap aliran arus, dalam Ohm). Hukum Ohm menyatakan hubungan linier antara tegangan, arus, dan hambatan ( $V = I \times R$ ), sedangkan hukum Kirchhoff terdiri dari dua prinsip utama: Hukum Arus Kirchhoff (jumlah arus masuk dan keluar di satu titik cabang adalah nol) dan Hukum Tegangan Kirchhoff (jumlah total tegangan dalam satu loop tertutup adalah nol). Rangkaian listrik dapat dikonfigurasi dalam bentuk seri atau paralel, masing-masing dengan karakteristik total resistansi dan distribusi tegangan atau arus yang berbeda. Pemahaman dasar ini merupakan fondasi untuk analisis dan desain sistem kelistrikan dalam berbagai aplikasi teknis, mulai dari sistem daya hingga rangkaian elektronik [4].

### a. Daya Listrik

Daya Listrik merupakan jumlah energi yang diserap atau dihasilkan dalam sebuah sirkuit/rangkaian. Sumber Energi seperti

Tegangan listrik akan menghasilkan daya listrik sedangkan beban yang terhubung dengannya akan menyerap daya listrik tersebut. Dengan kata lain, Daya listrik adalah tingkat konsumsi energi dalam sebuah sirkuit atau rangkaian listrik. Kita mengambil contoh Lampu Pijar dan Heater (Pemanas), Lampu pijar menyerap daya listrik yang diterimanya dan mengubahnya menjadi cahaya sedangkan *Heater* mengubah serapan daya listrik tersebut menjadi panas. Semakin tinggi nilai Watt-nya semakin tinggi pula daya listrik yang dikonsumsinya [5]

Dalam rumus perhitungan, Daya Listrik biasanya dilambangkan dengan huruf "P" yang merupakan singkatan dari Power. Sedangkan Satuan Internasional (SI) Daya Listrik adalah Watt yang disingkat dengan W. Watt adalah sama dengan satu joule per detik ( $\text{Watt} = \text{Joule} / \text{detik}$ ). Rumus umum yang digunakan untuk menghitung daya listrik dalam sebuah Rangkaian Listrik adalah sebagai berikut :

$$P = V \times I \dots\dots\dots (1.1)$$

$$P = I^2 \times R \dots\dots\dots (1.2)$$

$$P = V^2/R \dots\dots\dots (1.3)$$

Keterangan :

P = Daya Listrik satuan Watt (W)

V = Tegangan Listrik satuan Volt (V)

I = Arus Listrik satuan Ampere (A)

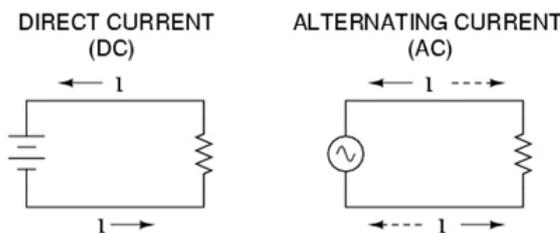
R = Hambatan satuan Ohm ( $\Omega$ )

### b. Tegangan Listrik

Tegangan Listrik merupakan jumlah energi yang dibutuhkan untuk memindahkan unit muatan listrik dari satu rangkaian ke rangkaian lainnya. Tegangan listrik yang dinyatakan dengan satuan volt ini juga sering disebut dengan beda potensial listrik karena pada dasarnya tegangan listrik adalah ukuran perbedaan potensial antara dua titik dalam rangkaian listrik. Suatu benda dikatakan memiliki potensial listrik lebih tinggi daripada benda lain karena benda tersebut memiliki jumlah muatan positif yang lebih banyak jika dibandingkan dengan jumlah muatan positif pada benda lainnya. Sedangkan yang dimaksud dengan Potensial listrik itu sendiri adalah banyaknya muatan

yang terdapat dalam suatu benda. Tegangan listrik terbentuk adanya aliran-aliran arus listrik dengan hambatan listrik.

