

LAPORAN TUGAS AKHIR
KARYA ILMIAH TERAPAN

**ANALISIS VARIASI KONSUMSI BAHAN BAKAR MESIN
INDUK 8DKM-28e PADA KINERJA STABIL 620 RPM DI MV.
TANTO KELUARGA**



NOURMAN VIQRY DWINANDA

NIT. 22.36.306.2.029

disusun sebagai salah satu syarat
menyelesaikan Program Pendidikan Sarjana Terapan

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

LAPORAN TUGAS AKHIR
KARYA ILMIAH TERAPAN

**ANALISIS VARIASI KONSUMSI BAHAN BAKAR MESIN
INDUK 8DKM-28e PADA KINERJA STABIL 620 RPM DI MV.
TANTO KELUARGA**



NOURMAN VIQRY DWINANDA

NIT. 22.36.306.2.029

disusun sebagai salah satu syarat
menyelesaikan Program Pendidikan Sarjana Terapan

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

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : NOURMAN VIQRY DWINANDA

Nomor Induk Taruna : 22 36 306 2 029

Program Studi : Diploma IV Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal

Menyatakan bahwa KIT yang saya tulis dengan judul:

ANALISIS VARIASI KONSUMSI BAHAN BAKAR MESIN INDUK 8DKM-18e PADA KINERJA STABIL 620 RPM DI MV. TANTO KELUARGA

Merupakan karya asli seluruh ide yang ada dalam KIT tersebut, kecuali tema yang saya nyatakan sebagai kutipan, merupakan ide saya sendiri.

Jika pernyataan diatas terbukti tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi yang ditetapkan oleh Politeknik Pelayaran Surabaya.

Surabaya, 01 Mei 2026



NOURMAN VIQRY DWINANDA
NIT. 22 36 306 2 029

**PERSETUJUAN UJI KELAYAKAN
HASIL TUGAS AKHIR**

Judul : ANALISIS VARIASI KONSUMSI BAHAN BAKAR
MESIN INDUK 8DKM-28c PADA KINERJA STABIL
620 RPM DI MV. TANTO KELUARGA
Program Studi : DIV Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal
Nama : NOURMAN VIQRY DWINANDA
NIT : 22 36 306 2 029
Jenis Tugas Akhir : ~~Prototype~~ / Karya Ilmiah Terapan / ~~Karya Tulis Ilmiah~~*

Keterangan: * (coret yang tidak perlu)

Dengan ini dinyatakan bahwa telah memenuhi syarat dan disetujui untuk dilaksanakan
Seminar Hasil Tugas Akhir

Surabaya, 20 April 2026

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I



AGUS PRAWOTO, S.Si.T, MM
NIP. 197808172009121001

Dosen Pembimbing II



SNOFA DAI ROBBI S.T, M.T
NIP. 198203022006041001

Mengetahui,

Ketua Program Studi
Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal



Dr. ANTONIUS EDY KRISTIYONO, M.Mar.E
NIP. 196905312003121001

**PERSETUJUAN SEMINAR
HASIL TUGAS AKHIR**

Judul : **ANALISIS VARIASI KONSUMSI BAHAN
BAKAR MESIN INDUK 8DKM-28e PADA
KINERJA STABIL 620 RPM DI MV. TANTO
KELUARGA**

Program Studi : **D-IV TEKNOLOGI REKAYASA PERMESINAN KAPAL**

Nama : **NOURMAN VIQRY DWINANDA**

NIT : **22 36 306 2 029**

Jenis Tugas Akhir : **Prototype / Karya Ilmiah Terapan / Karya-Tulis-Ilmiah***

Keterangan: *(coret yang tidak perlu)

Dengan ini dinyatakan bahwa telah memenuhi syarat dan disetujui untuk
dilaksanakan Seminar Hasil Tugas Akhir

Surabaya, *20 April* 2026

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I



(AGUS PRAWOTO, S.Si.T, MM)
NIP. 197808172009121001

Dosen Pembimbing II



(SHOFA DAI ROBBL, S.T., M.T)
NIP. 1982030220006041001

Mengetahui,

Ketua Program Studi
Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal



(Dr. ANTONIUS EDY KRISTIYONO, M.Mar.E., M.Pd)
Penata Tk I (III/d)
NIP. 196905312003121001

**PENGESAHAN
PROPOSAL TUGAS AKHIR
KARYA ILMIAH TERAPAN**

**ANALISIS VARIASI KONSUMSI BAHAN BAKAR MESIN INDUK
8DKM-28c PADA KINERJA STABIL 620 RPM
DI MV. TANTO KELUARGA**

Disusun oleh:

NOURMAN VIQRY DWINANDA
NIT. 22 36306 2 029

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji KIT
Politeknik Pelayaran Surabaya

Surabaya, 21 Juni 2024

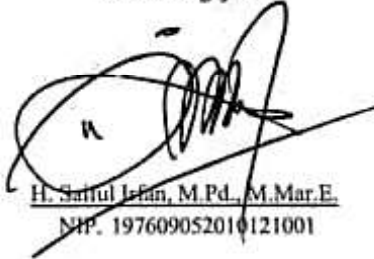
Mengesahkan,

Dosen Penguji I



Nasri, M.T., M.Mar.E.
NIP. 197111241999031001

Dosen Penguji II



H. Saiful Irfan, M.Pd., M.Mar.E.
NIP. 197609052010121001

Dosen Penguji III



Shota Dai Robbi, S.T., M.T.
NIP. 198203022006041001

Mengetahui,

Ketua Program Studi

Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal



Monika Retno Gunarso, M.Pd., M.Mar.E.
Penata Tk I (III/d)
NIP. 197605282009122002

PENGESAHAN
LAPORAN TUGAS AKHIR
KARYA ILMIAH TERAPAN

ANALISIS VARIASI KONSUMSI BAHAN BAKAR MESIN INDUK 8DKM-28e
PADA KINERJA STABIL 620 RPM DI MV. TANTO KELUARGA

Disusun oleh:

NOURMAN VIQRY DWINANDA
NIT. 22 36 306 2 029

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji Hasil Tugas Akhir
Politeknik Pelayaran Surabaya

Surabaya, 24 April 2026

Mengesahkan,

Dosen Penguji I



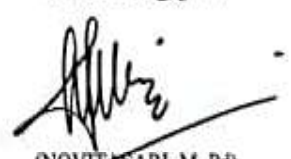
(MONIKA RETNO GUNARTI, M.Pd., M.Mar.E.)
NIP. 197605282009122002

Dosen Penguji II



(AGUS PRAWOTO, S.Si.T., M.M., M.Mar.E.)
NIP. 1978080172009121001

Dosen Penguji III



(NOVITASARI, M. Pd)
NIP. 199111042024212015

Mengetahui,

Ketua Program Studi

Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal



(DR. ANTONIUS EDY KRISTIYONO, M.Pd., M.Mar.E.)
NIP. 19690531200312001

ABSTRAK

NOURMAN VIQRY DWINANDA. ANALISIS VARIASI KONSUMSI BAHAN BAKAR MESIN INDUK 8DKM-28e PADA KINERJA STABIL 620 RPM DI MV. TANTO *KELUARGA*. Politeknik Pelayaran Surabaya. Dibimbing oleh Agus Prawoto, S.Si.T, MM dan Shofa Dai Robbi, S.T., M.T..

Efisiensi bahan bakar adalah tantangan utama operasional kapal yang berdampak langsung pada biaya operasional. Penelitian ini berangkat dari identifikasi anomali data *operasional*, di mana ditemukan variasi konsumsi *Heavy Fuel Oil* yang signifikan berkisar 7.370 L/Hari hingga 8.375 L/Hari disertai parameter kinerja *Main Engine* dan *Turbocharger* yang menyesuaikan beban mesin selama beroperasi. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis karakteristik kinerja mesin induk dan mengidentifikasi faktor-faktor yang berpotensi memengaruhi variasi konsumsi *Heavy Fuel Oil* tersebut. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif deskriptif, dengan data primer yang diambil dari lima lembar *Noon Report at Sea* yang valid. Hasil penelitian membuktikan bahwa kinerja *Main Engine* RPM dan *Turbocharger* RPM bekerja menyesuaikan beban propulsi kapal. Temuan utama menunjukkan bahwa variasi konsumsi *Heavy Fuel Oil* memiliki korelasi linear langsung dengan parameter kinerja mesin induk dengan beban mesin. Kesimpulannya, kinerja Mesin Induk 8DKM-28e terbukti bervariasi, dan anomali variasi konsumsi *Heavy Fuel Oil* tidak hanya disebabkan oleh parameter kinerja mesin induk, melainkan terdapat faktor eksternal seperti cuaca dan kondisi laut yang ikut memengaruhi beban mesin untuk mempertahankan kecepatan putaran.

Kata Kunci: Bahan Bakar, Efisiensi, Kinerja, Konsumsi.

ABSTRACT

NOURMAN VIQRY DWINANDA. ANALYSIS OF FUEL CONSUMPTION VARIATION OF THE 8DKM-28e MAIN ENGINE UNDER STABLE PERFORMANCE AT 620 RPM ON MV. TANTO KELUARGA. Surabaya Maritime Polytechnic. Supervised by Agus Prawoto, S.Si.T, MM and Shofa Dai Robbi, S.T., M.T..

