

LAPORAN TUGAS AKHIR  
KARYA ILMIAH TERAPAN

**PENGARUH PUTARAN MESIN DAN SUHU GAS BUANG  
TERHADAP KONSUMSI BAHAN BAKAR PADA MESIN  
INDUK KAPAL KM SANGIANG**



RANGGA PRADANA PARIKESID

NIT 22.36.306.2.039

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 PUTARAN MESIN DAN SUHU GAS BUANG  
TERHADAP KONSUMSI BAHAN BAKAR PADA MESIN  
INDUK KAPAL KM SANGIANG**



RANGGA PRADANA PARIKESID

NIT 22.36.306.2.039

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 : Rangga Pradana Parikesid

NIT : 22.36.306.2.039

Program Studi : Diploma IV Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal

Menyatakan bahawa KIT yang saya tulis dengan judul :

### **PENGARUH PUTARAN MESIN DAN SUHU GAS BUANG TERHADAP KONSUMSI BAHAN BAKAR PADA MAIN ENGINE KAPAL**

Merupakan karya asli seluruh ide yang ada dalam Karya Ilmiah Terapan 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 di tetapkan oleh Politeknik Pelayaran Surabaya.

SURABAYA, 06 MARET 2026



**RANGGA PRADANA PARIKESID**  
**NIT 22.36.306.2.039**

**PERSETUJUAN UJI KELAYAKAN  
PROPOSAL TUGAS AKHIR**

Judul : PENGARUH PUTARAN MESIN DAN SUHU GAS  
BUANG TERHADAP KONSUMSI BAHAN BAKAR  
PADA MESIN INDUK KAPAL KM. SANGIANG

Program Studi : D-IV Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal

Nama : Rangga Pradana Parikesid

NIT : 22363062039

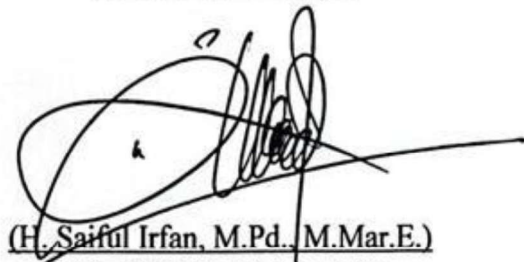
Jenis Tugas Akhir : ~~Prototype / Proyek / Karya Ilmiah Terapan\*~~  
Keterangan: \*(coret yang tidak perlu)

Dengan ini dinyatakan bahwa telah memenuhi syarat dan disetujui untuk dilaksanakan  
Uji Kelayakan Proposal

Surabaya, 04 Juni 2024


Menyetujui,

Dosen Pembimbing I




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

Dosen Pembimbing II



(Shofa Dai Robbi, S.T., M.T.)  
NIP. 198203022006041001

Ketua Program Studi  
Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal



(Monika Retno Gunarti, M.Pd., M.Mar.E.)  
NIP. 197605282009122002

**PERSETUJUAN SEMINAR  
HASIL TUGAS AKHIR**

Judul : PENGARUH PUTARAN MESIN DAN SUHU GAS BUANG  
TERHADAP KONSUMSI BAHAN BAKAR MESIN INDUK KAPAL  
KM SANGIANG  
Program Studi : D-IV TEKNOLOGI REKAYASA PERMESINAN KAPAL  
Nama : RANGGA PRADANA PARIKESID  
NIT : 22 36 306 2 039  
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, 23 Februari 2026

Menyetujui,

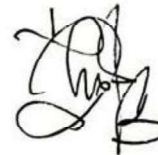
Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



(Dr. ANTONIUS EDY KRISTIYONO, M.Pd.Mar.E.)

NIP. 196905312003121001



(SHOFA DAI ROBBI, S.T.,M.T.)

NIP. 198203022006041001

Mengetahui,

Ketua Program Studi

Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal



(Dr. ANTONIUS EDY KRISTIYONO, M.Pd.Mar.E.)

NIP.196905312003121001

**PENGESAHAN  
PROPOSAL TUGAS AKHIR  
KARYA ILMIAH TERAPAN**

**PENGARUH PUTARAN MESIN DAN SUHU GAS BUANG TERHADAP  
KONSUMSI BAHAN BAKAR PADA MESIN INDUK KAPAL KM. SANGIANG**

Disusun oleh:

**RANGGA PRADANA PARIKESID**  
NIT. 22 36 306 2 039

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

Surabaya, 21 Juni 2024

Mengesahkan,

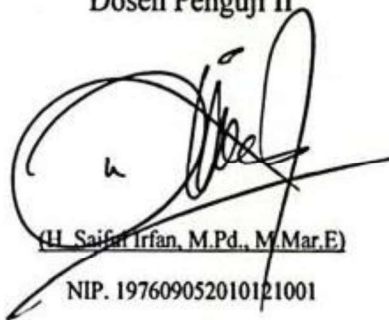
Dosen Penguji I



(Dr. Nasri, M.T., M.Mar.E.)

NIP. 197111241999021001

Dosen Penguji II



(H. Saifur Irfan, M.Pd., M.Mar.E.)

NIP. 197609052010121001

Dosen Penguji III



(Shofa Dai Robbi, S.T., M.T.)

NIP. 198203022006041001

Mengetahui,

Ketua Program Studi  
Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal



(Monika Retno Gunarti, M.Pd., M.Mar.E.)

NIP. 197605282009122002

**PENGESAHAN  
PROPOSAL TUGAS AKHIR  
KARYA ILMIAH TERAPAN**

**PENGARUH PUTARAN MESIN DAN SUHU GAS BUANG TERHADAP  
KONSUMSI BAHAN BAKAR PADA MESIN INDUK KAPAL KM. SANGIANG**

Disusun oleh:

**RANGGA PRADANA PARIKESID**  
NIT. 22 36 306 2 039

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

Surabaya, 21 Juni 2024

Mengesahkan,

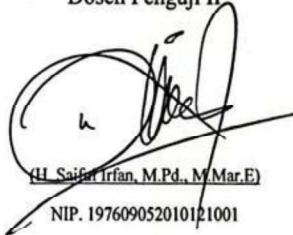
Dosen Penguji I



(Dr. Nasri, M.T., M.Mar.E.)

NIP. 197111241999021001

Dosen Penguji II



(H. Saiful Irfan, M.Pd., M.Mar.E.)

NIP. 197609052010121001

Dosen Penguji III



(Shofa Dai Robbi, S.T., M.T.)

NIP. 198203022006041001

Mengetahui,

Ketua Program Studi  
Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal



(Monika Retno Gunarti, M.Pd., M.Mar.E.)

NIP. 197605282009122002

## ABSTRAK

RANGGA PRADANA PARIKESID, Pengaruh Putaran Mesin(RPM) dan Suhu Gas Buang terhadap konsumsi bahan bakar main engine kapal. Dibimbing oleh Dr. Antonius Edy Kristiyono, M.Pd., M.Mar.E. selaku dosen pembimbing I dan Shofa Dai Robbi,S.T.,M.T. selaku dosen pembimbing II.

Penggunaan bahan bakar yang efisien menjadi fokus utama industri pelayaran dalam mengurangi biaya operasional dan dampak lingkungan. Penelitian ini melakukan analisis terhadap pengaruh putaran mesin ( $X_1$ ) dan suhu gas buang ( $X_2$ ) terhadap konsumsi bahan bakar ( $Y$ ) pada mesin penggerak utama kapal. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh putaran mesin dan suhu terhadap konsumsi bahan bakar pada mesin penggerak utama kapal. Metode penelitian yang digunakan adalah kuantitatif untuk mengetahui adanya pengaruh putaran mesin dan suhu gas buang terhadap konsumsi bahan bakar mesin penggerak utama kapal. Sumber data penelitian didapat dari logbook dan manual book mesin kapal, data dianalisis menggunakan metode statistik untuk mengetahui bagaimana hubungan antara putaran mesin dan suhu gas buang terhadap konsumsi bahan bakar kapal. Hasil penelitian menunjukkan adanya hubungan yang signifikan antara variabel putaran mesin (RPM) dan suhu gas buang terhadap konsumsi bahan bakar mesin penggerak utama. Dimana putaran mesin dan suhu gas buang cenderung meningkatkan konsumsi bahan bakar mesin penggerak utama kapal. Implikasi dari penelitian ini adalah pentingnya pengendalian putaran mesin dan suhu gas buang guna mengoptimalkan efisiensi konsumsi bahan bakar mesin penggerak utama kapal.