Sebuah sumber tegangan listrik yang konstan biasanya disebut dengan tegangan DC (tegangan searah) sedangkan sumber tegangan listrik yang bervariasi secara berkala dengan waktu disebut dengan tegangan AC (tegangan bolak balik). Tegangan listrik diukur dengan satuan Volt yang dilambangkan dengan simbol huruf "V" [6]. Berikut adalah simbol tegangan DC dan simbol tegangan AC :



Gambar 3 Simbol Tegangan AC dan DC

Rumus umum yang digunakan untuk menghitung tegangan listrik dalam sebuah Rangkaian Listrik adalah sebagai berikut :

$$V = P/I.....(1.4)$$

$$V = R \times I.....(1.5)$$

$$V = \sqrt{(P \times R)}.....(1.6)$$

Keterangan :

V = Tegangan Listrik dengan satuan Volt (V)  
 = Daya Listrik dengan satuan Watt (W)

I = Arus Listrik dengan satuan Ampere (A)

R = Hambatan dengan satuan Ohm (Ω)

c. Arus Listrik

Arus listrik merupakan muatan listrik yang mengalir melalui media konduktor dalam tiap satuan waktu. Muatan listrik pada dasarnya dibawa oleh Elektron dan Proton di dalam sebuah atom. Proton memiliki muatan positif, sedangkan Elektron memiliki muatan negatif. Namun, Proton sebagian besar hanya bergerak di dalam inti atom. Jadi, tugas untuk membawa muatan dari satu tempat ke tempat lainnya ini ditangani oleh Elektron. Hal ini dikarenakan elektron dalam bahan konduktor seperti logam sebagian besar bebas bergerak dari satu atom ke atom lainnya [6].

Arus listrik terbentuk adanya aliran-aliran muatan listrik yang mengalir pada medium tertentu, pembagian arus listrik dibagi menjadi 2 bagian : arus listrik searah (Direct Current) dan arus listrik bolak-balik (*Alternating Current*). Satuan dari arus listrik adalah Amper dilambangkan dengan huruf "I" yang artinya "intensity (intensitas)". Dalam Hukum Ohm menyatakan bahwa besarnya Arus Listrik (I) yang mengalir melalui sebuah penghantar atau konduktor adalah berbanding lurus dengan beda potensial atau Tegangan (V) dan berbanding terbalik dengan hambatannya (R). Rumus umum yang digunakan untuk menghitung arus listrik dalam sebuah Rangkaian Listrik adalah sebagai berikut :

$$I = P/V.....(1.7)$$

$$I = V/R.....(1.8)$$

$$I = \sqrt{(P/R)}.....(1.9)$$

Keterangan :

I = Arus Listrik satuan Ampere (A)

V = Tegangan Listrik satuan Volt (V)

P = Daya Listrik satuan Watt (W)

R = Hambatan satuan Ohm (Ω)

**Safety Device**

RTD *Safety device* pada *engine* adalah perangkat keselamatan yang dipasang pada mesin untuk mencegah kerusakan, kecelakaan, dan potensi bahaya saat mesin beroperasi. Perangkat ini berfungsi untuk melindungi mesin, operator, dan lingkungan sekitar dari risiko seperti panas berlebih, tekanan tinggi, kebocoran, atau kegagalan mekanis. Proteksi keamanan terhadap generator (genset) ada dua macam, yaitu: pengaman alarm yang memberikan informasi warning kepada operator bahwa ada sesuatu yang tidak normal pada operasi mesin generator sehingga operator segera melakukan tindakan (perubahan operasi), dan pengaman trip yang berfungsi untuk menghindarkan mesin generator dari kemungkinan kerusakan yang fatal ketika sistem beroperasi tidak normal maka otomatis mesin akan mati (shutdown) [7].



