

LAPORAN TUGAS AKHIR  
KARYA ILMIAH TERAPAN

**PENGARUH TEKANAN INJEKSI BAHAN  
BAKAR TERHADAP TEMPERATUR GAS BUANG  
*AUXILIARY ENGINE NO. 1* DI MT. KAKAP**



SALSABILA NUGRAHENI  
NIT 22.36.306.2.057

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 TEKANAN INJEKSI BAHAN  
BAKAR TERHADAP TEMPERATUR GAS BUANG  
*AUXILIARY ENGINE NO. 1* DI MT. KAKAP**



SALSABILA NUGRAHENI  
NIT 22.36.306.2.057

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 : Salsabila Nugraheni

NIT : 22 36 306 2 057

Program Studi : DIV Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal

Menyatakan bahwa KIT yang saya tulis dengan judul :

**PENGARUH TEKANAN INJEKSI BAHAN BAKAR TERHADAP  
TEMPERATUR GAS BUANG AUXILIARY ENGINE NO. 1 DI MT. KAKAP**

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

SURABAYA, 9 FEBRUARI 2026



SALSABILA NUGRAHENI

**PERSETUJUAN UJI KELAYAKAN  
PROPOSAL TUGAS AKHIR**

Judul : **PENGARUH TEKANAN INJEKSI BAHAN BAKAR  
TERHADAP TEMPERATUR GAS BUANG  
AUXILIARY ENGINE NO. 1 DI MT. KAKAP**

Program Studi : **DIV TEKNOLOGI REKAYASA PERMESINAN KAPAL**

Nama : **SALSABILA NUGRAHENI**

NIT : **22 36 306 2 057**

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, 22 JANUARI 2026

Pembimbing I



**Dr. Antonius Edy Kristiyono, M.Pd., M.Mar.E.**

Penata TK I (III/d)  
NIP. 196905312003121001

Pembimbing II



**Prima Yudha Yudianto, S.E., M.M.**

Penata (III/c)  
NIP. 197807172005021001

Ketua Program Studi

Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal



**Dr. Antonius Edy Kristiyono, M.Pd., M.Mar.E.**

Penata TK I (III/d)  
NIP. 196905312003121001

**PERSETUJUAN SEMINAR  
HASIL TUGAS AKHIR**

Judul : **PENGARUH TEKANAN INJEKSI BAHAN BAKAR  
TERHADAP TEMPERATUR GAS BUANG  
AUXILIARY ENGINE NO. 1 DI MT. KAKAP**

Program Studi : **DIV TEKNOLOGI REKAYASA PERMESINAN KAPAL**

Nama : **SALSABILA NUGRAHANI**

NIT : **22 36 306 2 057**

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, 22 ~~JANUARI~~ 2026

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I



**Dr. ANTONIUS EDY K., M.Pd., M.Mar.E.**  
NIP. 196905312003121001

Dosen Pembimbing II



**PRIMA YUDHA Y., SE., M.M.**  
NIP. 197807172005021001

Mengetahui,

Ketua Program Studi

Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal



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

**PENGESAHAN  
PROPOSAL TUGAS AKHIR  
KARYA ILMIAH TERAPAN  
PENGARUH TEKANAN INJEKSI BAHAN BAKAR TERHADAP  
TEMPERATUR GAS BUANG AUXILIARY ENGINE NO. 1 DI MT.  
KAKAP**

Disusun oleh:

**SALSABILA NUGRAHENI**

NIT. 22 36 306 2 057

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

Surabaya, 06 Juni 2024

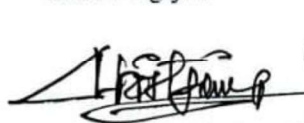
Mengesahkan,

Dosen Penguji I



**Agus Prawoto, S.Si.T., M.M.**  
NIP.197808172009121001

Dosen Penguji II



**Antonius Edy K., M.pd.**  
NIP.19690531200312001

Dosen Penguji III



**Prima Yudha Y., S.E., M.M.**  
NIP.197817200521001

Mengetahui,

Ketua Program Studi

Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal



**Monika Retno Gunarti, M.Pd., M.Mar.E.**  
NIP.197605282009122002

**PENGESAHAN  
LAPORAN TUGAS AKHIR  
KARYA ILMIAH TERAPAN**

**PENGARUH TEKANAN INJEKSI BAHAN BAKAR TERHADAP  
TEMPERATUR GAS BUANG *AUXILIARY ENGINE* NO. 1 DI MT. KAKAP**

Disusun oleh:

SALSABILA NUGRAHANI  
NIT. 22 36 306 2 057

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

Surabaya, 05 FEBRUARI 2026

Mengesahkan,

Dosen Penguji I



**MONIKA R.G., M.Pd., M.Mar.E.**  
NIP. 197605282009122002

Dosen Penguji II



**Dr. ANTONIUS E. K., M.Pd., M.Mar.E.**  
NIP. 196905312003121001

Dosen Penguji III



**WULAN M.S., M.Pd.**  
NIP. 198903262023212017

Mengetahui,

Ketua Program Studi

Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal



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

## ABSTRAK

SALSABILA NUGRAHENI, PENGARUH TEKANAN INJEKSI BAHAN BAKAR TERHADAP TEMPERATUR GAS BUANG AUXILIARY ENGINE NO. 1 DI MT. KAKAP. Dibimbing oleh Bapak Antonius edy Kristiyono dan Bapak Prima Yudha Yudianto.

Tekanan injeksi bahan bakar yang tinggi menjamin kualitas semprotan bahan bakar yang keluar dari injector. Semakin rendah tekanan bahan bakar maka campuran bahan bakar dan udara tidak akan tercampur secara homogen, akibatnya bahan bakar tidak akan terbakar secara sempurna. Apabila opening pressure dari fuel injection valve tidak memenuhi ketentuan manual book maka dapat mempengaruhi temperatur dari gas buang. Hal tersebut dapat diamati dari adanya perbedaan temperatur yang signifikan pada masing-masing *cylinder* (*Exhaust gas temperature deviation*). Yang ditemukan pada penelitian terdapat salah satu cylinder yang memiliki temperatur yang perbedaannya cukup signifikan. Untuk Upaya penanggulangan hal tersebut maka dilakukan penyetelan dan maintenance terhadap injector pada Cylinder tersebut agar opening pressure nya sesuai dengan standar manual book. Dalam penelitian ini dilakukan dengan metode campuran model Eksplorasi Berurutan dimana peneliti mengumpulkan data kualitatif terlebih dahulu, kemudian dilanjutkan dengan data kuantitatif guna memperluas dan menjelaskan maksud dari temuan kualitatif. Tujuan penelitian ini untuk mengidentifikasi dan menangani adanya perbedaan temperatur gas buang yang cukup signifikan.

**Kata Kunci :** Tekanan Injeksi, Gas buang, Temperatur

## **ABSTRACT**

SALSABILA NUGRAHENI, *THE EFFECT OF FUEL INJECTION PRESSURE ON EXHAUST GAS TEMPERATURE OF AUXILIARY ENGINE NO. 1 AT MT. KAKAP*. Supervised by Mr. Antonius Edy Kristiyono and Mr. Prima Yudha Yudianto.