**Kata Kunci:** Putaran Mesin (RPM), Konsumsi Bahan Bakar, Mesin penggerak utama

## **ABSTRACT**

*RANGGA PRADANA PARIKESID, The Influence of Engine Speed (RPM) and Exhaust Gas Temperature on Fuel Consumption of Main Engine Ship. Supervised by Dr. Antonius Edy Kristiyono, M.Pd., M.Mar.E. as the first advisor and Shofa Dai Robbi, S.T., M.T. as the second advisor*

*Fuel efficiency has become a primary focus in the maritime industry to reduce operational costs and environmental impact. This study analyzes the effect of engine speed (X1) and exhaust gas temperature (X2) on fuel consumption (Y) of the ship's main propulsion engine. The objective of this research is to determine the influence of engine speed and exhaust gas temperature on the fuel consumption of the main propulsion engine. This study employs a quantitative research method to examine the effect of engine speed and exhaust gas temperature on the fuel consumption of the ship's main propulsion engine. The research data were obtained from the vessel's logbook and engine manual book, and were analyzed using statistical methods to determine the relationship between engine speed, exhaust gas temperature, and fuel consumption. The results indicate a significant relationship between engine speed (RPM) and exhaust gas temperature with the fuel consumption of the main engine. Both engine speed and exhaust gas temperature tend to increase fuel consumption of the ship's main engine. The implication of this study highlights the importance of controlling engine speed and exhaust gas temperature to optimize fuel efficiency of the main engine.*

**Keywords:** *Engine speed (RPM), fuel consumption, Main Engine*

## KATA PENGANTAR

Segala puja dan puji syukur atas kehadiran Allah Tuhan Yang Maha Esa, atas karunia dan rahmatnya dengan ini penulis dapat menyusun karya tulis ilmiah yang berjudul “PENGARUH PUTARAN MESIN DAN SUHU GAS BUANG TERHADAP KONSUMSI BAHAN BAKAR PADA MAIN ENGINE KAPAL”. Skripsi ini disusun guna memenuhi persyaratan untuk menyelesaikan Program Pendidikan Diploma IV (D IV) di Politeknik Pelayaran Surabaya. Dalam menyelesaikan penyusunan skripsi ini penulis mendapat banyak dukungan, bimbingan baik mental maupun fisik sehingga memotivasi penulis untuk menyelesaikan skripsi ini, dengan penuh rasa hormat penulis mengucapkan terimakasih yang paling dalam kepada

1. Bapak Moejiono, M.T.,M.Mar.E selaku Direktur Politeknik Pelayaran Surabaya;
2. Bapak Dr. Antonius Edy Kristiyono, M.Pd., M.Mar.E. selaku Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal;
3. Bapak Dr. Antonius Edy Kristiyono, M.Pd., M.Mar.E. selaku Dosen Pembimbing I yang senantiasa membimbing penulis dalam sistematika penulisan karya ilmiah;
4. Bapak Shofa Dai Robbi, S.T.,M.T.selaku Dosen Pembimbing II yang senantiasa membimbing penulis dalam sistematika penulisan karya ilmiah;
5. Bapak dan Ibu Dosen yang telah membimbing dan memberikan ilmu pengetahuan kepada penulis selama menempuh pendidikan di Politeknik Pelayaran Surabaya;
6. Ayah Rudy Harianto dan Ibu Setyowati Andayani yang selalu mendukung ,memotivasi, dan senantiasa memberikan doa kepada penulis sehingga dapat menempuh pendidikan di Politeknik Pelayaran Surabaya dengan lancar dan tidak terhalang kendala apapun;
7. Rekan-rekan khususnya kelas D-IV Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal serta senior yang telah memberikan semangat serta motivasi kepada penulis;
8. Seluruh jajaran Crew KM. Sangiang yang selalu memberikan motivasi dan dukungan kepada penulis selama melakukan praktek laut dan membantu dalam mengumpulkan data yang dibutuhkan oleh penulis;
9. Untuk seluruh sahabat penulis yang selalu memberikan semangat serta motivasi untuk menyelesaikan karya tulis ilmiah ini.

Demikian kata pengantar ini dibuat dan dengan segala kerendahan hati, penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penulisan karya ilmiah terapan ini, maka dari itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun sehingga dapat lebih menyempurnakan penulisan ini agar dapat berguna serta

memberikan manfaat bagi penulis, pembaca, dan dapat menjadi literasi untuk semua kalangan dan di ruang lingkup Politeknik Pelayaran Surabaya

SURABAYA, ..... 2026

**RANGGA PRADANA PARIKESID**  
**NIT 22.36.306.2.039**

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN.....</b>	<b>ii</b>
<b>PERSETUJUAN UJI KELAYAKAN PROPOSAL TUGAS AKHIR.....</b>	<b>iii</b>
<b>PERSETUJUAN SEMINAR HASIL TUGAS AKHIR.....</b>	<b>iv</b>
<b>PENGESAHAN PROPOSAL TUGAS AKHIR.....</b>	<b>v</b>
<b>PENGESAHAN LAPORAN TUGAS AKHIR.....</b>	<b>vi</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>vii</b>
<b><i>ABSTRACT</i>.....</b>	<b>viii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
A. Latar Belakang Penelitian .....	1
B. Rumusan Masalah.....	5
C. Batasan Masalah.....	6
D. Tujuan Penelitian .....	6
E. Manfaat Penelitian .....	7
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>8</b>
A. Review Penelitian Sebelumnya.....	8
B. Landasan Teori.....	10
C. Kerangka Penelitian .....	31

D. Hipotesis.....	32
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>33</b>
A. Jenis Penelitian.....	33
B. Lokasi/ Waktu Penelitian .....	34
C. Sumber Data Dan Teknik Pengumpulan Data .....	34
D. Teknik Analisis Data.....	36
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>39</b>
A. Gambaran Umum Penelitian.....	39
B. Hasil Penelitian .....	41
C. Analisis Data Penelitian .....	44
D. Hasil Uji Hipotesis .....	49
E. Pembahasan.....	57
<b>BAB V PENUTUP.....</b>	<b>61</b>
A. Kesimpulan .....	61
B. Saran.....	62
<b>DARTAR PUSTAKA .....</b>	<b>65</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>68</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Review Penelitian Sebelumnya.....	8
Tabel 4. 1 Data perhitungan kebutuhan bahan bakar KM Sangiang dalam satu Voyage .....	42
Tabel 4. 2 Perhitungan konsumsi bahan bakar mesin induk KM. Sangiang.....	42
Tabel 4. 3 hubungan antara putaran mesin dan daya mesin.....	45
Tabel 4. 4 hubungan antara putaran mesin dan daya terhadap konsumsi bahan bakar kapal KM. Sangiang.....	45
Tabel 4. 5 Hubungan antara putaran mesin dengan SFOC pada mesin induk KM. Sangiang.....	46
Tabel 4. 6 hubungan antara suhu gas buang terhadap konsumsi bahan bakar .....	47
Tabel 4. 7 Model Summary Hasil SPSS .....	49
Tabel 4. 8 Anova Hasil SPSS.....	49
Tabel 4. 9 Coefficients Hasil SPSS.....	50
Tabel 4. 10 Hasil Analisis Regresi Linear Putaran Mesin terhadap Konsumsi Bahan Bakar .....	50
Tabel 4. 11 Model Summary Hasil SPSS .....	51
Tabel 4. 12 Anova Hasil SPSS.....	52
Tabel 4. 13 Coefficients Hasil SPSS.....	52
Tabel 4. 14 Hasil Analisis Regresi Linear Suhu Gas Buang terhadap Konsumsi Bahan Bakar .....	53
Tabel 4. 15 Model Summary Hasil SPSS .....	54
Tabel 4. 16 Anova Hasil SPSS.....	55
Tabel 4. 17 Coefficient Hasil SPSS .....	55
Tabel 4. 18 Hasil Analisis Regresi Linear Berganda .....	56

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Main Engine .....	11
Gambar 2. 2	Mesin 2 Tak.....	12
Gambar 2. 3	Mesin 4 Tak.....	14
Gambar 2. 4	Sistem bahan bakar.....	16
Gambar 2. 5	Double Bottom .....	17
Gambar 2. 6	Transfer Pump .....	18
Gambar 2. 7	Settling Tank .....	18
Gambar 2. 8	Service Tank.....	19
Gambar 2. 9	Booster Pump .....	20
Gambar 2. 10	Heater .....	20
Gambar 2. 11	Viscosity Regulator .....	21
Gambar 2. 12	Fuel Pump .....	21
Gambar 2. 13	Kerangka Penelitian .....	31
Gambar 4. 1	Kapal KM. Sangiang .....	39
Gambar 4. 2	Grafik hubungan antara putaran mesin dan daya mesin .....	44
Gambar 4. 3	Grafik Regresi Linear Putaran Mesin terhadap Konsumsi Bahan Bakar .....	51
Gambar 4. 4	Grafik Regresi Linear Suhu Gas Buang terhadap Konsumsi Bahan Bakar .....	54
Gambar 4. 5	Grafik Hubungan Simultan RPM dan Suhu Gas Buang terhadap Konsumsi Bahan Bakar.....	56

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Ship Particular KM. Sangiang.....	68
Lampiran 2 Technical Data Main Engine KM. Sangiang.....	69
Lampiran 3 Logbook KM. Sangiang .....	70

# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang Penelitian

Industri pelayaran menjadi salah satu industri penting untuk dicermati, karena memiliki peran strategis dalam mendukung aktivitas perdagangan internasional. Industri pelayaran berpotensi untuk meningkatkan daya saing dan kemandirian Indonesia dalam bidang maritim. *International Chamber of Shipping* (ICS) memaparkan bahwa transportasi maritim menjadi tulang punggung dari aktivitas perdagangan internasional, karena sekitar 90% komoditas hasil produksi dari perdagangan dunia diangkut melalui jalur laut (Rajagukguk et al., 2024). Kapal merupakan salah satu moda transportasi utama untuk industri pelayaran, dan efisiensi operasionalnya memiliki dampak signifikan terhadap biaya dan lingkungan.