Gambar 4 *Safety Device*

## Segitiga Daya

Segitiga daya adalah representasi grafis berbentuk segitiga siku-siku yang menggambarkan hubungan antara tiga jenis daya dalam sistem listrik arus bolak-balik (AC), yaitu daya aktif (P), daya reaktif (Q), dan daya semu (S). Daya aktif merupakan daya yang benar-benar digunakan untuk melakukan kerja, seperti menggerakkan motor atau menyalakan lampu, dan dinyatakan dalam satuan watt (W). Daya reaktif adalah daya yang dibutuhkan oleh komponen induktif atau kapasitif dalam sistem, seperti trafo dan motor listrik, untuk membentuk medan magnet atau kapasitansi, dan dinyatakan dalam volt-ampere reaktif (VAR). Sedangkan daya semu merupakan hasil kombinasi dari daya aktif dan daya reaktif secara vektor, yang mencerminkan total daya yang ditransfer dari sumber ke beban, dan dinyatakan dalam volt-ampere (VA). Dalam segitiga daya, daya aktif digambarkan sebagai alas segitiga, daya reaktif sebagai sisi tegak, dan daya semu sebagai sisi miring [8].

### a. Daya Aktif/Nyata (P)

Daya aktif merupakan daya yang dibutuhkan oleh beban resistif, dimana daya ini akan menunjukkan adanya aliran energi listrik dari pembangkit ke beban. Secara umum daya ini sering digunakan oleh konsumen dan sebagai satuan yang digunakan untuk daya listrik. Daya aktif (disebut juga daya nyata atau real power) adalah daya listrik yang benar-benar digunakan untuk melakukan kerja dalam suatu sistem listrik [9].

Dalam kehidupan sehari-hari energi listrik yang disalurkan dari PLN ke rumahrumah, maka daya yang tertulis pada kWh meter merupakan daya aktif dan itu merupakan daya yang akan dibayarkan oleh pelanggan. Rumus umum yang digunakan untuk menghitung daya aktif dalam sebuah Rangkaian Listrik adalah sebagai berikut :

$$P = V \times I \times \cos \phi \text{ (satu phase)} \dots \dots \dots (1.10)$$

$$P = V \times I \times \cos \phi \sqrt{3} \text{ (tiga phase)} \dots \dots (1.11)$$

Keterangan :

P = Daya Listrik satuan Watt (W)

V = Tegangan Listrik satuan Volt (V)

I = Arus Listrik satuan Ampere (A)

$\cos \phi$  = Faktor Daya

### b. Daya Semu (S)

Daya semu adalah total daya yang disuplai oleh sumber listrik dalam sistem arus bolak-balik (AC), yang merupakan kombinasi vektor dari daya aktif dan daya reaktif. Daya ini tidak menunjukkan jumlah energi yang

sepenuhnya digunakan untuk kerja nyata, tetapi mencerminkan keseluruhan beban yang harus ditanggung oleh sistem kelistrikan. Daya semu dilambangkan dengan huruf S dan diukur dalam satuan volt-ampere (VA). Hubungan matematis daya semu dengan daya aktif (P) dan daya reaktif (Q) mengikuti hukum Pythagoras [10].

Dalam segitiga daya, daya semu digambarkan sebagai sisi miring yang menghubungkan daya aktif di alas dan daya reaktif di sisi tegak, sehingga menunjukkan bahwa meskipun daya reaktif tidak menghasilkan kerja nyata, ia tetap memengaruhi total daya yang diperlukan dari sumber listrik. Daya semu sangat penting dalam perencanaan kapasitas instalasi listrik karena semua peralatan seperti transformator dan generator harus mampu menangani nilai daya semu, bukan hanya daya aktif. Rumus umum yang digunakan untuk menghitung daya semu dalam sebuah Rangkaian Listrik adalah sebagai berikut :

$$S = V \times I \text{ (satu phase)} \dots \dots \dots (1.12)$$

$$S = V \times I \times \sqrt{3} \text{ (tiga phase)} \dots \dots \dots (1.13)$$

Keterangan :

S = Daya Semu satuan Volt Ampere

V = Tegangan Listrik satuan Volt (V)