*High fuel injection pressure ensures the quality of the fuel spray coming out of the injector. Lower fuel pressure results in a less homogeneous fuel-air mixture, resulting in incomplete combustion. If the fuel injection valve opening pressure does not meet the manual's requirements, it can affect the exhaust gas temperature. This can be observed from the significant temperature difference in each cylinder (Exhaust Gas Temperature Deviation). This study found that one cylinder had a significantly different temperature. To address this issue, testing and maintenance were conducted on the injector in that cylinder to ensure its opening pressure met the manual's standards. This research employed a mixed-methods sequential exploration model, where researchers first collected qualitative data, followed by quantitative data to expand and clarify the qualitative findings. The purpose of this study was to identify and address significant differences in exhaust gas temperature.*

**Keywords:** *Injection Pressure, Exhaust Gas, Temperature*

## KATA PENGANTAR

Puja dan puji syukur Peneliti panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan anugerah dan kesehatan sehingga peneliti dapat menyelesaikan Karya Ilmiah Terapan ini. Karya Ilmiah Terapan ini dibuat untuk memenuhi persyaratan menyelesaikan Program Pendidikan Diploma IV di Politeknik Pelayaran Surabaya, dengan judul **“PENGARUH TEKANAN INJEKSI BAHAN BAKAR TERHADAP TEMPERATUR GAS BUANG AUXILIARY ENGINE NO. 1 DI MT. KAKAP”**.

Peneliti menyadari bahwa penulisan Karya Ilmiah Terapan ini masih jauh dari sempurna karena keterbatasan waktu, pikiran, kemampuan serta pengalaman peneliti dalam penyusunan karya ilmiah ini. Oleh karena itu peneliti sangat mengharapkan apabila ada masukan dari pembimbing, penguji maupun pembaca lainnya. Penulisan karya tulis ilmiah ini dapat terselesaikan karena adanya bantuan dari berbagai pihak, oleh itu penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada yang terhormat :

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 serta selaku pembimbing I, yang telah membantu serta membimbing saya dalam penulisan Karya Ilmiah Terapan ini.
3. Bapak Prima Yudha Yudianto, S.E., M.M. selaku pembimbing II, yang telah memberikan arahan serta bimbingannya dalam penulisan Karya Ilmiah Terapan.
4. Bapak/Ibu Dosen politeknik Pelayaran Surabaya yang senantiasa membimbing serta mengarahkan penulis khususnya Jurusan Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal yang telah memberikan bekal ilmu sehingga saya dapat menyelesaikan Karya Ilmiah Terapan.
5. Kedua orang tua saya Bapak Jarot Susena dan Ibu Rini Haryantiningsih seraf adik saya Olivia Phelia Tsany yang selalu mendoakan dan memberikan dukungan dalam menyelesaikan Karya Ilmiah Terapan.
6. Engine crew MT. Kakap yang telah memberi dukungan dan memberi arahan kepada penulis dalam penelitian di atas kapal.
7. Rekan-rekan terdekat saya yang telah memberikan semangat dan dukungan dalam penyelesaian Karya Ilmiah Terapan ini.

Akhir Kata penulis berharap semoga Karya Ilmiah terapan ini dapat bermanfaat bagi pembaca pada umumnya dan bagi penulis khususnya dan untuk pihak operasional kapal. Semoga Tuhan Yang Maha Esa senantiasa memberikan petunjuk dan lindungan dalam melakukan penelitian yang selanjutnya dituangkan dalam bentuk Karya Ilmiah Terapan.

Surabaya,

2026

SALSABILA NUGRAHENI

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
PERNYATAAN KEASLIAN .....	ii
PERSETUJUAN UJI KELAYAKAN PROPOSAL TUGAS AKHIR .....	iii
PERSETUJUAN SEMINAR HASIL TUGAS AKHIR.....	iv
PENGESAHAN PROPOSAL TUGAS AKHIR.....	v
PENGESAHAN LAPORAN TUGAS AKHIR.....	vi
ABSTRAK.....	vii
<i>ABSTRACT</i> .....	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI .....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN .....	xv
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
A. Latar Belakang .....	1
B. Rumusan Masalah .....	3
C. Batasan Masalah.....	4
D. Tujuan Penelitian .....	4
E. Manfaat Penelitian.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>6</b>
A. Review Penelitian Sebelumnya .....	6
B. Landasan Teori .....	8