Menurut PP Nomor 31 Tahun 2021 Bidang Pelayaran menjelaskan Kapal adalah kendaraan air dengan bentuk dan jenis tertentu, yang digerakkan dengan tenaga angin, tenaga mekanik, energi lainnya, ditarik atau ditunda, termasuk kendaraan yang berdaya dukung dinamis, kendaraan di bawah permukaan air, serta alat apung dengan bangunan terapung yang tidak berpindah-pindah. Kapal sebagai alat transportasi laut memerlukan penggerak utama yang handal (Bidang Pelayaran, 2021). Industri transportasi laut, menjadikan mesin diesel pilihan utama sebagai mesin penggerak utama pada kapal (Iilik budyanto, 2021). Diesel engine mendominasi penggerak kapal karena durability, reliability, dan efisiensi fuel yang unggul dibandingkan sistem propulsi lainnya (Robbi et al.,

2025). Mesin diesel dalam industri transportasi laut memiliki tantangan unik. Mereka harus mampu mengatasi perjalanan jarak jauh, beroperasi dalam berbagai kondisi cuaca, dan tetap efisien dalam penggunaan bahan bakar untuk mengoptimalkan biaya operasional. Industri otomotif, khususnya pada sektor mesin diesel, tengah menunjukkan tren positif yang signifikan. Hal ini dipicu oleh integrasi teknologi mutakhir serta peningkatan kompetensi sumber daya manusia di bidangnya. Saat ini, mesin diesel kian diminati karena efisiensi konsumsi bahan bakarnya yang unggul dibandingkan mesin bensin, sebuah keunggulan yang lahir dari penerapan rasio kompresi yang tinggi. (16-23:1). Operasi mesin bergantung pada temperatur hasil kompresi yang meningkatkan volume pembakaran di ruang bakar, menghasilkan efisiensi termal 38-45% (lebih tinggi dari Otto cycle). Efisiensi ini dicapai melalui panas adiabatik kompresi yang mencapai 500-700°C sebelum injeksi fuel (Riki Irawan, 2025). Mesin diesel menawarkan sejumlah keunggulan teknis, di antaranya adalah output tenaga yang besar, efisiensi bahan bakar yang tinggi, serta tingkat getaran dan rotasi per menit (RPM) yang rendah. Secara umum, mesin ini beroperasi menggunakan jenis bahan bakar seperti High-Speed Diesel (HSD), Marine Fuel Oil (MFO), maupun Fuel Oil (FO). Kendati demikian, di balik performanya, penggunaan bahan bakar fosil konvensional pada mesin diesel masih menjadi kontributor signifikan terhadap polusi udara. (Sudrajat et al., 2023). Pada konteks ini, pengembangan dan inovasi dalam teknologi mesin diesel untuk transportasi laut menjadi sangat penting. Perusahaan pelayaran terus berupaya mencari cara untuk meningkatkan efisiensi mesin, mengurangi emisi, dan memperpanjang masa pakai mesin untuk menjaga keberlanjutan

operasional dan lingkungan. Dengan latar belakang ini, studi dan pengembangan terus dilakukan untuk meningkatkan performa mesin diesel dalam industri transportasi laut, baik dari segi efisiensi bahan bakar, pengurangan emisi, maupun adaptasi terhadap regulasi lingkungan yang semakin ketat. Ini adalah tantangan dan peluang bagi industri untuk terus berinovasi dalam menjaga keberlanjutan dan efisiensi dalam penggunaan mesin diesel pada kapal-kapal laut.

Energi dalam bentuk bahan bakar memegang peranan krusial bagi keberlangsungan aktivitas manusia modern. Bahan Bakar Minyak (BBM) telah menjadi komoditas mendasar, baik bagi penduduk di wilayah pedesaan maupun perkotaan, guna menunjang kebutuhan domestik hingga operasional korporasi. Selain itu, urgensi bahan bakar sangat terlihat pada sektor industri dan transportasi, di mana pada sektor terakhir, kebutuhan tersebut terus melonjak seiring dengan pertumbuhan volume kendaraan yang sangat pesat (Julianto et al., 2020) Efisiensi bahan bakar menjadi aspek krusial dalam operasi kapal, karena konsumsi bahan bakar yang tinggi tidak hanya berdampak pada biaya operasional, tetapi juga pada dampak lingkungan. Pada konteks ini, putaran mesin dan suhu merupakan faktor kunci yang mempengaruhi konsumsi bahan bakar pada *main engine* kapal. Putaran mesin mengatur kecepatan dan tenaga yang dihasilkan, sementara suhu mesin memengaruhi efisiensi pembakaran bahan bakar. Oleh karena itu, pemahaman mendalam tentang bagaimana putaran mesin dan suhu memengaruhi konsumsi bahan bakar dapat membantu pengoptimalan operasional kapal, meningkatkan efisiensi, dan mengurangi dampak lingkungan negatif yang dihasilkan oleh emisi kapal.

RPM (Revolutions Per Minute) merupakan parameter kunci yang berpengaruh signifikan terhadap performansi dan konsumsi bahan bakar mesin diesel. RPM adalah jumlah rotasi crankshaft per menit yang menentukan daya output dan efisiensi pembakaran (Isaining, 2024). Tingkat putaran mesin yang optimal dapat menghasilkan efisiensi yang lebih baik, sementara putaran yang tidak sesuai dapat meningkatkan konsumsi bahan bakar dan memperpendek masa pakai mesin. Suhu gas buang mesin juga merupakan faktor kunci yang mempengaruhi efisiensi dan konsumsi bahan bakar. Suhu gas buang yang tidak terkendali atau tidak optimal dapat menyebabkan penurunan efisiensi pembakaran dan peningkatan konsumsi bahan bakar. Oleh karena itu, memahami bagaimana putaran mesin dan suhu gas buang mesin berkontribusi terhadap konsumsi bahan bakar pada main engine kapal menjadi penting dalam upaya meningkatkan efisiensi operasional dan mengurangi dampak lingkungan. *RPM (Revolutions Per Minute)* pada kapal dapat mencakup analisis efisiensi operasional dan penggunaan bahan bakar. Misalnya, sebuah perusahaan pelayaran ingin meningkatkan efisiensi penggunaan bahan bakar pada kapal-kapal mereka. Mereka memutuskan untuk melakukan pemantauan dan analisis RPM mesin kapal selama perjalanan untuk memastikan mesin beroperasi pada putaran optimal yang menghasilkan tenaga yang dibutuhkan tanpa mengorbankan efisiensi bahan bakar.

Hal tersebut dapat melibatkan pemantauan dan pengumpulan data RPM selama perjalanan kapal, perbandingan data tersebut dengan rekomendasi produsen mesin, dan identifikasi pola atau kondisi operasional di mana RPM yang berbeda dapat menghasilkan efisiensi bahan bakar yang lebih baik. Dari

kasus tersebut kemudian dapat digunakan untuk memberikan rekomendasi kepada kru kapal mengenai praktik terbaik dalam mengoperasikan mesin pada RPM optimal untuk menghemat biaya bahan bakar dan mengurangi emisi. Pada penelitian ini bertujuan untuk menginvestigasi pengaruh putaran mesin dan suhu terhadap konsumsi bahan bakar pada Mesin Utama Kapal. Dengan memahami interaksi antara faktor-faktor ini, diharapkan dapat dikembangkan strategi operasional yang lebih efisien dan ramah lingkungan untuk industri pelayaran.

Pada Permasalahan tentang variabel putaran mesin telah diteliti dalam salah satu jurnal yang berjudul “ANALISIS PENGARUH PUTARAN MESIN PADA EFISIENSI BAHAN BAKAR MESIN DIESEL 2DG-FTV” yang dipublikasikan pada tahun 2020. Lalu, yang menjadi perbedaan dalam penelitian ini adalah variabel yang akan dikaitkan serta perbedaan dalam objek yang akan diteliti oleh peneliti, metode kuantitatif yang akan digunakan oleh peneliti, serta hasil yang akan didapat oleh peneliti.

Sehubungan dengan hal tersebut, maka penulis menulis Karya Ilmiah Terapan yang berjudul :

**“Pengaruh Putaran Mesin dan Suhu Gas Buang Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Pada *Main Engine* Kapal”**

## **B. Rumusan Masalah**

Merujuk pada paparan latar belakang di atas, maka permasalahan dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh antara putaran mesin (X1) terhadap konsumsi bahan

bakar (Y) main engine kapal?

2. Bagaimana pengaruh suhu gas buang (X2) terhadap konsumsi bahan bakar (Y) pada main engine kapal?
3. Bagaimana pengaruh putaran mesin (X1) dan suhu gas buang (X2) terhadap konsumsi bahan bakar (Y) pada main engine kapal?

### **C. Batasan Masalah**

Untuk menjamin kedalaman dan fokus penelitian, penulis membatasi ruang lingkup pembahasan pada pengaruh putaran mesin (RPM) dan suhu terhadap konsumsi bahan bakar pada mesin kapal. Pembatasan ini dilakukan agar analisis data lebih terarah dan mampu memberikan kontribusi ilmiah yang signifikan serta aplikatif bagi pengembangan teknologi perkapalan.

### **D. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan yang ingin di capai dalam penulisan Karya Ilmiah Terapan adalah :

1. Untuk menganalisis pengaruh Putaran Mesin (X1) terhadap konsumsi bahan bakar (Y) pada *main engine* kapal
2. Untuk menganalisis pengaruh Suhu Gas Buang (X2 ) terhadap konsumsi bahan bakar (Y) pada *main engine* kapal
3. Untuk menganalisis pengaruh Putaran Mesin (X1) dan Suhu Gas Buang (X2) terhadap konsumsi bahan bakar (Y) *main engine* kapal

## E. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini, yaitu :

### 1. Manfaat Teoritis

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi secara mendalam pengaruh putaran mesin dan suhu terhadap konsumsi bahan bakar pada mesin kapal. Melalui pemahaman ini, diharapkan hasil studi dapat memberikan wawasan strategis dalam mengoptimalkan efisiensi energi, yang berkontribusi langsung pada pengurangan biaya operasional serta meminimalisasi dampak lingkungan.