I = Arus Listrik satuan Ampere (A)

### c. Daya Reaktif

Daya reaktif adalah komponen daya dalam sistem arus bolak-balik (AC) yang tidak digunakan untuk melakukan kerja nyata, tetapi sangat penting untuk mempertahankan medan magnet atau kapasitansi dalam peralatan listrik seperti motor induksi, transformator, dan kapasitor. Daya ini dilambangkan dengan huruf Q dan diukur dalam satuan volt-ampere reaktif (VAR). Meskipun daya reaktif tidak menghasilkan energi yang digunakan secara langsung, ia tetap diperlukan agar peralatan yang bersifat induktif atau kapasitif dapat berfungsi dengan baik [11].

Daya reaktif merupakan daya yang tidak dimanfaatkan oleh konsumen, dimanfaatkan oleh konsumen, namun hanya dapat dimanfaatkan khususnya pada pembangkitan dan pabrik/industri karena terdapat beban tertentu seperti motor listrik, yang memerlukan bentuk lain dari daya, yaitu daya reaktif (VAR) untuk membuat medan magnet atau dengan kata lain daya reaktif adalah daya yang terpakai sebagai energi

pembangkitan flux magnetik sehingga timbul magnetisasi dan daya ini dikembalikan ke sistem karena efek induksi elektromagnetik itu sendiri, sehingga daya ini sebenarnya merupakan beban (kebutuhan). Rumus umum yang digunakan untuk menghitung daya reaktif dalam sebuah Rangkaian Listrik adalah sebagai berikut :

$$Q = V \times I \times \sin \phi \text{ (satu phase)} \dots \dots (1.14)$$

$$Q = V \times I \times \sin \phi \sqrt{3} \text{ (tiga phase)} \dots \dots (1.15)$$

Keterangan :

Q = Daya Reaktif satuan Volt Ampere Reaktif (VAR)

V = Tegangan Listrik satuan Volt (V)

I = Arus Listrik satuan Ampere (A)

Sin  $\phi$  = Faktor Daya

### Metode

Penelitian ini dilaksanakan di Jln, Bagan Deli Lama, Medan, Belawan I, Medan Kota Belawan, Kota Medan, Sumatera Utara 20411. Yang dimana penelitian dilakukan pada salah satu generator milik PT. Waruna *Shipyards* Indonesia.

### Langkah Penelitian

Tahapan yang dilakukan dalam penelitian Analisis *Safety Device* pada *Auxiliary Engine* adalah sebagai berikut, yaitu :

- a. Persiapan
 

Memastikan semua personel yang terlibat memahami prosedur pengujian dan menggunakan alat pelindung diri (APD) yang sesuai. Periksa kondisi umum *auxiliary engine*, termasuk sistem pelumasan, pendinginan, dan bahan bakar. Memastikan *safety device* seperti alarm temperatur, tekanan oli, dan sistem trip dalam kondisi baik dan berfungsi normal
- b. Pelaksanaan Pengujian Beban
  - Menyalakan *Auxiliary Engine*

Hidupkan *auxiliary engine* sesuai dengan prosedur *start-up* standar. Biarkan mesin berjalan dalam kondisi idle untuk memastikan semua parameter stabil.
  - Meningkatkan Beban Secara Bertahap
 

Tambahkan beban secara bertahap sesuai dengan kapasitas yang telah ditentukan. Pantau parameter operasi seperti tekanan oli, suhu air pendingin, dan tegangan listrik
- c. Menguji Fungsi *Safety Device*

Simulasikan kondisi ekstrem dengan meningkatkan beban hingga batas aman.

Periksa apakah alarm berbunyi saat tekanan oli turun atau suhu meningkat di luar batas normal.

#### d. Evaluasi Penyelesaian

Kembalikan beban ke kondisi normal secara bertahap sebelum menghentikan mesin. Matikan *auxiliary engine* sesuai dengan prosedur *shutdown* yang benar. Mencatat hasil pengujian, termasuk respon *safety device* dan kondisi operasional mesin.