C. Kerangka Berpikir .....	22
D. Hipotesis .....	23
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>23</b>
A. Jenis Penelitian .....	24
B. Lokasi Dan Waktu Penelitian .....	25
C. Definisi Operasional Variabel .....	25
D. Teknik Pengumpulan Data Dan Sumber Data.....	25
E. Teknik Analisis Data.....	28
<b>BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>32</b>
A. Gambaran Umum Dan Lokasi Penelitian .....	33
B. Hasil Penelitian.....	34
C. Pembahasan.....	45
<b>BAB V PENUTUP.....</b>	<b>48</b>
A. Kesimpulan .....	48
B. Saran .....	48
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>50</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>52</b>

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2. 1</b> Review Penelitian Sebelumnya .....	6
<b>Tabel 2. 2</b> Panduan umum variasi tekanan injeksi .....	10
<b>Tabel 4. 1</b> Running Hours Injector AE 1 .....	36
<b>Tabel 4. 2</b> Tekanan injeksi sebelum dilakukan maintenance .....	37
<b>Tabel 4. 3</b> Tekanan injeksi setelah maintenance .....	39
<b>Tabel 4. 4</b> Temperatur gas buang setelah perbaikan.....	40
<b>Tabel 4. 5</b> Hasil uji Paired sample T-test .....	41
<b>Tabel 4. 6</b> Hasil uji korelasi .....	42
<b>Tabel 4. 7</b> Input data variabel x dan y .....	43

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2. 1</b>	Proses Pengetesan Injector Sumber : Dokumentasi peneliti.....	8
<b>Gambar 2. 2</b>	Injector dan proses pembakaran.....	9
<b>Gambar 2. 3</b>	Manual Book Yanmar 6NY16L Sumber : Dokumentasi Pribadi ....	10
<b>Gambar 2. 4</b>	Auxiliary Engine .....	12
<b>Gambar 2. 5</b>	Cara kerja mesin 2 tak .....	12
<b>Gambar 2. 6</b>	Cara kerja mesin 4 tak .....	13
<b>Gambar 2. 7</b>	Injector.....	14
<b>Gambar 2. 8</b>	Komponen injector.....	16
<b>Gambar 2. 9</b>	Kualitas pengabutan .....	18
<b>Gambar 2. 10</b>	Injector Single Hole.....	19
<b>Gambar 2. 11</b>	Injector Multi Hole .....	20
<b>Gambar 2. 12</b>	Injector Pintle type .....	21
<b>Gambar 2. 13</b>	Injector Throttle Type .....	21
<b>Gambar 2. 14</b>	Kerangka Berpikir .....	22
<b>Gambar 3. 1</b>	Model Eksplorasi Berurutan .....	24
<b>Gambar 4. 1</b>	kapal MT. Kakap .....	33
<b>Gambar 4. 2</b>	Jurnal Auxiliary Engine .....	34
<b>Gambar 4. 3</b>	Jurnal Auxiliary Engine .....	35
<b>Gambar 4. 4</b>	Chart Temperature gas buang sebelum maintenance injector.....	35
<b>Gambar 4. 5</b>	Needle valve yang aus .....	36
<b>Gambar 4. 6</b>	Running hours AE No. 1.....	36
<b>Gambar 4. 7</b>	Pressure test injector sebelum maintenance .....	37
<b>Gambar 4. 8</b>	Pressure test injector setelah maintenance.....	39
<b>Gambar 4. 9</b>	Chart hasil perbandingan tekanan injeksi.....	39
<b>Gambar 4. 10</b>	Chart hasil pengamatan satu hari dari temperatur gas buang .....	40
<b>Gambar 4. 11</b>	Tabel Paired Sample Test .....	42

