

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Mesin utama kapal merupakan salah satu komponen vital dalam sistem propulsi kapal, yang berfungsi sebagai sumber utama energi mekanik untuk menggerakkan baling-baling sehingga memungkinkan kapal bergerak sesuai jalur pelayaran. Performa mesin utama memiliki pengaruh langsung terhadap efisiensi operasional kapal secara keseluruhan, mencakup konsumsi bahan bakar, emisi gas buang, tingkat keandalan sistem, serta umur teknis dari komponen mesin itu sendiri.

Untuk Penurunan performa mesin utama seiring waktu merupakan suatu keniscayaan akibat faktor-faktor seperti keausan mekanis akumulasi residu karbon pada ruang bakar, penurunan kualitas pelumasan, dan penurunan efisiensi termodinamika sistem (Heywood, 2018). Hal ini menimbulkan konsekuensi langsung pada peningkatan biaya operasional serta berpotensi menimbulkan gangguan operasional yang tidak diinginkan.

Dalam praktik industri pelayaran modern, kegiatan pemeliharaan mesin tidak lagi hanya bersifat reaktif, tetapi telah bergeser ke arah pendekatan proaktif dan prediktif. Salah satu bentuk pemeliharaan yang sangat penting adalah overhaul, yaitu kegiatan pemeliharaan menyeluruh yang meliputi inspeksi, diagnosis, perbaikan, penggantian komponen kritis, serta pengujian ulang sistem mesin utama. *Overhaul* dirancang untuk mengembalikan performa mesin mendekati kondisi desain awal atau as-built specification, sehingga dapat memperpanjang siklus hidup mesin, mengembalikan efisiensi kerja sistem, dan mencegah kegagalan sistem secara dini (Wang et al., 2019). *Overhaul* tidak hanya dilakukan berdasarkan waktu atau jam kerja (*time-based maintenance*), tetapi seringkali didasarkan pada hasil pemantauan kondisi mesin secara periodik (*condition-based monitoring*), sehingga perawatannya lebih efektif dan efisien.

Untuk mengevaluasi efektivitas kegiatan overhaul, diperlukan pemantauan terhadap parameter-parameter kinerja utama mesin yang bersifat kuantitatif dan terukur, seperti suhu gas buang, tekanan dan suhu pendingin (*fresh water dan sea water*), tekanan dan suhu oli pelumas, serta suhu udara masuk dan suhu ruang mesin. Parameter-parameter ini merefleksikan kondisi proses pembakaran, efisiensi perpindahan panas, serta stabilitas sistem pelumasan. Misalnya, suhu gas buang yang terlalu tinggi dapat mengindikasikan pembakaran yang tidak sempurna atau inefisiensi pada sistem turbocharger, sedangkan tekanan oli pelumas yang rendah dapat menjadi indikator adanya keausan pada bantalan atau potensi kebocoran dalam sistem pelumasan (MAN Energy Solutions, 2018). Dengan demikian, analisis yang tepat terhadap parameter-parameter ini menjadi kunci dalam menilai keberhasilan overhaul.

Dari sudut pandang ekonomi, keberhasilan overhaul memiliki implikasi yang signifikan terhadap pengurangan biaya operasional kapal. Efisiensi pembakaran yang meningkat pasca *overhaul* dapat menurunkan konsumsi bahan bakar per mil laut (*specific fuel oil consumption*), yang pada gilirannya berdampak pada efisiensi biaya. Selain itu, overhaul yang dilakukan secara tepat waktu dapat mencegah kerusakan mayor yang memerlukan biaya perbaikan tinggi serta waktu henti (*downtime*) kapal yang berdampak pada jadwal pelayaran dan potensi kerugian komersial (Shell Marine, 2020). Oleh karena itu, *overhaul* merupakan salah satu kegiatan strategis dalam manajemen pemeliharaan kapal yang berbasis pada efisiensi teknis dan ekonomi.

Namun seiring berjalannya waktu dan bertambahnya jam operasi, mesin utama cenderung mengalami penurunan performa, terutama jika kapal telah berhenti beroperasi dalam waktu tertentu. Pada kondisi seperti ini, mesin utama dapat mengalami penurunan efisiensi baik dalam daya yang dihasilkan, konsumsi bahan bakar, maupun emisi gas buang yang dihasilkan. Penurunan performa ini sering kali disebabkan oleh keausan komponen mesin yang tidak dapat dihindari oleh operasi kapal yang terus menerus KM. Gandha Nusantara 11 dipilih sebagai objek studi dalam penelitian ini.

