

LAPORAN TUGAS AKHIR
KARYA ILMIAH TERAPAN

**PENGARUH TIDAK RATA SUHU GAS BUANG TERHADAP
KINERJA MESIN INDUK DI ATAS KAPAL MT. NARIVA**



M. NAUFAL FIKRIE
NIT. 22.36.306.3.010

disusun sebagai salah satu syarat
menyelesaikan Program Pendidikan Sarjana Terapan

POLITEKNIK PELAYARAN SURABAYA
PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA PERMESINAN KAPAL
TAHUN 2026

LAPORAN TUGAS AKHIR
KARYA ILMIAH TERAPAN

**PENGARUH TIDAK RATA SUHU GAS BUANG TERHADAP
KINERJA MESIN INDUK DI ATAS KAPAL MT. NARIVA**



M. NAUFAL FIKRIE
NIT. 22.36.306.3.010

disusun sebagai salah satu syarat
menyelesaikan Program Pendidikan Sarjana Terapan

POLITEKNIK PELAYARAN SURABAYA
PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA PERMESINAN KAPAL
TAHUN 2026

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : M. NAUFAL FIKRIE

Nomor Induk Taruna : 22.36.306.3.010

Program Studi : Diploma IV Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal

Menyatakan bahwa KIT yang saya tulis dengan judul :

"PENGARUH TIDAK RATA SUHU GAS BUANG TERHADAP KINERJA MESIN INDUK DI ATAS KAPAL MT. NARIVA"

Merupakan karya asli seluruh ide yang ada dalam KIT tersebut, kecuali tema dan yang saya nyatakan sebagai kutipan, merupakan ide saya sendiri. Jika pernyataan di atas terbukti tidak benar, maka saya sendiri menerima sanksi yang ditetapkan oleh Politeknik Pelayaran Surabaya.

SURABAYA, 30 APRIL 2026



M. NAUFAL FIKRIE
NIT. 22.36.306.3.010

ABSTRAK

M. NAUFAL FIKRIE, “PENGARUH TIDAK RATA SUHU GAS BUANG TERHADAP KINERJA MESIN INDUK DI ATAS KAPAL MT. NARIVA”. Dibimbing oleh pembimbing I, EKO PRAYITNO_S.Pd.I, M.M. dan pembimbing II, KUNTORO BAYU AJIE, S.Kom, M.T.

Kapal adalah satu dari berbagai moda transportasi yang vital dalam perdagangan global dan pengangkutan barang. Kinerja kapal sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk efisiensi mesin induknya. Pengoperasian mesin induk di atas kapal sangat dipengaruhi oleh kondisi suhu gas buang yang stabil. Namun, ketidakrataan suhu gas buang seringkali terjadi dan dapat mempengaruhi kinerja mesin. Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengevaluasi pengaruh ketidakrataan suhu gas buang terhadap kinerja mesin induk di atas kapal. Metode deskriptif kualitatif digunakan untuk menganalisis variasi suhu gas buang pada setiap silinder mesin induk berdasarkan data hasil pengamatan, dokumentasi, dan pengukuran selama pengoperasian kapal. Analisis statistik dilakukan untuk mengidentifikasi hubungan antara ketidakrataan suhu gas buang dengan efisiensi mesin, konsumsi bahan bakar, dan keandalan operasi kapal. Adapun hasil penelitian menunjukkan bahwa ketidakrataan suhu gas buang memiliki dampak negatif yang signifikan pada kinerja mesin induk, dengan penurunan efisiensi dan peningkatan konsumsi bahan bakar terjadi ketika suhu gas buang tidak merata. Implikasi dari temuan ini menunjukkan pentingnya pemeliharaan sistem bahan bakar dan komponen pembakaran mesin induk, seperti injektor, piston ring, dan exhaust valve, agar suhu gas buang antar silinder tetap stabil sehingga kinerja mesin induk di atas kapal dapat bekerja secara optimal. Metode penelitian dalam penulisan ini menggunakan pendekatan kualitatif dan deskriptif. Sumber data yang diambil peneliti yaitu data primer dan sekunder. Dengan menggunakan teknik pengumpulan data dengan riset lapangan yang meliputi observasi dan wawancara dan dokumentasi.

Kata kunci: suhu gas buang, mesin induk, kapal

ABSTRACT

M. NAUFAL FIKRIE, “THE UNEVEN EFFECT OF EXHAUST GAS TEMPERATURE ON THE PERFORMANCE OF THE MAIN ENGINE ON BOARD THE MT. NARIVA”. Guided by supervisor I, EKO PRAYITNO, S.Pd.I, M.M. and supervisor II, KUNTORO BAYU AJIE, S.Kom, M.T.

Ships are one of the various modes of transportation that are vital in global trade and freight transportation. The performance of a ship is greatly influenced by a variety of factors, including the efficiency of its main engine. The operation of the master engine on board is greatly affected by the stable exhaust gas temperature conditions. However, uneven exhaust gas temperatures are frequent and can affect engine performance. This study aims to evaluate the effect of the unevenness of exhaust gas temperature on the performance of the main engine on board. A qualitative descriptive method was used to analyze the variation in exhaust gas temperature in each cylinder of the main engine based on observation, documentation, and measurement data during the operation of the vessel. Statistical analysis was performed to identify the relationship between exhaust gas temperature unevenness and engine efficiency, fuel consumption, and vessel operating reliability. The results of the study show that the unevenness of the exhaust gas temperature has a significant negative impact on the performance of the main engine, with decreased efficiency and increased fuel consumption occurring when the exhaust gas temperature is uneven. The implications of these findings point to the importance of maintaining the fuel system and combustion components of the main engine, such as the injectors, piston rings, and exhaust valves, to keep the exhaust gas temperature between cylinders stable so that the performance of the main engine on board can work optimally. The research method in this writing uses a qualitative and descriptive approach. The data sources taken by the researcher are primary and secondary data. By using data collection techniques with field research which includes observation and interviews and documentation.

Keywords: *exhaust gas temperature, main engine, ship*

KATA PENGANTAR

Segala puja dan puji syukur dipanjatkan oleh peneliti atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa akan segala kelimpahan rahmat dan anugerah-Nya, karena dengan kehadiran-nya peneliti dapat merampungkan Karya Ilmiah Terapan ini. Penyusunan Karya ilmiah terapan ini serta-merta untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan Program Pendidikan Diploma IV Pelayaran di Politeknik Pelayaran Surabaya dengan gagasan yang berjudul :

”PENGARUH TIDAK RATA SUHU GAS BUANG TERHADAP KINERJA MESIN INDUK DI KAPAL MT. NARIVA”

Pada proses penyelesaian Karya Ilmiah Terapan ini, dengan penuh rasa hormat peneliti menyampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan bimbingan, dorongan, bantuan, serta arahan yang sangat berarti. Oleh karena itu, pada kesempatan ini peneliti mengucapkan terima kasih kepada yang terhormat :

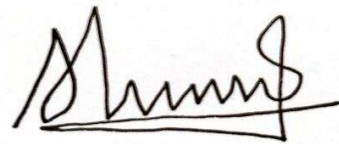
1. Direktur Politeknik Pelayaran Surabaya Bapak MOEJIONO, M.T, M.Mar.E. yang telah memberikan pembinaan kepada taruna-taruni Politeknik Pelayaran Surabaya.
2. Kepala Program Studi D-IV Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal Dr. ANTONIUS EDY KRISTIYONO, M.Mar.E, M.Pd. yang telah memberikan bimbingan kepada taruna-taruni Politeknik Pelayaran Surabaya, terutama Program Studi D-IV Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal
3. Pembimbing I, EKO PRAYITNO, S.Pd.I, M.M. yang telah memberikan masukan dan arahan tentang isi dari materi proposal karya ilmiah terapan kepada penulis.
4. Pembimbing II, KUNTORO BAYU AJIE, S.Kom., M.T. yang telah memberikan masukan dan arahan tentang isi dari materi proposal karya ilmiah terapan kepada penulis.
5. Seluruh civitas dan dosen Politeknik Pelayaran Surabaya yang telah membimbing penulis.
6. Jajaran *Crew* di Kapal MT. Nariva yang telah memberi support kepada peneliti pada saat melaksanakan praktek laut dan membantu peneliti mendapatkan data penelitian yang dibutuhkan oleh peneliti
7. Kedua orang tua saya Bapak MUNAWIR dan Ibu SITI ASMANINGSIH yang selalu mendukung penuh berupa moril maupun material serta do’a dalam penyelesaian proposal karya ilmiah terapan ini dengan penuh kasih sayang.
8. Teman-teman saya khususnya kelas D-IV Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal yang telah memberikan dukungan serta do’a dan memberikan semangat untuk menyelesaikan proposal karya ilmiah terapan ini.

Sebagai penutup, peneliti memiliki harapan agar Karya Ilmiah Terapan ini bisa

memberikan manfaat yang nyata, baik sebagai sumber referensi bagi para pembaca maupun sebagai sarana untuk menambah wawasan dan pengetahuan bagi penulis sendiri. Peneliti sangat sadar jika karya ini mempunyai berbagai kekurangan, maka dari itu saran serta kritik yang bersifat membangun sangat diharapkan untuk penyempurnaan di masa mendatang.

Peneliti berdoa agar Tuhan Yang Maha Esa senantiasa mengasihi hidayah, dan perlindungan dalam setiap proses, khususnya dalam pelaksanaan penelitian kedepannya supaya bisa mendapatkan karya yang terbaik serta bermanfaat secara luas.

SURABAYA, 12 MEI 2026

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'M. Naufal Fikrie', with a horizontal line underneath.