### Alat Perancangan

Dalam analisa penelitian ini penulis menggunakan beberapa alat yang digunakan untuk memperlancar proses analisa. Adapun alat yang digunakan sebagai berikut :

- a. Unit *auxiliary engine* Cummins 6BTA5.9 - GM100 sebagai media yang akan dilakukan pengujian.
- b. 1 unit load bank Isuzu Diesel 500 KVA sebagai pengujian beban terhadap *auxiliary engine*. Thermo gun berfungsi untuk mengukur secara actual temperatur pada *auxiliary engine*.

### Bahan Pengujian

Adapun bahan pengujian yang digunakan dalam analisa penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Persiapan
  - Memastikan semua personel yang terlibat memahami prosedur pengujian dan menggunakan alat pelindung diri (APD) yang sesuai.
  - Periksa kondisi umum *auxiliary engine*, termasuk sistem pelumasan, pendinginan, dan bahan bakar.
- b. Menyalakan *Auxiliary Engine*
  - Hidupkan *auxiliary engine* sesuai dengan prosedur *start-up* standar.
  - Biarkan mesin berjalan dalam kondisi idle untuk memastikan semua parameter stabil.
- c. Meningkatkan Beban Secara Bertahap
  - Tambahkan beban secara bertahap sesuai dengan kapasitas yang telah ditentukan.
  - Pantau parameter operasi seperti tekanan oli, suhu air pendingin, dan tegangan listrik.
- d. Menguji Fungsi *Safety Device*
  - Simulasikan kondisi ekstrem dengan meningkatkan beban hingga batas aman.
  - Periksa apakah alarm berbunyi saat tekanan oli turun atau suhu meningkat di luar batas normal.

### Tahapan Penelitian

Adapun tahapan penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut, yaitu :

- a. Studi Pendahuluan  
Yang dimaksud dalam studi pendahuluan adalah melakukan bimbingan kepada dosen pembimbing mengenai judul dan topik pembahasan yang diarahkan untuk penelitian analisis pengaruh beban pada auxiliary engine terhadap safety device dengan menggunakan media load bank.
- b. 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.
- c. Penelitian lapangan (field research)  
Penelitian lapangan adalah penelitian yang dilakukan secara langsung terhadap objek penelitian yaitu melakukan secara langsung analisa pengaruh beban pada auxiliary engine terhadap safety device dengan menggunakan media load bank.

### Hasil Dan Pembahasan

Hasil dan pembahasan dari penelitian ini diperoleh dengan melakukan pengujian terhadap :

- *Auxiliary Engine*
- *Safety Device*
- *Load Bank*

### Pengujian Lub Oil Press

Pengujian pada lub oil pressure ini dilakukan dengan cara test running auxiliary engine No. 1 dan No. 2, kemudian sensor pressure transmitter pada lub oil akan mengirimkan sinyal transmit berupa P/I (Pressure/mA) ke indikator di local panel engine tersebut untuk melihat perbandingan pressure disetiap menitnya, sesuai set point yang telah ditentukan sebagai safety pada engine tersebut. Data ini diambil berdasarkan tekanan pada oli engine, kemudian dicatat setiap 10 menit sekali selama  $\pm 60$  menit. Berikut adalah hasil pengujian auxiliary engine No. 1 dan No. 2 tanpa beban terhadap safety device lub oil pressure :

No	Beban	Tekanan (Bar)		Waktu
		AE No. 1	AE No.2	
1	0 Kw	5.3	4.9	10 menit
2	0 Kw	5.3	4.9	20 menit
3	0 Kw	5.2	4.8	30 menit
4	0 Kw	5.2	4.8	40 menit
5	0 Kw	5.1	4.7	50 menit
6	0 Kw	5.1	4.7	60 menit

Tabel 1 Pengujian *Lub Oil Press*

Dari tabel 1 telah dilakukan pengujian pada *auxiliary engine* No. 1 dan No. 2 dengan tanpa beban selama rentan waktu 60 menit. Dengan cara mengukur perubahan tekanan yang terdapat pada auxiliary engine dengan menggunakan sensor pressure transmitter sebagai pendeteksi setiap tekanan yang diberikan dalam waktu kurang lebih 60 menit. Kemudian diambil data perubahan tekanan setiap 10 menit sekali, lalu data tersebut diolah menggunakan microsoft excel untuk mendapatkan hasil di Tabel 1.