Overhaul bertujuan untuk mengembalikan mesin ke kondisi yang lebih optimal setelah periode tertentu, apa lagi kapal sempat berhenti beroperasi yang menyebabkan akumulasi penurunan kinerja. Pemilihan kapal ini juga didukung oleh ketersediaan data performa mesin sebelum dan sesudah *overhaul* pada berbagai kondisi beban kerja mesin (25%, 50%, 75%, 85%, dan 100%). (Halim, et al. 2022) melakukan proses rekondisi total mesin dengan membongkar, membersihkan, memeriksa, mencatat bagian-bagian, merakit, menguji, dan menyesuaikan spesifikasi kinerja mesin. Untuk pengambilan data, mesin diuji di ruang dinamometer mesin dengan beban 25%, 50%, 75%, dan 100%.

Dari hasil mesin setelah direkondisi, kinerjanya seperti mesin baru dan layak diserahkan kembali kepada pelanggan untuk dioperasikan sesuai aplikasi dan spesifikasinya dengan pencapaian daya maksimum 800 HP pada beban 100% dengan 1800 rpm untuk aplikasi mesin industri. Perbaikan mesin melibatkan inspeksi, pembongkaran, dan perakitan komponen mesin, dengan membandingkan ukuran standar komponen dengan hasil pengukuran. Proses ini mencakup inspeksi transmisi, bantalan engkol, keausan blok silinder, diameter piston, dan komponen lainnya. Hasil perbaikan menunjukkan beberapa komponen yang melebihi batas spesifikasi, sehingga perlu diganti dengan komponen yang sesuai standar agar mesin dapat kembali berfungsi sesuai spesifikasi dan menggerakkan sepeda motor (Albert Kasman and Nur Hidayat 2023). Sedangkan, (Chin-Chiuan Lin; Chang-Jiang Lee; Liang-Yu Chu 2015) mengembangkan langkah-langkah perbaikan proses overhaul mesin CAT 3412 dengan program Six Sigma.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa setelah langkah perbaikan diterapkan, efisiensi tenaga kerja meningkat 14% dan profit meningkat 4%, yang mengonfirmasi bahwa kinerja *overhaul* mesin laut dapat ditingkatkan dengan program Six Sigma. Penggantian komponen aus akan mengurangi jumlah *overhaul* mesin (Nikolay Zagorodniy 2021). Pentingnya menekankan pemeliharaan sistematis dalam mengurangi keausan mekanis, menurunkan emisi, dan meningkatkan efisiensi bahan bakar (Khayal 2025) (Hendri Van Hotena, Hairul Gustrirandaa and Nurbaitia 2019).

Kapal KM. Ganda Nusantara 11, seperti halnya kapal-kapal lainnya yang beroperasi di industri pelayaran, memerlukan perawatan dan pemeliharaan berkala untuk memastikan kinerjanya tetap optimal. Salah satu upaya yang dilakukan adalah *overhaul*, yang merupakan proses perbaikan dan pemeriksaan menyeluruh terhadap mesin dan sistem kapal setelah beroperasi dalam jangka waktu tertentu. *Overhaul* pada kapal ini dilakukan sebagai langkah preventif untuk menghindari kerusakan besar yang dapat mengganggu operasional kapal dan membahayakan keselamatan pelayaran. Beberapa faktor yang menyebabkan perlunya *overhaul* pada KM. Ganda Nusantara 11 antara lain keausan komponen mesin, penurunan efisiensi bahan bakar, serta ketidaksempurnaan dalam sistem pendinginan dan pelumasan yang dapat mengurangi performa mesin.

Melalui studi kasus pada KM. Gandha Nusantara 11, penelitian ini tidak hanya merepresentasikan situasi aktual di lapangan, tetapi juga dapat dijadikan model penerapan metodologi analisis kinerja mesin secara lebih luas dalam operasional kapal-kapal niaga nasional. Dengan demikian, judul ini dipilih secara strategis untuk menjawab tantangan praktis di lapangan sekaligus memperkuat fondasi akademik dalam pengelolaan sistem permesinan kapal berbasis ilmu pengetahuan dan teknologi terkini.

Berdasarkan uraian di atas, maka penulis merumuskan penelitian dengan judul **“Analisis Pengaruh *Overhaul* terhadap Kinerja Mesin Utama KM. Gandha Nusantara 11”** sebagai upaya ilmiah untuk menjawab permasalahan teknis sekaligus memberikan kontribusi terhadap pengembangan manajemen pemeliharaan kapal di era modern.