M. NAUFAL FIKRIE
NIT. 22.36.306.3.010

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN	ii
PERSETUJUAN UJI KELAYAKAN PROPOSAL TUGAS AKHIR.....	iii
PERSETUJUAN SEMINAR HASIL TUGAS AKHIR.....	iv
PENGESAHAN PROPOSAL TUGAS AKHIR	v
PENGESAHAN LAPORAN TUGAS AKHIR	vi
ABSTRAK.....	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Penelitian	1
B. Rumusan Masalah	4
C. Batasan Masalah.....	5
D. Tujuan Penelitian.....	5
E. Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
A. Review Penelitian Sebelumnya	8
B. Landasan Teori Penelitian.....	10

1. Mesin Diesel.....	10
2. Siklus Proses Pembakaran.....	15
3. Gas Buang	18
4. Sistem Bahan Bakar	21
5. Bahan Bakar	29
6. <i>Turbocharger</i>	32
7. <i>Intercooler</i>	34
C. Kerangka Berpikir	36
BAB III METODE PENELITIAN	38
A. Jenis Penelitian	38
B. Waktu dan Tempat Penelitian	39
1. Waktu Penelitian.....	39
2. Tempat Penelitian	39
C. Sumber Data dan Teknik Pengumpulan Data	39
1. Sumber Data	39
2. Teknik Pengumpulan Data	40
3. Teknik Analisis Data.....	42
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	44
A. Gambaran Umum Lokasi Penelitian / Subjek Penelitian.....	44
B. Hasil Penelitian.....	46
1. Penyajian Data	46
2. Analisis Data	50
C. Pembahasan.....	56

BAB V PENUTUP.....	57
A. Simpulan	57
B. Saran	58
DAFTAR PUSTAKA.....	60

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Review Penelitian Sebelumnya.....	8
Tabel 4. 1 Data Suhu Gas Buang.....	47
Tabel 4. 2 Data Selisih Suhu Gas Buang	49
Tabel 4. 3 Perbandingan Pada Injector	51
Tabel 4. 4 Triangulasi Data Hasil Wawancara	54

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Kepala Silinder (<i>Cylinder head</i>).....	10
Gambar 2. 2 Blok Silinder (<i>Cylinder Block</i>).....	11
Gambar 2. 3 Piston dan Batang Piston (<i>Pistons & Connecting Rod</i>).....	12
Gambar 2. 4 <i>Flywheel</i>	13
Gambar 2. 5 <i>Crankshaft</i>	13
Gambar 2. 6 <i>Valve</i>	14
Gambar 2. 7 Langkah Hisap & Kompresi.....	17
Gambar 2. 8 Langkah Kerja, Buang & Hisap	17
Gambar 2. 9 Sistem Bahan Bakar	22
Gambar 2. 10 Kerangka Berpikir Penelitian	36
Gambar 4. 1 MT. NARIVA.....	44
Gambar 4. 2 <i>Ship's Particulars</i> MT. NARIVA.....	45
Gambar 4. 3 <i>Crew List</i> MT. NARIVA	46
Gambar 4. 4 <i>Piston Crown</i>	51
Gambar 4. 5 <i>Ring Piston</i>	52
Gambar 4. 6 <i>Exhaust Valve</i>	53

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Penelitian

Moda transportasi kapal sebagai salah satu sarana transportasi yang sangat penting dalam kegiatan perdagangan dunia., kapal telah menjadi bagian integral dari aktivitas manusia sejak zaman kuno. Baik untuk menjelajahi lautan, berdagang antar benua, atau memperluas kekaisaran, kapal telah memfasilitasi pertukaran budaya, ekonomi, dan politik di seluruh dunia (Arwini, 2023).

Moda transportasi kapal juga merupakan tulang punggung perdagangan global, sebagian besar barang yang diperdagangkan di seluruh dunia diangkut melalui jalur laut. Kapal kargo dapat mengangkut berbagai jenis benda dari suatu negara ke negara lain, memungkinkan arus barang yang lancar dan efisien (Kusasi & Akhirman, 2023).

Kapal memainkan peran penting dalam menjaga konektivitas antar benua dengan melalui jalur laut, orang dan barang dapat dengan mudah bergerak dari satu benua ke benua lainnya. Hal ini membuka pintu bagi pertukaran budaya, pariwisata, migrasi, dan investasi lintas batas, kapal menjadi landasan ekonomi maritim yang berkembang pesat. Ini mencakup berbagai industri seperti perkapalan, pembangunan kapal, logistik, pelayaran, konstruksi, dan pariwisata kapal pesiar. Ekonomi maritim memberikan kontribusi besar terhadap pertumbuhan ekonomi global (Patampang & Mokodompit, 2025).

Transportasi laut juga memainkan peran dalam diskusi tentang perubahan

iklim. Kapal-kapal besar, terutama kapal kargo, dapat mempengaruhi emisi karbon dan polutan lainnya. Oleh karena itu, ada tekanan untuk mengembangkan teknologi dan praktik yang lebih ramah lingkungan dalam industri perkapalan. Kapal juga memiliki peran penting dalam keamanan nasional banyak negara. Mereka digunakan untuk transportasi militer, patroli perbatasan, dan proyeksi kekuatan di seluruh dunia. Selain itu, kapal juga membawa lalu lintas penting seperti minyak, gas alam, dan barang-barang strategis lainnya (Mursidi, 2024).

Dengan demikian, transportasi kapal tidak hanya merupakan metode transportasi yang penting secara ekonomi, tetapi juga memiliki implikasi luas dalam hal keamanan, lingkungan, dan konektivitas global. Perkembangan teknologi dan praktik terkini terus mengubah lanskap transportasi kapal, dengan upaya untuk meningkatkan efisiensi, keamanan, dan keberlanjutan industri perkapalan. Mesin induk itu sendiri memiliki komponen kunci dalam sistem propulsi kapal, yang memainkan peran vital dalam keselamatan dan efisiensi operasional kapal. Dalam konteks ini, pengertian yang lebih mendalam mengenai faktor-faktor yang memengaruhi kinerja mesin induk, termasuk suhu gas buang yang tidak merata, menjadi sangat penting untuk menjamin operasional kapal yang aman serta efisien (Razi, 2024).

Kinerja mesin induk yang optimal berkaitan langsung dengan efisiensi operasional kapal, yang pada gilirannya dapat memiliki dampak signifikan pada biaya operasional perusahaan pelayaran. Perubahan kecil dalam kinerja mesin induk, seperti akibat ketidakrataan suhu gas buang, dapat berdampak besar pada konsumsi bahan bakar dan biaya pemeliharaan (Nugraha et al., 2022).

Meskipun suhu gas buang merupakan parameter penting dalam kinerja mesin, penelitian yang mendalam tentang pengaruh ketidakrataan suhu gas buang terhadap kinerja mesin induk masih terbatas. Sebab karena itu, penelitian ini akan mengisi tentang pengetahuan tersebut dan memberikan wawasan yang berharga bagi industri maritim.

Dengan pemahaman yang lebih baik tentang pengaruh suhu gas buang terhadap kinerja mesin induk, ada peluang untuk mengembangkan solusi teknologi dan inovasi yang dapat meningkatkan efisiensi operasional kapal serta mengurangi dampak lingkungan. Untuk mengukur kinerja mesin induk, beberapa parameter utama sering dipertimbangkan, termasuk efisiensi termal, daya keluaran, konsumsi bahan bakar, dan emisi. Setiap perubahan dalam parameter ini dapat memengaruhi efisiensi dan produktivitas keseluruhan dari operasi kapal (Irawan, 2025).

Ada banyak faktor yang dapat memengaruhi kinerja mesin induk, termasuk kondisi operasional, pemeliharaan yang tepat, jenis bahan bakar yang digunakan, dan efisiensi sistem pembuangan gas. Ketidakrataan suhu gas buang adalah salah satu faktor yang kurang dipahami namun potensial memengaruhi kinerja mesin induk.

Tidak ratanya suhu gas buang bisa disebabkan oleh beberapa faktor, termasuk ketidakseimbangan aliran gas di dalam mesin, masalah pada sistem pembakaran, atau masalah pada sistem pendinginan. Setiap ketidakrataan ini dapat mengganggu proses pembakaran yang efisien dan merusak kinerja mesin secara keseluruhan. Selain kinerja operasional, efek lingkungan dari operasi kapal juga menjadi perhatian utama.

Emisi gas buang, yang dapat dipengaruhi oleh suhu gas buang yang tidak merata, memiliki dampak penting terhadap kualitas udara dan lingkungan laut. Melalui pemahaman yang mendalam tentang faktor-faktor ini, serta penelitian yang terkait dengan pengaruh suhu gas buang terhadap kinerja mesin induk, akan menjadi dasar penting dalam merancang penelitian yang fokus pada topik tersebut. Dengan pemahaman yang baik tentang latar belakang ini, penelitian tersebut memberikan pengetahuan yang penting bagi industri maritim dalam upaya untuk meningkatkan efisiensi operasional dan mengurangi dampak lingkungan kapal.

Sehubungan dengan permasalahan tersebut serta berdasarkan uraian yang telah dipaparkan di atas, maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul sebagai berikut : **“PENGARUH TIDAK RATA SUHU GAS BUANG TERHADAP KINERJA MESIN INDUK DI ATAS KAPAL MT. NARIVA”**

B. Rumusan Masalah

Pada sebuah karya ilmiah, proses ini menjadi aspek yang paling penting karena dapat membantu memudahkan proses penelitian serta menemukan jawaban dengan tepat dan presisi. Dari hasil uraian latar belakang yang sudah dipaparkan diatas, peneliti menyusun beberapa pokok permasalahan yaitu :

1. Bagaimana kondisi ketidakrataan suhu gas buang pada mesin induk di MT. Nariva?
2. Faktor-faktor apa saja yang menyebabkan ketidakrataan suhu gas buang pada mesin induk?

3. Bagaimana upaya penanganan ketidakrataan suhu gas buang pada mesin induk di MT. Nariva?

C. Batasan Masalah

Pada penelitian ini peneliti memberi batasan masalah agar dapat memberikan fokus penelitian pada penulisan ini yaitu mengenai sistem bahan bakar yang berpengaruh pada tidak rata suhu gas buang terhadap kinerja mesin induk di atas kapal.