### Pengujian Cooling Fresh Water Temp

Pengujian pada cooling fresh water temperature ini dilakukan dengan cara test running auxiliary engine No. 1 dan No. 2, kemudian sensor thermocouple temperature pada cooling fresh water akan mengirimkan sinyal berupa mV kemudian sinyal tersebut di convert menggunakan thermocouple amplifier untuk mengubah sinyal dari mV menjadi mA lalu dikirim ke indikator di local panel engine tersebut untuk melihat perbandingan suhu tempratur disetiap menitnya, sesuai set point yang telah ditentukan sebagai safety pada engine tersebut. Data ini diambil berdasarkan suhu tempratur pada cooling fresh water, kemudian dicatat setiap 10 menit sekali selama  $\pm 60$  menit. Berikut adalah hasil pengujian auxiliary engine No. 1 dan No. 2 tanpa beban terhadap safety device cooling fresh water :

No	Beban	Suhu (°C)		Waktu
		AE No. 1	AE No.2	
1	0 Kw	34	33	10 menit
2	0 Kw	38	37	20 menit
3	0 Kw	43	42	30 menit
4	0 Kw	46	45	40 menit
5	0 Kw	50	49	50 menit
6	0 Kw	54	53	60 menit

Tabel 2 Pengujian *Cooling Fresh Water Temp*

Dari tabel 2 telah dilakukan pengujian pada auxiliary engine No. 1 dan No. 2 dengan tanpa beban selama rentan waktu 60 menit. Dengan cara mengukur perubahan suhu tempreatur yang terdapat pada auxiliary engine dengan menggunakan sensor thermocouple temperature sebagai pendeteksi suhu tempreatur yang diberikan dalam waktu kurang lebih 60 menit. Kemudian diambil data perubahan suhu tempreatur setiap 10 menit sekali, lalu data tersebut diolah menggunakan microsoft excel untuk mendapatkan hasil di Tabel 2.

### Pengujian Lub Oil Temp

Pengujian pada lub oil temperature ini dilakukan dengan cara test running auxiliary engine No.1 dan No.2, kemudian sensor thermocouple temperature pada lub oil akan mengirimkan sinyal berupa mV kemudian sinyal tersebut di convert menggunakan thermocouple amplifier untuk mengubah sinyal dari mV menjadi mA lalu dikirim ke indikator di local panel engine tersebut untuk melihat perbandingan suhu tempreatur disetiap menitnya, sesuai set point yang telah ditentukan sebagai safety pada engine tersebut. Data ini diambil berdasarkan suhu tempreatur pada lub oil, kemudian dicatat setiap 10 menit sekali selama  $\pm$  60 menit. Berikut adalah hasil pengujian auxiliary engine No.1 dan No.2 tanpa beban terhadap safety device lub oil :

No	Beban	Suhu (°C)		Waktu
		AE No. 1	AE No.2	
1	0 Kw	30	33	10 menit
2	0 Kw	33	37	20 menit
3	0 Kw	37	42	30 menit
4	0 Kw	41	45	40 menit
5	0 Kw	45	49	50 menit
6	0 Kw	50	53	60 menit

Tabel 3 Pengujian *Lub Oil Temp*

Dari tabel 3 telah dilakukan pengujian pada auxiliary engine No. 1 dan No. 2 dengan tanpa beban selama rentan waktu 60 menit. Dengan cara mengukur perubahan suhu tempreatur yang terdapat pada auxiliary engine dengan menggunakan sensor thermocouple temperature sebagai pendeteksi suhu tempreatur yang diberikan dalam waktu kurang lebih 60 menit. Kemudian diambil data perubahan suhu tempreatur setiap 10 menit sekali, lalu data tersebut diolah menggunakan microsoft excel untuk mendapatkan hasil di Tabel 3.

