

LAPORAN TUGAS AKHIR  
KARYA ILMIAH TERAPAN

**PENGARUH PERFORMA *INJECTOR* TERHADAP SUHU  
GAS BUANG MESIN DIESEL GENERATOR DI KAPAL**



MUHAMMAD FIKRI SUPRATAMA  
NIT 22 36 306 2 031

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 PERFORMA *INJECTOR* TERHADAP SUHU  
GAS BUANG MESIN DIESEL GENERATOR DI KAPAL**



MUHAMMAD FIKRI SUPRATAMA

NIT 22 36 306 2 031

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 : MUHAMAD FIKRI SUPRIATMANA

Nomor Induk Taruna : 22 36 306 2 031

Program Studi : Diploma IV Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal

### **PENGARUH PERFORMA *INJECTOR* TERHADAP SUHU GAS BUANG MESIN DIESEL GENERATOR DI KAPAL**

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, 11 Maret 2026



**MUHAMAD FIKRI SUPRIATMANA**  
NIT. 22 36 306 2 031

**PERSETUJUAN UJI KELAYAKAN  
PROPOSAL TUGAS AKHIR**

Judul : PENGARUH PERFORMA *INJECTOR* TERHADAP SUHU  
GAS BUANG MESIN DIESEL GENERATOR DI KAPAL  
Program Studi : D-IV Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal  
Nama : Muhamad Fikri Supriatmana  
NIT : 22363062031  
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, 11 Maret 2026

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

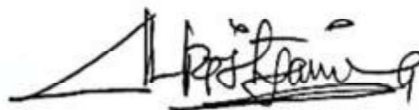


(Nasri, M.T., M.Mar.E.)  
NIP. 197111241999031001



(Wulan Marlia Sandi, M.Pd.)  
NIP. 198903262023212017

Ketua Program Studi  
Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal



(Dr. Antonius Edy Kristiyono, M.Mar.E.)  
NIP. 19690531200312001

**PERSETUJUAN SEMINAR  
HASIL TUGAS AKHIR**

Judul : PENGARUH PERFORMA *INJECTOR* TERHADAP SUHU  
GAS BUANG MESIN DIESEL GENERATOR DI KAPAL  
Program Studi : D-IV Teknologi Rekayasa Permesianan Kapal  
Nama : Muhamad Fikri Supriatmana  
NIT : 22363062031  
Jenis Tugas Akhir : ~~Prototype~~ / ~~Proyek~~ / Karya Ilmiah Terapan\*  
Keterangan: \*(coret yang tidak perlu)

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

Surabaya, Februari 2026

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



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



(Wulan Marlia Sandi, M.Pd.)  
NIP. 198903262023212017

Mengetahui,

Ketua Program Studi  
Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal



(Dr. Antonius Edy Kristivono, M.Mar.E)  
NIP. 19690531200312001

**PENGESAHAN  
PROPOSAL TUGAS AKHIR  
KARYA ILMIAH TERAPAN**

**PENGARUH PERFORMA *INJECTOR* TERHADAP SUHU GAS BUANG  
MESIN DIESEL GENERATOR DI KAPAL**

Disusun oleh:

**MUHAMAD FIKRI SUPRIATMANA**  
NIT. 22 36 306 2 031

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

Surabaya, 24 Juni 2024

Dosen Penguji I

**(SHOFA DAI ROBBI, S.T., M.T.)**  
NIP. 198203022006041001

Dosen Penguji II

**(NASRI, M.T., M.Mar.E.)**  
NIP. 197111241999031001

Dosen Penguji III

**(WULAN MARLIA SANDI, M.Pd.)**  
NIP. 198903262023212017

Mengetahui,

Ketua Program Studi  
Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal

**(MONIKA RETNO GUNARTI, M.Pd., M.Mar.E.)**  
NIP. 197808172009121001

**PENGESAHAN**  
**LAPORAN TUGAS AKHIR**  
**KARYA ILMIAH TERAPAN**

**PENGARUH PERFORMA *INJECTOR* TERHADAP SUHU GAS BUANG**  
**MESIN DIESEL GENERATOR DI KAPAL**

Disusun oleh:

**MUHAMAD FIKRI SUPRIATMANA**  
NIT. 22 36 306 2 031

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

Surabaya, 11 Maret 2026

Mengesahkan,

Dosen Penguji I



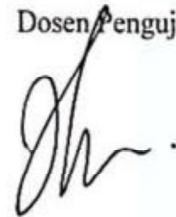
**(MONIKA RETNO GUNARTI, M.Pd., Mar.E.)**  
NIP. 197808172009121001

Dosen Penguji II



**(NASRI, M.T., M.Mar.E.)**  
NIP. 197111241999031001

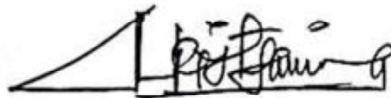
Dosen Penguji III



**(INTAN SIANTURI, S.E., M.M.Tr.)**  
NIP. 199402052019022003

Mengetahui,

Ketua Program Studi  
Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal



**(Dr. Antonius Edy Kristiyono, M.Mar.E.)**  
NIP. 19690531200312001

## ABSTRAK

MUHAMAD FIKRI SUPRIATMANA. *Pengaruh Performa Injector terhadap Suhu Gas Buang Mesin Diesel Generator di Kapal*. Dibimbing oleh Bapak Nasri, M.T., M.Mar.E dan Ibu Wulan Marlia Sandi, M.Pd.

Injector merupakan komponen penting pada mesin diesel yang berfungsi menyemprotkan bahan bakar ke ruang bakar untuk menghasilkan pembakaran optimal. Kinerja injector yang menurun dapat menyebabkan pembakaran tidak sempurna dan meningkatkan suhu gas buang mesin diesel generator. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh performa injector terhadap suhu gas buang mesin diesel generator di kapal. Metode yang digunakan adalah kuantitatif dengan analisis regresi linear sederhana berdasarkan data operasional mesin yang diperoleh selama praktik layar di kapal SV. STELLA 28, meliputi tekanan maksimum injector (P<sub>MAX</sub>) dan temperatur gas buang tiap silinder. Data dianalisis melalui uji normalitas, linearitas, koefisien determinasi, dan uji hipotesis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa performa injector berpengaruh signifikan terhadap suhu gas buang dengan nilai signifikansi 0,000 ( $<0,05$ ) serta memiliki hubungan linear, di mana performa injector yang baik menghasilkan suhu gas buang yang lebih stabil. Kontribusi performa injector terhadap variasi suhu gas buang sebesar 41,7%, sedangkan sisanya dipengaruhi faktor lain. Oleh karena itu, perawatan injector secara berkala diperlukan untuk menjaga efisiensi pembakaran dan kinerja mesin diesel generator.

**Kata Kunci :** *Injector*, Suhu Gas Buang

## **ABSTRACT**

*MUHAMAD FIKRI SUPRIATMANA. The Effect of Injector Performance on Exhaust Gas Temperature of Diesel Generator Engines on Ships. Supervised by Mr. Nasri, M.T., M.Mar.E. and Ms. Wulan Marlia Sandi, M.Pd.*

*The injector is a critical component in a diesel engine, spraying fuel into the combustion chamber to achieve optimal combustion. Decreased injector performance can lead to incomplete combustion and increase the exhaust gas temperature of a diesel generator engine. This study aims to determine the effect of injector performance on exhaust gas temperature of a diesel generator engine on ships. The quantitative method used was simple linear regression analysis based on engine operational data obtained during sailing practice on the SV. STELLA 28, including maximum injector pressure (P<sub>MAX</sub>) and exhaust gas temperature per cylinder. Data were analyzed through normality tests, linearity tests, coefficient of determination tests, and hypothesis tests. The results showed that injector performance significantly affected exhaust gas temperature with a significance value of 0.000 (<0.05) and a linear relationship, where good injector performance resulted in more stable exhaust gas temperatures. Injector performance contributes 41.7% to exhaust gas temperature variation, with other factors contributing the remainder. Therefore, regular injector maintenance is necessary to maintain combustion efficiency and diesel generator engine performance.*

**Keywords :** *Injector, Exhaust Gas Temperature.*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya yang senantiasa menyertai, sehingga proposal karya ilmiah terapan ini dapat diselesaikan dengan baik. Penulisan proposal ini merupakan salah satu syarat akademik dalam memenuhi kurikulum Program Diploma IV di Politeknik Pelayaran Surabaya, dengan judul penelitian::

### **“PENGARUH PERFORMA *INJECTOR* TERHADAP SUHU GAS BUANG MESIN DIESEL GENERATOR DI KAPAL”**

Penulis menyadari bahwa karya ilmiah terapan ini masih jauh dari kesempurnaan, baik dari segi kedalaman substansi maupun teknis penulisan. Keterbatasan pengalaman menjadi salah satu faktor yang membatasi cakupan analisis dalam penelitian ini. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan masukan, kritik, serta saran yang konstruktif dari dosen pembimbing, tim penguji, dan pembaca demi pengembangan dan perbaikan karya ini di masa depan.

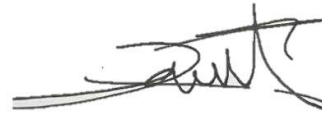
Penulisan karya tulis ilmiah ini dapat terselesaikan karena adanya bantuan dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Moejiono, M.T., M.Mar.E selaku Direktur Politeknik Pelayaran Surabaya;
2. Ibu Monika Retno Gunarti, M.Pd., M.Mar.E selaku Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal;
3. Bapak Nasri, M.T., M.Mar.E selaku Dosen Pembimbing I, yang telah membimbing saya dalam penyusunan Karya Ilmiah Terapan ini;
4. Ibu Wulan Marlia Sandi, M.Pd. selaku Dosen Pembimbing II, yang dengan penuh kesabaran membimbing saya dalam penyusunan Karya Ilmiah Terapan ini;
5. Bapak dan Ibu Dosen Politeknik Pelayaran Surabaya khususnya Jurusan Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal yang telah membagi ilmunya sehingga saya dapat menyelesaikan Karya Ilmiah Terapan ini;
6. Bapak Samhari dan Ibu Sumaina selaku kedua orang tua yang senantiasa memberikan semangat kepada peneliti;
7. Seluruh Crew kapal SV. STELLA 28 yang telah membantu dan membimbing penulis dalam mengambil serta mengolah data dengan sangat kompeten dan sabar.
8. Seluruh Taruna/i Politeknik Pelayaran Surabaya khususnya kelas D-IV Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal yang telah membantu penulis dalam penyelesaian Karya Ilmiah Terapan.