### 2. Manfaat Praktis

Penelitian ini diharapkan berguna dalam pengembangan strategi pengoperasian *Main Engine* Kapal yang lebih efisien untuk mengurangi konsumsi bahan bakar dan biaya operasional serta putaran mesin dan suhu yang mempengaruhi konsumsi bahan bakar, operator kapal dapat mengoptimalkan performa mesin kapal untuk mencapai efisiensi yang lebih tinggi, menghemat biaya bahan bakar, dan mengurangi dampak lingkungan.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. Review Penelitian Sebelumnya

Tinjauan pustaka merupakan paparan komprehensif mengenai teori, hasil temuan, serta literatur pendukung yang berfungsi sebagai fondasi utama dalam melakukan penelitian. Melalui referensi tersebut, peneliti dapat menyusun kerangka berpikir yang sistematis guna menjawab rumusan masalah yang telah ditetapkan secara logis dan terukur. Bagian ulasan ini mencakup ringkasan, analisis, serta pemikiran kritis penulis terhadap berbagai literatur, mulai dari artikel ilmiah dan buku hingga sumber digital yang relevan dengan topik bahasan. Sebagai gambaran komprehensif, berikut disajikan tabel perbandingan yang merangkum hasil studi dari penelitian terdahulu:

Tabel 2. 1 Review Penelitian Sebelumnya

NAMA	JUDUL	HASIL PENELITIAN	PERBEDAAN
LILIK, BUDIYANTO, INDAH SURYANINGSIH ENCIS. 2021. JURNAL PROSIDING KEMARITIM AN 2021	PENGARUH PUTARAN MESIN INDUK (RPM) KAPAL TERHADAP KONSUMSI BAHAN BAKAR PADA MESIN DIESEL 31990 KW	Penelitian ini menerapkan pendekatan kuantitatif dengan melakukan observasi konsumsi bahan bakar selama siklus pelayaran rute Surabaya–Surabaya (PP) dalam durasi 4 × 24 jam. Fokus utama pengamatan adalah untuk menganalisis rata-rata putaran mesin induk (RPM), di mana fluktuasinya dipengaruhi oleh faktor eksternal seperti kondisi angin, gelombang, dan arus laut. Hasil analisis menunjukkan bahwa konsumsi bahan bakar sebesar 2.310 liter tercapai pada putaran mesin 55 RPM. Hal ini	Perbedaan pada penelitian saya disini adalah, terdapat pada masalah yang akan dibahas yaitu pengaruh variabel putaran mesin dan perubahan suhu gas buang terhadap konsumsi bahan bakar main engine kapal. Perbedaan yang kedua adalah terdapat pada metode penelitian dikarenakan dalam penelitian saya menggunakan metode kuantitatif eksperimen. Perbedaan ketiga adalah hasil penelitian saya disini menggunakan teknik statistik untuk menentukan putaran

NAMA	JUDUL	HASIL PENELITIAN	PERBEDAAN
		mengindikasikan bahwa 55 RPM merupakan putaran kerja efektif yang memungkinkan mesin beroperasi lebih ringan tanpa mengurangi output daya maksimalnya.	mesin, suhu gas buang , dan konsumsi bahan bakar
EKO JULIANTO, SUNARYO. 2020 Jurnal PENELITIAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT UNSIQ	ANALISIS PENGARUH PUTARAN MESIN PADA EFISIENSI BAHAN BAKAR MESIN DIESEL 2DG-FTV	Penelitian ini menerapkan metode observasi langsung pada unit Toyota Innova Diesel 2016 dengan spesifikasi mesin tipe 2GD-FTV. Fokus utama pengujian adalah menganalisis konsumsi bahan bakar melalui variasi putaran mesin dengan durasi pengambilan data selama 60 detik per interval. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa laju konsumsi bahan bakar (mf) memiliki korelasi positif terhadap putaran mesin (RPM). Sebaliknya, Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (SFC) berbanding terbalik dengan RPM, yang mengindikasikan bahwa efisiensi pembakaran meningkat seiring kenaikan putaran mesin, terutama pada rentang RPM rendah hingga menengah..	Perbedaan penelitian sebelumnya dengan penelitian yang akan saya lakukan adalah yang pertama terletak pada masalah yang akan dibahas dalam penelitian saya membahas tentang pengaruh putaran mesin dan suhu gas buang terhadap konsumsi bahan bakar pada industri pelayatan serta berfokus pada efisiensi bahan bakar. Perbedaan yang kedua adalah terletak pada metode penilitiannya dikarenakan pada penelitian yang akan saya lakukan menggunakan kuantitatif eksperimen
BUDI UTOMO. 2020 JURNAL REKAYASA MESIN	HUBUNGAN ANTARA KONSUMSI BAHAN BAKAR DENGAN BERBAGAI PERUBAHAN KECEPATAN PADA MOTOR DIESEL PENGGERAK KAPAL	Penelitian ini menerapkan metode kuantitatif untuk menganalisis performa mesin diesel sebagai penggerak utama kapal. Pemilihan mesin diesel didasari oleh efisiensi konsumsi bahan bakarnya yang lebih unggul dibandingkan mesin bensin. Fokus studi ini terletak pada korelasi antara konsumsi bahan bakar, kecepatan, dan putaran mesin yang saling berinteraksi secara linear terhadap peningkatan daya. Secara spesifik, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi besaran daya	Perbedaan penelitian sebelumnya dengan penelitian saya yang pertama adalah terletak pada masalah yang dibahas bahwa pada penelitian saya membahas tentang pengaruh variabel putaran mesin dan suhu gas buang terhadap konsumsi bahan bakar, serta relevansinya dalam konteks mengurangi biaya operasional dan dampak lingkungan dalam industri pelayaran. Perbedaan yang kedua adalah terletak pada metode dikarenakan dalam penelitian saya menggunakan kuantitaif

NAMA	JUDUL	HASIL PENELITIAN	PERBEDAAN
		dan kebutuhan bahan bakar pada berbagai variasi RPM untuk kapal berbobot mati 120 DWT	eksperimen. Perbedaan yang ketiga adalah terletak pada hasil penelitian yang lebih luas, dengan menyarankan bahwa hasil penelitian ini dapat memberikan wawasan berharga bagi industri pelayaran dalam mengoptimalkan efisiensi bahan bakar dan mengurangi emisi karbon, sehingga memiliki implikasi yang lebih besar dalam praktik industri.

## B. Landasan Teori

Landasan teori merupakan seperangkat konsep atau definisi-definisi yang akan menjadi dasar dalam sebuah penelitian, oleh karena itu landasan teori harus kuat karena landasan teori merupakan dasar dalam sebuah penelitian, tanpa adanya landasan teori yang baik, benar dan tepat maka sebuah penelitian hanya akan menjadi sebuah penelitian yang tidak mempunyai dasar apapun. Landasan teori merupakan pondasi dalam sebuah bangunan, apabila dasar dari bangunan tersebut kuat maka bangunan di atasnya juga akan kuat, dan sebaliknya apabila dasar dari bangunan tersebut lemah maka bangunan di atasnya pun juga akan lemah. Oleh karena itu Landasan teori merupakan hal yang sangat penting dalam sebuah penelitian. Teori-teori atau pendapat yang akan dikemukakan dalam landasan teori harus benar-benar teori yang sudah teruji kebenarannya bukan hanya pendapat dari para ahli, agar memudahkan kita dalam pembuatan penelitian.

## 1. Main Engine

### a. Pengertian Main engine

Mesin induk merupakan sistem penggerak utama pada kapal yang berfungsi mengonversi energi mekanis menjadi gaya dorong untuk memutar baling-baling (propeller). Mekanisme ini memungkinkan kapal untuk melakukan mobilisasi, bermanuver dengan presisi, serta berpindah posisi guna menunjang seluruh operasional pelayaran. (Dwiana et al., 2023). Motor diesel diklasifikasikan sebagai motor bakar torak dengan mekanisme penyalaan kompresi (*compression ignition*). Berbeda dengan mesin bensin, proses pembakaran pada mesin ini tidak dipicu oleh percikan bunga api, melainkan melalui penyemprotan bahan bakar oleh nosel ke dalam ruang bakar saat piston mendekati Titik Mati Atas (TMA). Pada fase ini, udara di dalam silinder telah dikompresi hingga mencapai suhu ekstrem yang melampaui titik nyala bahan bakar, sehingga terjadi pembakaran secara spontan (Fadly & Pakan, 2021).

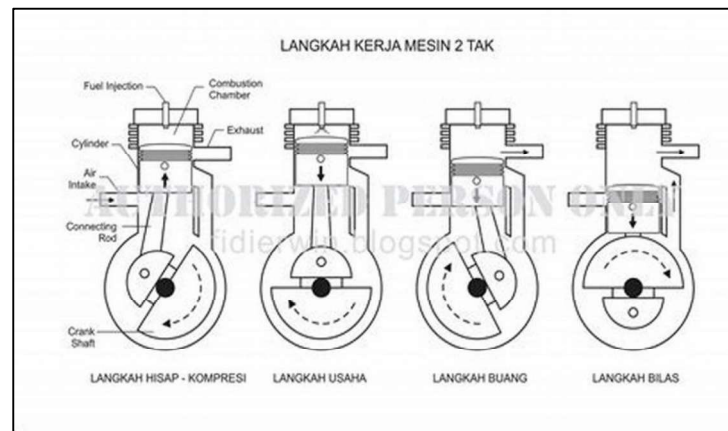


Gambar 2. 1 *Main Engine*

Sumber : (Dokumen Peneliti)

b. Jenis Mesin diesel dapat dibagi menjadi beberapa jenis berdasarkan desain dan konfigurasi, termasuk:

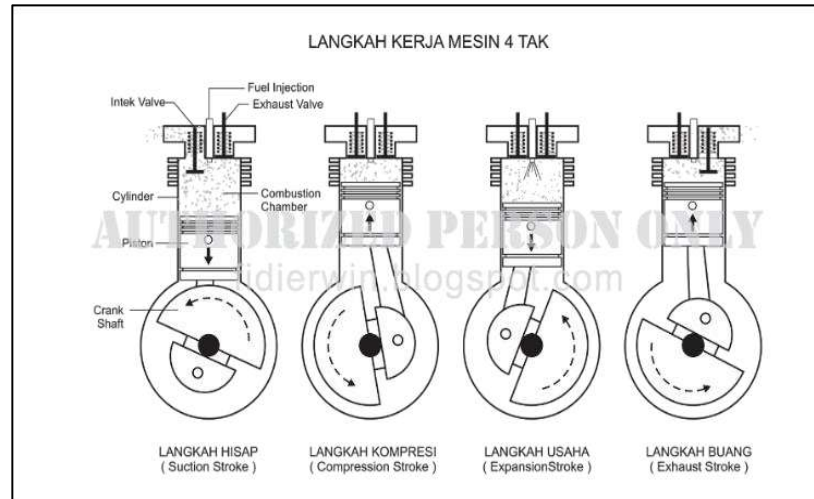
- 1) Proses dimulai saat torak bergerak dari Titik Mati Bawah (TMB) menuju Titik Mati Atas (TMA). Pada awal langkah ini, terjadi fase pembilasan di mana lubang udara bilas dan katup buang (exhaust valve) tetap terbuka masing-masing sebesar 10% dan 20% dari total langkah torak. Seiring pergerakan torak ke atas, lubang bilas akan tertutup pada posisi 10% langkah, diikuti penutupan katup buang pada posisi 20% langkah, yang sekaligus menandai dimulainya tahap kompresi. Udara murni di dalam silinder kemudian ditekan hingga mencapai tekanan  $\pm 40 \text{ kg/cm}^2$ . Sesaat sebelum TMA (sekitar  $8^\circ$  poros engkol), bahan bakar diinjeksikan dalam bentuk atomisasi dengan suhu mencapai  $1200^\circ\text{C}$ , di mana proses pembakaran ini berlangsung hingga piston melewati  $5^\circ$  setelah TMA. (DINA MUTIA, 2023).