1.2 Teori

1.2.1 Mesin Utama

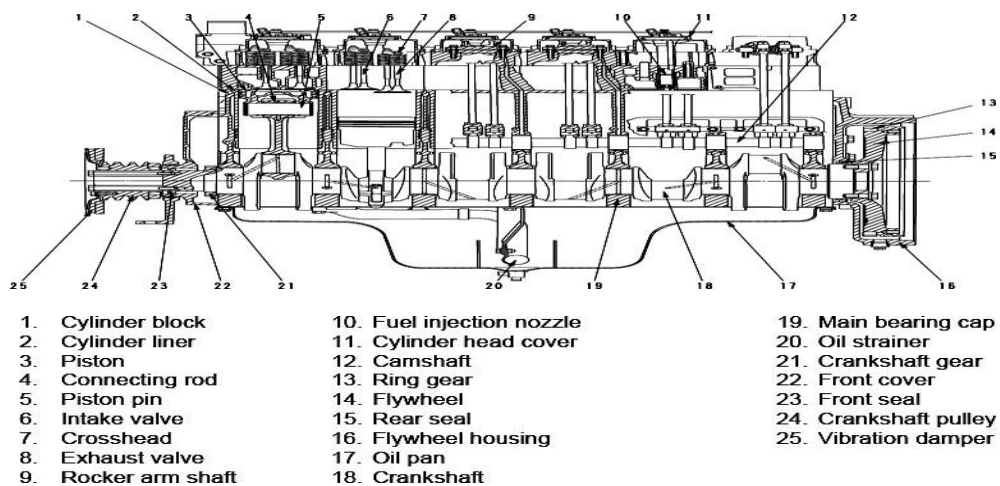
Mesin utama kapal adalah perangkat mekanis yang berfungsi sebagai sumber tenaga penggerak utama untuk menggerakkan baling-baling, memungkinkan kapal bergerak di atas air. Mesin ini dirancang untuk menghasilkan daya tinggi secara berkelanjutan agar kapal dapat beroperasi dalam berbagai kondisi, seperti perairan tenang maupun gelombang tinggi.

Sebagai komponen inti dalam sistem propulsi, mesin utama biasanya mengubah energi dari bahan bakar menjadi tenaga mekanik melalui proses

pembakaran di ruang bakar. Proses ini menghasilkan tenaga rotasi yang diteruskan ke baling-baling melalui poros penggerak. Mesin utama berperan penting dalam efisiensi operasional kapal, termasuk konsumsi bahan bakar, kecepatan kapal, dan tingkat emisi gas buang (Woud & Stapersma, 2015).

Terdapat berbagai jenis mesin utama kapal, yang umumnya dibedakan berdasarkan jenis bahan bakar yang digunakan, siklus kerja mesin (dua langkah atau empat langkah), dan teknologi pembakaran. Mesin utama yang paling umum digunakan pada kapal komersial adalah mesin diesel, karena efisiensinya yang tinggi, kemampuan bekerja dengan bahan bakar yang beragam, serta daya tahan yang kuat terhadap beban kerja berat (MAN Energy Solutions, 2018).

Sebagai Dalam operasionalnya, mesin utama memerlukan sistem pendukung seperti sistem pendingin, sistem pelumas, sistem udara masuk, dan sistem pembuangan gas. Performa mesin utama dipantau melalui parameter-parameter tertentu, seperti suhu gas buang, tekanan minyak pelumas, suhu pendingin, dan kecepatan putaran poros. Monitoring parameter ini sangat penting untuk mencegah kerusakan mesin yang dapat mengganggu operasional kapal (Heywood, 2018).



Gambar 1. Sistem mesin utama

Sumber: Fundamental engine system (2003)

Dalam beberapa tahun terakhir, teknologi mesin utama terus berkembang, terutama untuk memenuhi tuntutan efisiensi energi dan pengurangan emisi. Contohnya adalah penerapan teknologi *Exhaust Gas Recirculation (EGR)* dan *Selective Catalytic Reduction (SCR)* untuk mengurangi emisi NO_x, serta penggunaan scrubber untuk mengurangi emisi sulfur dari bahan bakar berat (ABS, 2020).

1.2.2 Mesin Diesel

Mesin diesel merupakan salah satu jenis mesin pembakaran dalam (*internal combustion engine*) yang menggunakan prinsip *compression ignition*, yaitu proses penyalan bahan bakar yang terjadi akibat temperatur dan tekanan udara yang tinggi hasil dari langkah kompresi. Berbeda dengan mesin bensin yang memerlukan busi sebagai pemantik, mesin diesel menyemprotkan bahan bakar ke dalam udara panas sehingga terjadi pembakaran spontan (Heywood, 2018).