D. Tujuan Penelitian

Pada sebuah karya ilmiah, penetapan tujuan yang jelas sangat diperlukan agar hasil yang diperoleh dapat memberikan manfaat yang maksimal. Tujuan penelitian ini juga memiliki keterkaitan langsung dengan latar belakang serta rumusan masalah yang telah disusun oleh peneliti sebelumnya. Maka dari itu peneliti memiliki tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini yaitu :

1. Untuk mendeskripsikan kondisi ketidakrataan suhu gas buang pada mesin induk di MT. Nariva.
2. Untuk mengetahui faktor penyebab ketidakrataan suhu gas buang.
3. Untuk mengetahui upaya penanganan ketidakrataan suhu gas buang pada mesin induk.

E. Manfaat Penelitian

Penelitian mengenai kinerja mesin induk secara tidak langsung dapat

mengungkap berbagai permasalahan yang berhubungan dengan performa operasionalnya. Maka dari itu, dengan penelitian ini peneliti mengharapkan dapat memperoleh jawaban atas permasalahan yang terjadi. Adapun hasil dari penelitian ini diharapkan memberi manfaat untuk perwira mesin, pembaca, serta rekan-rekan yang menghadapi permasalahan serupa, sebagai acuan dalam memahami pengaruh gas buang, khususnya ketidakseimbangan suhu gas buang pada mesin induk. Selain itu, penyusunan KIT ini juga memiliki kegunaan yang lebih rinci, di antaranya sebagai berikut:

1. Manfaat secara teoritis

Sebagai tambahan ilmu dan pemikiran yang berkaitan pada sistem gas buang untuk taruna sebelum melakukan praktik laut maupun bagi perwira kapal untuk referensi dalam menunjang operasional kapal. Utamanya dalam memahami ketidakseimbangan suhu gas buang terhadap kinerja mesin induk, serta mengetahui sebab dan akibat dari permasalahan tersebut di atas kapal.

2. Manfaat secara praktis

- a. Bagi Crew Engine di kapal.

Peneliti mengharapkan hasil penelitian ini memberikan manfaat untuk para perwira kapal kontribusi informasi serta pemeliharaan yang diperlukan untuk menjaga kinerja mesin utama.

- b. Bagi siswa di lembaga Pendidikan

Penelitian ini bisa dibuat sebagai referensi pembelajaran dalam salah satu upaya untuk menambahkan mutu dan kualitas pengetahuan siswa.

c. Bagi Perusahaan

Dalam penelitian ini, peneliti mengharapkan hasilnya bisa dibuat untuk dasar bagi perusahaan pelayaran dalam menetapkan kebijakan baru terkait manajemen perawatan, serta sebagai acuan dalam menerapkan pola atau sistem yang tepat untuk mengatasi situasi serupa yang terjadi di kapal.

d. Bagi Lembaga Pendidikan

Peneliti mengharapkan hasil dari penelitian ini untuk para taruna menjadi lebih memiliki kualitas dan memberi kemudahan para taruna serta perwira siswa yang sedang dalam masa pendidikan di Politeknik Pelayaran Surabaya untuk referensi dan sumber bacaan dalam belajar.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Review Penelitian Sebelumnya

Adapun hasil dari penelitian yang dilakukan peneliti sebelumnya sebagai berikut:

Tabel 2. 1 Review Penelitian Sebelumnya
Sumber : Diolah Peneliti

NO	Judul	Penulis	Metode	Hasil Penelitian	Perbedaan Penelitian
1.	PENGARUH INJEKTOR TERHADAP MENINGKATNYA SUHU GAS BUANG MESIN INDUK DI ATAS KAPAL MV.MARA	(M.Tanto Febriyanto HS, 2019)	1. Metode penelitian yang diterapkan dalam jurnal ini yaitu metode analisis deskriptif 2. Metode pengumpulan data yang diterapkan dalam jurnal ini yaitu a. Metode Lapangan dengan cara observasi, wawancara. b. Tinjauan Kepustakaan (<i>Library Research</i>) c. Metode Subjektif Deskriptif d. Definisi Operasional	Berdasarkan pembahasan pada bab sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa penurunan kinerja injektor dalam proses pembakaran motor diesel disebabkan oleh beberapa faktor utama. Salah satunya adalah tersumbatnya lubang nozzle akibat bahan bakar yang kotor karena kurangnya perawatan pada komponen sistem bahan bakar, sehingga terjadi penyempitan hingga kemungkinan kebuntuan. Selain itu, pembakaran yang tidak sempurna juga menimbulkan endapan karbon pada ujung nozzle dalam bentuk butiran yang semakin lama	Penelitian ini berfokus pada pengaruh ketidakrataan suhu gas buang terhadap kinerja mesin induk di MT. NARIVA dengan analisis multi-komponen (injektor, piston ring, exhaust valve), sedangkan penelitian sebelumnya hanya berfokus pada pengaruh injektor terhadap kenaikan suhu gas buang di MV. MARA.

NO	Judul	Penulis	Metode	Hasil Penelitian	Perbedaan Penelitian
				semakin menumpuk dan menghambat penyemprotan bahan bakar ke ruang bakar. Faktor lainnya adalah terjadinya kebocoran berupa tetesan bahan bakar pada nozzle, baik sebelum maupun sesudah proses pembakaran, yang menyebabkan pembentukan gas di dalam ruang bakar. Kondisi ini mengakibatkan bahan bakar tidak terbakar secara optimal dan menimbulkan asap hitam pada cerobong.	
2.	PENGARUH INJEKTOR TERHADAP SUHU GAS BUANG MESIN INDUK DI MT. SINDANG	(Akhdan Baihaqi Mustofa, 2022)	1. Metode penelitian yang diterapkan dalam jurnal ini yaitu metode kualitatif 2. Metode pengumpulan data yang diterapkan dalam jurnal ini yaitu a. Metode Lapangan dengan cara observasi, <i>maintenance</i> . b. Tinjauan Kepustakaan (<i>Library Research</i>)	Berdasarkan uraian yang telah disampaikan, penulis menyimpulkan bahwa injektor yang tidak berfungsi dengan baik dapat memengaruhi suhu gas buang pada mesin induk, sehingga berdampak pada kinerja operasional serta kondisi mesin dan dapat menjadi indikasi adanya kerusakan pada F.I.V. Selain itu, ketidakoptimalan kerja injektor tersebut disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain keausan pada	Penelitian ini mengevaluasi pengaruh ketidakrataan suhu gas buang secara keseluruhan terhadap kinerja mesin di MT. NARIVA menggunakan metode deskriptif kualitatif dengan triangulasi data, sedangkan penelitian sebelumnya

NO	Judul	Penulis	Metode	Hasil Penelitian	Perbedaan Penelitian
				nozzle injektor, terjadinya penyumbatan pada lubang semprot (spray hole), serta penyetelan injektor yang kurang tepat.	berfokus khusus pada hubungan injektor dan suhu gas buang di MT. SINDANG.

B. Landasan Teori Penelitian

1. Mesin Diesel

Menurut Rudolf dalam jurnal karya (Ramandha, 2023) Mesin diesel adalah salah satu mesin pembakaran dalam yang kerjanya didasari oleh prinsip penyalan akibat kompresi, di mana bahan bakar akan terbakar secara otomatis karena suhu udara di dalam silinder meningkat akibat proses pemampatan yang tinggi. Gas yang terbentuk dari proses tersebut bukan berasal dari percikan alat bantu seperti busi, melainkan murni dari hasil kompresi itu sendiri. Umumnya, mesin diesel memiliki ukuran besar karena mampu menghasilkan tekanan dan tenaga pembakaran yang tinggi.. Adapun komponen mesin diesel dibagi menjadi beberapa bagian, yaitu :

a. Kepala Silinder (*Cylinder head*)



Gambar 2. 1 Kepala Silinder (*Cylinder head*)

Sumber : Dokumen Pribadi

Cylinder head merupakan elemen yang terletak di posisi atas blok silinder dan berfungsi untuk penutup ruang pembakaran. Pada bagian ini terdapat katup masuk dan katup buang yang berperan dalam mengatur masuknya udara serta bahan bakar ke dalam ruang bakar, sekaligus mengontrol keluarnya gas hasil pembakaran. Dengan demikian, kepala silinder memiliki peran penting dalam mengatur jalannya proses pembakaran agar berlangsung secara efisien (Kuntoro, 2025).

b. Blok Silinder (*Cylinder Block*)

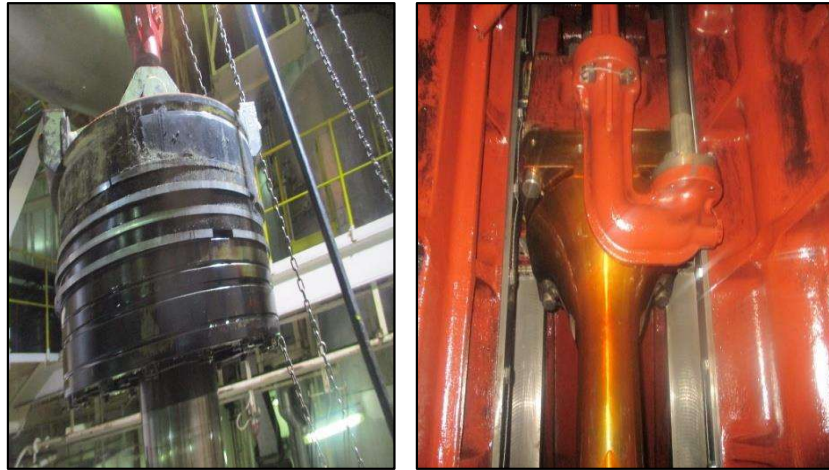


Gambar 2. 2 Blok Silinder (*Cylinder Block*)

Sumber : Dokumen Pribadi

Merupakan bagian utama pada mesin diesel yang berfungsi sebagai rangka dasar sekaligusudukan bagi berbagai komponen mesin lainnya. Umumnya komponen ini dibuat dari material logam yang memiliki kekuatan dan ketahanan tinggi terhadap panas serta tekanan. Di dalam blok silinder terdapat lubang silinder yang menjadi lintasan gerak piston, sehingga piston dapat bergerak naik turun secara stabil dan terarah selama proses kerja mesin berlangsung.

c. Piston dan Batang Piston (*Pistons & Connecting Rod*)