Fuel efficiency is a primary operational challenge in shipping, directly impacting operating costs. This study originated from the identification of anomalies in operational data, where significant variations in Heavy Fuel Oil consumption were observed, ranging from 7.370 L/day to 8,375 L/day. These variations were accompanied by Main Engine and Turbocharger performance parameters that adjusted according to engine load during operation. The objective of this study is to analyze the characteristics of main engine and to identify factors potentially influencing the variation in Heavy Fuel Oil consumption. This research applies a descriptive quantitative method, utilizing primary data obtained from six valid Noon Reports at Sea. The results demonstrate that Main Engine RPM and Turbocharger RPM operate by adjusting to the vessel's propulsion load. The main finding indicates that the variation in Heavy Fuel Oil consumption has a direct linear correlation with the main engine performance parameters relative to engine load. In conclusion, the performance of the 8DKM-28e Main Engine is proven to vary, and the anomaly in Heavy Fuel Oil consumption variation is not solely caused by main engine performance parameters. External factors, such as weather and sea conditions, also influence engine load in order to maintain rotational speed.

Keywords: *Consumption, Efficiency, Fuel, Performance.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa dengan segala berkat, rahmat dan anugerah-Nya yang telah Ia berikan, sehingga penulis dapat menyelesaikan karya ilmiah terapan ini. Adapun karya ilmiah terapan ini di susun guna memenuhi persyaratan untuk menyelesaikan Program Pendidikan Diploma IV di Politeknik Pelayaran Surabaya dengan mengambil judul:

“ANALISIS VARIASI KONSUMSI BAHAN BAKAR MESIN INDUK 8DKM-28e PADA KINERJA STABIL 620 RPM DI MV. TANTO KELUARGA”

Penulis sangat menyadari bahwa di dalam karya ilmiah terapan ini masih banyak terdapat kekurangan, baik dalam hal penyajian materi maupun teknik penulisannya. Hal ini dikarenakan pengalaman yang dimiliki oleh penulis masih kurang. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kepada para pembaca untuk memberikan kritik dan saran yang sifatnya membangun dan dapat digunakan untuk menyempurnakan proposal penelitian ini.

Pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan banyak terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam penyelesaian karya ilmiah terapan ini dan juga rasa bangga yang setinggi-tingginya kepada yang terhormat:

1. Bapak Moejiono, M.T., M.Mar.E selaku Direktur Politeknik Pelayaran Surabaya yang telah mendukung saya dalam penulisan proposal ini.
2. Bapak Dr. Antonius Edy Kristiyono, M.Pd., M.Mar.E. selaku Ketua Program Studi Diploma-IV TRPK Politeknik Pelayaran Surabaya yang senantiasa meluangkan waktunya membimbing saya dalam penyusunan karya ilmiah terapan ini.
3. Bapak Agus Prawoto, S.Si.T, MM selaku pembimbing I yang telah meluangkan waktunya membimbing saya dalam penyusunan karya ilmiah terapan ini.
4. Bapak Shofa Dai Robbi, S.T., M.T. selaku pembimbing II yang telah meluangkan waktunya membimbing saya dalam penyusunan karya ilmiah terapan ini.
5. Seluruh Civitas Akademika Politeknik Pelayaran Surabaya yang senantiasa membimbing saya dalam penyusunan karya ilmiah terapan ini.
6. Bapak Abdul Majid Ashari dan Ibu Dwi Kenyo Astutik selaku kedua orang tua saya yang selalu memberikan dukungan, motivasi dan doa yang tiada hentinya hingga saya mampu menyelesaikan karya ilmiah terapan ini.
7. Almarhum Muhammad Aji Dharmawinata selaku kakak kandung saya yang selalu memberikan dukungan dan motivasi yang sangat bermakna hingga akhir hayatnya sampai saya dapat menyelesaikan karya ilmiah terapan ini.
8. Nisa Diel Fitri selaku seseorang yang selalu hadir saat susah maupun senang serta memberikan dukungan dan motivasi hingga saya mampu menyelesaikan karya ilmiah terapan ini.
9. Seluruh Teman dan Sahabat yang telah memberikan dukungan dan bantuan hingga saya mampu menyelesaikan karya ilmiah terapan ini.
10. Seluruh Taruna Taruni Politeknik Pelayaran Surabaya yang telah memberikan motivasi dalam penyelesaian karya ilmiah terapan ini.

Akhir kata penulis berharap semoga karya ilmiah terapan ini dapat bermanfaat bagi pembaca pada umumnya dan bagi penulis khususnya serta untuk lembaga pendidikan Politeknik Pelayaran Surabaya. Semoga Tuhan Yang Maha Esa senantiasa memberikan petunjuk dan lindungan dalam melakukan penelitian yang selanjutnya dituangkan dalam bentuk karya ilmiah terapan.

Surabaya,

2026

NOURMAN VIQRY DWINANDA
NIT 22 36 306 2 029

DAFTAR ISI

| | |
|---|-------------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| PERNYATAAN KEASLIAN..... | ii |
| PERSETUJUAN UJI KELAYAKAN PROPOSAL | iii |
| PERSETUJUAN SEMINAR HASIL | iv |
| PENGESAHAN PROPOSAL TUGAS AKHIR | v |
| PENGESAHAN LAPORAN TUGAS AKHIR..... | vi |
| ABSTRAK | vii |
| <i>ABSTRACT</i> | viii |
| KATA PENGANTAR..... | ix |
| DAFTAR ISI..... | xi |
| DAFTAR GAMBAR..... | xiv |
| DAFTAR TABEL | xiii |
| DAFTAR LAMPIRAN | xiv |
| BAB I PENDAHULUAN..... | 1 |
| A. Latar Belakang | 1 |
| B. Rumusan Masalah | 5 |
| C. Batasan Masalah..... | 5 |
| D. Tujuan Penelitian..... | 6 |
| E. Manfaat Penelitian | 6 |

| | |
|--|-----------|
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA..... | 8 |
| A. <i>Review</i> Penelitian Sebelumnya | 8 |
| B. Landasan Teori | 9 |
| C. Kerangka Berpikir..... | 26 |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN | 27 |
| A. Jenis Penelitian..... | 27 |
| B. Lokasi dan Waktu Penelitian..... | 28 |
| C. Sumber Data Subyek Penelitian dan Teknik Pengumpulan Data | 28 |
| D. Teknik Analisis Data | 31 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN..... | 33 |
| A. Gambaran Umum Objek Penelitian | 33 |
| B. Hasil Penelitian | 35 |
| C. Pembahasan..... | 39 |
| BAB V PENUTUP..... | 46 |
| A. Kesimpulan | 46 |
| B. Saran..... | 47 |
| DAFTAR PUSTAKA..... | 49 |
| LAMPIRAN..... | 52 |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 2.1: <i>Review</i> Penelitian Sebelumnya | 8 |
| Tabel 4.1: Spesifikasi Teknis Mesin Induk | 33 |
| Tabel 4.2: Spesifikasi Teknis Mesin Induk | 34 |
| Tabel 4.3: Data Hasil Observasi Kinerja Mesin Induk Selama Pelayaran | 35 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 2.1: Mesin Induk | 9 |
| Gambar 2.2: Prinsip Kerja <i>Turbocharger</i> | 11 |
| Gambar 2.3: <i>Turbocharger</i> Mesin Induk | 12 |
| Gambar 2.4: <i>Fuel Rack Injection Pump</i> | 15 |
| Gambar 2.5: <i>Noon Report At Sea</i> dan Paramater yang Diobservasi | 16 |
| Gambar 2.6: Kondisi Laut..... | 17 |
| Gambar 2.7: <i>Governor</i> Mesin Induk..... | 19 |
| Gambar 2.8: <i>Log Book Deck</i> | 23 |
| Gambar 2.9: <i>Log Book Engine</i> | 24 |
| Gambar 2.10: Kerangka Berpikir..... | 26 |
| Gambar 3.1: Diagram Alir Proses Filtrasi Data Primer | 29 |
| Gambar 3.2: Tahapan Teknik Analisis Data..... | 31 |
| Gambar 4.1: Grafik Variasi Konsumsi HFO ME | 37 |
| Gambar 4.2: Analisis Korelasi <i>Fuel Rack</i> vs Konsumsi HFO | 38 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | |
|--|----|
| Lampiran 1: Data Primer Penelitian (<i>Noon Report At Sea</i>) | 52 |
| Lampiran 2: Data <i>Log Book Deck & Engine</i> | 53 |
| Lampiran 3: Spesifikasi Kapal MV. Tanto Keluarga | 56 |
| Lampiran 4: Arsip Teknis (<i>Technical File</i>) Mesin Induk | 57 |
| Lampiran 5: Spesifikasi Mesin 8DK-28e dan <i>Equipment</i> | 58 |

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Transportasi laut merupakan urat nadi utama yang menopang perdagangan global, bertanggung jawab atas pergerakan mayoritas volume kargo dunia. Dalam industri padat modal ini, biaya bahan bakar, khususnya *Heavy Fuel Oil* (HFO), merupakan komponen pengeluaran operasional (*Operational Expenditure* atau OPEX) yang paling dominan. Berbagai studi di industri maritim telah mengonfirmasi bahwa biaya bahan bakar dapat dengan mudah menyumbang antara 50% hingga 60% dari total biaya operasional kapal (Han & Wang, 2021).

Ketergantungan tinggi pada bahan bakar fosil ini menciptakan kerentanan signifikan terhadap volatilitas harga minyak mentah global. Zhang et al. (2025) menegaskan bahwa optimalisasi konsumsi bahan bakar telah berevolusi dari strategi minor menjadi prasyarat fundamental untuk kelangsungan bisnis. Oleh karena itu, kemampuan untuk menganalisis dan mengelola efisiensi bahan bakar secara presisi adalah keharusan kompetitif yang fundamental.

Tekanan tidak hanya datang dari sisi ekonomi, tetapi juga dari regulasi lingkungan yang semakin ketat. *International Maritime Organization* (IMO), atau *Organisasi Maritim Internasional*, telah memberlakukan serangkaian aturan untuk menekan emisi gas rumah kaca. Regulasi teknis seperti *Energy Efficiency Existing Ship Index* (EEXI) dan *Carbon Intensity Indicator* (CII) memaksa operator kapal

untuk memitigasi jejak karbon mereka (International Maritime Organization, 2023).