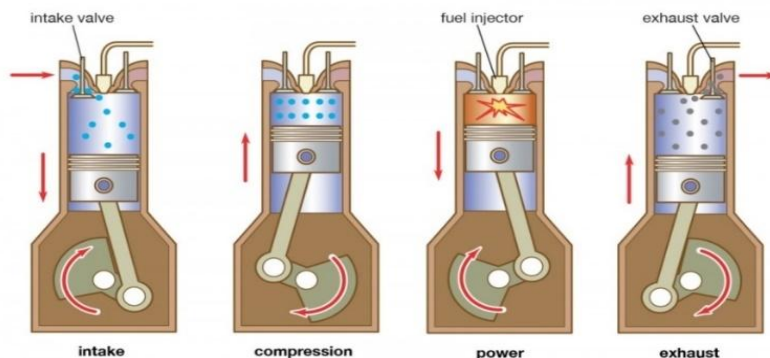
Dalam perkembangannya, mesin diesel digunakan secara luas pada industri transportasi laut karena memiliki efisiensi termal yang tinggi, daya tahan terhadap beban besar, serta konsumsi bahan bakar yang relatif ekonomis (Stone, 1999; Woud & Stapersma, 2015).

Penelitian terbaru juga menegaskan bahwa mesin diesel modern terus dikembangkan melalui optimasi sistem injeksi, pengendalian pembakaran multi-tahap, dan integrasi sistem paska-pembakaran untuk memenuhi regulasi emisi internasional (Dahham et al., 2022; Cao et al., 2025).

1.2.3 Siklus Kerja Mesin Diesel Empat Langkah

Mesin diesel empat langkah (*four-stroke cycle diesel engine*) menyelesaikan satu siklus pembakaran dalam empat tahapan utama selama dua putaran poros engkol (720°). Tahapan siklus kerja tersebut adalah sebagai berikut (Pulkrabek, 2013; Tamrat et al., 2024):

- 1) Langkah Hisap (*Intake Stroke*) Piston bergerak dari Titik Mati Atas (TMA) ke Titik Mati Bawah (TMB). Katup masuk terbuka, sedangkan katup buang tertutup. Udara murni masuk ke dalam silinder akibat perbedaan tekanan antara atmosfer dan ruang bakar.
- 2) Langkah Kompresi (*Compression Stroke*) Piston bergerak dari TMB kembali ke TMA dengan kedua katup tertutup. Udara dikompresi dengan rasio kompresi tinggi (pada mesin YANMAR 6HA2M-WDT rasio kompresinya 17:1), sehingga temperatur naik hingga $\pm 600\text{--}900\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan tekanan mencapai 30–50 bar. Pada akhir langkah ini, bahan bakar solar disemprotkan dengan tekanan tinggi melalui injector, bercampur dengan udara panas, dan siap terbakar.
- 3) Langkah Usaha (*Power Stroke*) Bahan bakar yang diinjeksikan terbakar secara spontan akibat suhu tinggi, menghasilkan tekanan yang mendorong piston dari TMA ke TMB. Tahap ini menghasilkan energi mekanik yang ditransfer melalui poros engkol dan disebut sebagai daya efektif (Ne).
- 4) Langkah Buang (*Exhaust Stroke*) Setelah pembakaran selesai, piston bergerak dari TMB ke TMA. Katup buang terbuka, katup masuk tetap tertutup, dan gas hasil pembakaran dikeluarkan dari silinder menuju manifold buang.



Gambar 2. Siklus kerja mesin diesel empat Langkah

Sumber: <https://www.modifikasi.co.id>

1.2.4 Karakteristik Kerja Mesin Diesel Empat Langkah

Beberapa karakteristik penting mesin diesel empat langkah yang relevan bagi aplikasi maritim adalah sebagai berikut:

- 1) Rasio Kompresi Tinggi Mesin diesel memiliki rasio kompresi antara 14:1 hingga 22:1, jauh lebih tinggi dibanding mesin bensin (8:1–12:1). Hal ini berpengaruh pada efisiensi termal yang lebih tinggi (Heywood, 2018).
- 2) Efisiensi Termal Lebih Tinggi Efisiensi termal efektif mesin diesel dapat mencapai 35–45%, sementara mesin bensin rata-rata hanya 25–30% (Pulkrabek, 2013). Studi terbaru bahkan menunjukkan potensi efisiensi termal hingga 55–60% melalui optimasi siklus dan manajemen panas (Dahham et al., 2022).
- 3) Torsi Besar pada Putaran Rendah Mesin diesel empat langkah menghasilkan torsi tinggi pada putaran rendah sehingga sangat sesuai untuk aplikasi kapal yang membutuhkan daya dorong konstan.
- 4) Sistem Injeksi Bahan Bakar Bertekanan Tinggi Teknologi injeksi langsung (direct injection) dengan tekanan ratusan bar memastikan proses atomisasi dan pencampuran bahan bakar–udara berlangsung sempurna, menghasilkan pembakaran yang lebih efisien dan emisi lebih rendah (Tamrat et al., 2024).