Gambar 2. 3 Piston dan Batang Piston (*Pistons & Connecting Rod*)

Sumber : Dokumen Pribadi

Piston merupakan elemen mesin berbentuk silinder yang pergerakannya naik turun pada lubang silinder. Perannya sangat vital karena berfungsi untuk memampatkan udara (atau campuran udara dan bahan bakar) di dalam ruang bakar serta meneruskan gaya hasil pembakaran menjadi tenaga mekanis. Piston tidak bekerja secara mandiri, melainkan terhubung dengan batang piston (connecting rod) yang berfungsi mengubah gerak bolak-balik piston menjadi gerak putar melalui poros engkol.

d. *Flywheel*

Flywheel merupakan komponen berbentuk cakram dengan massa besar yang dipasang pada ujung poros engkol. Fungsinya adalah menyimpan energi kinetik yang dihasilkan selama proses kerja mesin sehingga putaran tetap stabil. Selain itu, *flywheel* juga berperan dalam meredam fluktuasi putaran dan membantu menyalurkan tenaga secara lebih

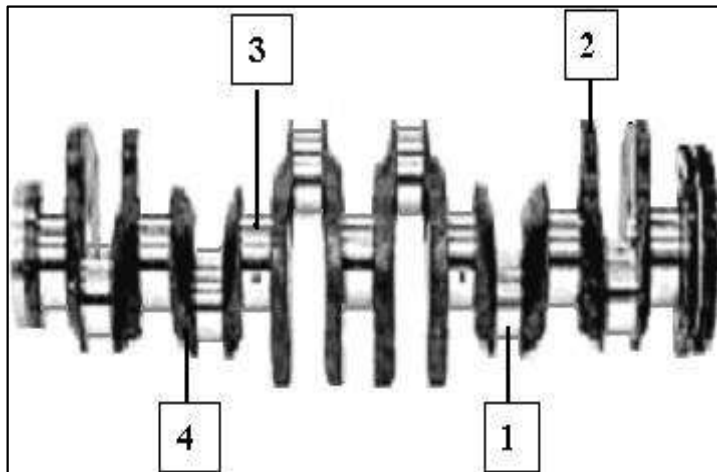
halus dari mesin ke sistem penggerak lainnya.



Gambar 2. 4 Flywheel

Sumber : Dokumen Pribadi

e. *Crankshaft*



Gambar 2. 5 *Crankshaft*

Sumber : scribd.com/document/584200014/

Merupakan satu dari sekian elemen penting pada mesin yang tidak bisa dilupakan pada motor diesel adalah crankshaft (poros engkol). Komponen ini berfungsi sebagai poros utama untuk merubah gerakan naik-turun piston jadi bergerak secara memutar. Selain itu, crankshaft juga berperan dalam meneruskan tenaga dari piston ke sistem penggerak lain, seperti transmisi, sehingga mesin dapat menghasilkan gerakan. Apabila crankshaft mengalami keausan, maka perlu segera dilakukan perbaikan atau

penggantian agar keseimbangan putaran mesin tetap terjaga dan kinerja tidak terganggu.

f. *Valve*



Gambar 2. 6 *Valve*

Sumber : Dokumen Pribadi

Valve atau katup merupakan komponen yang berfungsi mengatur keluar-masuknya fluida gas pada ruang bakar. Pada mesin diesel, terdapat dua jenis katup utama, yaitu katup masuk (*inlet valve*) yang berfungsi mengalirkan udara ke dalam ruang bakar, serta katup buang (*exhaust valve*) yang berperan mengeluarkan gas sisa hasil pembakaran. Kinerja katup yang optimal sangat berpengaruh terhadap kelancaran siklus kerja mesin dan efisiensi proses pembakaran. Dalam sistem mesin pembakaran dalam, kedua jenis katup tersebut harus mampu bekerja secara presisi. Untuk menjamin kerapatan ruang bakar, setiap katup dilengkapi dengan *valve seat* insert yang terpasang pada *cylinder head*. Ketika katup menutup, bagian *valve head* akan bersentuhan langsung dengan *valve seat* sehingga tidak terjadi kebocoran. Gerakan katup berlangsung secara naik-turun di dalam *valve guide* yang juga berada pada *cylinder head*. Komponen *valve guide*

ini berfungsi menjaga agar pergerakan katup tetap lurus dan stabil, sekaligus membantu proses pelepasan panas dari katup. Sementara itu, bagian *valve stem* merupakan batang katup yang memanjang hingga keluar dari *valve guide* pada bagian atas *cylinder head*, yang berperan dalam meneruskan gerakan dari mekanisme penggerak katup.

2. Siklus Proses Pembakaran

Mesin diesel dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis berdasarkan siklus kerjanya, yaitu mesin diesel dua langkah (2-tak) dan empat langkah (4-tak), di mana mesin diesel 2-tak umumnya digunakan pada kapal berukuran besar karena mampu menghasilkan tenaga lebih besar dalam satu siklus kerja dibandingkan mesin 4-tak; sementara itu, pada mesin diesel 4-tak, proses pembakaran berlangsung melalui tahapan yang memiliki urutan penyalaan (*firing order*) berbeda-beda tergantung jumlah dan konfigurasi silinder, misalnya pada mesin 4 silinder biasanya menggunakan urutan 1-3-4-2, sedangkan mesin 6 silinder menggunakan 1-5-3-6-2-4, dan untuk konfigurasi lain seperti tipe V (V-6 atau V-8) urutan pembakarannya dapat bervariasi sesuai desain pabrikan untuk menjaga keseimbangan dan kinerja mesin.

Urutan pembakaran yang tidak tepat dapat berdampak pada meningkatnya getaran, kebisingan, serta ketidakstabilan output daya mesin. Oleh karena itu, pemahaman mengenai *firing order* pada setiap jenis mesin menjadi hal yang penting agar distribusi tenaga antar silinder dapat berlangsung merata dan operasi mesin menjadi lebih halus. Selain itu, penguasaan dasar

perhitungan urutan pembakaran pada mesin diesel juga diperlukan untuk menunjang analisis kinerja dan menjaga keandalan sistem kerja mesin.

Siklus pembakaran pada motor dua langkah (2-tak) merupakan proses kerja mesin pembakaran dalam yang menyelesaikan satu siklus hanya dalam dua kali gerakan piston. Berbeda dengan mesin empat langkah yang membutuhkan empat tahap gerakan piston untuk menyelesaikan satu siklus, pada mesin 2-tak seluruh proses utama seperti pemasukan (intake), kompresi, usaha (tenaga), dan pembuangan dapat berlangsung dalam dua langkah saja, sehingga menghasilkan frekuensi tenaga yang lebih sering dalam setiap putaran poros engkol.

Selain diaplikasikan pada mesin bensin, sistem dua langkah juga digunakan pada mesin diesel, khususnya pada desain piston berlawanan (opposed piston). Mesin tipe ini umumnya dipakai pada permesinan berkecepatan rendah seperti mesin induk kapal besar, serta pada beberapa konfigurasi mesin V8 untuk truk dan kendaraan berat. Dalam satu siklus kerjanya, mesin dua langkah terdiri dari dua tahap utama, yaitu langkah hisap sekaligus kompresi, serta langkah usaha yang diikuti proses buang dan pembilasan (scavenging).

Siklus motor 2 langkah ini dikembangkan oleh insinyur Skotlandia bernama Sir Dugald Clerk pada tahun 1881, yang berperan penting dalam pengembangan mesin dua langkah atau motor dua langkah. Dikenal karena kontribusinya dalam meningkatkan efisiensi dan kinerja mesin dua langkah melalui pengenalan konsep pembakaran dalam terpisah.

Siklus kerja motor 2-tak meliputi langkah-langkah sebagai berikut:

a. Langkah Hisap & Kompresi

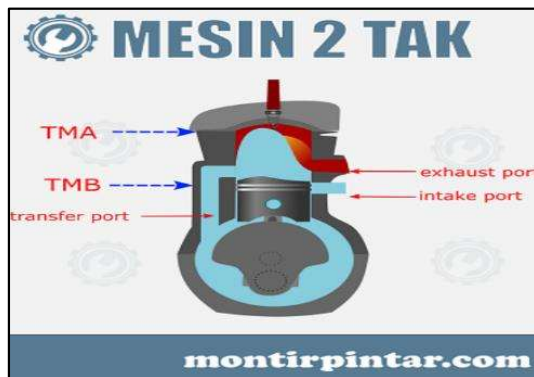


Gambar 2. 7 Langkah Hisap & Kompresi

Sumber : montirpintar.com

Piston bergerak naik dan membuka katup masuk udara untuk mengisi udara ke dalam ruang karter, sementara piston juga menutup manifold pembuangan. Piston terus bergerak naik untuk melakukan proses kompresi udara.

a. Langkah Kerja, Buang & Bilas



Gambar 2. 8 Langkah Kerja, Buang & Hisap

Sumber : montirpintar.com

Piston bergerak turun sehingga port atau saluran buang mulai terbuka, sementara pada saat yang sama aliran udara masuk tertutup. Selama piston masih bergerak menuju TMB (Titik Mati Bawah) namun belum

mencapainya, sisa gas hasil pembakaran akan terdorong keluar dan digantikan oleh udara segar melalui saluran transfer yang terbuka, sehingga terjadi proses pembilasan (scavenging) di dalam silinder.

3. Gas Buang

Peneliti menemukan sebuah pendapat dari P. Van Maaen dalam buku *Motor Diesel Kapal* jilid 1 dikutip oleh (Galih, 2022), gas buang merupakan sisa hasil proses pembakaran bahan bakar yang terjadi pada mesin pembakaran dalam. Proses tersebut berlangsung di dalam motor bakar, di mana gas hasil pembakaran tidak hanya terbentuk tetapi juga berperan menjadi fluida kerja. Pada motor diesel, torak bergerak bolak-balik di dalam beberapa silinder, tempat terjadinya reaksi antara bahan bakar dan udara yang dipasok, umumnya melalui bantuan turbocharger. Gas hasil pembakaran ini kemudian menghasilkan tekanan yang mendorong torak dan diteruskan menjadi gerak putar melalui poros engkol, sedangkan proses pembakarannya sendiri terjadi akibat penyalaan spontan karena tekanan dan temperatur udara yang tinggi (compression ignition).