Akhir kata penulis berharap semoga karya ilmiah terapan ini dapat bermanfaat bagi pembaca pada umumnya dan bagi penulis khususnya dan untuk pihak operasional kapal.

Semoga Allah SWT Tuhan semesta alam senantiasa memberikan petunjuk dan lindungan dalam melakukan penelitian yang selanjutnya dituangkan dalam bentuk karya ilmiah terapan.

SURABAYA, 12 Maret 2026

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Muhamad Fikri Supriatmana', with a horizontal line underneath.

**MUHAMAD FIKRI SUPRIATMANA**  
**NIT. 22 36 306 2 031**

## 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 AKHIR KARYA ILMIAH TERAPAN.....</b>	<b>v</b>
<b>PENGESAHAN TUGAS AKHIR KARYA ILMIAH TERAPAN .....</b>	<b>vi</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>vii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>viii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR GRAFIK .....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xvi</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xvii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
A. Latar Belakang .....	1
B. Rumusan Masalah .....	2
C. Tujuan Penelitian.....	3
D. Manfaat Penelitian .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>5</b>
A. Review Penelitian sebelumnya .....	5
B. Landasan Teori .....	6
1. Definisi Mesin Diesel.....	6

2. Definisi Injector .....	10
3. Komponen-komponen Injector .....	12
4. Cara Kerja Injector .....	15
5. Derajat Injeksi .....	17
6. Prinsip Pengabutan Pada Injector Bahan Bakar.....	18
8. Syarat-Syarat Dalam Sistem Injeksi Bahan Bakar.....	21
9. Pengertian Suhu Gas Buang.....	23
C. Kerangka Penelitian .....	28
D. Hipotesis.....	29
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>30</b>
A. Jenis Penelitian.....	30
B. Waktu dan Tempat Penelitian.....	31
1. Waktu Penelitian .....	31
2. Tempat Penelitian.....	31
C. Sumber Data dan Teknik Pengumpulan data .....	32
1. Sumber Data.....	32
2. Teknik Pengumpulan data .....	33
D. Variabel Penelitian .....	36
E. Subjek Penelitian.....	37
1. Populasi .....	37
2. Sampel.....	37
F. Teknik Analisis Data .....	38
1. Uji Normalitas.....	38
2. Analisis Jalur Regresi Linear Sederhana .....	39

3. Uji Linearitas.....	39
4. Analisis Koefisien Determinasi .....	40
5. Uji Hipotesis .....	40
<b>BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>40</b>
A. Hasil Penelitian .....	40
1. Analisis Variabel Penelitian .....	40
2. Uji Normalitas.....	42
3. Analisis Regresi Linear Sederhana .....	43
4. Uji Linearitas.....	44
5. Uji Koefisien Determinasi .....	45
6. Uji Hipotesis .....	46
B. Pembahasan.....	47
1. Pengaruh Perfoma Injector Terhadap Suhu Gas Buang Mesin Diesel Generator.....	47
2. Hubungan Perfoma Injector Terhadap Suhu Gas Buang Mesin Diesel Generator.....	49
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>50</b>
A. Kesimpulan .....	50
B. Saran.....	51
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>52</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>54</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1: Review Penelitian sebelumnya .....	5
Tabel 4.1: Hasil Uji Normalitas .....	43
Tabel 4.2: Hasil Analisis Regresi Linear Sederhana .....	44
Tabel 4.3: Hasil Uji Linieritas .....	45
Tabel 4.4: Hasil Uji Koefisien Determinasi .....	46
Tabel 4.5: Hasil Uji Hipotesis .....	46

## DAFTAR GRAFIK

Grafik 4. 1 Rata-Rata Performa Injector Kapal SV. Stella 28.....	40
Grafik 4. 2 Rata-Rata Suhu Gas Buang Mesin Diesel Kapal SV. Stella 28.....	42

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1: Mesin Diesel.....	7
Gambar 2.2: Langkah Hisap Pada Mesin Diesel .....	8
Gambar 2.3 Langkah Kompresi Pada Mesin Diesel .....	9
Gambar 2.4: Langkah Kerja / Usaha Pada Mesin Diesel.....	9
Gambar 2.5: Langkah Pembuangan Pada Mesin Diesel .....	10
Gambar 2.6: Fuel Injector .....	11
Gambar 2.7: Nozzle Neddle Injector .....	12
Gambar 2.8: Spindel Injector .....	13
Gambar 2.9: Adjusting Screw Injector.....	13
Gambar 2.10: Spring Injector.....	14
Gambar 2.11: Spindle Guide Injector .....	14
Gambar 2.12: Spring Retainer Injector .....	15
Gambar 2.13: Injector Sebelum injeksi.....	16
Gambar 2. 14: Saat penginjeksian.....	16
Gambar 2.15: Akhir injeksi .....	17
Gambar 2.16: Diagram proses pembakaran motor diesel .....	18
Gambar 2.17: Bentuk Penyemprotan Bahan Bakar .....	20
Gambar 2.18: Exhaust Gas Temperature Gauge .....	24
Gambar 2.19: Thermocouple .....	24
Gambar 2.20: Macam-macam Thermocouple.....	25
Gambar 2.21: Karakteristik Thermocouple.....	27
Gambar 2. 22: Kerangka Pikir Penelitian .....	28

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Ship's Particular SV. STELLA 28 .....	54
Lampiran 2. Tabulasi Data .....	55
Lampiran 3. Ouput SPSS .....	62
Lampiran 4. Logbook Enginee SV. STELLA 28 .....	67

# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Transportasi laut telah menjadi tulang punggung ekonomi global selama berabad-abad. Kapal-kapal besar membawa muatan dari satu benua ke benua lainnya, mendukung perdagangan internasional yang vital. Secara khusus, mesin diesel generator memainkan peran kunci dalam menyediakan daya untuk kapal-kapal ini, memastikan kelancaran operasi mereka di seluruh perairan dunia.

Mesin induk, juga dikenal sebagai mesin utama adalah jantung dari kapal. Mereka menghasilkan daya untuk memutar propeler dan menggerakkan kapal melintasi lautan. Mesin ini sering kali menggunakan mesin diesel sebagai sumber tenaga utama. Efisiensi dan kinerja mesin induk sangat penting untuk keselamatan dan kinerja kapal secara keseluruhan.

Selain mesin induk, kapal juga dilengkapi dengan mesin bantu yang menyediakan daya untuk berbagai sistem dan peralatan di kapal, seperti penerangan, pendingin, dan kelistrikan. Mesin bantu ini sering kali bergantung pada mesin diesel generator untuk menghasilkan daya listrik yang diperlukan untuk operasi sehari-hari di kapal.

*Injector* adalah komponen vital dalam mesin diesel yang bertanggung jawab untuk menyemprotkan bahan bakar ke dalam ruang bakar mesin dengan tekanan dan pola semprotan yang tepat. Performa *injector* memiliki dampak

langsung pada efisiensi pembakaran dan emisi gas buang dari mesin diesel. Oleh karena itu, pemahaman mendalam tentang pengaruh performa *injector* terhadap suhu gas buang menjadi penting untuk meningkatkan kinerja dan keberlanjutan mesin diesel generator di kapal.

Selama kegiatan Praktik Laut (Prala), peneliti melakukan observasi langsung di ruang mesin kapal SV. STELLA 28 menemukan bahwa mesin diesel generator di kapal bekerja rata-rata selama 15–18 jam per hari, dengan beban kerja tinggi dan waktu istirahat terbatas. Kondisi tersebut berpotensi menyebabkan penurunan performa *injector* akibat tekanan kerja yang tinggi serta paparan suhu ekstrem yang terus-menerus. Selain itu, ditemukan adanya perbedaan suhu gas buang antar silinder, terutama saat durasi kerja mesin semakin lama. Perbedaan ini menjadi indikasi bahwa pola penyemprotan bahan bakar oleh *injector* tidak lagi seragam sehingga proses pembakaran menjadi kurang sempurna.

Peneliti juga mencatat bahwa setelah dilakukan perawatan berkala seperti pembetulan *injector* atau penggantian oli, suhu gas buang kembali stabil dan merata antar silinder. Hal ini memperkuat dugaan bahwa performa *injector* memiliki pengaruh langsung terhadap kestabilan suhu gas buang mesin diesel generator di kapal. Berdasarkan penjelasan diatas, maka peneliti ingin mengambil judul ”Pengaruh Performa Injector Terhadap Suhu Gas Buang Mesin Diesel Generator Di Kapal”.

## **B. Rumusan Masalah**

Dari judul penelitian “Pengaruh Performa *Injector* Terhadap Suhu Gas

Buang Mesin Diesel Generator di kapal” dapat diambil kesimpulan tentang berbagai pengetahuan dan kendala dalam pengaruh *injector* terhadap suhu gas buang. Maka permasalahan yang dirumuskan sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh performa *injector* terhadap suhu gas buang mesin diesel generator di kapal?
2. Bagaimana hubungan antara performa *injector* dan suhu gas buang mesin diesel generator di kapal?

### **C. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan penelitian ini, yaitu:

1. Untuk mengetahui pengaruh pengabutan *injector* terhadap suhu gas buang mesin diesel generator di kapal.
2. Untuk mengetahui seberapa besar kekuatan hubungan antara performa *injector* dan suhu gas buang mesin diesel generator di kapal.

### **D. Manfaat Penelitian**

Penelitian ini disusun dengan tujuan untuk memperkaya wawasan dan memberikan kontribusi nyata bagi para pembaca. Adapun manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian ini antara lain:

1. Manfaat secara teoritis

Penelitian ini dapat memberikan wawasan mendalam tentang bagaimana performa *injector* memengaruhi proses pembakaran dalam mesin diesel. Ini dapat melibatkan pemahaman lebih lanjut tentang dispersi

bahan bakar, pembentukan campuran udara-bahan bakar, dan karakteristik pembakaran yang berkaitan dengan suhu gas buang.