Gambar 2. 2 Mesin 2 Tak

Sumber: (fidierwin.blogspot.com, 2020)

2) Mesin Diesel 4 Tak: Mesin empat langkah berarti memiliki 4 langkah dalam satu siklus pembakaran, berikut adalah siklus diesel 4 tak. Langkah pertama ialah langkah hisap, piston bergerak dari TMA menuju ke TMB, katup in membuka, katup out tertutup otomatis, terjadi proses penghisapan udara murni masuk kedalam silinder mesin melalui intake manifold, poros engkol bergerak 180 derajat. Langkah kedua ialah langkah kompresi, piston bergerak dari TMB ke TMA, katup in dan katup out tertutup maka kapasitas udara yang telah dikompresikan oleh piston dalam ruang bakar silinder yaitu antara  $\frac{3}{4}$  atau lebih dari seluruh volume silinder, poros engkol berputar 180 derajat. Langkah ketiga ialah langkah usaha, katup in dan katup out tertutup sedikit piston mencapai TMA, panas udara yang dikompresi suhu mencapai antara 600 derajat c sampai dengan 800°C, kemudian pada saat bersamaan injector menyemprotkan bahan bakar solar yang berbentuk kabut sehingga langsung terbakar. Setelah terjadi pembakaran bahan bakar maka tekanan dalam silinder dengan cepat naik mencapai tekanan 50 kg/cm<sup>2</sup> sehingga mendorong piston dari TMA menuju ke TMB menghasilkan satu langkah usaha dari motor tersebut. Langkah keempat ialah langkah buang, merupakan langkah dimana katup in tertutup, katup out terbuka, piston bergerak dari TMB ke TMA, maka yang terjadi sisa-sisa pada proses pembakaran dibuang melalui katup buang dan kemudian diteruskan menuju manifold jalur pembuangan. (Utomo, 2020).



Gambar 2. 3 Mesin 4 Tak

Sumber: (fidierwin.blogspot.com, 2020)

Dalam kedua jenis mesin diesel tersebut, terdapat variasi lainnya berdasarkan konfigurasi silinder, jumlah silinder, dan tipe pembakaran, yang disesuaikan dengan kebutuhan dan spesifikasi kapal tertentu.

Output daya merupakan indikator krusial dalam mengevaluasi performa sebuah mesin. Secara fungsional, besaran daya sangat bergantung pada interaksi antara kecepatan rotasi mesin (RPM) dan momen puntir (torsi) yang dihasilkan. Peningkatan kecepatan putaran berbanding lurus dengan daya output, begitu pula dengan momen putar yang dipengaruhi oleh rasio roda gigi; semakin besar reduksi atau jumlah gigi, semakin tinggi torsi yang tercipta. Dalam konteks motor bakar, parameter yang paling relevan adalah daya poros (brake horsepower), karena komponen inilah yang secara langsung mentransmisikan energi untuk menggerakkan beban. Dengan demikian besar daya poros itu adalah (Mulyono et al., 2020)

Persamaan 1 Daya Motor:

$$P = \frac{2\pi \cdot n \cdot T}{60000} (kW)$$

Dimana :

P = daya (kW)

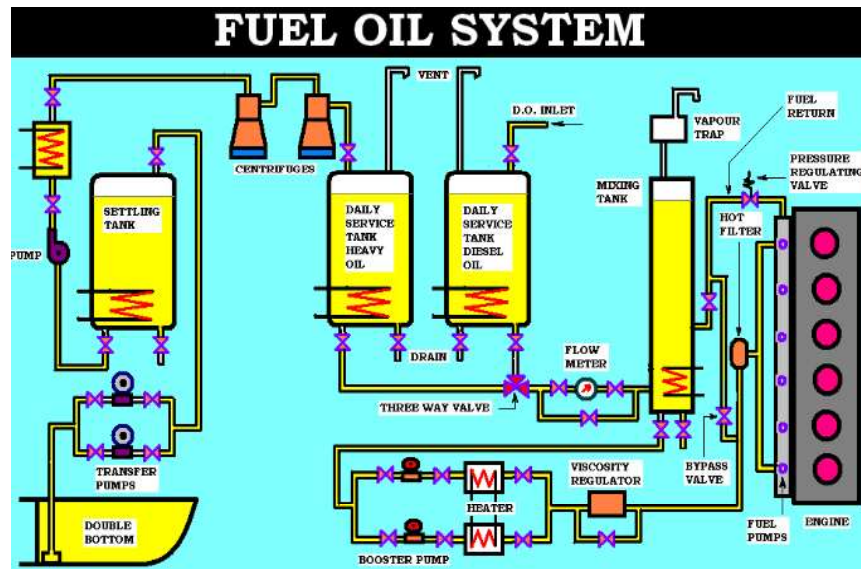
T = torsi (Nm)

n = (rpm)

## 2. Sistem Bahan Bakar

### a. Pengertian sistem bahan bakar

Sistem bahan bakar memegang peranan vital dalam menunjang operasional mesin induk di atas kapal. Secara komprehensif, arsitektur sistem ini mencakup unit fuel oil supply, proses purifying, mekanisme transfer, hingga jaringan pipa pembuangan (drain piping system). Dalam alur distribusinya, peranan Fuel Oil Purifier menjadi sangat krusial untuk memastikan kualitas bahan bakar yang dialirkan dari tangki penyimpanan (storage tank) menuju tangki harian (daily service tank) melalui tahap pengendapan di settling tank. (Ardiyanto Wicaksono et al., 2025). Urutan dan proses pembakaran bahan dari tangki dan menginjeksinya melalui injektor adalah sebagai berikut :



Gambar 2. 4 Sistem bahan bakar

Sumber: (inameq.com, 2019)

Sistem bahan bakar di kapal melalui beberapa tahapan mulai dari main storage tank hingga ke mesin. Berikut adalah tahapan Fuel Oil system:

- 1) FO Transfer Pump berfungsi mengalirkan bahan bakar dari tangki penyimpanan utama (Main Storage Tank) menuju tangki pengendapan (Settling Tank).
- 2) Di dalam settling tank, bahan bakar mengalami proses pemanasan awal untuk mengurangi tingkat viskositasnya (kekentalan). Setelah mencapai kondisi ideal, bahan bakar dialirkan menuju tangki harian (Daily Service Tank) dengan bantuan pompa sentrifugal.
- 3) Sebelum ditampung di dalam Daily Service Tank, bahan bakar wajib melewati perangkat Purifier untuk memastikan seluruh kontaminan dan kadar air telah terpisah secara sempurna
- 4) Bahan bakar yang tersimpan di dalam Daily Service Tank merupakan persediaan siap pakai yang akan disalurkan ke mesin

induk sesuai dengan kebutuhan operasional.

- 5) Pendistribusian bahan bakar dari tangki harian menuju mesin utama (Main Engine) dilakukan oleh Booster Pump (pompa sirkulasi). Jalur distribusi ini harus dilengkapi dengan katup penutup darurat otomatis (quick closing valve) demi faktor keamanan.
- 6) Apabila terjadi kelebihan pasokan bahan bakar (Fuel Return), sisa bahan bakar tersebut akan dialirkan kembali ke tangki harian melalui unit venting box yang terintegrasi dengan aerating valve.

Bagian Bagian Dalam Sistem Bahan Bakar Terdapat beberapa bagian – bagian penting yang berperan penting dalam sistem bahan bakar dikapal.

#### 1) *Double Bottom*



Gambar 2. 5 Double Bottom

Sumber: (caloncaptain.blogspot.com, 2020)

Double bottom atau dasar ganda merupakan komponen konstruksi esensial yang dirancang sebagai lapisan pelindung sekunder untuk menjaga kedap air kapal saat terjadi kerusakan pada lambung bawah. Selain berfungsi sebagai sistem keamanan cadangan yang mencegah masuknya air ke ruang muat saat kebocoran, struktur ini juga menyediakan ruang fungsional untuk

penyimpanan tangki ballast, bahan bakar, dan air tawar. Secara struktural, keberadaan dasar ganda berperan penting dalam meningkatkan stabilitas serta memperkuat ketahanan melintang pada kerangka kapal.

## 2) *Transfer Pump*



Gambar 2. 6 Transfer Pump  
Sumber: (www.woerner.de, 2019)

Dalam sistem bahan bakar, Transfer Pump digunakan sebagai alat penggerak fluida yang bertugas mentransfer fuel oil dari tangki penimbunan ke dalam tangki pengendapan guna persiapan proses pengolahan selanjutnya..