Jantung dari upaya efisiensi ini terletak di kamar mesin, dengan Mesin Induk (*Main Engine*) sebagai konsumen bahan bakar primer. Kinerja mesin ini memiliki korelasi langsung dengan jumlah bahan bakar yang dibutuhkan untuk menempuh jarak pelayaran. Analisis mendalam terhadap parameter operasional mesin, sebagaimana ditekankan oleh Pratama et al. (2024) merupakan langkah diagnostik esensial untuk mengidentifikasi potensi penghematan.

Dalam praktiknya, operasional mesin dibagi menjadi beberapa fase, seperti manuver, siaga (*standby*), dan pelayaran stabil (*steady state*) di laut terbuka. Fase *at sea* atau pelayaran stabil adalah periode operasional di mana analisis efisiensi menjadi paling relevan dan akurat. Selama fase ini, mesin diharapkan bekerja pada putaran (*Revolutions Per Minute* atau RPM) yang konstan, menyediakan kondisi ideal untuk mengukur kinerja dasar (*baseline*).

Secara teoretis, ketika mesin induk beroperasi pada RPM yang stabil, parameter kinerjanya juga diasumsikan stabil. Namun dalam praktik operasional kapal, kondisi tersebut sebenarnya bersifat dinamis karena mesin terus melakukan penyesuaian terhadap perubahan beban yang terjadi selama pelayaran. Ini mencakup putaran turbocharger (T/C RPM), yang kecepatannya bergantung pada aliran gas buang. Besarnya aliran dan energi gas buang akan mengikuti proses pembakaran di dalam silinder, sehingga perubahan kecil pada beban mesin dapat mempengaruhi putaran turbocharger meskipun RPM mesin terlihat relatif konstan. Asumsi logisnya adalah RPM mesin yang konstan akan menghasilkan konsumsi

bahan bakar yang konstan dan dapat diprediksi, tetapi pada kenyataannya kondisi operasi mesin bersifat dinamis karena adanya variasi beban, kondisi laut, serta respon sistem kontrol mesin yang secara terus-menerus menyesuaikan suplai bahan bakar untuk menjaga putaran mesin tetap pada nilai yang diinginkan.

Melainkan dalam operasional kapal yang kompleks, sering ditemukan fenomena di mana konsumsi bahan bakar menunjukkan variasi yang tidak terduga. Variasi ini dapat terjadi bahkan ketika parameter kinerja utama mesin induk, seperti RPM mesin dan RPM turbocharger, tampak beroperasi dalam kondisi stabil. Fenomena konsumsi bahan bakar yang tidak konsisten (*inconsistent fuel consumption*) ini adalah masalah umum yang dilaporkan dalam banyak studi operasional. Namun, kondisi yang terlihat stabil tersebut pada kenyataannya bersifat dinamis karena dalam operasi pelayaran selalu terjadi perubahan kecil pada beban mesin, kondisi laut, serta respon sistem kontrol mesin. Hal ini menyebabkan parameter mesin yang tampak konstan sebenarnya tetap mengalami variasi secara operasional, sehingga konsumsi bahan bakar dapat berubah meskipun indikator utama kinerja mesin terlihat relatif stabil.

Variasi yang tidak dapat dijelaskan ini menciptakan inefisiensi tersembunyi dan mengaburkan data kinerja kapal yang sebenarnya. Kesenjangan (*gap*) ini terjadi karena banyak analisis efisiensi terlalu fokus pada mesin induk. Penelitian seringkali mengabaikan faktor-faktor lain yang berkontribusi secara signifikan terhadap total konsumsi bahan bakar di atas kapal, seperti kondisi cuaca dan laut, perubahan beban propeller, serta penggunaan sistem pendukung kapal yang turut mempengaruhi kebutuhan energi selama pelayaran. Oleh karena itu, pendekatan

analisis yang lebih komprehensif diperlukan agar variasi konsumsi bahan bakar dapat dipahami secara lebih menyeluruh dalam konteks operasional kapal yang bersifat dinamis.

Berangkat dari fenomena operasional ini, penelitian ini menjadi relevan karena menggeser fokus dari analisis performa mesin induk yang diasumsikan stabil, menjadi analisis diagnostik mendalam terhadap variasi konsumsi bahan bakar yang tidak terjelaskan. Penelitian ini difokuskan pada isolasi dan identifikasi faktor-faktor internal (seperti *fuel rack*) maupun faktor eksternal (seperti kondisi pelayaran) yang berpotensi berkontribusi pada total konsumsi bahan bakar kapal. (Manggombo, 2019) telah mengidentifikasi *fuel rack* sebagai faktor internal yang signifikan. Sementara itu, Abyadha (2023) menyoroti faktor eksternal seperti cuaca sebagai variabel penting yang memengaruhi beban mesin.

Studi kasus ini bertujuan untuk menyajikan analisis teknis yang runtut dan faktual terhadap anomali konsumsi bahan bakar tersebut. Analisis ini dilakukan dengan pendekatan yang sistematis agar hubungan antara kondisi operasional mesin, kondisi pelayaran, serta pola konsumsi bahan bakar dapat dijelaskan secara lebih jelas dan logis. Penelitian ini akan memberikan validasi berbasis data observasi *noon report* terhadap faktor-faktor yang berkorelasi dengan variasi konsumsi bahan bakar di MV. Tanto Keluarga. Data noon report yang digunakan merupakan data operasional harian kapal yang memuat informasi penting seperti putaran mesin, konsumsi bahan bakar, serta kondisi cuaca dan laut selama pelayaran, sehingga dapat digunakan sebagai dasar analisis untuk menjelaskan kemungkinan penyebab terjadinya variasi konsumsi bahan bakar tersebut.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah pada Latar Belakang Penelitian, maka pokok permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini dirumuskan. Pertanyaan-pertanyaan ini harus sejalan dengan judul dan Latar Belakang yang telah ditetapkan. Oleh karena itu, pertanyaan penelitian dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik kinerja Mesin Induk 8DKM-28e, mencakup *turbocharger RPM*, *main engine RPM*, *fuel rack* dan *consumption HFO* serta kondisi cuaca dan laut selama pelayaran?
2. Faktor-faktor apa (internal dan eksternal) yang berkorelasi dengan terjadinya variasi konsumsi bahan bakar HFO Mesin Induk?

C. Batasan Masalah

Untuk memastikan penelitian ini tetap fokus, tajam, dan tidak menyimpang dari Rumusan Masalah, maka ditetapkan beberapa batasan yang jelas. Penelitian ini hanya berfokus pada analisis kinerja operasional Mesin Induk 8DKM-28e pada faktor-faktor penyebab variasi konsumsi bahan bakar selama pelayaran. Penelitian ini secara sadar tidak menganalisis data 600 RPM, karena analisis awal *Noon Report* menunjukkan data tersebut tidak sebanding (*not comparable*) dengan data selama pelayaran. Objek penelitian adalah Mesin Induk DAIHATSU 8DKM-28e, dengan sumber data primer dibatasi secara eksklusif pada 5 (lima) lembar "*Noon Report At Sea*".

D. Tujuan Penelitian

Selaras dengan rumusan masalah yang telah dijabarkan sebelumnya, penelitian ini memiliki tujuan yang spesifik dan terukur. Tujuan ini dirancang untuk menjawab permasalahan penelitian yang telah diidentifikasi di Latar Belakang. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mendeskripsikan dan menganalisis karakteristik kinerja Mesin Induk 8DKM-28e, yang mencakup putaran *turbocharger*, *fuel rack*, dan *consumption* HFO, serta kondisi cuaca selama pelayaran.
2. Mengidentifikasi dan menganalisis faktor-faktor yang berpotensi memengaruhi terjadinya variasi konsumsi bahan bakar HFO Mesin Induk.

E. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat yang signifikan, baik secara teoritis bagi pengembangan ilmu pengetahuan di bidang permesinan kapal maupun secara praktis bagi pihak industri pelayaran.

1. Manfaat Teoritis (Akademis)

Secara teoritis, penelitian ini berkontribusi pada pemahaman yang lebih dalam tentang analisis data kinerja operasional kapal. Pertama, hasil penelitian ini dapat menjadi studi kasus akademis yang mendetail tentang bagaimana mengidentifikasi dan menganalisis anomali konsumsi bahan bakar. Kedua, penelitian ini menyajikan validasi metodologi dalam menggunakan data *Noon Report* untuk mendiagnosis faktor-faktor eksternal, seperti parameter performa mesin, yang memengaruhi efisiensi total.

2. Manfaat Praktis (Industri)

Secara praktis, temuan dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi langsung kepada perusahaan pelayaran dan kru kapal:

- a. Temuan ini mendorong perusahaan untuk mengembangkan strategi manajemen bahan bakar yang lebih akurat. Ini dapat dicapai dengan mengintegrasikan data kinerja mesin dari *Engine Noon Report* dengan data kondisi pelayaran dari *Deck Log Book*. Integrasi data ini akan membantu dalam perencanaan rute (*voyage planning*) dan audit efisiensi yang lebih presisi, sehingga menghasilkan penghematan biaya bahan bakar yang lebih substansial.
- b. Bagi Perwira Mesin (Kru Kapal), penelitian ini memberikan wawasan teknis yang penting. Ini membuktikan bahwa pemantauan parameter Mesin Induk (*Main Engine*) saja tidak cukup untuk audit efisiensi. Perwira mesin didorong untuk lebih memperhatikan korelasi antara data konsumsi HFO dan faktor operasional eksternal, seperti kondisi laut (*sea state*), yang memengaruhi beban propulsi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Review Penelitian Sebelumnya

Tinjauan penelitian sebelumnya ini berfokus pada studi yang menganalisis faktor-faktor konsumsi bahan bakar dan metodologi analisis data operasional kapal.