## 2. Manfaat secara praktis

Penelitian ini dapat memberikan pemahaman tentang pengaruh *injector* yang lebih baik dan lebih efisien. Hal ini dapat berdampak langsung pada kualitas pembakaran dan emisi gas buang dari mesin diesel generator.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. Review Penelitian sebelumnya

Adapun hasil dari penelitian yang dilakukan peneliti peneliti sebelumnya sebagai berikut :

Tabel 2. 1: Review Penelitian sebelumnya

Sumber : Diolah Peneliti

No	Judul Penelitian	Nama Penulis	Hasil Penelitian	Perbedaan Hasil Penelitian
1.	Pengaruh Pengabutan Bahan Bakar Terhadap Suhu Gas Buang Di Mesin Induk Pada Kapal Mt.Surya Chandra	Ahmad Hilmi (2020), (Jurnal Ilmiah STIP Vol.20)	<p>Penelitian ini lebih terfokus pada perbandingan pada proses pengabutan bahan bakar yang terjadi di atas kapal, dimana penelitian ini menunjukkan sebuah hubungan positif dan signifikan terhadap suhu gas mesin induk yang didasari oleh hasil perhitungan keeratan koefisien korelasi (R) sebesar 0,951. Nilai ini berarti bahwa pengaruh pengabutan bahan bakar terhadap suhu gas buang mesin induk adalah sebesar 95,1% sedangkan sisanya 04,9% merupakan faktor lainnya factor</p> <p>Dengan kata lain pada penelitian ini, pengabutan bahan bakar bisa dikatakan berpengaruh positif terhadap suhu gas buang mesin induk.semakin bagus pengabutan bahan bakar maka semakin baik suhu gas buang mesin induk..</p>	<p>Perbedaan dengan penelitian sebelumnya terlihat jelas pada hubungan perbandingan antara <i>injector</i> dan bahan bakar. Di penelitian sebelumnya terlalu berfokus pada hasil analisis akhir suhu gas buang atas bahan bakar, sementara pada penelitian ini, peneliti lebih berfokus pada korelasi hubungan antara pengaruh <i>injector</i> terhadap suhu gas buang.</p>

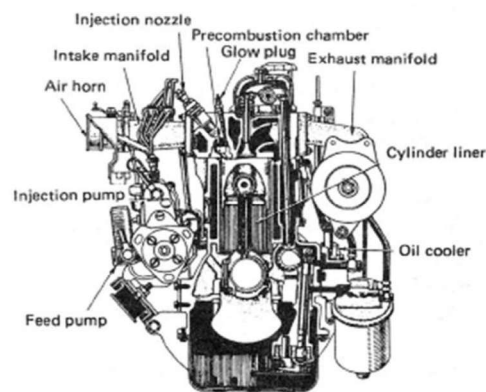
No	Judul Penelitian	Nama Penulis	Hasil Penelitian	Perbedaan Hasil Penelitian
2.	Mengamati Turunnya Kinerja <i>Injector</i> Motor Induk Di Kapal KM. Zaisan Star II PT. Zaisan Citra Mandiri	Yeyen Herlina, Gunawan Dika Pratama, Fino Waspodo (Jurnal Sains Teknologi Transportasi Maritim (2019))	<p>Pada penelitian ini lebih berfokus pada penyebab terjadinya gangguan dan kerusakan pada <i>injector</i> yang mempengaruhi proses pengabutan bahan bakar pada <i>injector</i>. Dimana dijelaskan disini penyebabnya ada dua, yaitu:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Penyumbatan pada lubang nozzle disebabkan oleh dua faktor utama, yakni penggunaan bahan bakar yang terkontaminasi akibat minimnya pemeliharaan pada sistem pendukung, serta proses pembakaran yang tidak sempurna yang memicu penumpukan deposit karbon pada permukaan ujung nozzle.</li> <li>2. Tetesan bahan bakar yang keluar dari lubang nozzle di luar fase pembakaran—baik terjadi sebelum pembakaran dimulai maupun setelah berakhir—merupakan indikasi ketidaknormalan pada kinerja nozzle..</li> </ol>	<p>Penelitian ini memiliki kemiripan dimana sama-sama meneliti mengenai <i>injector</i>, namun perbedaannya, pada penelitian ini peneliti, lebih berfokus pada hasil kesinambungan antara <i>injector</i> dengan suhu gas buang pada mesin induk.</p>

## B. Landasan Teori

### 1. Definisi Mesin Diesel

Menurut Armstrong (1981: 119) pada bukunya yang berjudul “Mesin diesel ” adalah jenis mesin pembakaran dalam, mesin diesel bekerja dengan cara mengompresi udara hingga mencapai temperatur yang mampu menyalakan bahan bakar yang disuntikkan ke ruang bakar. Energi termal

yang dihasilkan dari pembakaran tersebut selanjutnya dikonversi menjadi energi mekanik melalui gerak translasi piston. Mesin ini menjadi penggerak utama bagi berbagai alat berat, termasuk armada transportasi barang dan sarana transportasi laut. Mesin diesel yanmar 2X280ST2, 2x1750 HP, adalah mesin diesel 4 langkah dengan 6 cylinder head segaris. Pada konfigurasi 2 x1750 yang berarti pada dua mesinnya memiliki 3500 HP. Sistem bahan bakarnya menggunakan pompa injeksi mekanis tipe *in-line*, di mana setiap silinder memiliki satu elemen pompa sendiri. Solar dihisap dari tangki oleh feed pump, disaring melalui filter agar benar-benar bersih, lalu ditekan oleh pompa injeksi dan disalurkan ke injector. Pompa injeksi ini dilengkapi *governor* untuk menjaga putaran mesin tetap stabil sesuai beban dan *automatic timing advance* yang memajukan waktu penyemprotan bahan bakar saat putaran mesin meningkat, sehingga tenaga dan efisiensi tetap optimal. Lebih spesifik lagi mengenai mesin diesel, bisa dikatakan bahwa itu adalah sebuah mesin pemicu kompresi, dimana bahan bakar dinyalakan oleh suhu tinggi gas yang dikompresi, dan bukan oleh alat berenergi lain (seperti busi).



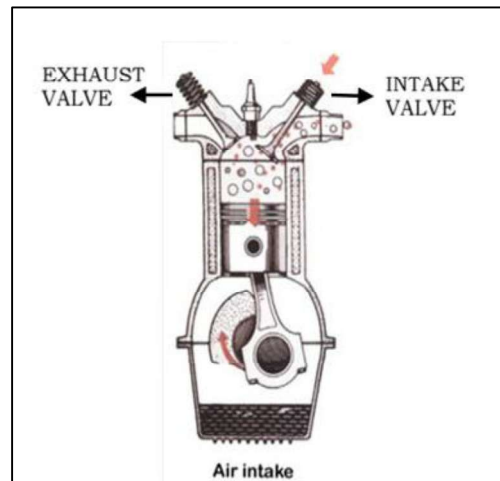
Gambar 2.1: Mesin *Diesel*

Sumber: Agung nugroho,2014,Mesin *Diesel*

a. Prinsip Kerja Mesin Diesel 4 Tak

Secara fundamental, prinsip kerja mesin diesel memiliki kesamaan dengan mesin pembakaran dalam pada umumnya. Namun, perbedaan mendasar terletak pada sistem penyaluran bahan bakar yang dapat diklasifikasikan ke dalam empat metode utama, yaitu:

1) Langkah hisap



Gambar 2.2: Langkah Hisap Pada Mesin *Diesel*

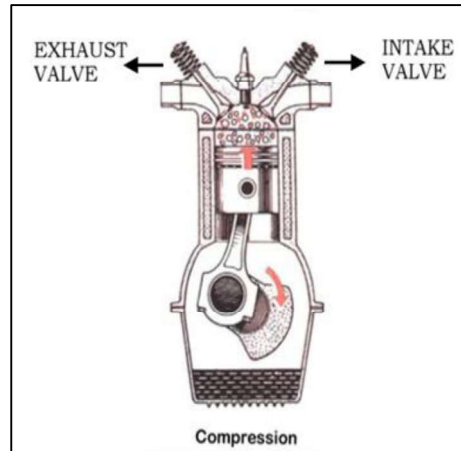
Sumber: Jurnal Dinamis, Volume.8, No.1 Juni 2020

Pada langkah hisap, pergerakan piston dari TMA ke TMB memicu terbukanya katup masuk. Saat piston bergerak ke bawah, tekanan di dalam silinder akan turun hingga di bawah tekanan atmosfer, sehingga udara dari luar secara otomatis mengalir masuk melalui filter udara menuju silinder.

2) Langkah kompresi

Pada tahapan kompresi, udara di dalam ruang silinder dimampatkan akibat perpindahan piston dari TMB ke arah TMA, yang berfungsi untuk meningkatkan densitas serta suhu udara guna memaksimalkan efisiensi proses pembakaran.. Proses ini bertujuan

untuk menaikkan tekanan dan suhu udara ke level yang tinggi sebelum bahan bakar disuntikkan.

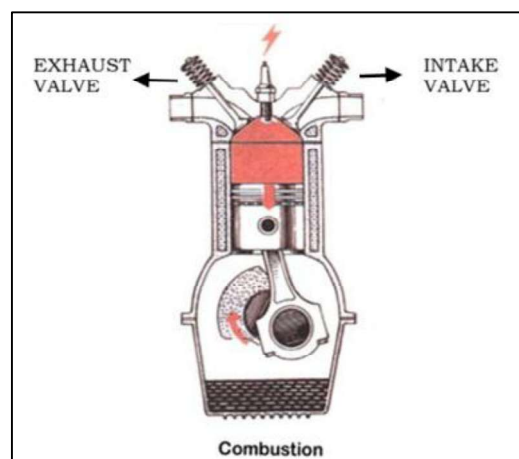


Gambar 2.3 Langkah Kompresi Pada Mesin *Diesel*

Sumber: Jurnal Dinamis, Volume.8, No.1 Juni 2020

### 3) Langkah usaha

Langkah usaha adalah proses ketiga yang merupakan kegiatan penyemprotan bahan bakar ruang yang akan menyebabkan ledakan pembakaran pada tekanan dan temperature, dimana ledakan ini jugalah yang mendorong TMA ke TMB sekali lagi sehingga terjadi gaya aksial yang akan diubah oleh poros engkol menjadi gaya putar.