### Kesimpulan

Dari semua pembahasan yang telah penulis lakukan mengenai “Analisis Pengaruh Beban Pada Auxiliary Engine Terhadap Safety Device Dengan Menggunakan Media Load Bank”, maka sebagai bagian akhir dari laporan tugas akhir ini penulis memberikan beberapa simpulan yang diambil dari hasil penelitian dan pembahasan masalah sebagai berikut :

- a. Selama periode pengamatan 60 menit dalam kondisi tanpa beban (0 kW), tekanan oli pelumas pada auxiliary engine (AE) No. 1 dan AE No. 2 mengalami penurunan bertahap. Tekanan pada AE No. 1 turun dari 5.3 bar menjadi 5.1 bar, sementara pada AE No. 2 turun dari 4.9 bar menjadi 4.7 bar. Penurunan ini menunjukkan adanya kecenderungan penurunan tekanan meskipun mesin tidak dibebani, yang dapat

- mengindikasikan efek dari suhu kerja, degradasi oli, atau keausan sistem pelumasan.
- b. Selama pengamatan selama 60 menit dalam kondisi tanpa beban (0 kW), suhu pada cooling fresh water Auxiliary Engine (AE) No. 1 dan AE No. 2 mengalami peningkatan secara bertahap. Suhu AE No. 1 naik dari 34°C menjadi 54°C, sementara suhu AE No. 2 meningkat dari 33°C menjadi 53°C. Kenaikan suhu ini menunjukkan bahwa meskipun mesin tidak dibebani, proses pemanasan tetap terjadi akibat gesekan internal dan sirkulasi pelumas.
  - c. Selama 60 menit pengamatan dalam kondisi tanpa beban (0 kW), suhu pada lub oil Auxiliary Engine (AE) No. 1 dan AE No. 2 meningkat secara bertahap. Suhu AE No. 1 naik dari 30°C menjadi 50°C, sedangkan AE No. 2 naik dari 33°C menjadi 53°C. Kenaikan suhu ini menunjukkan bahwa proses pemanasan tetap terjadi meskipun mesin tidak menerima beban, yang kemungkinan disebabkan oleh aktivitas sistem pelumasan, gesekan komponen internal, dan sirkulasi pendingin yang belum stabil sepenuhnya. Perbedaan suhu antar kedua mesin juga menunjukkan adanya variasi karakteristik atau kondisi masing-masing mesin. Pemantauan lebih lanjut diperlukan untuk memastikan suhu tetap dalam batas aman dan efisiensi sistem pendinginan tetap optimal.
  - d. Hasil pengujian AE No.1 tekanan oli pelumas (Lub Oil Pressure) mengalami penurunan bertahap dari 5,1 bar pada beban 0% menjadi 4,1 bar pada beban 110%. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi beban, semakin besar kerja sistem pelumasan, sehingga tekanan cenderung menurun akibat peningkatan suhu dan viskositas oli yang menurun. Suhu Air Pendingin (Cooling Fresh Water Temperature) meningkat dari 54°C menjadi 83°C, menandakan peningkatan panas yang dihasilkan oleh mesin saat bekerja dengan beban lebih tinggi. Sistem pendingin bekerja lebih keras untuk menjaga suhu mesin tetap dalam batas aman. Suhu Oli Pelumas (Lub Oil Temperature) juga meningkat signifikan dari 50°C pada beban 0% menjadi 86°C pada beban 110%, selaras dengan peningkatan gesekan dan panas dalam sistem.
  - e. Hasil pengujian AE No. 2 tekanan oli pelumas (Lub Oil Pressure) menunjukkan penurunan bertahap dari 4,9 bar menjadi 4,0 bar. Penurunan ini umum terjadi karena peningkatan suhu kerja mengurangi viskositas oli, sehingga tekanan dalam sistem pelumasan menurun. Suhu Air Pendingin