1.2.5 Prestasi Mesin Diesel

Prestasi mesin diesel adalah kemampuan mesin dalam menghasilkan daya dan efisiensi kerja. Parameter utamanya meliputi torsi, daya efektif (brake power), konsumsi bahan bakar spesifik (SFC), dan efisiensi termal. Mesin diesel memiliki efisiensi tinggi karena rasio kompresinya besar dan proses pembakarannya stabil.

1. Daya Efektif (*Brake Power*, (N_e))

$$N_e = \frac{P_{e.l.} (r^2) \cdot L \cdot \left(\frac{n}{60}\right) a}{75.100} \quad (1)$$

Ket:

a = mesin diesel 4 tak adalah 0,5

L = langkah piston (stroke)

r = jari-jari silinder

n = putaran mesin per menit

z = jumlah silinder

2. Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (*Specific Fuel Consumption (SFC)*)

$$\text{SFC} = \dot{m}_{\text{BB}} / N_e \cdot 3,6 \cdot 10^3 \quad (2)$$

Ket:

($\dot{m}_{\text{bb}}$) = laju massa bahan bakar (*kg/s atau g/s*)

(N_e) = daya efektif (*kW*)

3. Efisiensi Termal Efektif (*Brake Thermal Efficiency*)

Persamaan 1

$$\eta_{te} = \frac{632}{\text{SFC} \times H_B} \quad (3)$$

Ket:

H_B = Nilai kalor bahan bakar Diesel Oil = 10.800 Kcal/Liter kcal = 4,186 kJ

Persamaan 2

$$\eta_{te} = \frac{632 \times N_e}{F_c \times \text{LHV}_{\text{bb}}} \quad (4)$$

Ket:

LHV_{bb} = Nilai kalor dari bahan bakar minyak ((kcal/kg)

4. Efisiensi Mekanis

$$\text{QMekanis)} = Q_m - (N_e + Q_{\text{AP}} + Q_{\text{GB}}) \quad (5)$$

5. Efisiensi Volumetris

$$\eta_{vol} = \frac{2 \cdot m_a}{60 \cdot n} \times \frac{1}{\rho_a \cdot V_L} \quad (6)$$

Ket:

$\dot{m}_a$ = Laju aliran udara (Kg/H)

ρ_a = Kerapatan udara (Kg/m³)

V_L = Volume Langkah

6. Neraca Energi Mesin (*Energy Balance*)

Energi total bahan bakar Q_{mter} dibagi ke dalam

$$\frac{Q_{Ne} + Q_{AP} + Q_{GB} + Q_M + Q_{OIL}}{Q_m} \times 100\% = Q_m \quad (7)$$

Ket:

(Q_{Ne}) = daya efektif

(Q_{AP}) = panas yang diserap air pendingin

(Q_{oil}) = panas yang diserap oli pelumas

(Q_{GB}) = panas yang hilang lewat gas buang

1.2.6 Karakteristik Kinerja Mesin Diesel

1.2.6.1 Torsi

Torsi adalah kemampuan atau tenaga yang diterapkan pada suatu benda, yang menyebabkan benda tersebut berputar. Besar torsi dipengaruhi oleh gaya yang diberikan dan jarak antara sumbu putaran dan titik penerapan gaya tersebut. Selama proses pembakaran, tekanan yang dihasilkan akan menggerakkan piston. Tekanan ini kemudian diteruskan melalui *connecting rod* dan selanjutnya diubah oleh *crankshaft* dari gerakan translasi menjadi gerakan rotasi. Putaran *crankshaft* ini menghasilkan momen putar. Perubahan jarak horizontal saat *crankshaft* berputar akan mempengaruhi nilai torsi yang dihasilkan.

$$Torsi (N.m) = \frac{P \times 60}{2\pi \times N} \quad (8)$$

Ket:

P = daya efektif (kW)

N = Putaran (RPM)

1.2.6.2 Specific Fuel Consumption (SFC)

Laju konsumsi bahan bakar spesifik efektif adalah jumlah bahan bakar yang digunakan untuk menghasilkan daya efektif selama satu jam. Nilai SFC dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$SFC_e = \frac{F_c}{N_e} = \frac{Q \cdot \rho \cdot \frac{3600}{1000}}{N_e} \quad (9)$$

Ket:

SFC_e = laju konsumsi bahan bakar spesifik efektif (g/HP. H)

Q = Debit bahan bakar minyak (ml)