Tabel 2.1: Review Penelitian Sebelumnya

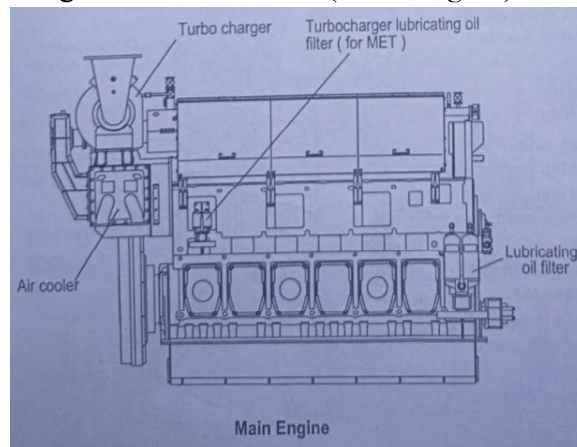
| No | Judul Artikel | Nama Penulis | Hasil Penelitian | Perbedaan Penelitian |
|----|---|------------------------|---|---|
| 1. | Pengaruh Kondisi Cuaca Terhadap Perhitungan Klaim Slow Speed & Over Bunker pada Kapal Charter Di PT. Pertamina International Shipping | (Abyadha, 2023) | Penelitian ini menyimpulkan pengaruh kondisi cuaca terhadap perhitungan klaim Slow speed and over bunker pada kapal charter di PT. Pertamina International Shipping. Salah satu faktor terjadinya slow speed and over bunker pada kapal di PT. Pertamina International Shipping yaitu kondisi cuaca buruk. Cuaca buruk mengakibatkan kapal mengalami keterlambatan saat berlayar. | Penelitian sebelumnya berfokus pada pengaruh kondisi cuaca terhadap terjadinya slow speed dan over bunker pada kapal charter. Penelitian ini menitikberatkan pada faktor internal parameter kinerja mesin dan faktor eksternal kondisi cuaca selama berlayar, serta pengaruhnya terhadap variasi bahan bakar. |
| 2. | Analisis Konsumsi Bahan Bakar Mesin Induk pada Kapal Phinisi Natural 001 untuk Perjalanan Wisata Taman Nasional Komodo | (Nugraha et al., 2023) | Penelitian ini mengidentifikasi bahwa konsumsi bahan bakar (<i>fuel consumption</i>) tidak hanya dipengaruhi oleh satu faktor tunggal. Hasilnya menunjukkan bahwa parameter operasional seperti putaran mesin (<i>Revolutions Per Minute</i> atau RPM), pembebanan (<i>loading</i>), dan kondisi perawatan komponen sangat memengaruhi efisiensi. Studi ini berhasil menggunakan data operasional yang dicatat (mirip dengan <i>Noon Report</i>) untuk menganalisis hubungan antar variabel tersebut. | Penelitian sebelumnya berfokus pada faktor-faktor yang memengaruhi <i>Main Engine</i> (Mesin Induk) secara umum. Penelitian ini menggunakan metodologi serupa dalam menganalisis data operasional. Dalam penelitian ini memfokuskan analisisnya pada permasalahan spesifik: variasi konsumsi bahan bakar HFO saat kinerja <i>Main Engine</i> mengalami perubahan beban kerja. |

| No | Judul Artikel | Nama Penulis | Hasil Penelitian | Perbedaan Penelitian |
|----|---|-------------------|---|--|
| 3. | Pengaruh Perubahan Fuel Rack Injector Terhadap Performance Mesin Diesel 4 Langkah Cat 3616 Tipe-V | (Manggombo, 2019) | Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh perubahan penyetelan fuel rack pada injector terhadap daya efektif, konsumsi bahan bakar, konsumsi bahan bakar spesifik, efisiensi termal dan efisiensi mechanic. Hasil penelitian menunjukkan bahwa melalui variasi fuel rack pada injektor motor diesel injeksi langsung didapatkan nilai daya efektif dari beberapa variasi fuel rack pada injection dan menghasilkan variasi konsumsi bahan bakar. | Fokus penelitian sebelumnya pada perubahan <i>fuel rack injector</i> terhadap daya efektif, konsumsi bahan bakar, efisiensi termal dan efisiensi <i>mechanic</i> . Penelitian ini berfokus pada pengaruh parameter kinerja mesin terhadap variasi konsumsi bahan bakar dalam kondisi <i>main engine</i> mengalami perubahan beban kerja. |

Sumber: Dokumen Pribadi

B. Landasan Teori

1. Pengertian Mesin Induk (*Main Engine*)



Gambar 2.1: Mesin Induk

Sumber: (Data peneliti)

Mesin Induk (*Main Engine*) adalah mesin utama pada kapal yang berfungsi sebagai sumber tenaga penggerak untuk menghasilkan daya mekanik guna memutar poros baling-baling (*propeller shaft*) sehingga kapal dapat bergerak. Mesin induk merupakan komponen paling vital dalam sistem propulsi

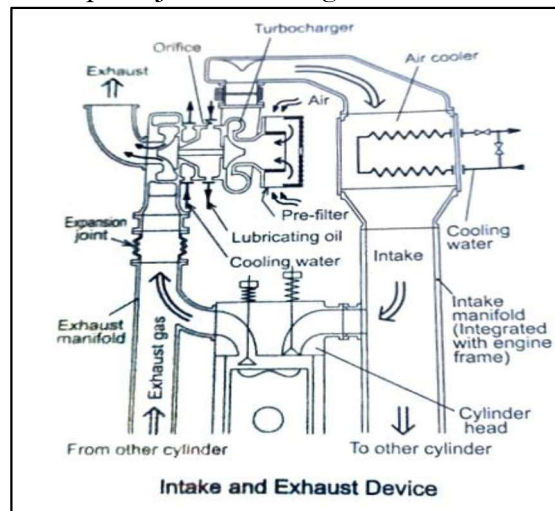
kapal karena menentukan kemampuan olah gerak, kecepatan, serta efisiensi operasional kapal secara keseluruhan (Nurhidayat et al., 2024).

Pada kapal niaga modern, mesin induk umumnya menggunakan mesin diesel karena memiliki efisiensi termal yang tinggi, keandalan dalam operasi jangka panjang, serta kemampuan menggunakan bahan bakar berat seperti *Heavy Fuel Oil* (HFO). Hal ini menjadikan mesin diesel sebagai pilihan utama dalam sistem propulsi kapal karena mampu menghasilkan tenaga besar dengan konsumsi bahan bakar yang relatif lebih ekonomis dibandingkan jenis mesin lainnya. Selain itu, konstruksi mesin diesel yang kuat serta sistem pembakaran yang stabil memungkinkan mesin bekerja secara kontinu dalam waktu lama tanpa penurunan kinerja yang signifikan. Kemampuan mesin diesel dalam memanfaatkan bahan bakar berat juga memberikan keuntungan operasional bagi perusahaan pelayaran karena biaya bahan bakar dapat ditekan, sehingga mendukung efisiensi operasional kapal secara keseluruhan dalam pelayaran jarak jauh.

Fungsi utama mesin induk adalah mengubah energi kimia dari bahan bakar menjadi energi panas melalui proses pembakaran, kemudian dikonversi menjadi energi mekanik yang diteruskan ke sistem propulsi kapal. Energi mekanik tersebut digunakan untuk mengatasi tahanan kapal (*ship resistance*) akibat pengaruh air, angin, dan gelombang laut (Abdullah, 2021). Proses konversi energi tersebut berlangsung secara berkelanjutan di dalam silinder mesin melalui siklus kerja mesin diesel yang terkontrol. Kinerja mesin induk yang optimal sangat menentukan kemampuan kapal dalam mempertahankan

kecepatan pelayaran secara efisien dan stabil. Oleh karena itu, pengoperasian serta pemeliharaan mesin induk menjadi faktor penting dalam mendukung keandalan sistem propulsi kapal secara keseluruhan.

2. Prinsip Kerja *Turbocharger*



Gambar 2.2: Prinsip Kerja *Turbocharger*

Sumber: (Data Peneliti)

Menurut Fernanda et al. (2025) *Turbocharger* merupakan perangkat bantu yang memanfaatkan energi gas buang dari mesin diesel bantu untuk meningkatkan suplai udara ke dalam silinder, sehingga mendukung proses pembilasan dan pembakaran. Prinsip kerjanya didasarkan pada pemanfaatan tekanan gas buang yang digunakan untuk memutar *turbine*. *Turbine* tersebut terhubung dengan poros kompresor yang berfungsi menghisap dan menekan udara dari luar agar masuk ke dalam silinder dalam jumlah yang lebih besar. Peningkatan jumlah udara ini menghasilkan pembakaran yang lebih stabil dan optimal. Dengan demikian, penggunaan turbocharger bertujuan untuk

meningkatkan kinerja mesin melalui penyediaan udara bertekanan tinggi guna mencapai proses pembakaran yang lebih sempurna.



Gambar 2.3: *Turbocharger* Mesin Induk
Sumber: (Data Peneliti)

Sebuah turbocharger, atau pengisi turbo adalah komponen rekayasa presisi yang berfungsi sebagai sistem induksi paksa (*forced induction*). Tujuannya adalah untuk meningkatkan kepadatan (*density*) udara yang masuk ke dalam silinder mesin. Peningkatan kepadatan udara ini memungkinkan lebih banyak bahan bakar untuk dibakar secara efisien, yang pada gilirannya meningkatkan hasil tenaga dan efisiensi mesin secara keseluruhan.