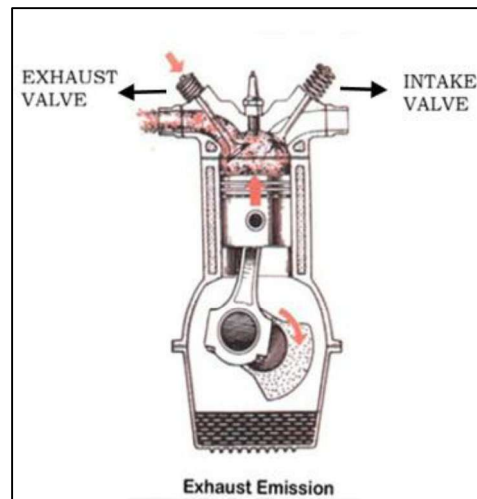


Gambar 2.4: Langkah Kerja / Usaha Pada Mesin *Diesel*

Sumber: Jurnal Dinamis, Volume.8, No.1 Juni 2020

#### 4) Langkah buang

Tahap terakhir dalam siklus mesin diesel adalah langkah buang. Momentum inersia yang tersimpan pada flywheel menjaga perputaran poros engkol, yang kemudian mendorong piston dari TMB kembali ke TMA. Bersamaan dengan pergerakan piston, katup buang terbuka sehingga gas sisa pembakaran terdorong keluar dari ruang bakar melalui exhaust manifold menuju sistem pembuangan (knalpot). Siklus ini akan terus berlangsung secara berkelanjutan selama pasokan udara dan bahan bakar tetap tersedia, serta kondisi kompresi tercapai..



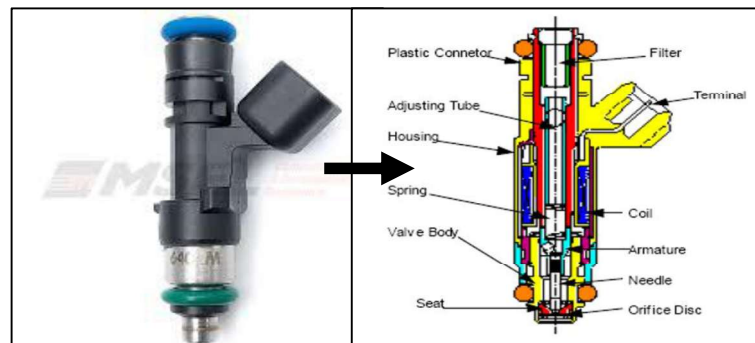
Gambar 2.5: Langkah Pembuangan Pada Mesin *Diesel*  
Sumber: Jurnal Dinamis, Volume.8, No.1 Juni 2020

## 2. Definisi *Injector*

Injektor berperan dalam pengabutan bahan bakar menjadi partikel-partikel kecil yang disemprotkan ke dalam ruang bakar di bawah tekanan tertentu. Proses atomisasi ini krusial untuk memastikan campuran udara dan bahan bakar yang homogen sebagai pemicu awal terjadinya pembakaran yang efisien. (George, 1995: 224). Dalam proses ini, *injector* akan

digunakan bersama dengan pompa bahan bakar atau biasa disebut pompa *Bosch* yang digerakkan oleh pergerakan *camshaft*, kemudian bahan bakar diberi tekanan oleh pompa *Bosch* hingga tekanan 220 kgf/cm<sup>2</sup> yang mendorong pegas, bahan bakar masuk ke *nozzle* injeksi, mengangkat *nozzle* atau jarum *nozzle*, dan bahan bakar masuk ke lubang berbentuk atom. Sistem injeksi bahan bakar merupakan komponen krusial yang berperan sebagai jantung dari mesin diesel. Sistem ini dirancang dengan presisi tinggi menggunakan material berkualitas untuk menjamin keandalan operasional. Efisiensi pembakaran pada mesin ini sangat bergantung pada akurasi proses penyaluran dan atomisasi bahan bakar yang dikelola oleh pompa bahan bakar serta injektor.

Pompa bahan bakar bekerja dengan menekan bahan bakar hingga mencapai kisaran 300–500 bar sebelum disalurkan melalui lubang nosel yang berdiameter kecil, yakni antara 0,4 mm hingga 0,9 mm. Tekanan injeksi yang tinggi ini sangat krusial untuk menghasilkan kecepatan awal yang memadai pada pancaran bahan bakar. Hal ini memicu proses atomisasi yang halus, sehingga kabut bahan bakar dapat terdistribusi secara optimal ke seluruh area ruang bakar dan bercampur sempurna dengan udara.



Gambar 2.6: *Fuel Injector*

Sumber : Amrie mucta,2015,Sistem injektor

### 3. Komponen-komponen *Injector*

*Injector* sendiri adalah sebuah alat dengan banyak bagian-bagian di dalamnya yang saling berkaitan satu sama lain layaknya mesin-mesin pada umumnya, dimana menurut Sariffudin et al., (2021), bagian dalam *Injector* tersusun atas:

#### a. *Nozzle neddle* (Jarum Pengabut)

Jarum alat penyemprot atau juga disebut katup jarum adalah alat untuk atomisasi bahan bakar serta pengatur jumlah bahan bakar yang diatomisasi melalui bukaan alat penyemprot. Komponen aksial dari gaya yang mengangkat jarum mengalir dalam arah berlawanan dengan aksi pegas penutup.



Gambar 2.7: *Nozzle Neddle Injector*

Sumber: Widopo Cahyo,2016,Komponen Injector Diesel

#### b. *Spindel* (Alat penekan jarum)

Spindel merupakan alat yang berfungsi untuk memberikan gaya tekan pada katup jarum (*needle valve*) di dalam injektor. Komponen ini sangat krusial dalam sistem injeksi karena perannya dalam mengatur besaran tekanan pembukaan injektor (*nozzle opening pressure*), yang

secara langsung menentukan waktu dan karakteristik penyemprotan bahan bakar..



Gambar 2.8: *Spindel Injector*

Sumber: Widopo Cahyo,2016,Komponen Injector Diesel

c. *Adjusting Screw* (Baut penyetel)

*Adjusting screw* atau baut penyetel adalah bagian dari *injector* yang biasanya digunakan untuk mengatur kekuatan dan tekanan semprotan *injector*, dan biasanya selalu terletak di atas mur pengaman dan digunakan untuk melindungi bagian *injector* lainnya.



Gambar 2.9: *Adjusting Screw Injector*

Sumber: Widopo Cahyo,2016,Komponen Injector Diesel

d. *Spring* (Pegas)

Pegas berfungsi untuk menetapkan tekanan injeksi yang diperlukan serta memicu pengembalian jarum tekan ke posisi tertutup setelah bahan bakar disemprotkan ke dalam ruang bakar, guna memastikan efisiensi proses pembakaran tetap terjaga..



Gambar 2.10: *Spring Injector*

Sumber: Widopo Cahyo,2016,Komponen Injector Diesel

e. *Spindle guide*

Terletak pada kedua ujung *spindle* yaitu ujung atas dan ujung bawah. Ujung atas dihubungkan ke penahan pegas, dan ujung bawah dihubungkan ke jarum kabut, sehingga *spindle* dapat menekan jarum pengabut dengan benar.



Gambar 2.11: *Spindle Guide Injector*

Sumber: Widopo Cahyo,2016,Komponen Injector Diesel

f. *Spring retainer* (Penahan pegas)

Digunakan di penghubung antara pegas dan *spindle* yang berfungsi sebagai penahan agar *spindle* tetap pada posisinya.



Gambar 2.12: *Spring Retainer Injector*

Sumber: Widopo Cahyo, 2016, Komponen Injector Diesel

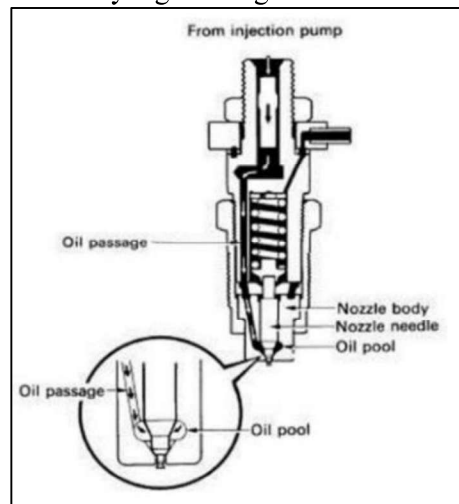
4. Cara Kerja *Injector*

Menurut Karyanto (2000), Injektor berperan sebagai komponen yang menyalurkan bahan bakar bertekanan tinggi yang berasal dari pompa injeksi ke dalam ruang bakar. Melalui mekanisme semprotan yang terarah, injektor bertugas mendistribusikan dan memastikan penetrasi bahan bakar secara merata ke dalam silinder, yang merupakan syarat mutlak dalam mencapai efisiensi dan optimalisasi proses pembakaran. Saat disemprotkan ke dalam ruang bakar yang telah mencapai temperatur tinggi (akibat kompresi), bahan bakar akan teratomisasi dan menguap menjadi gas, kemudian terbakar secara spontan. Reaksi pembakaran ini melepaskan energi panas masif yang menyebabkan kenaikan tekanan gas secara drastis di dalam silinder.

Proses cara kerja *injector* sendiri bekerja melalui tiga proses, yaitu:

a. Sebelum injeksi

Pada tahapan pra-injeksi, bahan bakar dengan tekanan tinggi dialirkan dari pompa injeksi menuju reservoir yang terletak di bagian bawah bodi injektor. Aliran ini bergerak melalui saluran transmisi internal yang terintegrasi di dalam rumah injektor.

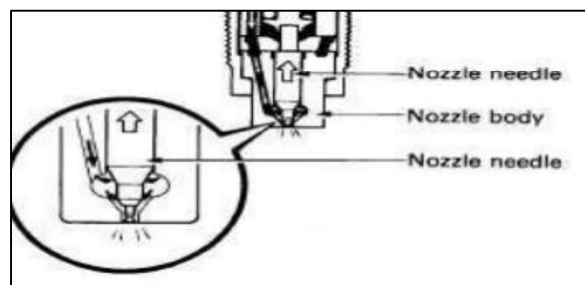


Gambar 2.13: *Injector Sebelum injeksi*

Sumber : Juan prasyadi, 2018, Cara kerja injector

b. Injeksi

Saat tekanan pompa melampaui gaya pegas, jarum injektor terangkat dan menyemburkan bahan bakar bertekanan tinggi ke ruang bakar.