ρ = massa jenis bahan bakar minyak (gr/ml)

FC = konsumsi bahan bakar tiap jam (kg/jam)

N_e = daya efektif (PS)

1.2.7 Overhaul

Overhaul adalah proses perbaikan besar yang dilakukan pada mesin utama atau sistem lainnya pada kapal untuk memperbaiki atau mengganti komponen yang aus atau rusak, serta memastikan bahwa mesin beroperasi dalam kondisi optimal. Proses ini mencakup pemeriksaan menyeluruh terhadap semua komponen mesin, pembersihan, penggantian suku cadang yang rusak atau aus, serta pengujian kembali untuk memastikan bahwa mesin berfungsi dengan baik setelah perbaikan.

Overhaul pada mesin utama kapal biasanya dilakukan pada interval tertentu, tergantung pada spesifikasi pabrik dan kondisi operasional kapal. Overhaul ini bisa mencakup perbaikan ringan hingga penggantian komponen besar, seperti piston, silinder, dan sistem pembakaran.

Tujuan utama dari *overhaul* adalah untuk memastikan bahwa mesin utama kapal beroperasi dengan efisien dan aman, serta untuk meminimalkan risiko kerusakan yang dapat menyebabkan *downtime* atau kecelakaan.

1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis kinerja mesin utama kapal Gandha Nusantara sebelum dan sesudah pelaksanaan overhaul.

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan kontribusi pada pengembangan ilmu pengetahuan di bidang teknik permesinan kapal, khususnya terkait pengaruh overhaul terhadap kinerja mesin utama.
2. Membantu perusahaan pelayaran dalam merencanakan jadwal dan strategi overhaul yang lebih efektif dan efisien.

3. Mengurangi konsumsi bahan bakar melalui peningkatan efisiensi mesin, sehingga menurunkan biaya operasional kapal.

BAB II

METODE PENELITIAN

2.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Pelaksanaan penelitian dilakukan di satu tempat yaitu PT. Industri Kapal Indonesia (Persero) Kota Makassar, Provinsi Sulawesi Selatan. Objek penelitian ini adalah kapal penumpang yang terdapat pada lokasi penelitian. Pelaksanaan pengambilan data dilakukan pada bulan Desember 2025.



Gambar 3. Lokasi Penelitian PT. Industri Kapal Indonesia

2.2 Prosedur Penelitian

Dalam penyelesaian masalah pada penelitian ini memerlukan proses penelitian yang terstruktur sehingga diperlukan langkah-langkah yang sistematis. Adapun tahapan-tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Studi Literatur

Sebagai sarana pengembangan wawasan dan melengkapi teori, maka dibutuhkan studi literatur untuk mendukung dalam penulisan tugas akhir ini dengan menggunakan referensi buku-buku, artikel jurnal, dan penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian ini.

2. Studi Lapangan

Pada tahap ini dilakukan studi lapangan secara langsung dan juga wawancara dengan pihak awak kapal penumpang yang bertanggung jawab langsung dalam memelihara mesin utama kapal penumpang dengan mengidentifikasi *overhaul* pada mesin utama kapal penumpang.



Gambar 5. Mesin utama kapal KM. Gandha Nusantara 11

2.4 Objek Penelitian

Objek penelitian ini adalah mesin utama kapal yang menjalani proses overhaul. Fokus utama penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh overhaul terhadap kinerja mesin, dengan menggunakan parameter-parameter berikut:

1. Mesin Utama Kapal: Mesin utama kapal yang digunakan untuk mendorong kapal dalam pelayaran. Mesin ini memiliki berbagai komponen penting yang memerlukan pemeliharaan berkala agar tetap berfungsi optimal, seperti komponen pembakaran, sistem pendingin, dan sistem pelumasan.
2. Proses Overhaul: Overhaul yang dilakukan pada mesin utama kapal melibatkan perbaikan besar yang mencakup pemeriksaan menyeluruh, perbaikan atau penggantian komponen yang aus, serta penyetelan ulang untuk memastikan mesin bekerja pada kondisi optimal.
3. Kapal yang Mengalami Overhaul: Kapal yang menjadi objek penelitian harus memiliki catatan operasional yang memadai tentang overhaul yang telah dilakukan dan data kinerja mesin yang dapat dibandingkan sebelum dan setelah overhaul. Jenis kapal yang menjadi objek penelitian dapat mencakup kapal pengangkut barang, kapal pesiar, atau kapal barang lainnya yang memiliki frekuensi overhaul tinggi.