Secara mekanis, *turbocharger* terdiri dari dua komponen utama yang terhubung oleh satu poros (*shaft*): *turbine* (turbin) dan *compressor* (kompresor). Prinsip kerjanya adalah dengan memanfaatkan energi yang terbuang. Gas buang bertekanan dan bersuhu tinggi yang keluar dari *exhaust manifold* (*manifold* buang) Mesin Induk diarahkan untuk memutar roda *turbine*.

Karena turbine dan *compressor* berada pada satu poros, putaran *turbine* akan secara langsung memutar *compressor*. *Compressor* kemudian menghisap udara segar dari atmosfer, memampatkannya, dan mendorong udara bertekanan tinggi tersebut ke dalam *air cooler* (pendingin udara) sebelum masuk ke *intake manifold* (manifold masuk). Udara yang lebih padat inilah yang meningkatkan kinerja pembakaran.

Sangat penting untuk dipahami bahwa *turbocharger* adalah komponen dependen (akibat), bukan komponen independen (penyebab). Putarannya (*Revolutions Per Minute* atau RPM) bukanlah sebuah *input* yang bisa diatur, melainkan sebuah hasil (akibat) dari kinerja Mesin Induk. Julianto & Sunaryo (2020) menegaskan bahwa energi yang tersedia untuk memutar *turbine* berbanding lurus dengan beban dan volume aliran gas buang yang dihasilkan oleh Mesin Induk.

Oleh karena itu, logika akademis yang mengasumsikan T/C RPM sebagai variabel independen (penyebab) adalah keliru secara fundamental dalam konteks ini. Dalam penelitian ini, T/C RPM (yang akan diobservasi melalui data *noon report*) diperlakukan sebagai indikator kinerja (akibat) dari operasi Mesin Induk. Ini dilakukan, bukan sebagai penyebab variasi konsumsi bahan bakar, yang merupakan "puzzle" utama penelitian ini.

3. Konsumsi Bahan Bakar (*Fuel Consumption*)

Konsumsi bahan bakar adalah komponen biaya operasional terbesar dalam industri pelayaran. Berbagai studi di industri maritim telah mengonfirmasi bahwa biaya bahan bakar dapat dengan mudah menyumbang

antara 50% hingga 60% dari total biaya operasional kapal (Han & Wang, 2021). Untuk mesin diesel putaran rendah hingga menengah seperti 8DKM-28e, bahan bakar utama yang umum digunakan adalah *Heavy Fuel Oil* (HFO). HFO, sering juga disebut *Marine Fuel Oil* (MFO), adalah bahan bakar sisa (*residual fuel*) dari proses penyulingan yang harganya lebih ekonomis, namun memiliki viskositas tinggi dan memerlukan sistem perlakuan khusus sebelum digunakan.

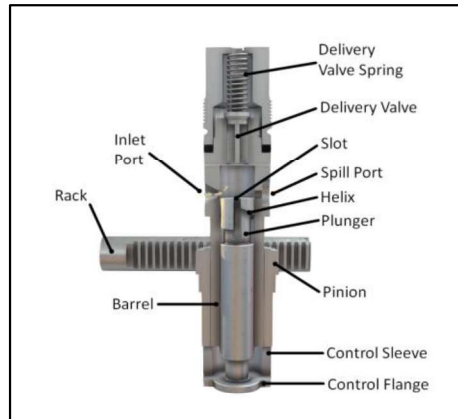
Untuk mengukur efisiensi mesin, penghitungan konsumsi total tidaklah cukup karena angka tersebut tidak memperhitungkan tenaga yang dihasilkan. Dalam rekayasa permesinan kapal, indikator utama dan paling akurat untuk efisiensi adalah *Specific Fuel Oil Consumption* (SFOC). SFOC didefinisikan sebagai jumlah massa bahan bakar yang dikonsumsi untuk menghasilkan satu kilowatt (kW) tenaga selama satu jam (g/kWh).

Nilai SFOC adalah tolok ukur fundamental kesehatan dan efisiensi sebuah mesin diesel. Nilai SFOC yang rendah menunjukkan bahwa mesin mengkonversi energi kimia dalam bahan bakar menjadi energi mekanik secara sangat efisien. Sebaliknya, kenaikan nilai SFOC mengindikasikan adanya penurunan kinerja, seperti pembakaran yang tidak sempurna, injektor yang kotor, atau masalah komponen lainnya.

Analisis *Specific Fuel Oil Consumption* (SFOC) tidak dapat berdiri sendiri, tetapi harus dikorelasikan dengan parameter operasional lainnya untuk mendapatkan diagnosis yang akurat. Almuzani et al. (2020) mendukung pentingnya pendekatan ini dalam penelitiannya. Menurut Almuzani et al. (2020) analisis konsumsi bahan bakar terhadap parameter operasional, seperti

putaran mesin (*Revolutions Per Minute* atau RPM), pembebanan (*loading*), dan suhu, sangat krusial untuk mendiagnosis kinerja mesin dan mengidentifikasi inefisiensi.

4. *Fuel Rack Injection Pump Main Engine:*



Gambar 2.4: *Fuel Rack Injection Pump*

Sumber: (<https://savree.com>)

Pada mesin diesel, yang masuk ke dalam silinder pada tahap awal hanyalah udara bersih yang kemudian mengalami proses kompresi. Pencampuran antara bahan bakar dan udara terjadi di dalam ruang bakar, yaitu setelah udara mencapai tekanan tertentu, bahan bakar diinjeksikan sehingga memicu terjadinya proses pembakaran. Tekanan udara hasil kompresi umumnya berada pada kisaran 1,5–4 MPa (15–40 bar), yang menyebabkan suhu udara meningkat hingga sekitar 700–900 °C. Agar proses pembakaran berlangsung optimal, bahan bakar harus diatomisasikan secara halus melalui pompa injeksi dengan tekanan berkisar antara 100–250 bar.

Fuel rack (Batang Bergirigi) pada *injector* Adalah pengatur jumlah bahan bakar yang akan disuplai ke dalam ruang bakar. Mekanisme kerjanya menyesuaikan dengan perubahan putaran mesin, di mana ketika putaran mesin

meningkat, fuel rack akan bergerak untuk mengurangi jumlah bahan bakar yang diinjeksikan. Sebaliknya, saat putaran mesin menurun, fuel rack akan menambah suplai bahan bakar agar putaran mesin dapat dipertahankan tetap konstan (Manggombo, 2019).

Terdapat dua metode penyemprotan bahan bakar ke dalam ruang bakar, salah satunya adalah sistem injeksi langsung. Pada metode ini, *injector* mengkabutkan bahan bakar secara langsung ke ruang bakar utama (*main combustion chamber*) pada akhir langkah kompresi. Udara yang telah mengalami kompresi berada dalam kondisi bertekanan tinggi serta mengalami pusaran yang cepat, sehingga suhu dan tekanannya meningkat. Kondisi tersebut menyebabkan bahan bakar yang diinjeksikan segera menguap dan mengalami penyalan secara spontan (Wiranto, 2022).

5. Noon Report

| NOON REPORT AT SEA | | | | | | | | | | | | |
|--------------------|--------|------------------------|-----|-----|------------------|-----|-----|-----|-----------|-----|-----|--|
| NAMA KAPAL/VOY | | TANTO KELUARGA / 153-D | | | | | | | | | | |
| TANGGAL | | 15/10-24 | | | | | | | | | | |
| CONSUMPTION | | | | | | | | | | | | |
| - HFO ME | 8.540 | LTR | | | | | | | | | | |
| - HSD AE | 1.200 | LTR | | | | | | | | | | |
| ROB NOON | | | | | | | | | | | | |
| - HFO | 87.802 | LTR | | | | | | | | | | |
| - HSD | 20.588 | LTR | | | | | | | | | | |
| - LUBO | 20.000 | LTR | | | | | | | | | | |
| - SYB ME | 2.17 | LTR | | | | | | | | | | |
| - SYB AE | 530 | LTR SHELL: 440 | | | | | | | | | | |
| - LD HYD (-30) | 300 | LTR | | | | | | | | | | |
| - LD COMPRESSOR | 200 | LTR | | | | | | | | | | |
| - LD PUMPER | 120 | LTR | | | | | | | | | | |
| ME BUMP TIGHTY | 340 | 340 | | | | | | | | | | |
| ENGINE PERFORMANCE | | | | | | | | | | | | |
| ME RPM | 620 | | | | RPM SHAFT | | | | 135 | | | |
| RPM TIC | 24.720 | | | | TEMP TIC IN/OUT | | | | 47.5/56.3 | | | |
| AIR SEAV PRESS | 1.3 | | | | AIR SEAV TEMP | | | | 51 | | | |
| JACKET TEMP | 60 | 70 | 70 | 80 | 80 | 68 | 68 | 68 | 68 | 68 | 68 | |
| FUEL RACK | 29 | 30 | 28 | 30 | 30 | 28 | 29 | 30 | 30 | 30 | 30 | |
| EXH GAS TEMP | 350 | 340 | 340 | 350 | 340 | 340 | 350 | 350 | 350 | 350 | 350 | |
| CO PRESS | 4.4 | | | | LO TEMP | | | | 102 | | | |
| LO PRESS | 5.4 | | | | LO TEMP | | | | 53 | | | |
| LO PRESS TIC | 3.4 | | | | FW COOLER IN/OUT | | | | 68 81 | | | |
| SW TEMP | 32 | | | | LO COOLER IN/OUT | | | | 60 50 | | | |

Gambar 2.5: Noon Report At Sea dan Paramater yang Diobservasi
Sumber: (Noon Report MV. Tanto Keluarga)

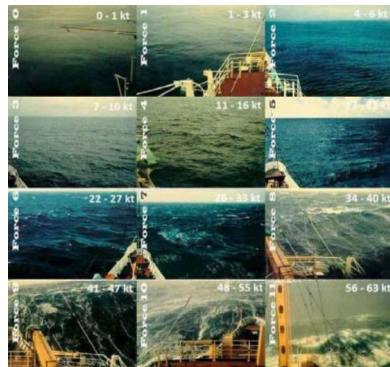
Noon Report At Sea adalah dokumen log standar dalam industri maritim. Dokumen ini berfungsi sebagai laporan ringkas harian yang disiapkan oleh perwira mesin, biasanya Kepala Kamar Mesin (*Chief Engineer*). Laporan ini

mencatat dan merangkum status kinerja kapal selama 24 jam terakhir, yang dihitung dari siang hari ke siang hari berikutnya.