## 3) *Settling Tank*



Gambar 2. 7 *Settling Tank*  
Sumber: (www.slideshare.net, 2019)

Settling Tank berfungsi sebagai wadah pengendapan bahan bakar yang disalurkan oleh transfer pump dari tangki penyimpanan (storage tank). Sesuai dengan peraturan klasifikasi (Class Rule), proses pengendapan ini memerlukan durasi minimal selama 24 jam. Hal ini bertujuan untuk memisahkan kandungan air dan kotoran dari bahan bakar melalui gaya gravitasi sebelum dialirkan ke proses selanjutnya.

#### 4) *Service Tank*



Gambar 2. 8 *Service Tank*

Sumber: (www.slideshare.net, 2019)

Sebagai bagian dari sistem suplai, Service Tank bertindak sebagai tangki harian yang menjamin ketersediaan bahan bakar yang telah dimurnikan untuk dikonsumsi oleh unit penggerak utama kapal.

5) *Booster pump*



Gambar 2. 9 *Booster Pump*

Sumber: ([www.saikenpump.com](http://www.saikenpump.com), 2022)

Booster Pump, yang sering kali diidentifikasi sebagai pompa sirkulasi (circulating pump), merupakan perangkat pompa bertekanan tinggi yang dirancang khusus untuk memastikan ketersediaan tekanan bahan bakar yang memadai sesuai dengan spesifikasi kebutuhan mesin induk.

6) *Heater*



Gambar 2. 10 *Heater*

Sumber ([www.slideshare.net](http://www.slideshare.net), 2019)

Heater berperan sebagai unit pemanas awal yang berfungsi meningkatkan suhu bahan bakar sebelum dialirkan ke dalam alat pemisah (separator).

### 7) *Viscosity Regulator*



Gambar 2. 11 *Viscosity Regulator*  
Sumber: (industrialcyber.co, 2022)

Merupakan perangkat instrumen yang berfungsi memantau viskositas bahan bakar sebelum didistribusikan ke mesin utama. Instrumen ini umumnya diposisikan pada sisi keluaran (*outlet*) pemanas bahan bakar (*fuel oil heater*). Dengan sistem kendali terintegrasi, regulator ini tidak hanya mengukur tingkat kekentalan fluida, tetapi juga mengatur temperatur pemanas guna menjaga viskositas bahan bakar tetap pada nilai operasional yang diinginkan.

### 8) *Fuel Pump* Pompa Bahan Bakar



Gambar 2. 12 *Fuel Pump*  
Sumber: (www.oiltransfer-pump.com, 2021)

Fuel Pump atau pompa injeksi bahan bakar berperan krusial dalam mendistribusikan bahan bakar ke dalam ruang bakar melalui nozzle dengan tekanan tinggi. Proses injeksi bertekanan tinggi ini bertujuan untuk menghasilkan atomisasi bahan bakar yang optimal, mengubahnya menjadi partikel kabut halus yang mudah homogen dengan udara, sehingga meningkatkan efisiensi proses pembakaran.

b. Bahan Bakar

Karakteristik utama bahan bakar terletak pada kemampuannya untuk beroksidasi secara cepat dengan udara guna menghasilkan energi termal yang kemudian dikonversi menjadi gaya dorong mekanis untuk pengoperasian kapal. Bahan bakar minyak merupakan turunan hidrokarbon yang diperoleh melalui proses distilasi atau pengilangan (refining) minyak mentah (crude oil). Melalui fasilitas kilang (refinery), minyak mentah hasil ekstraksi dari perut bumi diolah secara sistematis menjadi berbagai produk minyak, termasuk di dalamnya varian bahan bakar yang spesifik untuk sektor maritim. (RONODIPURO, 2023). Berikut ini Jenis-jenis Bahan Bakar Kapal :

Menurut (Muhammad Musa, 2023) Dalam industri maritim kontemporer, terdapat klasifikasi bahan bakar yang umum diaplikasikan pada permesinan kapal, yang secara garis besar meliputi Marine Fuel Oil (MFO), High Speed Diesel (HSD) atau minyak solar, serta minyak diesel (Marine Diesel Fuel). Berikut merupakan tinjauan teknis singkat mengenai karakteristik masing-masing jenis bahan bakar tersebut:

1) *Marine Fuel Oil* (MFO)

MFO adalah bahan bakar berbasis residu yang memiliki densitas dan kekentalan tinggi, menjadikannya pilihan utama untuk pembakaran langsung di industri dan power station. Karakteristik fisiknya yang hitam pekat dan kental mengharuskan penggunaannya terbatas pada mesin diesel putaran menengah dan lambat (300-1.000 rpm). Secara klasifikasi, meskipun berasal dari proses pengolahan minyak bumi, MFO lebih dikategorikan sebagai bahan bakar berat (heavy fuel) daripada bahan bakar hasil distilasi ringan..

2) *High Speed Diesel* atau Minyak Solar

High Speed Diesel (HSD) merupakan varian bahan bakar sulingan (distillate fuel) yang dirancang khusus untuk mesin dengan sistem penyalan kompresi (compression ignition). Parameter kualitas pembakaran bahan bakar ini ditentukan oleh angka setana (Cetane Number); di mana konsentrasi setana (C16) yang lebih tinggi mengindikasikan karakteristik bahan bakar yang lebih mudah terakomodasi dalam proses pembakaran. Di pasar domestik Indonesia, HSD secara umum dikenal dengan istilah solar dan diaplikasikan secara luas pada mesin diesel putaran tinggi dengan kecepatan rotasi mencapai ( $\geq 1.000$  RPM )

3) *Minyak Diesel*

MDO adalah bahan bakar hibrida yang mengombinasikan karakteristik distillate dan residual fuel. Sebagai bahan bakar yang fleksibel, MDO menjadi pilihan utama untuk mesin diesel dengan

RPM menengah hingga tinggi. Keunggulan utama MDO terletak pada aspek ekonomisnya; harganya yang lebih terjangkau dibandingkan bahan bakar distilasi murni menjadikannya solusi populer bagi operator kapal untuk menekan biaya bahan bakar tanpa mengorbankan performa mesin.

c. Konsumsi Bahan Bakar

Menurut (Dai Robbi et al., 2024) untuk menghitung kebutuhan bahan bakar mesin induk ataupun mesin bantu perhari (ton per hari), diperlukan rumus berikut:

Persamaan 2 Konsumsi Bahan Bakar:

$$FCt = MCR (0,80 \times HP) \times SFOC \times 24 \times 10^{-3} \times 1,05 \frac{\text{ton}}{\text{hari}}$$

Dimana:

*FCt* : *Fuel Consumption liter* (Konsumsi Bahan Bakar)

*MCR* : *Maximum Continuous Rating* (Daya nominal mesin induk bantu yang dihitung  $0,80$  s/d  $0,95 \times HP$ )

*HP* : *Horsepower* yang tertera pada generator untuk mengukur kemampuan generator

*SFOC* : *Specific Fuel Oil Consumption* (dihitung atas dasar kondisi mesin baru dengan toleransi kebutuhan sebesar  $180$  gr/HP/jam)

24 : 24 jam

$10^{-3}$  : Perubahan dari kilogram ke ton

1,05 : Faktor yang memperhitungkan kebutuhan bahan bakar akibat kebocoran karena penuaan mesin

Perhitungan konsumsi bahan bakar spesifik bertujuan untuk mengukur efisiensi mesin dalam mengonversi energi kimia menjadi daya mekanik. Dengan variabel daya dalam satuan kW dan laju konsumsi bahan bakar dalam kg/jam, rasio ini memberikan gambaran presisi mengenai seberapa ekonomis performa mesin pada berbagai kondisi beban atau putaran (RPM). Rumusnya dinyatakan sebagai berikut:(Mulyono et al., 2020):

Persamaan 3 *SFC*

$$SFC = \frac{m_f}{P} (kg/kwh)$$

Dimana:

SFC = Konsumsi bahan bakar spesifik

$m_f$  = Laju konsumsi bahan bakar (kg/jam)

P = Daya

Sedangkan besarnya laju aliran massa bahan bakar ( $m_f$ ) dihitung dengan persamaan sebagai berikut (Mulyono et al., 2020):

Persamaan 4 Laju Aliran Massa Bahan Bakar:

$$m_f = \frac{S_{gf} \times V_f \times 10^{-3}}{4 \times t_f} \times 3600$$

Dimana:

$m_f$  = Konsumsi bahan bakar (kg/jam)

$S_{gf}$  = Spesifik gravity (gr/ml)

$V_f$  = Volume bahan bakar yang diuji (ml)

$t_f$  = Waktu untuk menghabiskan bahan bakar yang diuji

Efisiensi bahan bakar telah menjadi fokus utama sebagai dampak dari peningkatan kesadaran akan pentingnya peraturan terhadap pencemaran lingkungan. Sebagai respons terhadap hal ini, mesin diesel terus melakukan inovasi untuk menciptakan mesin yang memiliki tenaga maksimal dan efisiensi bahan bakar yang tinggi. Proses aliran bahan bakar dari tangki ke sistem, yang dikenal sebagai sistem bahan bakar, menjadi krusial dalam mempertahankan tingkat efisiensi yang optimal serta mencapai tujuan tinggi dan rendahnya konsumsi bahan bakar dalam mesin. Salah satu teknologi yang menjanjikan untuk meningkatkan performa mesin secara ekonomis adalah sistem common rail direct injection (CRDI) yang mampu mengkompensasi penurunan nilai kalor biodiesel B40 (krisna putra).