Gas buang yang dihasilkan dialirkan langsung ke turbin. Pendinginan dengan air laut pada kompressor turbo diperlukan untuk mencapai kepekatan udara yang tinggi, yang memungkinkan pengisian silinder secara optimal dan meningkatkan rendemen termis motor. Gangguan pada komponen yang berkaitan dengan sistem gas buang, seperti intercooler, dapat mempengaruhi proses pembilasan udara di dalam silinder. Hal ini menyebabkan suplai udara segar menjadi tidak optimal sehingga proses pembakaran pada siklus

berikutnya terganggu dan berpotensi meningkatkan temperatur gas buang.

Gas buang yang dihasilkan oleh motor diesel pada umumnya mengandung kadar CO dan UHC yang relatif rendah, serta konsentrasi NO₂ yang lebih kecil dibandingkan NO. Oleh karena itu, komponen yang paling dominan dan berpotensi menimbulkan dampak negatif dalam emisi gas buang mesin diesel adalah NO serta partikel asap hitam (soot).

a. Asap Hitam

Asap hitam pada mesin diesel merupakan permasalahan yang cukup serius karena selain dapat mengganggu jarak pandang, juga berpotensi mengandung senyawa berbahaya yang bersifat karsinogenik. Kondisi ini umumnya disebabkan oleh pembakaran yang tidak sempurna, sehingga masih terdapat kandungan hidrokarbon yang belum terbakar (UHC), karbon monoksida (CO), serta oksida nitrogen (NO dan NO₂) dalam gas buang. Meskipun secara umum mesin diesel menghasilkan kadar CO dan UHC yang lebih rendah dibandingkan mesin bensin, konsentrasi NO₂ relatif lebih kecil dibandingkan NO, sehingga perhatian utama dalam emisi gas buang diesel lebih difokuskan pada kadar NO dan keberadaan asap hitam (soot). Selain itu, terdapat pula beberapa faktor lain yang dapat menimbulkan gangguan, meskipun biasanya bersifat sementara dan tidak selalu berdampak signifikan terhadap kinerja mesin..

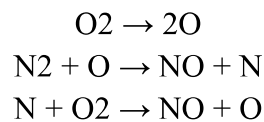
b. Asap Putih

Asap putih ketika keluar dari mesin diesel dapat disebabkan oleh beberapa masalah berbeda. Masalah yang paling umum adalah masalah

pada sistem injeksi bahan bakar, yang mungkin disebabkan oleh injektor yang tersumbat, segel yang aus, atau kabel yang rusak. Munculnya asap putih saat kondisi start dingin umumnya disebabkan oleh penguapan bahan bakar atau minyak pelumas yang belum terbakar sempurna sehingga membentuk kabut. Sementara itu, asap biru terjadi akibat proses pembakaran yang tidak sempurna, terutama ketika mesin masih dalam tahap pemanasan atau beroperasi pada beban rendah. Selain itu, gas buang yang dihasilkan juga dapat menimbulkan bau yang tidak sedap dan mengganggu lingkungan sekitar. Penggunaan bahan bakar dengan kandungan belerang tinggi sebaiknya dihindari karena dapat meningkatkan emisi sulfur dioksida (SO_2) pada gas buang.

c. Oksida Nitrogen (NO)

NO terbentuk sebagai akibat reaksi antara nitrogen (N_2) dan oksigen (O_2) pada kondisi temperatur tinggi, biasanya di atas 2000°C selama proses pembakaran berlangsung. Reaksi pembentukannya dapat dinyatakan melalui persamaan berikut:



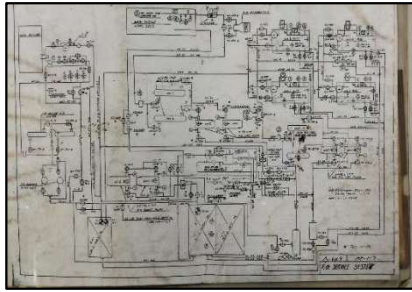
Meskipun NO pada temperatur tinggi dapat terurai kembali menjadi N_2 dan O_2 , laju reaksi tersebut relatif lambat sehingga sulit terjadi dalam waktu singkat atau hanya dalam satu siklus pembakaran. Selama proses konversi NO menjadi NO_2 , turut terbentuk senyawa lain seperti O_3 , HCHO , CH_3HCO , dan PAN. Konsentrasi NO_2 umumnya akan meningkat hingga

mencapai nilai maksimum, kemudian menurun, sedangkan konsentrasi senyawa lain cenderung meningkat secara bertahap. Dalam penyajian data, satuan pphm (*parts per hundred million*) menunjukkan jumlah molekul NO₂ dalam 10⁸ molekul gas buang. Sementara itu, ppmC (*parts per million carbon*) merupakan nilai yang diperoleh dari perhitungan jumlah atom karbon menggunakan alat *flame ionization detector* (FID). Adapun nilai HC dalam ppm didapat dari pengukuran hidrokarbon dengan asumsi senyawa yang dianalisis adalah n-heksana menggunakan *non dispersive infrared analyzer* (NDIR). Karena ppmC diasumsikan berbasis metana, maka 6 ppmC setara dengan 1 ppm.

4. Sistem Bahan Bakar

Dalam mesin diesel sistem ini berfungsi untuk menjamin suplai bahan bakar dapat berlangsung secara efisien, tepat waktu, dan dengan jumlah yang sesuai, sehingga mampu memenuhi kebutuhan daya mesin sesuai dengan kondisi operasinya.

Sistem tersebut terdiri dari komponen utama yang berfungsi mengatur suplai bahan bakar sesuai kebutuhan daya mesin. Pengaturan ini mencakup jumlah dan waktu penyemprotan yang dikendalikan oleh governor pada pompa tipe Bosch, sehingga proses pembakaran dapat berlangsung optimal. Secara umum, aliran bahan bakar dimulai dari tangki penyimpanan, kemudian dialirkan melalui rangkaian sistem hingga akhirnya disemprotkan oleh injektor ke dalam ruang bakar melalui tahapan yang saling terhubung, berikut diagram piping system bahan bakar :



Gambar 2. 9 Sistem Bahan Bakar

Sumber : Dokumen Pribadi

a. Elemen Dalam Bahan Bakar

Dalam sistem bahan bakar di kapal, terdapat beberapa komponen utama yang memiliki peranan penting dalam menunjang kelancaran proses penyaluran dan pembakaran bahan bakar, antara lain sebagai berikut :

1) Double Bottom

Double bottom pada kapal merupakan konstruksi berupa lapisan ganda di bagian dasar lambung yang dirancang untuk meningkatkan keselamatan apabila terjadi kebocoran. Struktur ini berfungsi sebagai pelindung tambahan karena masih terdapat ruang kedap air yang dapat menahan masuknya air laut. Selain itu, double bottom juga dimanfaatkan sebagai tempat penyimpanan seperti ballast, bahan bakar, maupun air tawar. Keberadaan struktur ini turut berperan dalam menjaga stabilitas kapal serta menambah kekuatan melintang pada badan kapal.

2) Transfer Pump

Pompa yang berfungsi sebagai alat untuk memindahkan fluida berupa bahan bakar (fuel oil) dari tangki penyimpanan menuju tangki

penampungan. Pada sistem bahan bakar di kapal, pompa transfer umumnya menggunakan tipe pompa sentrifugal atau pompa perpindahan positif, seperti gear pump dan plunger pump, guna memastikan aliran bahan bakar berlangsung secara efisien dan kontinu menuju mesin utama maupun generator.

3) Settling Tank

Elemen ini merupakan tangki yang berfungsi sebagai tempat pengendapan bahan bakar setelah dipindahkan dari tangki penyimpanan menggunakan pompa transfer. Proses pengendapan ini bertujuan untuk memisahkan kotoran dan kandungan air dari bahan bakar, dengan waktu minimum sekitar 24 jam sesuai ketentuan class rule.

4) Service Tank

Service tank dalam sistem bahan bakar di atas kapal berfungsi sebagai tangki penyimpanan sementara yang menampung bahan bakar bersih yang siap digunakan oleh mesin induk dan generator. Bahan bakar dari tangki utama dipompa ke service tank, di mana biasanya melalui proses pemurnian tambahan, seperti pemisahan air dan partikel kotoran, sebelum disupply ke Main Engine untuk pembakaran. Service tank ini memastikan bahwa mesin selalu mendapatkan pasokan bahan bakar berkualitas tinggi, yang penting untuk operasi yang efisien.

5) Booster Pump

Pada umumnya, istilah circulating pump digunakan untuk menyebut pompa yang bekerja pada tekanan tinggi dalam sistem bahan

bakar, yang berfungsi untuk memenuhi kebutuhan tekanan bahan bakar sesuai dengan yang dibutuhkan oleh mesin selama proses operasi.

6) Heater

Heater pada sistem bahan bakar berfungsi sebagai pemanas awal sebelum bahan bakar masuk ke separator. Komponen ini digunakan untuk meningkatkan temperatur bahan bakar, khususnya Heavy Fuel Oil (HFO), sehingga viskositasnya menurun dan alirannya menjadi lebih mudah. Dengan kondisi tersebut, proses pemompaan dan penyemprotan bahan bakar ke dalam ruang bakar dapat berlangsung lebih optimal. Pemanasan bahan bakar dilakukan di beberapa titik dalam sistem, seperti di tangki harian (day tank), saluran distribusi, atau langsung sebelum bahan bakar masuk ke injektor mesin. Heater ini memastikan bahan bakar tetap dalam kondisi optimal untuk pembakaran yang efisien dan mencegah masalah seperti penyumbatan pipa dan filter. Heater pada sistem bahan bakar di atas kapal dapat menggunakan berbagai jenis heater yaitu :

- a) Steam Heater : Memanaskan bahan bakar dengan menggunakan uap panas sebagai sumber panas.
- b) Electric Heater : Menggunakan pemanas listrik untuk memanaskan bahan bakar.
- c) Hot Water Heater : Menggunakan air panas dari sistem pendingin atau sistem pemanas lainnya untuk memanaskan bahan bakar.