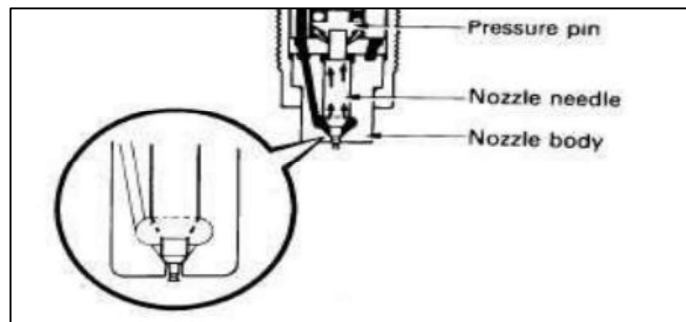


Gambar 2. 14: Saat penginjeksian

Sumber : Juan prasyadi, 2018, Cara kerja *injector*

c. Akhir injeksi

Akhir fase injeksi terjadi ketika pompa injeksi menghentikan suplai bahan bakar, yang menyebabkan penurunan tekanan sistem secara drastis. Penurunan tekanan ini memicu pegas penekan untuk mengembalikan katup jarum ke posisi semula, sehingga lubang nosel tertutup rapat dan aliran bahan bakar ke ruang bakar terhenti. Sebagian kecil bahan bakar yang tersisa di celah antara jarum dan badan nosel berfungsi sebagai pelumas sebelum akhirnya dialirkan kembali melalui pipa pengembali (*leak-off pipe*).



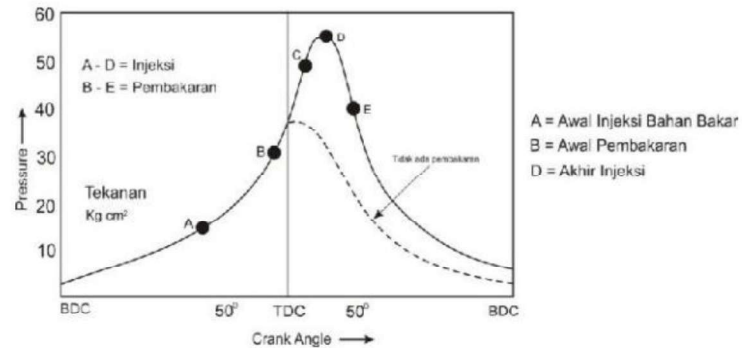
Gambar 2.15: Akhir injeksi

Sumber: Juan prasetyadi, 2018, Cara kerja injektor

5. Derajat Injeksi

Menurut Arismunandar (1983 : 39), injeksi pada mesin diesel berupa bahan bakar dilakukan secara bertahap dan memerlukan waktu, dimana proses tidak bisa dilakukan secara semena-mena demi mencapai hasil injeksi yang tepat sasaran dan maksimal. Menurut Arismunandar (1983 : 39), injeksi pada mesin diesel berupa bahan bakar dilakukan secara bertahap dan memerlukan waktu, dimana proses tidak bisa dilakukan secara semena-mena demi mencapai hasil injeksi yang tepat sasaran dan maksimal. Pada saat injeksi, perubahan sudut injeksi akan sangat berpengaruh terhadap

proses pembakaran. Pembakaran yang maju (*Advanced Combustion*) akan membuat tekanan naik dan pembakaran yang mundur (*Retarded Combustion*) akan membuat tekanan turun dan daya yang dihasilkan menurun. Sebagai perbandingan pada pembakaran motor diesel pada injeksi  $15^\circ$ ,  $18,5^\circ$  dan  $21^\circ$ .



Gambar 2.16: *Diagram proses pembakaran motor diesel*

Sumber: Simposium Nasional RAPI XIII - 2014 FT UMS

#### 6. Prinsip Pengabutan Pada *Injector* Bahan Bakar

Prinsip pengabutan bekerja dengan mendorong bahan bakar cair melewati lubang nosel yang sangat sempit di bawah tekanan tinggi. Hal ini menyebabkan cairan tersebut pecah menjadi butiran-butiran sangat halus sebelum akhirnya disemprotkan ke ruang bakar. (Jackson, 1992: 186). Dengan kata lain, semakin baik bahan bakar menyala, maka semakin sempurna proses pembakaran.

Proses pembakaran sempurna sangat bergantung pada tekanan injeksi tinggi sebesar 220–240 kg/cm<sup>2</sup> yang disalurkan dalam durasi singkat. Tekanan ini disuplai melalui sistem pompa bahan bakar tekanan tinggi, yang krusial untuk memastikan proses atomisasi berjalan dengan baik selama siklus langkah usaha. Tekanan penyemprotan dibutuhkan agar pancaran minyak memiliki kecepatan awal yang tinggi yang akan menciptakan

penyemprotan halus dan memaksa semprotan minyak sejauh mungkin dalam ruang bakar untuk mencapai pencampuran yang baik dengan udara pembakaran.

Proses pembakaran dalam silinder mesin diesel diinisiasi ketika bahan bakar disemprotkan melalui injektor ke dalam massa udara yang telah mencapai suhu dan tekanan tinggi akibat kompresi. Inti dari proses ini adalah atomisasi bahan bakar menjadi partikel mikroskopis agar tercapai pencampuran yang homogen dengan oksigen, sehingga memicu pembakaran yang efisien dan tuntas., untuk itu proses pengabutan untuk memperoleh gas bahan bakar yang sempurna pada *injector* dapat dilakukan dengan tiga sistem pengabutan yaitu :

a. Pengabutan Udara

Sistem pengabutan dengan bantuan udara beroperasi pada rentang tekanan bahan bakar antara 240 hingga 250 bar, yang menghasilkan tekanan internal sebesar 240 bar di dalam nozzle. Mekanismenya dimulai saat tekanan dari pompa bahan bakar mampu mendorong katup jarum nozzle hingga terbuka. Pada tahap ini, udara bertekanan akan disalurkan melalui celah cincin pemisah untuk berinteraksi dengan bahan bakar, membentuk campuran seperti gas yang kemudian disemprotkan ke dalam silinder.

b. Pengabutan tekan

Pada sistem pengabutan bertekanan ini, saluran bahan bakar dan ruang internal nozzle wajib selalu terisi penuh. Jarum penyemprot ditahan oleh pegas agar saluran tetap tertutup secara permanen. Namun,

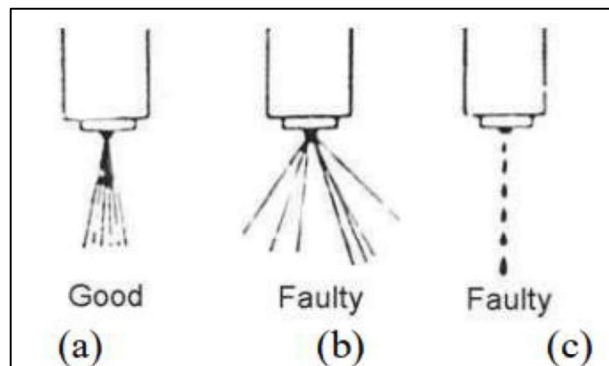
ketika pompa injeksi memberikan tekanan hingga 350 bar, gaya tersebut akan mengangkat jarum ke atas dan membuka jalur aliran. Tekanan tinggi inilah yang memaksa bahan bakar terurai menjadi partikel halus saat melewati celah jarum sebelum disemprotkan ke dalam mesin.

c. Pengabutan gas

Metode pengabutan ini bekerja dengan menyuntikkan bahan bakar bertekanan tinggi tepat saat piston melakukan langkah hisap. Pada tahap ini, sebagian bahan bakar akan mengalir ke dalam ruang bakar awal (pre-chamber) yang memiliki saluran lubang kecil di bagian sisinya. Sistem ini menggunakan dua tahap pembakaran: fase awal dan fase utama. Meskipun teknologi ini sudah jarang diterapkan pada mesin diesel modern, kinerjanya tetap mampu menghasilkan atomisasi bahan bakar yang memenuhi standar kebutuhan pembakaran yang optimal.

7. Bentuk Pengabutan Bahan Bakar

Pada mekanisme injeksi bahan bakar, variasi pola semprotan *nozzle* sangat menentukan tingkat homogenitas campuran di ruang silinder. Jenis pola penyemprotan tersebut beserta dampaknya terhadap efisiensi proses pembakaran bisa diamati melalui ilustrasi di bawah ini



Gambar 2.17: Bentuk Penyemprotan Bahan Bakar  
Sumber : Juan Prasetyadi, 2018

- a. Pada gambar (a) terlihat pengabutan yang sempurna dimana pengabutannya menyebar dan tidak berpusat pada satu titik karena membentuk sudut  $14^\circ$  saat pengabutan.
- b. Pada gambar (b) terlihat pengabutan yang tidak merata pada nozzle dan ini menandakan bahwa terjadi penyumbatan pada nozzle needle. Nozzle yang tersumbat akan mengakibatkan penyemprotan bahan bakar tidak maksimal dan akan mengakibatkan mesin pincang dan tenaga akan berkurang.
- c. Sedangkan pada gambar (c) terlihat bahan bakar hanya menetes karena kebuntuan atau kerusakan pada nozzle. Keadaan yang mengakibatkan pembakaran tidaklah sempurna karena pengabutan tidak terjadi secara sempurna dan pemakaian bahan bakar akan boros sehingga asap pada cerobong akan tebal dan berwarna putih.