### 3. Pengertian Putaran Mesin (RPM)

Momen puntir atau torsi pada sebuah motor didefinisikan sebagai gaya rotasi yang dihasilkan oleh poros engkol (crankshaft) untuk menggerakkan sistem penggerak kendaraan. Energi kinetik ini bersumber dari proses pembakaran di dalam silinder yang menciptakan tekanan ekspansi untuk mendorong piston secara translasi (naik-turun). Gerakan linear piston tersebut kemudian dikonversi menjadi gerak rotasi oleh poros engkol, yang selanjutnya ditransmisikan melalui sistem penggerak hingga mencapai roda-roda kendaraan. (Putra Ekanto, 2024), Dapat juga disebut RPM (Revolutions Per Minute) adalah ukuran yang digunakan untuk mengukur kecepatan rotasi suatu benda dalam satu menit. Kegunaan RPM

sangat penting dalam berbagai industri dan aplikasi teknik. Beberapa di antaranya termasuk:

- a. Pemeliharaan Mesin : RPM digunakan untuk memantau kinerja mesin dan menentukan apakah mesin beroperasi pada kecepatan yang diinginkan. Dengan memantau RPM, teknisi dapat mendeteksi potensi masalah seperti keausan komponen, ketidakseimbangan, atau kegagalan sistem.
- b. Kontrol Kecepatan : RPM juga digunakan dalam sistem kontrol kecepatan untuk mengatur kecepatan rotasi mesin atau perangkat lainnya sesuai dengan kebutuhan aplikasi. Misalnya, pada kendaraan, RPM digunakan untuk mengontrol kecepatan mesin dalam menjaga keseimbangan dan efisiensi bahan bakar.
- c. Pengaturan Proses Manufaktur : Dalam industri manufaktur, RPM digunakan untuk mengontrol kecepatan peralatan seperti mesin pemotong, penggiling, atau mesin bubut. Pengaturan RPM yang tepat dapat mempengaruhi kualitas produk dan efisiensi proses produksi.
- d. Navigasi dan Transportasi : RPM juga dapat digunakan dalam navigasi dan transportasi, seperti pada pesawat, kapal, dan kendaraan bertenaga. Dalam konteks ini, RPM membantu pilot atau pengemudi untuk memantau kecepatan mesin dan menjaga kinerja optimal serta keselamatan.

Dengan demikian, RPM memiliki peran yang penting dalam berbagai aplikasi teknik dan industri untuk mengukur, mengontrol, dan memantau kecepatan rotasi mesin atau perangkat lainnya.

#### 4. Pengertian Suhu Gas Buang

Suhu merupakan representasi kuantitatif dari derajat panas atau dinginnya suatu materi maupun sistem fisik. Secara termodinamika, suhu didefinisikan sebagai parameter fisik yang setara pada dua atau lebih sistem yang telah mencapai kondisi kesetimbangan termal, di mana tidak ada lagi perpindahan energi panas di antara sistem-sistem tersebut. (Galih Agimnastiar Putra, 2022). Menurut P. Van Maaen (Motor Diesel Kapal jilid 1;3.18). Gas buang merupakan produk sisa dari proses oksidasi bahan bakar dalam mesin pembakaran dalam (internal combustion engine). Karena pembakaran berlangsung di ruang bakar mesin, gas tersebut secara simultan berfungsi sebagai fluida kerja yang menggerakkan sistem. Mekanisme ini melibatkan pergerakan translasi (bolak-balik) torak di dalam silinder, di mana terjadi reaksi antara bahan bakar dan udara bertekanan hasil induksi turbocharger. Secara kimiawi, emisi mesin diesel memiliki kandungan karbon monoksida (CO) dan hidrokarbon (UHC) yang relatif rendah. Namun, polutan utama yang menjadi perhatian adalah nitrogen oksida (khususnya NO) serta emisi partikulat berupa asap hitam.

- a. Emisi partikulat yang bermanifestasi sebagai asap hitam tidak hanya mereduksi visibilitas udara, tetapi juga memiliki potensi karsinogenik yang membahayakan kesehatan. Fenomena ini dipicu oleh keberadaan hidrokarbon yang tidak terbakar (UHC), karbon monoksida (CO), serta senyawa nitrogen oksida ( $\text{NO}_x$ ). Berbeda dengan karakteristik mesin bensin, konsentrasi CO dan UHC pada mesin diesel relatif lebih rendah, dengan dominasi nitrogen monoksida (NO) dibandingkan

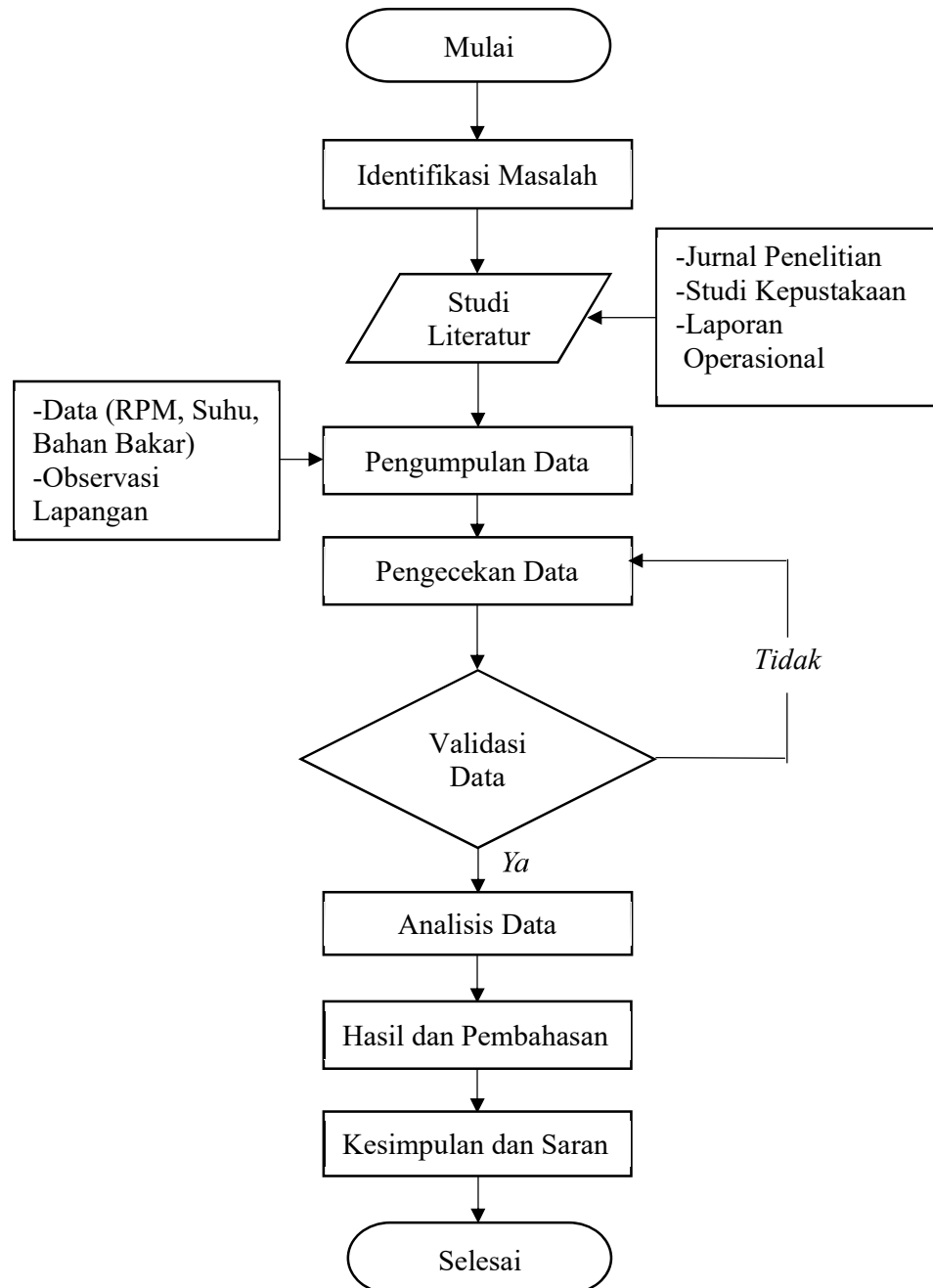
$\text{NO}_2$ . Oleh karena itu, polutan utama yang menjadi atensi kritis pada mesin diesel adalah NO dan partikel karbon (asap hitam). Selain itu, terdapat gangguan emisi temporer seperti asap putih akibat atomisasi bahan bakar yang tidak sempurna saat cold start, serta asap biru yang mengindikasikan pembakaran minyak pelumas atau bahan bakar pada beban rendah. Penggunaan bahan bakar dengan kandungan sulfur tinggi juga harus dihindari guna meminimalisir pembentukan sulfur dioksida ( $\text{SO}_2$ ) dalam gas buang.

b. Oksida Nitrogen (NO)

NO terbentuk akibat terjadinya reaksi antara  $\text{N}_2$  dan  $\text{O}_2$  pada temperature tinggi (lebih dari  $2000^\circ\text{C}$ ). persamaan reaksinya yaitu :  $\text{O}_2 \rightarrow 2\text{O}$   $\text{N}_2 + \text{O} \rightarrow \text{NO} + \text{N}$   $\text{N} + \text{O}_2 \rightarrow \text{NO} + \text{O}$  Lambatnya NO diurai menjadi  $\text{N}_2$  dan  $\text{O}_2$ , meski dalam temperature tinggi. Dengan kata lain, hal tersebut sukar terjadi dalam waktu singkat atau dalam satu siklus pembakaran. Gambar yang memperlihatkan reaksi kimia dengan waktu. Bersamaan dengan perubahan NO menjadi  $\text{NO}_2$  terjadilah  $\text{O}_3$ , HCHO,  $\text{CH}_3\text{HCO}$  dan PAN.  $\text{NO}_2$  turun setelah mencapai maksimum, sedangkan konsentrasi komponen lainnya naik perlahan-lahan. Pada gambar, pphm berarti “parts per hundred million” yaitu jumlah molekul  $\text{NO}_2$  dalam 100 molekul gas buang. Sedangkan ppmC berarti “Parts per million carbon”, yaitu angka yang diperoleh dari hasil perhitungan jumlah atom karbon dalam gas dengan mempergunakan “flame ionization detector” (FID). Selanjutnya, HC ppm adalah angka yang diperoleh dari pengukuran HC, dengan anggapan bahwa HC adalah

nhexane, dengan menggunakan “non dispersive infrared analyzer” (NDIR). Karena ppmC di peroleh dengan anggapan bahwa HC adalah methane, maka 6 ppmC adalah 1 ppm.