- d) Exhaust Gas Heater : Memanfaatkan panas yang berasal dari gas buang mesin sebagai sumber energi untuk memanaskan bahan bakar, sehingga suhu bahan bakar meningkat dan viskositasnya menurun agar lebih mudah dialirkan dan digunakan dalam proses pembakaran.
- e) Fuel Oil Heater : Merupakan heater khusus yang digunakan untuk memanaskan bahan bakar jenis Heavy Fuel Oil (HFO) sehingga viskositasnya menurun, dengan tujuan agar bahan bakar lebih mudah dipompa serta proses pengabutan (atomisasi) saat penyemprotan ke ruang bakar dapat berlangsung lebih optimal.

Pemilihan jenis heater pada sistem bahan bakar kapal umumnya disesuaikan dengan kebutuhan operasional, jenis bahan bakar yang digunakan, serta tingkat efisiensi energi yang ingin dicapai agar kinerja sistem tetap optimal.

7) Viscosity Regulator

Merupakan alat yang fungsinya untuk menghitung viskositas bahan bakar sebelum dialirkan ke mesin, yang umumnya dipasang pada saluran keluar (outlet) dari heater bahan bakar. Perangkat ini terhubung dengan sistem pemanas sehingga dapat memantau perubahan viskositas sekaligus mengatur temperatur bahan bakar secara otomatis agar sesuai dengan kebutuhan operasi mesin.

8) Purifier

Dalam sistem bahan bakar, purifier berfungsi untuk

membersihkan bahan bakar dari kandungan kotoran, air, dan partikel lain yang dapat mengganggu kinerja mesin. Alat ini bekerja dengan prinsip pemisahan sentrifugal, yaitu memanfaatkan putaran berkecepatan tinggi dalam sebuah drum untuk memisahkan zat berdasarkan perbedaan massa jenis. Partikel yang lebih berat seperti air dan kotoran akan terlempar ke bagian luar, sedangkan bahan bakar yang lebih bersih akan terkumpul di bagian tengah. Dengan proses ini, purifier memastikan bahan bakar yang dialirkan ke mesin berada dalam kondisi optimal, sehingga dapat mengurangi potensi kerusakan pada sistem bahan bakar serta meningkatkan efisiensi proses pembakaran.

9) Fuel Pump

Elemen ini berfungsi untuk mensuplai bahan bakar ke dalam ruang bakar melalui nozzle dengan tekanan tinggi. Tekanan tersebut menghasilkan proses pengabutan sehingga bahan bakar terpecah menjadi partikel-partikel halus, yang mempermudah pencampuran dengan udara dan meningkatkan kualitas pembakaran. Beberapa jenis pompa bahan bakar yang umum digunakan pada sistem permesinan kapal antara lain sebagai berikut:

- a) Gear Pump : Pompa roda gigi (gear pump) merupakan salah satu jenis pompa yang banyak digunakan dalam sistem bahan bakar di kapal. Pompa ini bekerja dengan prinsip perpindahan positif sehingga mampu mengalirkan bahan bakar secara stabil dan efisien, baik untuk proses transfer dari tangki penyimpanan maupun untuk

suplai ke mesin utama atau generator.

- b) Plunger Pump : Pompa plunger adalah jenis pompa perpindahan positif yang sering digunakan dalam sistem bahan bakar kapal. Pompa ini biasanya digunakan untuk menghasilkan tekanan tinggi dalam sistem injeksi bahan bakar untuk mesin diesel.
- c) Centrifugal Pump : Pompa sentrifugal dapat digunakan untuk mentransfer bahan bakar dalam jumlah besar dalam waktu singkat. Meskipun pada umumnya lebih banyak digunakan untuk memindahkan air laut maupun air tawar di atas kapal, jenis pompa ini dalam kondisi tertentu juga dapat diaplikasikan pada sistem bahan bakar, khususnya untuk proses transfer bahan bakar antar tangki atau menuju sistem penyaringan.
- d) Diaphragm Pump : Pompa diafragma adalah jenis pompa yang menggunakan membran fleksibel untuk menghasilkan tekanan dan menggerakkan bahan bakar. Meskipun tidak seumum jenis lainnya, namun kadang-kadang digunakan dalam aplikasi khusus pada kapal.

Pilihan pompa bahan bakar yang digunakan tergantung pada kebutuhan spesifik dari sistem bahan bakar kapal, termasuk jenis mesin yang digunakan dan ukuran kapal tersebut.

b. Proses Aliran Bahan Bakar

Adapun proses terjadinya supply bahan bakar dijabarkan sebagai berikut :

- 1) Pompa transfer transfer pump berfungsi untuk mengalirkan bahan bakar dari tangki penyimpanan di double bottom menuju tangki pengendapan

guna proses settling. Meskipun pada tangki telah dilengkapi dengan sistem pemanas, viskositas bahan bakar masih tergolong tinggi, sehingga diperlukan pompa tipe **positive displacement** seperti pompa sekrup atau pompa roda gigi. Jenis pompa ini dinilai lebih efektif dalam menangani fluida dengan viskositas tinggi dibandingkan dengan pompa jenis lainnya.

- 2) Settling tank biasanya dibekali oleh pemanas dengan bentuk pipa coil dan fungsinya untuk menaikkan temperatur bahan bakar sehingga viskositasnya menurun sebelum dialirkan ke dalam service tank. Selanjutnya pengendapan di dalam settling tank memiliki tujuan agar dapat memisahkan kandungan kotoran, partikel, serta air dari bahan bakar. Pada umumnya, kapal dibekali dengan dua unit settling tank dengan kemampuan memenuhi kebutuhan suplai bahan bakar dengan kurun waktu kurang lebih 24 jam.
- 3) Bahan bakar yang disalurkan dari settling tank menuju tangki harian (*service tank*) akan lebih dulu melalui proses pemurnian menggunakan centrifuge. Proses ini bertujuan untuk memilah kotoran dan kandungan air yang masih terdapat dalam bahan bakar, sehingga kualitas bahan bakar yang masuk ke tangki harian menjadi lebih bersih. Sebelum masuk ke centrifuge, bahan bakar dipanaskan terlebih dahulu menggunakan heater untuk menurunkan viskositasnya agar sesuai dengan kondisi operasi yang dibutuhkan dalam proses pemisahan.
- 4) Bahan bakar yang telah melalui proses pengendapan selanjutnya

dialirkan menuju tangki harian (*service tank*) menggunakan pompa tipe sentrifugal. Tangki harian ini berfungsi sebagai sumber suplai langsung bagi mesin, dengan kapasitas yang disesuaikan terhadap kebutuhan operasional mesin utama, umumnya mampu mencukupi pemakaian selama kurang lebih 8 hingga 12 jam.

- 5) Pada diagram sistem tersebut juga ditunjukkan adanya tangki harian diesel oil (DO) yang umumnya digunakan sebagai sumber bahan bakar bagi mesin utama, khususnya saat kapal melakukan manuver.

Mixing tank berfungsi sebagai tempat pencampuran bahan bakar sisa yang kembali dari mesin utama, sehingga bahan bakar tersebut dapat digunakan kembali dan tidak terbuang, serta membantu menjaga kontinuitas suplai dalam sistem bahan bakar.

5. Bahan Bakar

a. Pengertian bahan bakar

Pada dasarnya, setiap materi memiliki potensi untuk diubah menjadi energi. Secara umum, materi mengandung energi panas yang dapat dilepaskan dan dimanfaatkan. Sebagian besar bahan yang digunakan manusia menghasilkan energi melalui proses pembakaran, yaitu reaksi antara bahan bakar dengan oksigen di udara. Selain itu, terdapat juga proses lain yang mampu menghasilkan energi, seperti reaksi eksotermik dan reaksi nuklir, termasuk fisi dan fusi. Hidrokarbon seperti bensin dan solar merupakan jenis bahan bakar yang paling banyak digunakan, sementara bahan radioaktif juga dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi. Adapun

beberapa jenis bahan bakar yang umum digunakan antara lain sebagai berikut:

1) Heavy Fuel Oil (HFO)

Dalam lingkup pelayaran sebutan Heavy Fuel Oil (HFO) atau bahan bakar minyak berat merujuk pada jenis bahan bakar yang digunakan untuk menghasilkan tenaga gerak maupun panas, dengan karakteristik viskositas dan densitas yang tinggi. Bahan bakar ini umumnya diaplikasikan pada mesin berkecepatan rendah, biasanya di bawah 300 RPM. Berdasarkan ketentuan dalam konvensi kelautan MARPOL 1973–1978, HFO didefinisikan sebagai bahan bakar yang memiliki densitas lebih dari 900 kg/m^3 pada suhu 15°C atau memiliki viskositas kinematik lebih dari $180 \text{ mm}^2/\text{s}$ pada suhu 50°C .

HFO umumnya tersusun atas molekul-molekul berat, seperti hidrokarbon berantai panjang serta senyawa aromatik bercabang, yang memberikan warna hitam khas. Saat ini, bahan bakar jenis ini banyak digunakan dalam sektor maritim, dan sebagian besar mesin diesel berkecepatan sedang hingga rendah dirancang untuk mengoperasikannya.. Menurut (Zainal, 2020), HFO merupakan residu bahan bakar yang dihasilkan dari penyulingan minyak mentah, dan kualitasnya tergantung pada kualitas minyak mentah yang digunakan dalam proses penyulingan.

Untuk memenuhi spesifikasi dan kualitas yang diinginkan, bahan bakar residu umumnya dicampur dengan bahan bakar yang lebih ringan

seperti solar atau Diesel Oil. Hasil pencampuran tersebut dikenal sebagai Intermediate Fuel Oil (IFO) atau Marine Diesel Oil (MDO), yang memiliki karakteristik viskositas dan kemurnian yang lebih sesuai untuk kebutuhan operasional mesin.