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran 1.</b>	Ship Particular MT. Kakap .....	52
<b>Lampiran 2.</b>	Manual Book Auxiliary Engine Yanmar 6NY16L .....	53
<b>Lampiran 3.</b>	Deskripsi Auxiliary Engine Yanmar 6NY16L .....	54
<b>Lampiran 4.</b>	Manual Book for fuel injection valve.....	55
<b>Lampiran 5.</b>	Manual Book for Checking of Fuel Injection valve dan Adjustment of Injection pressure.....	57
<b>Lampiran 6.</b>	Manual Book for Periodical Inspection.....	60
<b>Lampiran 7.</b>	Manual Book for Engine Standard adjustments.....	62
<b>Lampiran 8.</b>	Manual book for maintenance checking exhaust temperature.....	63
<b>Lampiran 9.</b>	Laporan Penyelesaian Perbaikan (LPP).....	64
<b>Lampiran 10.</b>	Injector .....	65
<b>Lampiran 11.</b>	Crew MT. Kakap .....	66

# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. LATAR BELAKANG

Sebagai negara kepulauan terbesar, Indonesia memiliki karakteristik geografis di mana wilayah perairannya mendominasi hingga 70% dari total luas negara. Dengan jumlah pulau mencapai 17.054, wilayah lautnya dua kali lipat lebih luas dibandingkan daratan, sekaligus menempatkan Indonesia sebagai pemilik garis pantai terpanjang kedua secara global (Hermawan & Sutanto, 2022). Lonjakan aktivitas transportasi perairan saat ini menuntut lebih dari sekadar penambahan kuantitas armada, kesiapan operasional kapal dalam segala situasi menjadi prioritas utama. Hal ini memerlukan dukungan armada yang kokoh serta sumber daya manusia yang memiliki kompetensi profesional dan integritas tinggi. Selain itu, aspek krusial dalam operasional pelayaran sangat bergantung pada performa mesin induk maupun mesin bantu yang dikelola melalui mekanisme kerja dan pemeliharaan yang sistematis.

Pengoperasian kapal yang optimal tidak dapat dipisahkan dari peran mesin diesel generator sebagai sumber utama penyedia energi listrik di atas kapal. Mesin diesel generator atau biasa disebut *auxiliary engine* juga merupakan salah satu jenis mesin pembangkit Listrik dengan menggunakan mesin pembakaran dalam (diesel) sebagai sumber tenaga utamanya. Tenaga yang dihasilkan berasal dari proses pembakaran bahan bakar di dalam ruang bakar, di mana bahan bakar disemprotkan ke dalam udara bertekanan tinggi hasil dari proses kompresi. Tekanan injeksi sendiri merupakan tekanan yang

dibutuhkan untuk menyuntikkan bahan bakar ke dalam ruang bakar. Tekanan bahan bakar yang tidak optimal dapat menyebabkan performa pembakaran pada mesin tidak seimbang sehingga terjadi perbedaan temperatur gas buang yang signifikan. Sesuai manual book Auxiliary Engine Yanmar type 6NY16L perbedaan temperatur gas buang dikatakan normal apabila selisih antara cylinder tidak lebih dari 40°C. apabila temperatur gas buang pada salah satu cylinder menurun lebih dari 40°C maka mesin harus segera dimatikan dan dilakukan Tindakan perbaikan terhadap masalah tersebut. Salah satu Tindakan yang dilakukan dengan mengecek tekanan pada fuel injection valve di alat injection tester yang sudah disediakan dari maker. Fuel injection valve adalah salah satu komponen penting dalam motor diesel generator yang memainkan peran dalam proses pembakaran dan kinerja mesin secara keseluruhan. Fungsi utama injector adalah mengabutkan bahan bakar ke dalam ruang baakr atau silinder mesin diesel secara presisi, baik dari segi jumlah maupun waktu penyemprotan selama siklus kerja, sehingga bahan bakar terpecah menjadi partikel-partikel halus berbentuk kabut pada suhu tinggi dan dapat bercampur sempurna dengan udara hasil kompresi, yang selanjutnya menghasilkan proses pembakaran yang cepat dan optimal. Injector memainkan peran kunci dalam mengontrol penyemprotan bahan bakar, yang pada gilirannya mempengaruhi kinerja efisiensi dan emisi dari Auxiliary Engine.