2.5 Variabel Penelitian

2.5.1 Variabel independen: Proses overhaul

Variabel independen dalam penelitian ini adalah proses overhaul pada mesin utama kapal. Overhaul merupakan proses pemeliharaan besar yang dilakukan untuk memperbaiki dan memulihkan kinerja mesin utama kapal. Selama proses overhaul, berbagai komponen mesin yang mengalami keausan diperiksa, diperbaiki, atau diganti, serta dilakukan penyetelan ulang agar mesin dapat beroperasi pada

kapasitas optimal. Proses overhaul ini dianggap sebagai variabel yang memengaruhi kinerja mesin utama kapal.

Proses overhaul dapat melibatkan beberapa kegiatan seperti:

1. Pemeriksaan komponen mesin (seperti silinder, piston, dan komponen pembakaran).
2. Pembersihan dan penggantian suku cadang yang rusak atau aus.
3. Penyusunan ulang pengaturan mesin untuk memastikan kinerjanya lebih efisien.
4. Pengujian mesin setelah overhaul untuk memastikan bahwa mesin berfungsi dengan baik.

2.5.2 Variabel dependen Kinerja mesin utama kapal

Variabel dependen dalam penelitian ini adalah kinerja mesin utama kapal, yang dipengaruhi oleh proses overhaul. Kinerja mesin utama dapat diukur melalui berbagai parameter yang mencerminkan efisiensi operasional mesin setelah overhaul.

2.5.3 Hubungan antara variable independen dan dependen

Proses overhaul sebagai variabel independen diharapkan dapat memengaruhi perubahan dalam parameter kinerja mesin utama kapal (variabel dependen). penelitian ini bertujuan untuk mengukur apakah ada perbedaan dalam parameter-parameter kinerja mesin sebelum dan setelah overhaul, serta untuk menilai seberapa besar pengaruh overhaul terhadap peningkatan efisiensi operasional mesin utama kapal.

2.6 Data mesin sebelum dan sesudah overhaul

Metode pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan dengan mengumpulkan informasi kuantitatif mengenai kinerja mesin utama kapal sebelum dan setelah proses overhaul. Data yang dikumpulkan akan melibatkan berbagai parameter mesin yang relevan, yang dapat menunjukkan perubahan kinerja mesin setelah dilakukan perbaikan dan penyetelan ulang. Data yang diperoleh dari catatan operasional kapal yang mencatat parameter kinerja mesin utama, baik sebelum maupun setelah overhaul.

Tabel 1. Data temperatur dan tekanan fluida pada beban 25%

Parameter	overhaul	
	Sebelum	Sesudah
Suhu Gas Buang Termometer ($^{\circ}\text{C}$)	350	385
Tekanan Fresh Water (Kg/cm^2)	0,145	0,1305
Tekanan Sea Water (Kg/cm^2)	0,06	0,054
Tekanan Boost Air (Kg/cm^2)	0,03	0,027
Tekanan Lub. Oil (Kg/cm^2)	0,43	0,387

Tekanan Fuel Oil (Kg/cm ²)	0,255	0,2295
Suhu Engine Room (°C)	34,5	37,95
Suhu Fresh Water (°C)	34	37,4

Tabel 2. Data temperatur dan tekanan fluida pada beban 50%

Parameter	overhaul	
	Sebelum	Sesudah
Suhu Gas Buang Termometer (°C)	450	495
Tekanan Fresh Water (Kg/cm ²)	0,16	0,144
Tekanan Sea Water (Kg/cm ²)	0,08	0,072
Tekanan Boost Air (Kg/cm ²)	0,07	0,063
Tekanan Lub. Oil (Kg/cm ²)	0,46	0,414
Tekanan Fuel Oil (Kg/cm ²)	0,26	0,234
Suhu Engine Room (°C)	35,5	39,05
Suhu Fresh Water (°C)	34	37,4

Tabel 3. Data temperatur dan tekanan fluida pada beban 75%

Parameter	overhaul	
	Sebelum	Sesudah
Suhu Gas Buang Termometer (°C)	490	539
Tekanan Fresh Water (Kg/cm ²)	0,215	412,5
Tekanan Sea Water (Kg/cm ²)	0,11	0,099
Tekanan Boost Air (Kg/cm ²)	0,175	0,1575
Tekanan Lub. Oil (Kg/cm ²)	0,485	0,4365
Tekanan Fuel Oil (Kg/cm ²)	0,27	0,243
Suhu Engine Room (°C)	35,05	39,05
Suhu Fresh Water (°C)	38	41,8