2) Marine Fuel Oil (MFO)

Merupakan jenis yang difungsikan untuk pembakaran secara langsung pada industri berskala besar serta sebagai sumber energi pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). Marine Fuel Oil (MFO) termasuk dalam kategori bahan bakar distilat, namun memiliki karakteristik menyerupai residu karena tingkat kekentalannya yang tinggi pada suhu ruang. MFO memiliki warna hitam pekat dengan viskositas yang lebih tinggi dibandingkan solar. Umumnya, bahan bakar ini digunakan pada mesin diesel berkecepatan putaran menengah hingga lambat, yaitu sekitar 300 hingga 1000 rpm.

3) Marine Diesel Oil (MDO)

Marine Diesel Oil (MDO) merupakan jenis bahan bakar hasil campuran antara bahan bakar distilat ringan (seperti gasoline/solar ringan) dengan Heavy Fuel Oil (HFO), dengan komposisi distilat yang lebih kecil dibandingkan HFO. MDO juga sering disebut sebagai *Distillate Marine Diesel*. Bahan bakar ini umumnya digunakan pada mesin diesel dengan putaran menengah hingga tinggi. Karena memiliki harga yang lebih ekonomis serta karakteristik yang lebih stabil dibandingkan bahan bakar yang lebih berat, MDO banyak menjadi

pilihan dalam industri perkapalan.

4) High Speed Diesel (HSD)

HSD adalah bahan bakar hasil proses penyulingan minyak bumi dan dimodel khusus untuk digunakan pada mesin diesel dengan sistem penyalaan melalui kompresi. Kualitas pembakarannya ditentukan oleh angka cetane (Cetane Number/CN), di mana semakin tinggi kandungan cetane (C16), maka proses penyalaan bahan bakar akan semakin mudah terjadi. Di Indonesia, HSD lebih dikenal sebagai solar. Bahan bakar ini umumnya digunakan pada mesin diesel berkecepatan tinggi dengan putaran di atas atau sama dengan 1000 RPM, baik yang menggunakan sistem pompa injeksi mekanis maupun injeksi elektronik. HSD juga dikenal dengan istilah lain seperti Gas Oil atau Automotive Diesel Oil (ADO). Penggunaan HSD memiliki beberapa keunggulan, di antaranya membantu menjaga kestabilan temperatur mesin, menghasilkan pembakaran yang lebih sempurna, mengurangi frekuensi penggantian filter bahan bakar, serta menjaga kinerja injector tetap optimal.

6. *Turbocharger*

Peneliti menemukan pendapat ahli mengenai hal ini yaitu (Sukoco, 2021) dalam buku “Teknologi Motor Bantu” (hlm. 127–128), dijelaskan bahwa turbocharger adalah elemen pada mesin diesel dengan fungsi sebagai peningkat jumlah udara yang masuk ke dalam silinder dengan menggunakan energi dari gas buang. Berdasarkan manual MAN Diesel Turbocharger, perangkat ini bekerja dengan prinsip turbin yang digerakkan oleh gas buang, yang kemudian

memutar kompresor pada poros yang sama. Putaran kompresor tersebut menyebabkan peningkatan tekanan udara masuk dari sistem aspirasi alami sekitar 1 bar menjadi sekitar 3,8 bar pada sistem yang menggunakan turbocharger. Dengan demikian, sistem pemasukan udara berubah dari proses alami yang hanya mengandalkan gerakan torak pada langkah hisap menjadi sistem pemaksaan udara, di mana udara ditekan masuk ke dalam silinder melalui kompresor yang digerakkan oleh turbin gas buang.

Adapun pendapat dalam "Pedoman Perawatan dan Perbaikan Mesin Diesel", untuk memberikan suplai udara ke ruang bakar, motor diesel menggunakan supercharger yang dapat meningkatkan daya mesin hingga sekitar 34%, namun di sisi lain juga menyebabkan kenaikan konsumsi bahan bakar sekitar 10%. Supercharger sendiri dapat digerakkan secara mekanis maupun dengan memanfaatkan energi gas buang, di mana supercharger yang digerakkan oleh gas buang dikenal sebagai turbocharger. Perbedaan prinsip kerja ini menghasilkan karakteristik performa yang berbeda, yaitu turbocharger lebih efektif pada putaran mesin tinggi, sedangkan supercharger memberikan pengaruh yang lebih merata mulai dari putaran rendah hingga tinggi.

Peneliti juga menemukan pendapat dari Arismunandar dan Tsuda dalam buku "Motor Diesel Putaran Tinggi", upaya untuk mengurangi kerugian energi pada mesin dapat dilakukan dengan memasang turbocharger pada sistem knalpot. Pada sistem ini, gas buang dimanfaatkan untuk memutar turbin yang kemudian menggerakkan kompresor. Kompresor tersebut berfungsi menyalurkan udara bertekanan ke dalam silinder sehingga jumlah dan tekanan

udara yang masuk meningkat. Kondisi ini memungkinkan lebih banyak bahan bakar dapat diinjeksikan ke dalam silinder, yang pada akhirnya meningkatkan daya yang dihasilkan mesin. Selain itu, penggunaan turbocharger juga dapat meningkatkan efisiensi, di mana sekitar 8% hingga 10% energi panas dari proses pembakaran dapat dimanfaatkan kembali.

Sistem tersebut dalam penggunaan turbocharger memberikan berbagai keuntungan pada mesin diesel, seperti meningkatnya jumlah udara bebas yang berdampak pada kenaikan tekanan kompresi dan temperatur di dalam silinder, memperpendek waktu **ignition delay**, serta mendukung terjadinya pembakaran bahan bakar yang lebih sempurna di dalam ruang bakar. Dengan semakin banyaknya kandungan oksigen di dalam silinder saat proses pembakaran berlangsung, maka efisiensi pembakaran yang dihasilkan juga akan semakin optimal. Ini akan menghasilkan peningkatan tenaga mesin diesel. Jumlah oksigen yang lebih banyak juga akan meningkatkan tekanan pada akhir langkah kompresi, yang pada gilirannya meningkatkan tenaga mesin melalui peningkatan puncak tekanan akhir pembakaran.

7. *Intercooler*

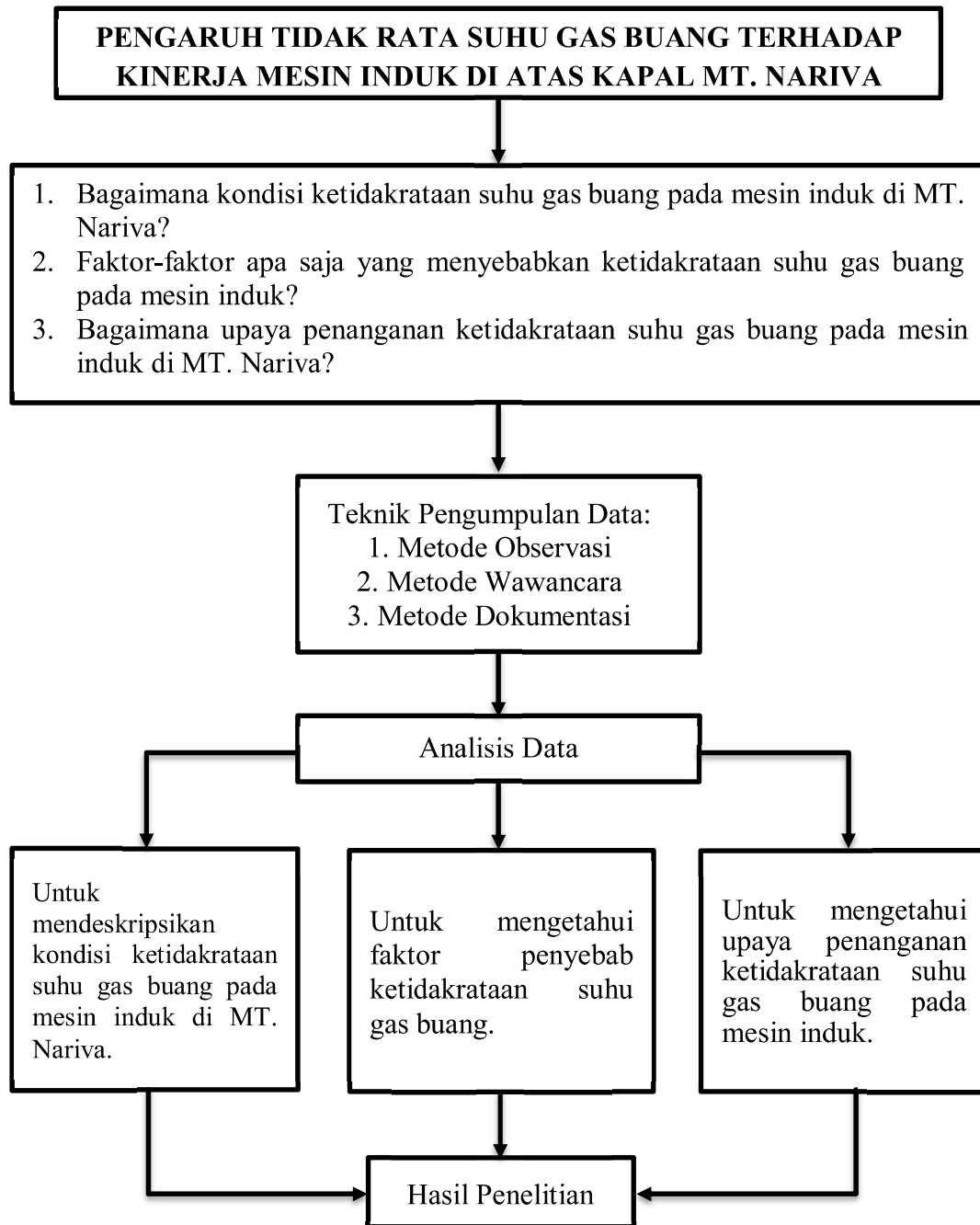
Intercooler merupakan komponen pada sistem pemasukan udara yang berfungsi untuk menurunkan temperatur udara sebelum dialirkan ke ruang bakar. Proses pendinginan ini bertujuan meningkatkan densitas udara, sehingga jumlah udara yang masuk menjadi lebih padat dan kualitas pengisian silinder menjadi lebih optimal.