Penurunan performa komponen injector dapat memicu pemborosan konsumsi bahan bakar. Hal ini teerjadi karena system pembakaran memerlukan suplai bahan bakar tambahan guna menghasilkan output tenaga yang setara dengan kondisi normal. Selain itu dapat menyebabkan penurunan kinerja mesin

secara keseluruhan, termasuk penurunan tenaga dan efisiensi serta dapat meningkatkan risiko gangguan mesin dan kegagalan operasional. Maka penting untuk menjaga kualitas dari injector dengan cara melakukan pemeliharaan yang teratur pada injector bahan bakar agar kualitas dari hasil pengabutan bahan bakar yang optimal dari kinerja mesin yang baik. Perawatan injector yang tidak sesuai dengan petunjuk yang terdapat pada manual book dapat menyebabkan menurunnya kualitas tekanan injeksi bahan bakar. Akibatnya hal tersebut akan mempengaruhi terhadap perbedaan temperatur gas buang pada masing-masing cylinder. Maka dari permasalahan tersebut penulis mengambil judul penelitian **“Pengaruh Tekanan Injeksi Bahan Bakar terhadap Temperatur Gas Buang *Auxiliary Engine* No. 1 di MT. Kakap”**

## **B. RUMUSAN MASALAH**

Untuk mengetahui pengaruh tekanan injeksi terhadap temperatur gas buang pada cylinder dapat kita lakukan dengan pengetesan sesuai anjuran di manual book dan untuk lebih memudahkan dalam penyusunan penelitian ini, perlu dirumuskan terlebih dahulu masalah apa saja yang dibahas. Beberapa masalah memerlukan solusi pemecah masalah, diantaranya :

1. Bagaimana pengaruh tekanan injeksi bahan bakar terhadap temperatur gas buang auxiliary engine ?
2. Apa faktor-faktor penyebab dari menurunnya kualitas tekanan injeksi bahan bakar ?

### C. BATASAN MASALAH

Penelitian ini menitikberatkan pada aspek tekanan injeksi sebagai factor penentu efisiensi pengabutan dan keandalan mesin. Ruang lingkup analisis dibatasi hanya pada kualitas tekanan bahan bakar pada *Auxiliary Engine* pada mesin tipe Yanmar 6NY16L.

### D. TUJUAN PENELITIAN

1. Untuk mengetahui pengaruh dari tekanan injeksi terhadap temperatur gas buang *auxiliary engine*.
2. Untuk mengetahui faktor yang menyebabkan terjadinya penurunan kualitas tekanan injeksi bahan bakar.

### E. MANFAAT PENELITIAN

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat yaitu :

1. Manfaat teoritis :
  - a. Bermanfaat untuk mengetahui efek dari penurunan tekanan injeksi terhadap temperatur gas buang *Auxiliary Engine*.
  - b. Sebagai pengembangan keilmuan terkait pengaruh tekanan injeksi bahan bakar di mesin diesel generator yang dapat mempengaruhi temperatur gas buang.
2. Manfaat praktis :

Diharapkan penelitian ini mampu menjadi pedoman bagi masinis kapal maupun cadet kapal yang berada di kamar mesin dalam menjaga

tekanan injeksi yang sesuai guna mempertahankan pengabutan bahan bakar yang baik oleh injector sehingga tidak ada penurunan dalam kinerja mesin.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. REVIEW PENELITIAN SEBELUMNYA

Dalam penelitian ini peneliti sebelumnya telah memberikan ilmu dan wawasan yang berharga mengenai pengaruh dari tekanan injeksi terhadap temperatur gas buang atau emisi pada mesin bantu kapal. Maka dari itu penting untuk mencermati temuan dan metodologi dari penelitian-penelitian terdahulu yang telah dilakukan dalam konteks ini. Berikut ini *literature review* dari penelitian sebelumnya dalam Tabel 2.1 :