Secara substansial, *Noon Report* mencatat parameter kinerja utama (*Key Performance Indicators* atau KPIs) yang dibutuhkan untuk manajemen kapal. Ini mencakup parameter kinerja Mesin Induk (seperti ME RPM, T/C RPM, suhu, dan tekanan). Selain itu, dokumen ini juga mencatat total konsumsi bahan bakar (HFO dan MDO) serta data operasional variabel.

Dalam konteks penelitian ini, *Noon Report* menjadi sangat penting karena dokumen ini juga mencatat parameter beban operasional. Secara spesifik, laporan ini mencantumkan karakteristik kinerja mesin induk. Oleh karena itu, *Noon Report* divalidasi sebagai sumber data primer yang ideal untuk penelitian ini, karena memungkinkan analisis korelasi antara parameter kinerja mesin dan kondisi cuaca terhadap variasi konsumsi bahan bakar.

6. Pengaruh Faktor Eksternal dan Kondisi Laut terhadap Kinerja Mesin



Gambar 2.6: Kondisi Laut

Sumber: (<https://kabarpenumpang.com>)

Kinerja Mesin Induk di atas kapal tidak dapat dievaluasi dalam isolasi dari lingkungan eksternal. Faktor-faktor seperti angin, arus, dan terutama

gelombang (ombak) menciptakan gaya hambat tambahan pada lambung kapal. Fenomena ini secara teknis dikenal sebagai *added resistance* (hambatan tambahan) (Lee & Yang, 2021). Hambatan tambahan ini secara langsung menuntut *output* tenaga propulsi yang lebih besar hanya untuk mempertahankan kecepatan yang sama.

Pentingnya *added resistance* ini diakui secara formal dalam standar teknis industri maritim, seperti ISO 15016:2015 (*Ships and marine technology*). Standar tersebut menyediakan metodologi untuk mengoreksi data kinerja kecepatan dan daya kapal, dengan memperhitungkan efek kondisi laut (*sea state*). Abyadha (2023) juga mengonfirmasi dalam penelitian mereka bahwa faktor cuaca memiliki pengaruh signifikan terhadap peningkatan konsumsi bahan bakar. Oleh karena itu, *added resistance* adalah faktor eksternal utama yang secara langsung meningkatkan permintaan beban pada Mesin Induk.

Respon mekanis terhadap hambatan tambahan ini diatur oleh *engine governor* (pengatur mesin), selama pada kondisi pelayaran beroperasi dalam mode *isochronous*. Ketika *added resistance* dari gelombang meningkatkan beban pada baling-baling, *governor* akan mendeteksi perlambatan *Revolutions Per Minute* (RPM) yang sangat kecil dan secara otomatis merespons dengan meningkatkan suplai bahan bakar ke injektor untuk mempertahankan RPM konstan di 620. Studi oleh Oo et al. (2022) tentang respons dinamis *governor* mengonfirmasi bahwa kondisi laut yang buruk (*adverse sea conditions*) menyebabkan *governor* bekerja lebih aktif untuk mengatur suplai bahan bakar. Ini adalah landasan teoretis yang menjelaskan bagaimana konsumsi bahan

bakar (HFO) dapat bervariasi, sementara parameter ME RPM dan T/C RPM tetap tercatat konstan.

7. Sistem Governor Mesin Induk



Gambar 2.7: *Governor* Mesin Induk
Sumber: (Data MV Pekanbaru)

Salah satu komponen penting dalam sistem pengendalian pada mesin kapal yang berfungsi untuk mengatur dan mempertahankan kestabilan putaran mesin agar tetap sesuai dengan nilai yang telah ditentukan. Pada mesin diesel kapal, baik mesin induk (*main engine*) maupun mesin bantu (*auxiliary engine*), kestabilan putaran sangat diperlukan untuk menjaga performa mesin serta memastikan proses kerja mesin berjalan secara optimal. *Governor* bekerja dengan cara mengontrol jumlah bahan bakar yang disuplai ke ruang pembakaran melalui sistem injeksi bahan bakar. Ketika terjadi perubahan beban pada mesin, misalnya saat kapal mulai berlayar, menghadapi gelombang, atau ketika generator listrik mengalami peningkatan beban, putaran mesin dapat mengalami perubahan. Dalam kondisi tersebut *governor* akan secara otomatis

menyesuaikan jumlah bahan bakar yang masuk ke mesin sehingga putaran mesin tetap stabil. Jika beban mesin meningkat dan menyebabkan putaran mesin menurun, *governor* akan menambah suplai bahan bakar agar tenaga yang dihasilkan meningkat dan putaran mesin kembali ke kondisi normal. Sebaliknya, apabila beban mesin berkurang dan putaran mesin cenderung meningkat, *governor* akan mengurangi suplai bahan bakar untuk mencegah terjadinya putaran berlebih (*overspeed*) yang dapat membahayakan komponen mesin.

Sejumlah penelitian telah mengkaji penerapan sistem kendali lanjutan pada kinerja *governor*, seperti metode kontrol prediktif dan adaptif, guna meningkatkan tingkat responsivitas terhadap perubahan beban serta kondisi operasi yang dinamis. Khajib Masruhan, et al, 2019 menyatakan *Governor* dengan karakteristik *speed droop* bekerja dengan menyesuaikan debit air melalui perubahan bukaan guide vane ketika terjadi kenaikan maupun penurunan frekuensi pada sistem. Penyesuaian tersebut dilakukan dengan mempertimbangkan daya maksimum generator serta pengaturan operasi governor yang telah ditetapkan (Masruhan & Pambudi, 2019).

Prinsip kerja *governor* melibatkan beberapa tahapan utama. Pertama, sensor mendeteksi kecepatan putaran mesin dan mengirimkan data tersebut ke unit pengendali. Selanjutnya, pengendali membandingkan kecepatan aktual dengan nilai kecepatan yang diinginkan (*set point*), kemudian menghasilkan sinyal koreksi apabila terdapat selisih. Sinyal tersebut digunakan oleh *governor* untuk mengatur posisi katup bahan bakar atau udara sehingga kecepatan mesin

dapat disesuaikan. Melalui mekanisme ini, governor mampu menjaga kestabilan putaran mesin meskipun terjadi perubahan beban maupun kondisi operasi lainnya (A et al., 2024). Dengan demikian, jumlah bahan bakar yang masuk ke ruang bakar dapat disesuaikan dengan kebutuhan mesin pada saat itu. Sistem ini memungkinkan mesin untuk bekerja secara stabil meskipun terjadi fluktuasi beban selama pengoperasian kapal.

Dalam praktiknya, *governor* pada mesin kapal dapat dibedakan menjadi beberapa jenis berdasarkan sistem kerjanya, yaitu *mechanical governor*, *hydraulic governor*, dan *electronic governor*. *Mechanical governor* merupakan jenis yang paling sederhana dan banyak digunakan pada mesin-mesin konvensional. *Governor* ini bekerja dengan memanfaatkan gaya sentrifugal yang dihasilkan oleh putaran poros mesin. Ketika putaran mesin meningkat, pemberat (*flyweight*) pada *governor* akan bergerak keluar akibat gaya sentrifugal dan menggerakkan mekanisme pengatur bahan bakar untuk mengurangi suplai bahan bakar. Sebaliknya, jika putaran mesin menurun, pemberat akan bergerak ke arah dalam sehingga mekanisme pengatur akan menambah suplai bahan bakar ke mesin. Sistem ini relatif sederhana, mudah dirawat, dan cukup andal untuk berbagai kondisi operasi mesin.

Selain *mechanical governor*, terdapat juga *hydraulic governor* yang menggunakan tekanan fluida, biasanya oli, untuk membantu proses pengaturan bahan bakar. Sistem *hydraulic governor* mampu memberikan respon yang lebih halus dan stabil dibandingkan dengan *mechanical governor* karena memanfaatkan tekanan hidrolis dalam menggerakkan mekanisme pengaturan.

Jenis ini sering digunakan pada mesin dengan kapasitas yang lebih besar atau pada sistem pembangkit listrik di kapal yang membutuhkan kestabilan putaran yang lebih presisi. Dengan adanya sistem hidrolis, perubahan kecil pada putaran mesin dapat segera direspons sehingga kestabilan operasi mesin dapat terjaga dengan lebih baik.

Perkembangan teknologi juga menghadirkan *electronic governor* yang menggunakan sistem kontrol elektronik dan sensor untuk memonitor putaran mesin secara lebih akurat. *Electronic governor* bekerja dengan memanfaatkan sinyal dari sensor kecepatan yang dipasang pada poros mesin. Data tersebut kemudian diproses oleh unit kontrol elektronik (ECU) yang akan mengatur aktuator untuk menyesuaikan jumlah bahan bakar yang disuplai ke mesin. Sistem ini memiliki tingkat presisi yang tinggi, respon yang cepat, serta dapat diintegrasikan dengan sistem kontrol otomatis lainnya di kapal, seperti sistem manajemen mesin dan sistem pengaturan beban generator. Oleh karena itu, *electronic governor* banyak digunakan pada kapal-kapal modern yang memerlukan sistem kontrol mesin yang lebih canggih dan efisien.