Elemen ini umumnya diaplikasikan pada mesin dengan output daya

tinggi, seperti pada alat berat, karena hampir seluruh jenis mesin tersebut memanfaatkannya untuk mendinginkan udara sebelum masuk ke ruang bakar. Gas sisa pembakaran dengan temperatur sekitar 700°C akan digunakan untuk memutar turbin pada turbocharger. Selanjutnya, udara yang dikompresi oleh impeller memiliki suhu sekitar 200°C , dan kenaikan temperatur tersebut terjadi akibat efek pemanasan dari proses kompresi oleh roda impeller.

Udara dengan temperatur tinggi perlu didinginkan terlebih dahulu untuk meningkatkan densitas atau kerapatan molekulnya, sehingga saat masuk ke ruang bakar perbandingan campuran udara dan bahan bakar dapat menjadi lebih optimal. Kondisi ini membantu proses pembakaran berlangsung lebih efisien dan menghasilkan daya yang lebih stabil pada setiap putaran mesin.

C. Kerangka Berpikir



Gambar 2. 10 Kerangka Berpikir Penelitian

Sumber : Diolah Peneliti

Dengan menganalisis mesin utama dan komponen yang memengaruhi operasinya, kerangka berpikir ini akan membahas dampak ketidakstabilan suhu gas

buang terhadap kinerja dan efisiensi mesin induk. Selain itu, penelitian ini akan menyelidiki metode pengawasan dan perawatan yang berguna untuk mengatasi masalah yang ditimbulkan oleh suhu gas buang yang tidak rata.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Pada proses penyusunan Karya Ilmiah Terapan (KIT) ini, peneliti menggunakan metode penelitian deskriptif kualitatif. Metode penelitian deskriptif kualitatif merupakan pendekatan penelitian yang dilakukan dengan cara mengumpulkan, mengolah, serta menganalisis data untuk memahami dan menggambarkan suatu fenomena secara sistematis berdasarkan kondisi nyata yang terjadi di lapangan. Pendekatan ini lebih menekankan pada pemahaman terhadap permasalahan yang diteliti melalui data berupa hasil observasi, wawancara, dan dokumentasi, sehingga peneliti dapat memperoleh gambaran secara mendalam mengenai objek penelitian.

Metode penelitian deskriptif kualitatif bertujuan untuk mendeskripsikan fakta, kondisi, serta fenomena yang terjadi selama proses penelitian berlangsung tanpa melakukan perlakuan atau manipulasi terhadap objek yang diteliti. Dalam penelitian ini, peneliti berusaha memahami penyebab terjadinya ketidakrataan suhu gas buang, dampaknya terhadap kinerja mesin induk, serta upaya penanganan yang dilakukan di atas kapal MT. Nariva.

Dengan demikian, penelitian kualitatif lebih menitikberatkan pada proses pengamatan secara langsung terhadap situasi di lapangan serta penafsiran data secara naratif. Data yang diperoleh selama penelitian kemudian dianalisis secara deskriptif agar dapat memberikan penjelasan yang jelas mengenai kondisi

operasional mesin induk dan faktor-faktor yang memengaruhi ketidakrataan suhu gas buang. Selain itu, metode ini juga diharapkan mampu memberikan informasi dan pemahaman yang dapat dijadikan sebagai bahan evaluasi maupun acuan dalam meningkatkan perawatan dan pengoperasian mesin induk di atas kapal.

B. Waktu dan Tempat Penelitian

1. Waktu Penelitian

Waktu pelaksanaan dilakukan di atas kapal saat peneliti melakukan Praktik Laut (Prala) yang dijalani peneliti pada semester V dan VI dengan durasi selama 12 bulan, terhitung sejak tanggal pertama On Board di kapal.

2. Tempat Penelitian

Lokasi subjek penelitian dilakukan oleh peneliti pada saat melaksanakan praktek laut (PRALA) selama 12 bulan di kapal MT. NARIVA, PT. Waruna Nusa Sentana.

C. Sumber Data dan Teknik Pengumpulan Data

1. Sumber Data

Pada penelitian ini mencakup benda, hal, atau individu yang diobservasi, diwawancarai, atau dipantau oleh peneliti. Data penelitian ini terdiri dari dua jenis utama :

a. Data Primer

Data yang dimaksud merupakan perolehan data secara langsung dengan proses wawancara dengan responden yang terlibat dalam penelitian.

Dalam penelitian ini, data primer dikumpulkan dari hasil observasi langsung di kapal dan hasil wawancara dengan beberapa awak kapal, seperti kepala kamar mesin, dan masinis 2. Wawancara tersebut dilakukan untuk memperoleh informasi terkait faktor-faktor yang menyebabkan ketidakrataan suhu gas buang terhadap kinerja mesin induk di atas kapal MT. NARIVA.

b. Data Sekunder

Data yang sudah ada sebelumnya dan bisa dijangkau oleh peneliti melalui berbagai sumber seperti dokumentasi, catatan, atau internet. Penulis mengumpulkan data sekunder melalui logbook di kamar mesin, jurnal maupun artikel penelitian yang sudah ada sebelumnya atau sumber lainnya yang berkaitan dengan topik penelitian ini, yaitu pengaruh ketidakrataan suhu gas buang terhadap kinerja mesin induk di atas kapal. Data sekunder ini digunakan sebagai bahan referensi teoritis dan pedoman praktis dalam melengkapi observasi serta untuk mendapatkan informasi tambahan yang relevan terkait mesin induk di atas kapal.

2. Teknik Pengumpulan Data

Pada tahap ini menentukan salah satu proses penting dalam penelitian yang dilakukan setelah seluruh data yang dibutuhkan berhasil dikumpulkan secara lengkap. Dalam penelitian ini, data diperoleh melalui tiga metode pengumpulan data yang akan digunakan, yaitu sebagai berikut:

a. Observasi

Merupakan salah satu teknik pengumpulan data yang dilakukan dengan cara mengamati secara langsung temperature suhu gas buang yang menjadi objek penelitian. Metode ini melibatkan pengamatan terhadap kondisi nyata di lapangan agar mendapatkan pemahaman yang lebih dalam dan akurat dari situasi yang diteliti. Dalam penelitian ini, penulis melakukan observasi secara langsung di atas kapal MT. NARIVA untuk mendapatkan data yang sesuai dengan kondisi aktual di lapangan yang dicatat pada log book mesin.

b. Wawancara

Adalah metode memperoleh data yang melibatkan dialog antara peneliti dengan kepala kamar mesin (KKM) dan Masinis 2 sebagai penanggung jawab mesin induk di atas kapal. Penulis akan melakukan wawancara terbuka dengan narasumber di kapal untuk mendapatkan informasi yang relevan dan faktual.

c. Dokumentasi

Merupakan suatu proses mengumpulkan data yang dilaksanakan dengan memanfaatkan dokumen tertulis maupun visual sebagai sumber informasi penelitian. Teknik ini mencakup proses pengumpulan data dari, log book, manual book mesin induk, monitor temperatur gas buang, termometer, serta agenda objek penelitian temperatur suhu gas buang.

3. Teknik Analisis Data

Pada karya ilmiah terapan ini peneliti menggunakan teknik penyajian metode deskriptif kuantitatif. Penulis memutuskan untuk menggunakan teknik penyajian metode deskriptif kuantitatif karena teknik ini cocok dan berkaitan dengan model penelitian kuantitatif yang terfokus pada pengamatan, penjelasan, dan menganalisis. Data yang digunakan oleh penulis adalah data suhu gas buang yang melibatkan pentingnya pemantauan dan pemeliharaan suhu gas buang untuk menjaga kinerja mesin induk di kapal. Dengan menganalisis data ini dapat diidentifikasi adanya tidak rata suhu gas buang terhadap kinerja mesin induk di atas kapal.

Teknik analisis data adalah tahapan yang sangat penting pada penelitian ilmiah, karena melalui proses ini data yang telah dikumpulkan dapat diolah sehingga memberikan arah serta makna yang jelas dalam membantu pemecahan masalah penelitian.

Data kuantitatif merupakan jenis metode penelitian yang berdasarkan pada pendekatan positivistik, di mana data penelitian berupa angka-angka yang dapat diukur dan berhubungan pada masalah yang diteliti menggunakan alat statistik untuk dianalisis, yang kemudian digunakan untuk menghasilkan suatu kesimpulan.

a. Reduksi Data

Proses ini melibatkan proses seleksi, penyederhanaan, mengabstraksi, dan mengubah data mentah yang biasanya dicatat di lapangan. Hal ini

mencakup usaha untuk merangkum data, kemudian mengelompokkannya berdasarkan kategori, tema, dan konsep tertentu.

b. Penyajian Data

Penyajian data melibatkan penyusunan informasi secara jelas agar mudah dipahami, yang dapat berguna untuk membuat kesimpulan, dan melakukan tindakan. Penyajian data adalah pengaturan informasi yang tersusun rapih dan baik untuk memfasilitasi penarikan kesimpulan dengan pengelompokan data dan penjelasan yang sistematis sesuai dengan isu yang dibahas. Biasanya disampaikan dalam bentuk naratif melalui uraian singkat, grafik, tabel, atau gambar yang diperoleh selama kegiatan lapangan dengan tujuannya agar penulis dan pembaca dapat memahami hasil data dengan baik.

c. Menarik Simpulan atau Verifikasi

Penarikan kesimpulan merupakan tahap akhir dalam proses penelitian yang dilakukan dengan cara memahami, menafsirkan, serta merangkum makna dari data yang diperoleh selama penelitian berlangsung. Dalam penelitian deskriptif kualitatif, data yang diperoleh melalui observasi, wawancara, dan dokumentasi disusun secara sistematis kemudian dianalisis secara mendalam untuk memperoleh pemahaman mengenai permasalahan yang diteliti. Melalui proses tersebut, peneliti dapat menarik kesimpulan berdasarkan kondisi nyata di lapangan terkait ketidakrataan suhu gas buang terhadap kinerja mesin induk di atas kapal.