**Tabel 2. 1** Review Penelitian Sebelumnya

Sumber : (Sariffudin et al., 2021), (Mafrizal et al., 2022), (La'lang et al., 2021), (Harbul Fijar et al., 2025)

NO	PENULIS	JUDUL	METODE	HASIL PENELITIAN
1	Sariffudin, Widada H., A. Hase M	Analisis Menurunnya Kinerja Injektor terhadap Proses Pembakaran Motor Diesel	Metode yang digunakan Adalah metode kualitatif, yaitu penelitian proses Analisa kualitatif.	Hasil penelitian ini disebabkan perawatan injector yang kurang sempurna sehingga mesin tidak mencapai kecepatan maksimal serta gas buang yang tidak teratur. Upaya yang dilakukan peneliti dengan selalu memperhatikan running hours, maintenance routine dan flushing setiap pergantian bahan bakar yang berfungsi untuk menghindari tersumbatnya nozzle (Sariffudin et al., 2021)
2	Rukmini, Simbung A. O.	Analisa Menurunnya Kinerja Injektor Terhadap Proses Pembakaran Motor Diesel di Kapal MV. Golden Rose	Metode yang digunakan adalah metode penelitian langsung dengan pengumpulan data observasi langsung, literasi online dan dokumentasi	Penelitian ini terbukti dengan menurunnya kinerja injektor terhadap proses pembakaran motor diesel yaitu lubang nozzle yang tersumbat diakibatkan bahan bakar yang kotor karena kurangnya pemeliharaan komponen pendukung sistem bahan bakar, pembakaran tidak sempurna sehingga karbon-karbon menempel pada permukaan

NO	PENULIS	JUDUL	METODE	HASIL PENELITIAN
				ujung nozzle sehingga bahan bakar menetes yang mengakibatkan pembentukan gas dalam ruang bakar (Mafrizal et al., 2022)
3	La'lang A, Jafar M, Hasiah	Analisis Kurang Optimalnya Tekanan Injektor pada Mesin Induk di MT. Patra Tanker 3	Metode yang digunakan metode kualitatif	Studi ini mengungkapkan bahwa penyumbatan di lubang nozzle disebabkan oleh bahan bakar yang tercemar, yang timbul akibat kurangnya perawatan pada komponen pendukung sistem bahan bakar, seperti tangki dan filter bahan bakar, sehingga berpotensi menghasilkan pembakaran yang tidak sempurna. (La'lang et al., 2021)
4	Ach. Harbul Fijar, Saiful Irfan, Sri Mulyanto Herlambang, Azis Nugroho, Monika Retno Gunarti	Analisis Penyebab Ketidaksempurnaan Proses Pengabutan pada Injector Mesin Induk Type Zichai-Yanmar 6N330-EW di kapal MV. Spil Rumi	Penelitian ini menggunakan kualitatif dan metode observasi langsung, wawancara dan dokumen	Penelitian ini mengungkap bahwa atomisasi bahan bakar yang kurang optimal pada injector mesin utama dipicu oleh sejumlah penyebab pokok, termasuk tekanan bahan bakar yang belum mencapai level maksimal, tersumbatnya ujung nozzle karena endapan kotoran atau residu pembakaran, mutu bahan bakar yang tidak memenuhi spesifikasi standar, serta kondisi filter dan purifier yang tercemar atau tidak beroperasi dengan baik. Untuk menghindari masalah ini, diperlukan pemeliharaan berkala pada injector serta pemeriksaan rutin terhadap tekanan penyemprotan, menjaga kebersihan filter bahan bakar, memilih bahan bakar yang sesuai dengan standar teknis, memastikan purifier bekerja secara efektif, dan melakukan penyesuaian ulang kalibrasi apabila tekanan penyemprotan tidak sesuai dengan parameter yang ditetapkan (Harbul Fijar et al., 2025).