Dalam operasional kapal, *governor* memiliki peranan yang sangat penting dalam menjaga keselamatan dan keandalan mesin. Jika *governor* tidak berfungsi dengan baik, maka putaran mesin dapat menjadi tidak stabil, bahkan dapat menyebabkan terjadinya *overspeed* yang berpotensi merusak komponen mesin secara serius. Oleh karena itu, pemeriksaan dan perawatan *governor* harus dilakukan secara rutin sebagai bagian dari program pemeliharaan mesin kapal. Kegiatan perawatan tersebut meliputi pemeriksaan kondisi mekanisme

secara berkala oleh petugas jaga mesin untuk memastikan bahwa seluruh sistem mesin kapal bekerja dalam kondisi normal dan sesuai dengan standar operasional. Selain itu, *logbook engine* juga menjadi dokumen referensi penting dalam proses evaluasi kinerja mesin, analisis kerusakan, serta sebagai bukti administrasi dalam pemeriksaan oleh pihak perusahaan pelayaran maupun otoritas maritim.

| Pada hari Day | | P. A. 20 | | | | | | | | | | | Tarih Date | | | | | | | | |
|-----------------------------------|---|--------------------------------|--|------------------------------------|--------------------------|------------------|-----------------------|------------------|--|----|----|----|---------------|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Malam - Hari Night - Hours | Jam kerja mesin Mtr engine running hours | Pemeran Rotation per minute | Penyulutan putaran Rotation counter | Posisi kapal Fair lead position | Suhu Temperature | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | Pendingin Coolers | | | | Air tawar pendingin cylinder Cylinder cooling water | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | Minyak tuntas Lub oil | | Air Tawar F. water | | Keluar cylinder No. Outlet cylinder No. | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | Masuk Inlet | Keluar Outlet | Masuk Inlet | Keluar Outlet | Masuk Inlet | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | | | | | | |
| Malam - Hari Night - Hours | 4 35,8 | C20 | 24720 | 2,9 | 93 | 62 | C7 | C0 | 62 | 62 | 62 | 62 | 62 | 62 | 62 | 62 | 62 | 62 | 62 | 62 | 62 |
| Dini - Hari Morning - Hours | 4 41,2 | C20 | 24720 | 2,9 | 60 | 57 | C7 | C0 | 62 | 62 | 62 | 70 | 70 | 62 | 62 | 62 | 62 | 62 | 62 | 62 | 62 |
| Pagi - Hari Forenoon - Hours | 4 40,8 | C20 | 24720 | 2,9 | 60 | 57 | C7 | C0 | 62 | 62 | 62 | 70 | 70 | 62 | 62 | 62 | 62 | 62 | 62 | 62 | 62 |
| Siang - Hari Afternoon - Hours | 4 40,8 | C20 | 24720 | 2,9 | 60 | 57 | C7 | C0 | 62 | 62 | 62 | 70 | 70 | 62 | 62 | 62 | 62 | 62 | 62 | 62 | 62 |
| Petang - Hari Evening - Hours | 4 40,1 | C20 | 24720 | 2,9 | 53 | 42 | C7 | C0 | 62 | 62 | 62 | 70 | 70 | 62 | 62 | 62 | 62 | 62 | 62 | 62 | 62 |
| Malam - Hari Night - Hours | 4 41,1 | C20 | 24720 | 2,9 | 63 | 60 | C7 | C0 | 62 | 62 | 62 | 70 | 70 | 62 | 62 | 62 | 62 | 62 | 62 | 62 | 62 |

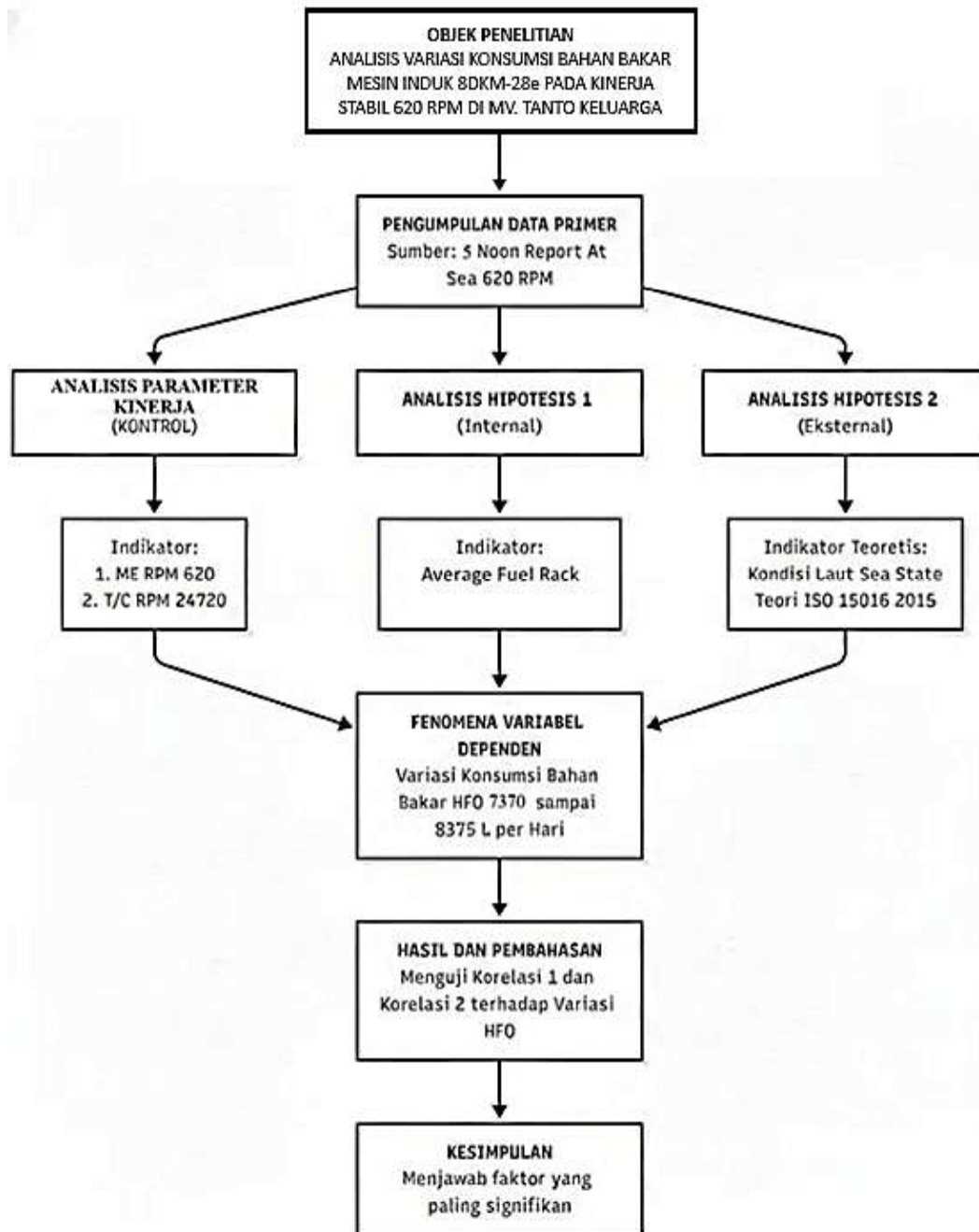
Gambar 2.9: Log Book Engine

Sumber: (Data Peneliti)

Sementara itu, *logbook deck* merupakan catatan resmi yang digunakan oleh perwira bagian dek untuk mendokumentasikan berbagai aktivitas navigasi dan operasional kapal selama perjalanan. Informasi yang dicatat dalam *logbook deck* meliputi posisi kapal, arah haluan, kecepatan kapal, kondisi cuaca, keadaan laut, kegiatan bongkar muat, pergantian jaga, serta kejadian penting yang terjadi selama pelayaran. Pencatatan ini memiliki peranan yang sangat penting dalam menjaga keselamatan pelayaran karena dapat menjadi sumber informasi yang akurat apabila terjadi insiden atau keadaan darurat di laut. Selain itu, *logbook deck* juga berfungsi sebagai bukti administratif yang dapat

digunakan dalam investigasi kecelakaan laut, audit keselamatan, maupun laporan operasional kepada perusahaan pelayaran. Dengan demikian, baik *logbook engine* maupun *logbook deck* memiliki peranan yang sangat vital dalam mendukung kelancaran operasional kapal, meningkatkan keselamatan pelayaran, serta memastikan seluruh kegiatan di atas kapal terdokumentasi dengan baik dan dapat dipertanggungjawabkan secara teknis maupun administratif.

C. Kerangka Berpikir



Gambar 2.10: Kerangka Berpikir

Sumber: Dokumen Peneliti

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif deskriptif. Metode kuantitatif deskriptif dipilih karena penelitian ini akan berfokus pada pengumpulan dan analisis data numerik untuk menjawab pertanyaan penelitian, sebagaimana didefinisikan oleh (Santosa, 2021). Data yang digunakan bersifat kuantitatif, seperti data putaran mesin, konsumsi bahan bakar, dan jumlah beban, yang diambil dari *Noon Report*.

Sifat deskriptif dari penelitian ini digunakan karena tujuannya adalah untuk menggambarkan sebuah fenomena atau karakteristik populasi secara sistematis dan faktual, tanpa melakukan manipulasi variabel (Rahman et al., 2022). Penelitian deskriptif tidak mencari hubungan sebab-akibat (kausalitas) secara eksperimental, melainkan berfokus pada penjelasan "bagaimana" suatu fenomena terjadi dalam konteks alaminya.