#### 8. Syarat-Syarat Dalam Sistem Injeksi Bahan Bakar

Menurut Maleev (2021), Sistem injeksi pada mesin diesel bekerja sebagai jalur distribusi bahan bakar yang terorganisir. Alurnya dimulai dari menarik bahan bakar dari tangki, menyaringnya dari kontaminan, hingga menyemprotkannya ke dalam silinder dalam bentuk kabut bertekanan tinggi. Langkah-langkah ini sangat krusial guna memastikan proses pembakaran di dalam ruang mesin terjadi secara optimal untuk menghasilkan tenaga. Untuk persyaratan utama yang harus dipenuhi oleh sistem injeksi ada 5 yaitu :

a. Penakaran yang teliti dari minyak bahan bakar

Stabilitas putaran mesin sangat dipengaruhi oleh tingkat akurasi dalam suplai bahan bakar. Jumlah bahan bakar yang diinjeksikan pada setiap siklus harus diselaraskan dengan kebutuhan beban mesin yang sebenarnya, serta disebarakan secara seimbang ke seluruh silinder selama proses kerja. Keselarasan sistem inilah yang memastikan mesin mampu beroperasi dengan kecepatan yang konstan sekaligus efisien.

b. Pengaturan waktu

Ketepatan waktu injeksi bahan bakar merupakan variabel krusial untuk mengoptimalkan performa mesin dan efisiensi konsumsi bahan bakar. Pengaturan yang presisi memastikan proses pembakaran berlangsung sempurna. Sebaliknya, jika injeksi terjadi terlalu dini, tekanan pembakaran akan meningkat secara ekstrem, menyebabkan mesin bekerja kasar, berisik, dan berisiko memicu kondensasi bahan bakar pada dinding silinder. Namun, jika injeksi terjadi terlalu lambat, pembakaran tidak akan mencapai titik puncaknya saat piston melewati Titik Mati Atas (TMA). Akibatnya, daya yang dihasilkan tidak maksimal, penggunaan bahan bakar menjadi tidak efisien, dan emisi gas buang akan terlihat pekat.

c. Kecepatan injeksi bahan bakar

Kecepatan injeksi memiliki pengaruh yang setara dengan pengaturan waktu injeksi. Apabila laju aliran bahan bakar terlalu tinggi, karakteristik pembakaran akan menyerupai kondisi injeksi terlalu awal. Sebaliknya, laju yang terlalu rendah akan menyebabkan inefisiensi yang

serupa dengan injeksi terlambat. Dengan demikian, akurasi pada kedua parameter ini sangat krusial untuk menjaga efisiensi proses di ruang bakar

d. Pengabutan yang baik dari bahan bakar

Proses atomisasi yang optimal memfasilitasi inisiasi pembakaran yang lebih stabil. Dengan memecah bahan bakar menjadi tetesan mikroskopis, luas permukaan yang terekspos ke oksigen akan meningkat secara signifikan, sehingga menjamin homogenitas campuran udara-bahan bakar yang diperlukan untuk efisiensi termal yang tinggi

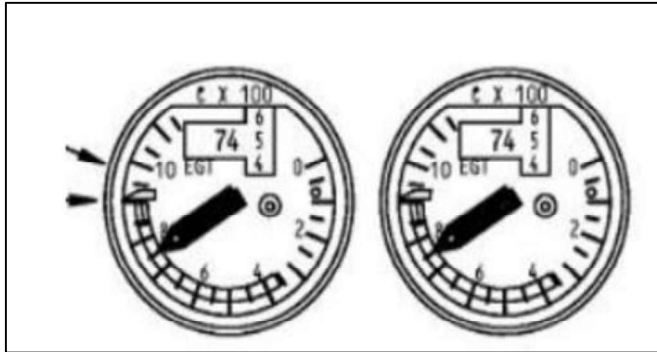
e. Distribusi

Agar pembakaran berjalan optimal, bahan bakar wajib tersebar secara merata di seluruh ruang silinder untuk bereaksi dengan oksigen yang tersedia. Jika distribusi ini gagal, maka terdapat potensi oksigen yang tidak dimanfaatkan dalam proses pembakaran. Akibatnya, energi kimia yang dihasilkan menjadi minim, sehingga mesin tidak dapat bekerja pada potensi daya maksimalnya.

9. Pengertian Suhu Gas Buang

Menurut Maaen (Motor Diesel Kapal jilid 1;3.18), Gas buang merupakan residu dari proses reaksi kimia pembakaran yang terjadi di dalam mesin internal. Dalam sistem ini, gas hasil pembakaran memiliki peran ganda: sebagai produk sisa sekaligus fluida kerja yang menggerakkan komponen mekanis. Oleh karena itu, pemantauan terhadap Exhaust Gas

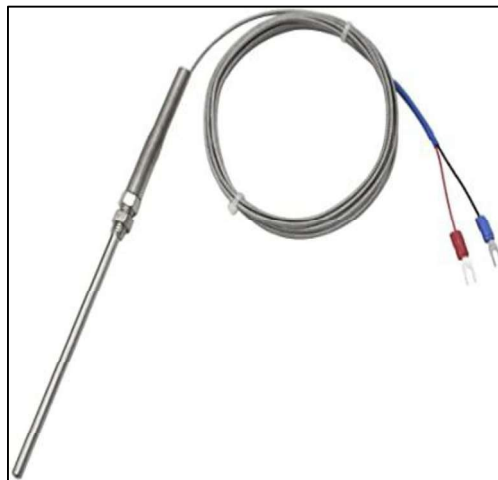
Temperature (EGT) menjadi instrumen krusial bagi operator atau teknisi untuk mengevaluasi efisiensi termal serta kesehatan operasional mesin..



Gambar 2.18: *Exhaust Gas Temperature Gauge*  
Sumber: Muhammad Takdir, 2013, Suhu Gas Buang

a. *Thermocouple*

Seorang fisikawan Estonia bernama Thomas Johann Seebeck adalah penemu Termokopel (*Thermocouple*) ini. Itu adalah sejenis sensor suhu yang digunakan untuk mendeteksi atau mengukur suhu melalui dua jenis logam konduktor berbeda yang digabung pada ujungnya sehingga menimbulkan efek “*Thermo-electric*”.



Gambar 2.19: *Thermocouple*  
Sumber: CMSAdmin, 2020, *Thermocouple*

b. Jenis-jenis *Thermocouple*

Termokopel merupakan sensor temperatur yang dirancang khusus untuk mengukur rentang suhu tinggi. Meskipun sensor ini memiliki karakteristik keluaran sinyal listrik yang sangat lemah serta sensitif terhadap gangguan elektromagnetik (noise), termokopel tetap menjadi pilihan utama di sektor industri. Hal ini dimungkinkan dengan penggunaan perangkat penguat sinyal (amplifier) serta sistem shielding yang tepat untuk memastikan pembacaan suhu tetap akurat di lingkungan kerja yang keras. Meski banyak keuntungan secara sekilas dari penggunaan alat ini, *thermocouple* memerlukan rangkaian pengkondisi sinyal agar nilai output tersebut dapat dibaca dengan baik

Thermocouple Type	Useful/General Application Range
B	1600-3100°F (870-1700°C)
E*	200-1650°F (95-900°C)
J	200-1400°F (95-760°C)
K*	200-2300°F (95-1260°C)
N	200-2300°F (95-1260°C)
R	32-2700°F (0-1480°C)
S	32-2700°F (0-1480°C)
T*	32-660°F (0-350°C)

Gambar 2.20: Macam-macam *Thermocouple*

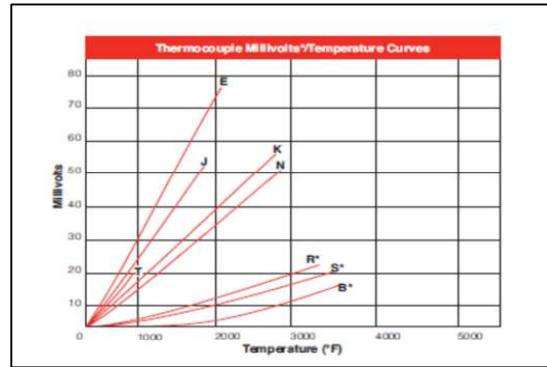
Sumber: Popong, Gatot, Hari, Karakterisasi Thermocouple, Hal 133-145

Dari gambar di atas dapat dilihat bahwa banyak sekali jenis dari *Thermocouple* ini yang disesuaikan dengan kebutuhan, diantaranya:

- 1) Tipe B (Campuran Platinum / Rhodium) : jenis yang dapat mengukur hingga suhu yang sangat tinggi, yaitu 100°C sampai 1800°C. Tapi tidak dapat mengukur suhu dibawah 50°C, karena

dibawah *temperature* itu tidak sensitif. Artinya setelah *temperature* 50° celcius, *thermocouple* jenis ini baru terbaca.