(Cooling Fresh Water Temperature) meningkat dari 53°C pada beban 0% menjadi 82°C pada beban 110%, menunjukkan bahwa semakin tinggi beban, semakin besar panas yang harus diserap oleh sistem pendingin. Suhu Oli Pelumas (Lub Oil Temperature) juga meningkat dari 53°C menjadi 87°C, sejalan dengan kenaikan beban dan meningkatnya gesekan serta panas dari komponen mesin.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. A. R. A. R. Alimin Nurdin, "PERANAN AUTOMATIC VOLTAGE REGULATOR SEBAGAI PENGENDALI TEGANGAN GENERATOR SINKRON," *J. AMPERE*, vol. Volume 3 N, 2018.
- [2] G. Y. Puspitaputri, C. W. Priananda, and D. F. Syahbana, "Automatic Voltage Regulator (AVR) Generator dengan Mikrokontroler Menggunakan Metode Hill Climbing," *J. Tek. ITS*, vol. 10, no. 2, pp. 171–176, 2021, doi: 10.12962/j23373539.v10i2.67421.
- [3] M. Rosi and M. Bjekić, "Load bank system modification for appropriatediesel generator testing by programmable resistive load," vol. 7, no. 1, pp. 1–8, 2023, doi: 10.7251/IJEEC2301001R.
- [4] D. Tri and P. Yanto, "Praktikalitas Media Pembelajaran Interaktif Pada Proses Pembelajaran Rangkaian Listrik," vol. 19, no. 1, pp. 75–82, 2019, doi: 10.24036/invotek.v19vi1.409.
- [5] Y. P. Tanjung, S. Sentinuwo, and A. Jacobus, "Penentuan Daya Listrik Rumah Tangga Menggunakan Metode Decision Tree".
- [6] S. N. H. dan M. Panjaitan, "PEMBELAJARAN FISIKA DASAR DAN ELEKTRONIKA DASAR (ARUS, HAMBATAN DAN TEGANGAN LISTRIK) MENGGUNAKAN APLIKASI MATLAB METODE SIMULINK," *STMIK Budi Darma*, vol. 4, no. 3, 2018.
- [7] A. Hendrawan, M. Hasbi, and N. Rahman, "Simulasi Safety Device Overheat Generator Set Engine Berbasis Arduino Jurusan Teknik Mesin Prodi Alat Berat , Politeknik Negeri Banjarmasin," *J. ITEKNA*, vol. 22, no. 1, pp. 18–24, 2022.
- [8] B. Ferdiansah, A. Margiantono, and F. Ahmad, "Analisis Pengaruh Kapasitor Bank

- Terhadap Nilai Faktor Daya Dan Nilai Jatuh Tegangan,” *Jambura J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 5, no. 2, pp. 234–241, 2023, doi: 10.37905/jjeeee.v5i2.20893.
- [9] R. D. Saputra, “Peningkatan Akurasi Penggunaan Daya Aktif Kepada Pelanggan Potensial Pln Ulp Batu Melalui Pengukuran Tidak Langsung,” *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 12, no. 1, 2024, doi: 10.23960/jitet.v12i1.3758.
- [10] M. Amir and A. M. Somantri, “ANALISIS PERBAIKAN FAKTOR DAYA UNTUK MEMENUHI PENAMBAHAN BEBAN 300 kVA TANPA PENAMBAHAN DAYA PLN,” *Sinusoida*, vol. 19, no. 1, pp. 33–44, 2018, doi: 10.37277/s.v19i1.153.
- [11] Harahap Muchsin dkk., “Pengaruh Perubahan Variasi Eksitasi Tegangan Terhadap Daya Reaktif Pada Generator,” *Univ. Prima Indones.*, vol. 3, no. 2, pp. 71–76, 2021.