### C. Kerangka Penelitian



Gambar 2. 13 Kerangka Penelitian

Sumber : Diolah Penulis

**D. Hipotesis**

1. Putaran mesin memiliki hubungan yang positif terhadap konsumsi bahan bakar *main engine* kapal.
2. Suhu gas buang memiliki hubungan yang positif terhadap konsumsi bahan bakar *main engine* kapal.
3. Putaran mesin dan suhu gas buang memiliki hubungan yang positif terhadap konsumsi bahan bakar sehingga kedua variabel tersebut berperan penting mempengaruhi efisiensi konsumsi bahan bakar *main engine* kapal.

## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### A. Jenis Penelitian

Menurut Sugiyono (2021), metode penelitian kuantitatif merupakan pendekatan ilmiah yang berakar pada filsafat positivisme dan prinsip empirisme. Metode ini diaplikasikan untuk mengkaji populasi atau sampel spesifik, di mana prosedur penarikan sampel biasanya dilakukan secara acak (random). Dengan menggunakan instrumen penelitian yang objektif, data yang terkumpul kemudian diolah secara statistik atau numerik dengan tujuan utama untuk melakukan pengujian terhadap hipotesis yang telah dirumuskan sebelumnya.

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif untuk menyajikan gambaran statistik yang komprehensif mengenai fenomena yang diteliti. Pemilihan metode ini didasari atas kemampuannya dalam mengorganisasi, meringkas, dan menyajikan data secara konstruktif, sehingga pola-pola dari sampel penelitian dapat diidentifikasi dengan jelas untuk memahami detail data teknis secara lebih mendalam (Aziza, 2023). Data yang digunakan bersifat kuantitatif, seperti data putaran mesin, suhu gas buang, dan konsumsi bahan bakar yang didapat dari *Log Book kapal*.

Sifat deskriptif dari penelitian ini digunakan karena memiliki tujuan sebagai menggambarkan sebuah fenomena atau karakteristik populasi secara sistematis dan faktual, tanpa melakukan manipulasi variabel.

## **B. Lokasi/ Waktu Penelitian**

### 1. Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan ketika penulis melaksanakan praktek layar diatas kapal selama 12 bulan. Dengan tujuan untuk bisa menjawab dan melakukan eksperimen secara langsung tentang rumusan masalah yang ada. Sehingga pada bagian akhir, penulis bisa memperoleh kesimpulan atas semua masalah yang ada pada Karya Ilmiah Terapan ini.

### 2. Tempat Penelitian

Penulis akan melaksanakan penelitian ini di sebuah kapal pada saat praktek layar selama 12 bulan

## **C. Sumber Data Dan Teknik Pengumpulan Data**

### 1. Sumber Data

#### a. Data Primer

Data primer merupakan informasi yang diperoleh secara langsung dari sumber aslinya atau tangan pertama. Karakteristik utama dari data ini adalah sifatnya yang belum diolah, sehingga tidak ditemukan dalam bentuk dokumen terkompilasi maupun arsip digital yang sudah tersedia sebelumnya. (Amanda Putri et al., 2022). Perolehan data ini dilakukan secara langsung melalui interaksi dengan narasumber atau yang secara teknis disebut sebagai responden. Responden merupakan subjek yang berfungsi sebagai objek penelitian sekaligus instrumen utama dalam penyediaan informasi mendalam. Dengan demikian, sumber data primer didefinisikan sebagai entitas yang memberikan kontribusi data secara

langsung kepada peneliti tanpa perantara pihak ketiga (Sugiyono, 2021)

b. Data Sekunder

Berdasarkan teori dari Prof. Dr. Sugiyono, data sekunder didefinisikan sebagai sumber informasi yang tidak diperoleh secara langsung oleh peneliti dari objek aslinya, melainkan melalui perantara pihak ketiga atau media dokumentasi. Data ini merujuk pada informasi yang sebelumnya telah dikumpulkan dan tersedia dalam basis data yang ada. Dalam konteks penelitian ini, data sekunder dikonstruksi melalui penelusuran dokumen teknis, yakni catatan logbook kapal dan buku panduan operasional (manual book) mesin induk.. (Sugiyono, 2021)

2. Teknik Pengumpulan Data

Menurut Prof. Dr. H.M. Sidik Priadana, MS Teknik pengumpulan data merupakan tahapan paling krusial dalam siklus penelitian, mengingat perolehan data adalah orientasi utama dari setiap studi ilmiah. Penentuan teknik yang digunakan harus dilakukan secara selektif dan tepat guna memastikan informasi yang dihimpun memiliki tingkat validitas dan reliabilitas yang tinggi, sehingga hasil analisis dapat dipertanggung jawabkan secara empiris.. Pada hal ini, digunakan metode-metode tertentu untuk mengumpulkan data yang tersusun secara sistematis sesuai dengan tujuan penelitian. Ada bermacam-macam metode yang dipergunakan untuk mengumpulkan data seperti, observasi, eksperimen, studi literatur dan dokumen. Dalam penulisan Karya Ilmiah Terapan ini, digunakan beberapa teknik pengumpulan data yang dianggap tepat. (Prof. DR. H.M. SIDDIK PRIADANA MS, 2021)

a. Observasi

Dalam kerangka penelitian ini, selain mengandalkan metode utama, diterapkan pula metode komplementer yang berfungsi untuk memperkuat validitas data melalui teknik observasi. Peneliti mengaplikasikan pendekatan participant observation (observasi partisipan), di mana peneliti terlibat secara aktif dalam lingkungan objek studi untuk melakukan pengamatan sekaligus pencatatan data yang relevan dengan pokok permasalahan. Fokus utama dari kegiatan observasi ini adalah untuk memperoleh data teknis yang akurat mengenai parameter putaran mesin (RPM), temperatur gas buang pada main engine, serta laju konsumsi bahan bakar kapal.

b. Dokumen

Dokumen didefinisikan sebagai rekaman data mengenai peristiwa yang telah terjadi, baik dalam format tulisan, sketsa, maupun citra fotografi. Teknik studi dokumen dalam penelitian ini berperan sebagai pendukung utama terhadap metode observasi guna memastikan validitas informasi. Peneliti memanfaatkan arsip teknis berupa logbook untuk meninjau riwayat performa mesin, serta manual book mesin kapal untuk mendapatkan spesifikasi teknis yang akurat mengenai objek yang diteliti.

#### **D. Teknik Analisis Data**

Menurut (Prof sugiyono, 2022) merupakan didefinisikan sebagai serangkaian prosedur sistematis yang dilakukan pasca-pengumpulan data.

Proses ini mencakup kategorisasi data sesuai variabel dan karakteristik responden, yang dilanjutkan dengan tabulasi data secara menyeluruh. Selain itu, tahap ini melibatkan penyajian data untuk setiap variabel penelitian serta pelaksanaan kalkulasi teknis. Tujuannya adalah untuk memberikan jawaban terhadap rumusan masalah serta melakukan pengujian statistik terhadap hipotesis yang telah dirumuskan sebelumnya.

Dalam penelitian berbasis kuantitatif yang menitikberatkan pada data numerik, analisis data secara fundamental dioperasikan melalui pendekatan statistik. Pengolahan data angka tersebut menerapkan instrumen statistik guna menghasilkan interpretasi yang terukur. Secara garis besar, metodologi analisis ini diklasifikasikan ke dalam dua kategori utama, yakni statistik deskriptif dan statistik inferensial, di mana statistik inferensial mencakup pengujian melalui metode parametrik maupun non-parametrik.

#### 1. Statistik Deskriptif

Statistik deskriptif berfungsi sebagai instrumen analisis untuk memaparkan atau memberikan gambaran objektif mengenai data yang telah terhimpun tanpa tujuan melakukan generalisasi terhadap populasi yang lebih luas. Dalam penelitian yang melibatkan seluruh anggota populasi (sensus), penggunaan statistik deskriptif merupakan prosedur yang mutlak. Namun, apabila penelitian dilakukan pada tingkat sampel, peneliti memiliki fleksibilitas untuk menggunakan statistik deskriptif guna mendeskripsikan karakteristik sampel tersebut, atau beralih ke statistik inferensial jika terdapat kebutuhan untuk menarik kesimpulan yang berlaku secara general bagi populasi asal sampel tersebut.

## 2. Statistik Inferensial

Statistik inferensial, yang juga dikenal sebagai statistik induktif atau probabilitas, merupakan sekumpulan teknik analisis data sampel yang hasilnya digeneralisasikan untuk mencakup populasi yang lebih luas. Penggunaan istilah statistik probabilitas didasarkan pada prinsip bahwa kesimpulan yang ditarik dari sampel memiliki derajat kebenaran yang bersifat peluang (probable). Tingkat keakuratan hasil analisis ini diukur melalui persentase peluang kesalahan dan tingkat kepercayaan, di mana jika margin kesalahan ditetapkan sebesar 5%, maka tingkat kepercayaan mencapai 95%. Dalam metodologi penelitian, rasio kepercayaan ini secara teknis disebut sebagai taraf signifikansi.

Pada penelitian ini, peneliti menggunakan teknik analisis data statistik deskriptif karena penelitian ini berisi perhitungan daya maksimum motor dan konsumsi bahan bakar serta penelitian ini dilakukan untuk mencari hubungan antara pengaruh putaran mesin dan suhu gas buang terhadap konsumsi bahan bakar pada mesin utama kapal