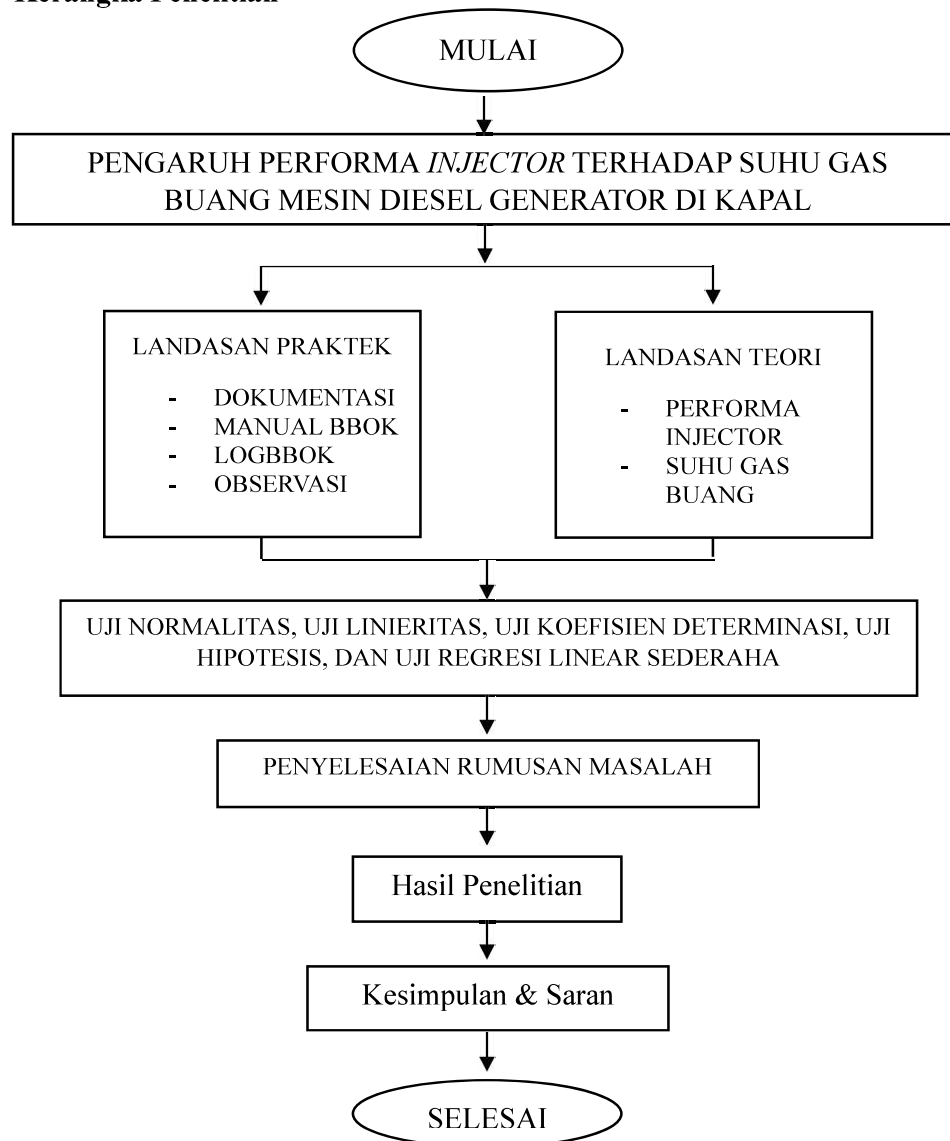
- 2) Tipe E (Campuran Chrome / Constantan) : Thermocouple ini digunakan untuk temperature rendah, -270°C sampai +790°C.
- 3) Tipe J (Campuran Iron / Constantan) : Digunakan untuk temperature rendah, -40°C sampai +750°C, tapi tidak bisa digunakan lebih dari +760°C karena akan merusak sensor ini.
- 4) Tipe K (Campuran Crome / Alumel) : Jenis ini adalah yang sering digunakan. Selain karena harganya yang murah dan relatif sensitif terhadap perubahan suhu, dengan jangkauan temperature yang luas yaitu dari -200°C sampai +1200°C.
- 5) Tipe N (Campuran Nicrosil / Nisil) : Sensor yang bisa mengukur 260°C sampai +1300°C dengan sangat stabil, namun kurang peka.
- 6) Tipe R (Campuran Platinum / Rhodium) : Tipe ini kurang sensitif terhadap pamasukan, tetapi bisa mencapai suhu 1600°C.
- 7) Tipe S (Campuran Platinum / Rhodium) : Sensor ini sangat peka, namun dari segi harga ini lumayan mahal. Adapun suhu yang dapat diukur ada di kisaran antara -50°C sampai 1760°C.
- 8) Tipe T. Merupakan sensor dengan suhu yang diukur antara 0°C sampai 350°C.



Gambar 2.21: Karakteristik *Thermocouple*

Sumber: Popong, Gatot, Karakterisasi *Thermocouple*, Hal 133-145


### C. Kerangka Penelitian




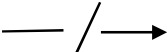
Gambar 2. 22: Kerangka Pikir Penelitian

Sumber : Diolah Peneliti

Keterangan :

 : Awal atau akhir prosedur

 : Proses operasional

 : Arah alur dalam prosedur

#### D. Hipotesis

Berdasarkan rumusan masalah dan tujuan penelitian mengenai pengaruh performa *injector* terhadap suhu gas buang mesin diesel generator di kapal, hipotesis yang diajukan adalah sebagai berikut:

1. Hipotesis Nol ( $H_0$ ): Performa *injector* tidak berpengaruh secara signifikan terhadap suhu gas buang mesin diesel generator di kapal.
2. Hipotesis Alternatif ( $H_1$ ): Performa *injector* berpengaruh secara signifikan terhadap suhu gas buang mesin diesel generator di kapal.

## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### A. Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif. Menurut Sugiyono (2022), metode saintifik yang berakar pada paradigma positivisme, dengan menargetkan kelompok populasi atau sampel tertentu sebagai objek studinya. Metode ini memanfaatkan alat ukur yang terstandarisasi untuk menjangkau data, yang nantinya akan dievaluasi secara statistik demi memverifikasi hipotesis yang telah diajukan sebelumnya. Penelitian kuantitatif bertujuan untuk menguraikan fenomena penelitian secara objektif melalui perolehan data numerik yang terukur. Pendekatan ini berupaya memberikan kejelasan empiris terhadap suatu subjek studi dengan mengandalkan analisis data yang terstandarisasi. (Ardiansyah et al., 2023).

Untuk menganalisis interaksi antarvariabel, penelitian ini memanfaatkan desain kausal (eksplanatori). Fokus utamanya adalah membuktikan pengaruh satu atau lebih variabel independen terhadap variabel dependen. Teknik analisis statistik memungkinkan peneliti untuk memetakan serta mengukur sejauh mana variabel independen memicu fluktuasi atau perubahan pada variabel dependen. (Sugiyono, 2022). Di dalam penelitian ini peneliti menggunakan performa *injector* sebagai variabel bebas dan suhu gas buang sebagai variabel terikat. Melalui pendekatan ini, peneliti dapat menganalisis secara objektif bagaimana performa *injector* berpengaruh terhadap suhu gas buang pada mesin diesel generator kapal.

## B. Waktu dan Tempat Penelitian

### 1. Waktu Penelitian

Proses penelitian ini dilaksanakan selama penulis menjalani praktik laut (PRALA) selama satu tahun di atas kapal SV. STELLA 28. Penelitian dilakukan secara kausal dengan waktu dan tempat penelitian yang bertepatan dengan masa praktik laut tersebut. Pengambilan sampel dan pengumpulan data dilakukan ketika penulis berada di atas kapal selama periode praktik berlangsung.

### 2. Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di atas kapal SV. STELLA 28 selama penulis menjalani Praktik Laut (PRALA). Kapal ini berbendera Indonesia dan merupakan salah satu armada milik PT. Sowohi Kentiti Jaya. Sebagai tambahan informasi dalam penulisan ini, penulis menambahkan data kapal yang diambil dari *ship's particular* SV. STELLA 28.

<i>Ship's Name</i>	: SV.STELLA 28
<i>IMO number</i>	: -
<i>Type of vessel</i>	: <i>Utility Supply Vessel</i>
<i>Previous name(s)</i>	: SEA WAVE-128
<i>Vessel owner</i>	: PT.SOWOHI KENTITI JAYA
<i>Vessel operator</i>	: PT.SOWOHI KENTITI JAYA
<i>Flag</i>	: Indonesia
<i>Call sign</i>	: JZKF
<i>Port of registry</i>	: SEMARANG

<i>Year of Build</i>	: 2013
<i>Vessel Classed By</i>	: BKI
<i>LOA / Length Registered</i>	: 60,80 Meter
<i>Beam</i>	: 11,6 Meter
<i>Depth</i>	: 4.65 Meter
<i>Maximum draft</i>	: 3,8 Meter
<i>Deadweight tonnage</i>	: 1103,4 Tons
<i>Gross tonnage / Net Tonnage</i>	: 638 Ton / 192 Ton
<i>Clear Deck space</i>	: 300 M2
<i>Speed Maiximum</i>	: 8,0 Knot
<i>Economial</i>	: 6,0 Knot
<i>Accomodation</i>	: 30 <i>pax</i> and Crew 16 <i>pax</i>
<i>No. of SeAT OR Pax</i>	

### **C. Sumber Data dan Teknik Pengumpulan data**

#### **1. Sumber Data**

Menurut Arikunto (2006:129), sumber data merupakan segala pihak, objek, atau subjek yang menjadi asal muasal informasi yang dikumpulkan untuk tujuan riset.. Secara umum, sumber data diklasifikasikan menjadi dua kategori utama, yakni data primer yang berfungsi sebagai rujukan utama dan data sekunder yang berperan sebagai informasi pendukung atau pelengkap. Dalam penelitian ini dua sumber data yang dicantumkan yaitu :

- a. Data primer dalam penelitian ini merujuk pada informasi yang dikumpulkan secara langsung di lapangan melalui observasi kuantitatif.

Data tersebut berupa catatan numerik mengenai performa injektor dan suhu gas buang pada mesin diesel generator di kapal SV. Stella 28. Proses pengambilan data dilakukan dengan mengamati serta mencatat parameter operasional mesin secara langsung, khususnya pada nilai tekanan maksimum (maximum firing pressure /P<sub>MAX</sub>) dan temperatur gas buang di setiap silinder saat mesin berada dalam kondisi beroperasi. Pengambilan data dilakukan bersama masinis III (tiga) dan kepala kamar mesin untuk memastikan keakuratan data pengukuran.

- b. Data sekunder digunakan sebagai pelengkap data primer guna memperkaya analisis penelitian. Data ini diperoleh melalui studi pustaka dan dokumentasi teknis, seperti manual servis dan catatan operasional mesin, yang memberikan tinjauan mendalam terkait objek penelitian. Data sekunder dalam penelitian ini diperoleh melalui dokumentasi, seperti catatan operasional mesin, manual *book* kapal, serta studi literatur dari berbagai sumber ilmiah yang relevan, baik yang diperoleh secara offline maupun online, untuk mendukung hasil pengamatan dan kuesioner yang telah dilakukan.