Pendekatan kuantitatif deskriptif ini relevan secara logis dengan rumusan masalah. Pertama, metode ini akan digunakan untuk mendeskripsikan secara faktual karakteristik kinerja Mesin Induk 8DKM-28e pada kondisi stabil 620 RPM. Kedua, metode ini akan digunakan untuk menganalisis dan mendeskripsikan anomali atau fenomena variasi konsumsi bahan bakar yang terjadi secara bersamaan.

B. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di atas kapal MV. Tanto Keluarga, yang merupakan lokasi Praktek Laut (PRALA) peneliti. Objek penelitian ini adalah sebuah kapal kontainer yang beroperasi di wilayah perairan Indonesia. Pengambilan data primer dilakukan secara langsung di ruang mesin (*engine room*) dan ruang kontrol mesin (*Engine Control Room* atau ECR). Pemilihan lokasi ini relevan karena menyediakan akses langsung ke data operasional faktual Mesin Induk 8DKM-28e.

Waktu penelitian dilaksanakan bersamaan dengan kegiatan Praktek Laut (PRALA) peneliti. Pengumpulan data primer, khususnya 5 (lima) *Noon Report*, dilakukan selama periode pelayaran. Periode ini berlangsung selama beberapa *voyage* (pelayaran) kapal pada kuartal keempat tahun 2024.

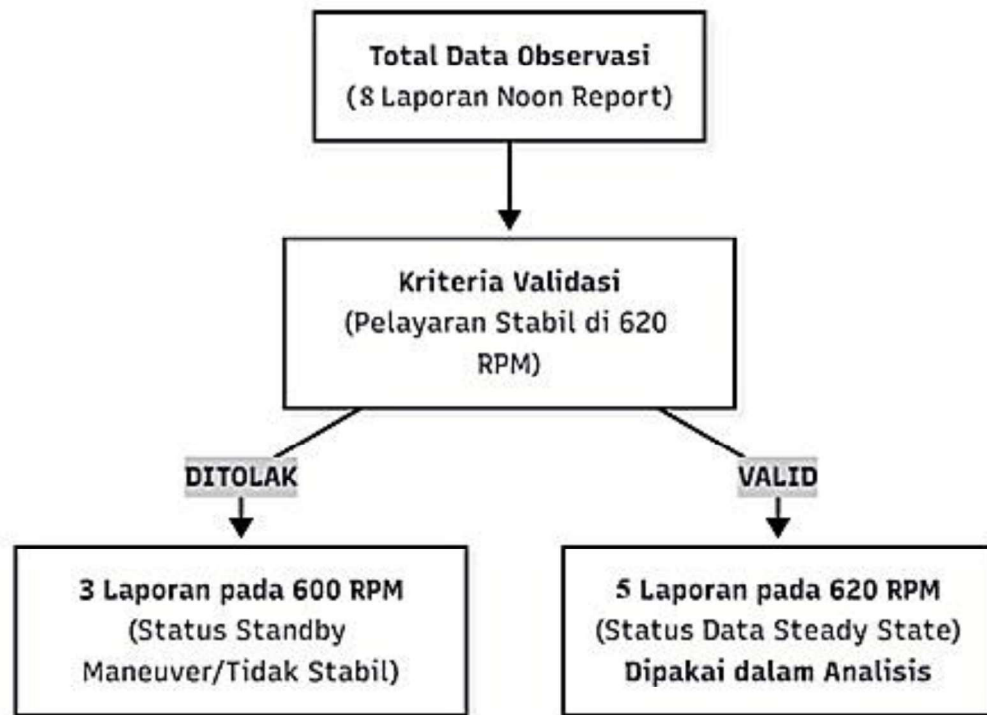
C. Sumber Data Subyek Penelitian dan Teknik Pengumpulan Data

Bagian ini menjelaskan secara rinci sumber data yang digunakan dan teknik yang diterapkan untuk mengumpulkan data tersebut.

1. Sumber Data

Subjek penelitian ini adalah *non-human*, yaitu sistem teknis Mesin Induk DAIHATSU 8DKM-28e di MV. Tanto Keluarga. Fokusnya adalah kinerja 620 RPM dan anomali konsumsi HFO. Sumber data dalam penelitian kuantitatif deskriptif ini terdiri dari data primer dan data sekunder.

Data primer adalah data mentah yang diperoleh peneliti secara langsung dari sumber pertama atau objek penelitian (Santosa, 2021). Dalam penelitian ini, data primer adalah data kuantitatif operasional faktual yang diambil dari 5 (lima) lembar "Noon Report At Sea" yang valid. Data ini secara spesifik mencatat parameter kinerja Mesin Induk (ME RPM, T/C RPM) dan parameter variabel (*fuel rack* dan konsumsi HFO).



Gambar 3.1: Diagram Alir Proses Filtrasi Data Primer

Sumber: Dokumen Pribadi

Data sekunder adalah data pendukung yang tidak diambil langsung dari observasi fenomena, melainkan data yang telah ada sebelumnya. Rahman et al. (2022) mendefinisikan data sekunder sebagai data yang mendukung konteks penelitian. Data sekunder dalam penelitian ini mencakup dokumen teknis kapal dan literatur akademis. Dokumen teknis kapal meliputi *Ship Particulars* dan

manufacturer's manual (manual pabrikan) Mesin Induk 8DKM-28e. Literatur akademis mencakup jurnal ilmiah *open access* (seperti (Manggombo, 2019) yang digunakan untuk membangun landasan teoretis di Bab II.

2. Teknik Pengumpulan Data

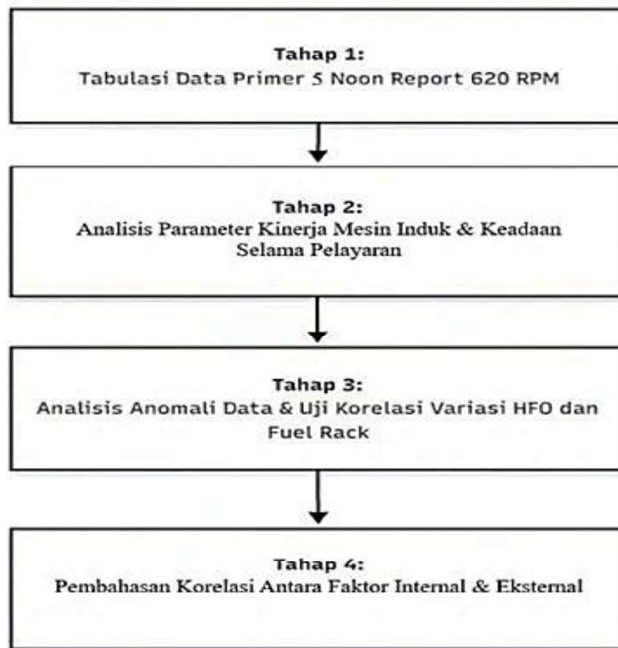
Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan melalui dua metode utama. Kedua metode ini dipilih untuk memastikan kelengkapan data, baik data kuantitatif numerik maupun data kualitatif visual sebagai konteks pendukung.

Teknik utama adalah studi dokumentasi. Metode ini digunakan untuk mengumpulkan data primer kuantitatif (*5 Noon Report 620 RPM*) dan data sekunder (manual teknis serta *Ship Particulars*). Data tersebut dikumpulkan, direkapitulasi dalam format tabel, dan disiapkan untuk tahap analisis data di Bab IV.

Teknik kedua adalah observasi dan dokumentasi visual. Teknik ini digunakan untuk mendapatkan dan mengumpulkan data primer kualitatif (visual) melalui pengamatan langsung di *Engine Control Room (ECR)* dan kamar mesin. Data ini berupa bukti fotografis yang merekam panel instrumen dan komponen mesin fisik. Data visual ini berfungsi sebagai data pendukung kontekstual untuk memvalidasi kondisi operasional yang tercatat dalam *Noon Report*.

D. Teknik Analisis Data

Teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis kuantitatif deskriptif. Pendekatan ini dipilih untuk menjawab kedua rumusan masalah yang telah ditetapkan. Analisis akan difokuskan untuk mengolah dan mendeskripsikan data numerik faktual yang telah dikumpulkan dari 5 (lima) *Noon Report* yang valid. Proses analisis data akan dibagi menjadi dua tahapan utama yang sistematis, sesuai dengan arahan metodologis untuk penelitian deskriptif (Rahman et al., 2022).



Gambar 3.2: Tahapan Teknik Analisis Data
Sumber: Dokumen Pribadi

1. Analisis Deskriptif Kinerja

Tahap pertama adalah analisis deskriptif untuk menjawab Rumusan Masalah. Data dari 5 *Noon Report* akan ditabulasi ke dalam satu tabel baru di Bab IV. Analisis akan dilakukan untuk mendeskripsikan parameter kinerja

kunci seperti ME RPM, T/C RPM, suhu, dan tekanan. Tujuan tahap ini adalah untuk memvalidasi secara faktual bahwa parameter kinerja Mesin Induk 8DKM-28e yang bervariasi selama periode observasi.

2. Analisis Variasi Konsumsi

Tahap kedua adalah analisis deskriptif yang berfokus pada data variatif. Tahap ini untuk menjawab rumusan masalah terkait faktor-faktor yang berpotensi memengaruhi terjadinya variasi konsumsi bahan bakar. Setelah kinerja Mesin Induk terbukti bervariasi menyesuaikan beban mesin, analisis akan beralih ke parameter yang bervariasi dari *5 Noon Report*.

Data konsumsi HFO akan disajikan. Analisis akan dilakukan untuk mengidentifikasi korelasi sederhana atau pola hubungan antara variasi konsumsi HFO tersebut dengan variasi parameter performance mesin yang juga tercatat. Tujuan tahap ini adalah untuk mengidentifikasi secara logis apakah parameter performa mesin merupakan faktor penyebab yang relevan terhadap variasi konsumsi bahan bakar total.