Tabel 4. Data temperatur dan tekanan fluida pada beban 85%

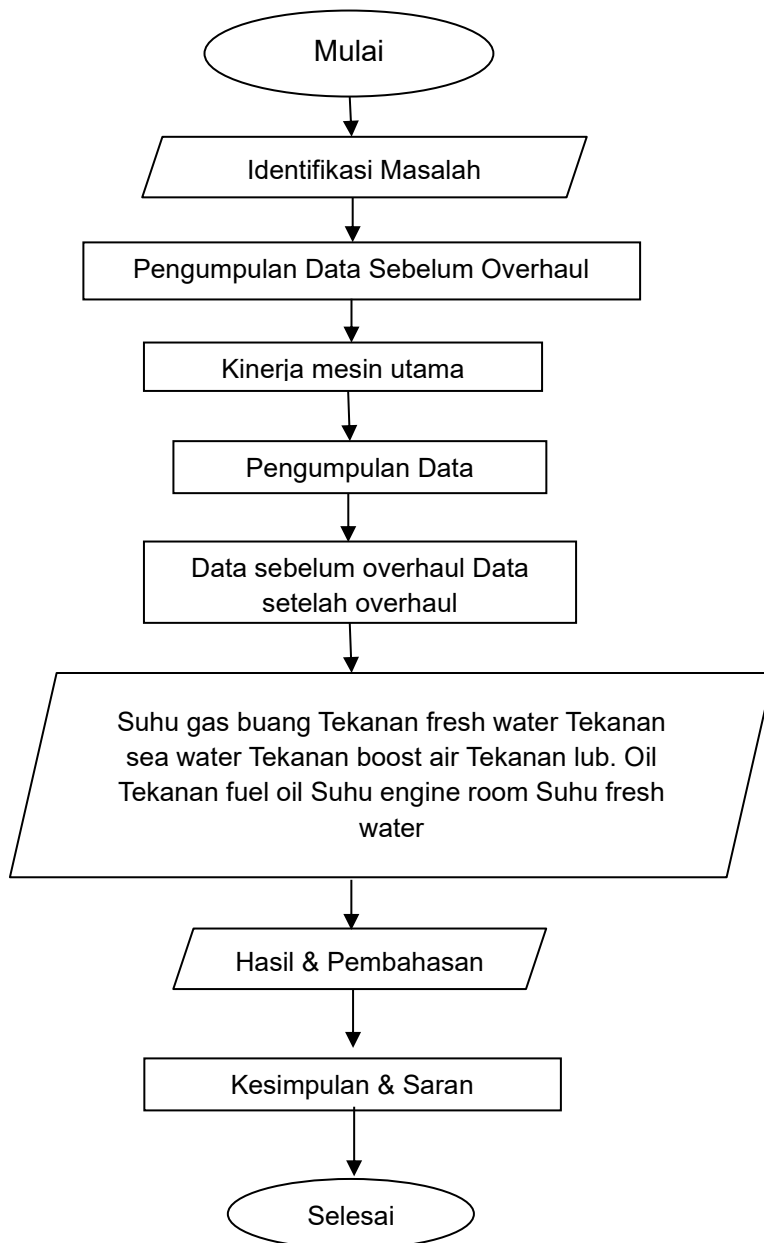
Parameter	overhaul	
	Sebelum	Sesudah
Suhu Gas Buang Termometer (°C)	535	588,5
Tekanan Fresh Water (Kg/cm ²)	0,21	0,189
Tekanan Sea Water (Kg/cm ²)	0,11	0,099
Tekanan Boost Air (Kg/cm ²)	0,225	0,2025
Tekanan Lub. Oil (Kg/cm ²)	0,5	0,45
Tekanan Fuel Oil (Kg/cm ²)	0,285	0,2565
Suhu Engine Room (°C)	37,5	41,25
Suhu Fresh Water (°C)	42	46,2

Tabel 5. Data temperatur dan tekanan fluida pada beban 100%

Parameter	overhaul	
	Sebelum	Sesudah
Suhu Gas Buang Termometer ($^{\circ}\text{C}$)	505	555,5
Tekanan Fresh Water (Kg/cm^2)	0,22	0,198
Tekanan Sea Water (Kg/cm^2)	0,11	0,099
Tekanan Boost Air (Kg/cm^2)	0,24	0,216
Tekanan Lub. Oil (Kg/cm^2)	0,5	0,45
Tekanan Fuel Oil (Kg/cm^2)	0,28	0,252
Suhu Engine Room ($^{\circ}\text{C}$)	36	39,6
Suhu Fresh Water ($^{\circ}\text{C}$)	42	46,2

2.7 Kerangka Alur Penelitian

Adapun alur dalam penelitian ini dari dimulainya penelitian sampai akhir dari penelitian yang digambarkan melalui flowchart penelitian sebagai berikut:



Gambar 6. Kerangka alur penelitian