## 2. Teknik Pengumpulan data

Metode pengumpulan data berfungsi sebagai sarana krusial untuk menggali informasi yang diperlukan dalam menjawab pertanyaan-pertanyaan penelitian, dimana data tersebut dalam penelitian ini dapat dibagi dalam empat cara, yaitu:

### a. Observasi

Menurut Arthawati (2003), Observasi merupakan teknik

pengumpulan data yang melibatkan pemantauan sistematis terhadap fenomena atau peristiwa di lokasi penelitian. Proses ini dapat dilakukan melalui interaksi langsung di lapangan maupun secara tidak langsung guna menangkap data yang akurat dari objek penelitian. Dalam penelitian ini, observasi dilakukan secara kuantitatif, yaitu dengan melakukan pengukuran dan pencatatan data numerik terkait kinerja mesin diesel generator di atas kapal SV. *Stella 28*. Objek observasi difokuskan pada mesin diesel generator, khususnya pada komponen *injector* untuk mengetahui pengaruh performa *injector* terhadap peningkatan suhu gas buang yang terjadi pada proses pembakaran di dalam mesin. Data observasi yang dikumpulkan meliputi nilai tekanan maksimum *injector* (P<sub>MAX</sub>) dan temperatur gas buang mesin diesel generator pada setiap silinder.

b. Dokumentasi

Metode dokumentasi berfokus pada perolehan data dengan menganalisis instrumen tertulis yang telah tersedia. Informasi dikumpulkan dari berbagai media seperti buku, majalah, surat kabar, agenda kegiatan, hingga dokumen-dokumen bernilai historis lainnya. Pendekatan ini sangat krusial untuk memperkuat temuan penelitian melalui bukti-bukti faktual yang terdokumentasi. Ardiani & Zuriana (2022), Metode ini sangat cocok digunakan dalam penelitian ini, terutama digunakan untuk memperoleh data yang berwujud secara *real-time* seperti penelusuran catatan kapal, buku, arsip, dan agenda yang dapat dilihat pada data rencana operasi kapal dan jadwal pemeliharaan

atau perawatan yang sudah direncanakan dan dijadwalkan. Adapun data-data yang bisa dikumpulkan bisa berasal dari:

- 1) Catatan perawatan yang diadakan diatas kapal (*Monthly Data Maintenance*),
- 2) Catatan harian kamar mesin (*Engine Log Book*),
- 3) Buku panduan mesin diesel generator (*Generator Instruction Manual Book*).

c. Studi Pustaka

Studi pustaka ini bertujuan untuk membangun landasan teoretis yang kokoh sebagai acuan dalam memecahkan masalah penelitian yang diangkat dalam skripsi ini. Fokus kajian literatur mencakup dinamika pembakaran di dalam ruang silinder, prinsip kerja sistem atomisasi pada injektor, serta prosedur pemeliharaan injektor pada generator mesin diesel. Sumber rujukan yang digunakan meliputi:

- 1) Data dikumpulkan melalui penelaahan pustaka yang berfokus pada topik sistem pembakaran, desain teknis pengabutan injektor, dan tata cara pemeliharaan komponen injektor pada mesin pembangkit listrik tenaga diesel (diesel generator)
- 2) Penelitian ini didukung oleh beragam sumber pustaka yang mengupas tuntas topik yang dibahas, khususnya buku-buku teknis yang memuat panduan komprehensif mengenai perbaikan dan perawatan berkala komponen injektor pada unit generator diesel.

- 3) Buku referensi mengenai sistem atomisasi bahan bakar, di mana injektor berfungsi menyediakan salah satu komponen dasar dalam segitiga api, yaitu bahan bakar.

#### **D. Variabel Penelitian**

Variabel Penelitian menurut Sugiyono (2020), Dalam dunia riset, variabel didefinisikan sebagai objek atau aspek yang dipilih untuk dipelajari demi mendapatkan informasi yang valid dalam proses penarikan kesimpulan. Istilah 'variabel' sendiri berakar dari kata 'vary' dan 'able', yang bermakna sesuatu yang memiliki kemampuan untuk berubah. Hal ini sesuai dengan karakteristik variabel itu sendiri yang memang bervariasi dan tidak seragam di setiap pengamatan. Dalam penelitian ini, terdapat dua jenis variabel, yaitu:

##### **1. Variabel Bebas**

Menurut Sutoyo dan Sodik (2021), variabel bebas adalah variabel yang memengaruhi atau menjadi penyebab timbulnya variabel terikat yang disimbolkan dengan variabel X. Dalam penelitian ini, variabel bebas yang digunakan adalah performa *injector*, yaitu sejauh mana kondisi dan kinerja *injector* memengaruhi suhu gas buang mesin diesel generator di kapal.

##### **2. Variabel Terikat**

Menurut Mukhid (2021), variabel terikat merupakan faktor yang diobservasi dan diukur untuk menentukan ada atau tidaknya pengaruh variabel bebas yang umumnya disimbolkan dengan variabel Y. Pada penelitian ini, variabel terikatnya adalah suhu gas buang mesin diesel generator di kapal.

## E. Subjek Penelitian

### 1. Populasi

Menurut Sugiyono (2022), Populasi merujuk pada cakupan menyeluruh yang terdiri dari subjek atau objek dengan kriteria dan sifat spesifik yang telah ditentukan oleh peneliti. Kelompok ini menjadi fokus utama studi agar hasil analisisnya dapat digeneralisasikan menjadi sebuah kesimpulan yang representatif. Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh kondisi pengoperasian mesin diesel generator di kapal SV. *Stella 28*, khususnya Auxiliary Engine 1 (AE1) dan Auxiliary Engine 2 (AE2) yang berkaitan dengan performa *injector* dan suhu gas buang mesin diesel generator. Populasi tersebut mencakup seluruh data hasil pengukuran tekanan maksimum *injector* (P<sub>MAX</sub>) dan temperatur gas buang yang dihasilkan oleh mesin diesel generator selama proses pengoperasian kapal.

### 2. Sampel

Menurut Sugiyono (2022), sampel merepresentasikan sebagian dari keseluruhan jumlah dan karakteristik yang dimiliki oleh suatu populasi. Teknik sampling diterapkan ketika populasi penelitian mencakup skala yang terlalu luas, sehingga peneliti memilih kelompok terbatas yang dinilai mampu mewakili profil populasi secara menyeluruh.. Sampel dalam penelitian ini adalah data hasil observasi kuantitatif yang diambil dari mesin diesel generator *Auxiliary Engine 1* (AE1) dan *Auxiliary Engine 2* (AE2) di kapal SV. *Stella 28*. Sampel berupa data pengukuran tekanan maksimum *injector* (P<sub>MAX</sub>) dan suhu gas buang yang diperoleh selama mesin diesel generator beroperasi. Pengambilan sampel dilakukan dengan cara mencatat

data P<sub>MAX</sub> dan suhu gas buang pada enam silinder mesin untuk setiap pengamatan, kemudian nilai tersebut dirata-ratakan guna merepresentasikan kondisi kerja mesin secara keseluruhan. Jumlah sampel yang digunakan dalam penelitian ini sebanyak 35 data pengamatan untuk masing-masing mesin diesel generator sehingga total sampel yang dianalisis berjumlah 70 data pengamatan.

#### **F. Teknik Analisis Data**

Menurut Sopian dan Suwartika (2019), analisis data merupakan tahapan untuk menelusuri dan menyusun data secara sistematis berdasarkan hasil observasi, catatan lapangan, maupun dokumentasi yang telah diperoleh. Karena penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif, maka analisis data dilakukan dengan mengolah informasi dalam bentuk angka, mulai dari tahap pengumpulan hingga penafsiran dan penyajian hasil akhir.

Pada penelitian ini, peneliti menguraikan data yang dikumpulkan selama proses penelitian dengan melakukan pengumpulan, pengolahan, penyajian, serta analisis berdasarkan temuan di lapangan. Tujuan dari langkah ini adalah memperoleh hasil yang valid, objektif, dan sesuai dengan fokus penelitian. Data dianalisis dengan menggunakan teknik analisis statistik sebagai berikut:

##### **1. Uji Normalitas**

Menurut Sugiyono (2022), Uji normalitas berfungsi untuk memvalidasi asumsi bahwa data penelitian telah terdistribusi secara normal, yang merupakan syarat krusial sebelum melanjutkan ke analisis statistik

parametrik. Dalam penelitian ini menggunakan uji *Kolmogrov-Smirnov*.

Dasar pengambilan keputusan dalam uji normalitas adalah sebagai berikut:

- a. Jika nilai Sig. (*p-value*) > 0,05, maka data berdistribusi normal.
- b. Jika nilai Sig. (*p-value*) ≤ 0,05, maka data berdistribusi tidak normal.

## 2. Analisis Jalur Regresi Linear Sederhana

Analisis regresi linear sederhana merupakan metode statistik yang diterapkan untuk mengukur tingkat pengaruh langsung dari satu variabel bebas (*independen*) terhadap satu variabel terikat (*dependen*). Menurut Sugiyono (2022), analisis ini bertujuan untuk memprediksi perubahan nilai variabel *dependen* berdasarkan perubahan nilai variabel *independen*. Secara matematis, model regresi linear sederhana dapat ditulis dengan persamaan:

$$Y = a + bx + e$$

Keterangan:

Y = Variabel *dependen* (suhu gas buang mesin diesel generator)

X = Variabel *independen* (performa *injector*)

a = Konstanta

b = Koefisien regresi

e = Error

## 3. Uji Linearitas

Uji linearitas dilakukan untuk memvalidasi apakah korelasi antara variabel bebas dan variabel terikat mengikuti pola linear, yang menjadi syarat utama agar penerapan analisis regresi dapat dipertanggungjawabkan secara metodologis. Sugiarto (2022) menyatakan bahwa analisis regresi hanya dapat diterapkan apabila hubungan antarvariabel bersifat linear.

Pengujian linearitas dilakukan melalui output *Test for Linearity* pada ANOVA di SPSS dengan memperhatikan nilai signifikansi pada baris *Linearity* dan *Deviation from Linearity*. Hubungan dinyatakan linear apabila nilai Sig. *Linearity*  $< 0,05$  dan nilai Sig. *Deviation from Linearity*  $> 0,05$ , yang menunjukkan tidak adanya penyimpangan dari hubungan linear. Dengan terpenuhinya kriteria tersebut, analisis regresi dapat dilanjutkan.

#### 4. Analisis Koefisien Determinasi

Koefisien determinasi digunakan untuk mengukur seberapa besar proporsi variasi variabel dependen yang dapat dijelaskan oleh variabel independen. Semakin besar nilai  $R^2$ , maka semakin besar pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat (Sugiyono, 2022).

#### 5. Uji Hipotesis

Uji hipotesis (uji t) dilakukan untuk mengetahui apakah variabel independen berpengaruh secara signifikan terhadap variabel dependen. Menurut Sugiyono (2022), pengujian hipotesis merupakan langkah penting untuk memastikan bahwa hasil analisis data dapat digeneralisasikan ke populasi. Adapun dasar keputusan, sebagai berikut:

- a. Jika nilai signifikansi (Sig.)  $< 0,05$ , maka  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  diterima, yang berarti terdapat pengaruh signifikan antara variabel independen terhadap variabel dependen.
- b. Jika nilai signifikansi (Sig.)  $> 0,05$ , maka  $H_0$  diterima dan  $H_1$  ditolak, yang berarti tidak terdapat pengaruh signifikan antara variabel independen terhadap variabel dependen.