Empat penelitian di atas membahas mengenai menurunnya kualitas dari injector yang menyebabkan pengabutan bahan bakar kurang sempurna, dimana

hal tersebut dapat mempengaruhi tekanan injeksi. Penurunan pada tekanan injeksi tersebutlah yang mempengaruhi deviation terhadap temperatur gas buang pada mesin. Keempat penelitian tersebut cukup relevan dengan penelitian ini yang meneliti tentang pengaruh dari tekanan injeksi terhadap temperatur atau suhu gas buang di *Auxiliary Engine*. Perbedaan dari keempat penelitian di atas dengan penelitian ini terletak pada kualitas alat pembakaran bahan bakar, sedangkan penelitian ini tertuju pada kualitas tekanan injeksi guna menjaga temperatur gas buang yang normal.

## B. LANDASAN TEORI

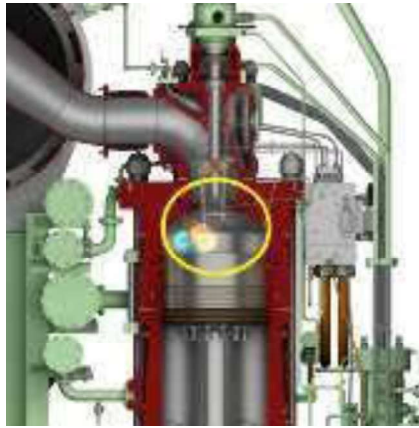
### 1. Tekanan Injeksi



**Gambar 2. 1** Proses Pengetesan Injector  
Sumber : Dokumentasi peneliti

Tekanan injeksi bahan bakar adalah parameter penting yang mempengaruhi daya, torsi, efisiensi, pembakaran konsumsi bahan bakar dan emisi pada mesin diesel (Sutrisno & Purnomo, 2022). Tekanan injeksi bahan bakar diesel dapat memiliki dampak yang signifikan terhadap kualitas pengabutan injektor dalam mesin diesel. Maka variasi dari tekanan injeksi dapat menyebabkan masalah pada kualitas pengabutan injektor. Tekanan

injeksi diukur menggunakan manometer. Tekanan injeksi yang tidak sesuai ketentuan pada manual book dapat mengakibatkan masalah seperti semprotan bahan bakar yang tidak merata, pembakaran yang tidak sempurna, peningkatan emisi dan menurunnya kinerja mesin.



**Gambar 2. 2** Injector dan proses pembakaran

Sumber : <https://core.ac.uk/download/pdf/328104779.pdf>

Tekanan ini harus cukup tinggi supaya menghasilkan pengabutan bahan bakar yang baik, dan menghasilkan pembakaran yang efisien. Pengaturan tekanan injeksi bahan bakar generator di kapal biasanya dilakukan dengan hati-hati untuk memastikan kinerja optimal mesin generator. Hal ini dapat mencakup pengaturan tekanan oleh sistem injeksi yang sesuai dengan spesifikasi mesin dan jenis bahan bakar yang digunakan. Adapun nilai pasti tekanan injeksi bahan bakar generator di kapal dapat berbeda-beda dikarenakan faktor-faktor berikut :

- a. Jenis mesin : mesin generator dapat menggunakan berbagai jenis mesin, termasuk mesin diesel atau mesin gas.
- b. Spesifikasi mesin : spesifikasi mesin generator, termasuk kapasitas daya dan desain pembakaran dapat mempengaruhi tekanan injeksi.

- c. Jenis bahan bakar : bahan bakar diesel, umumnya memiliki tekanan injeksi yang lebih tinggi daripada bahan bakar gas alam.
- d. Kondisi operasional : seperti bahan generator dan kecepatan mesin juga dapat mempengaruhi tekanan injeksi.

Tekanan injeksi bahan bakar generator di kapal bervariasi tergantung pada beberapa faktor diatas. Namun, untuk memberikan Gambaran umum, berikut adalah kisaran tekanan injeksi bahan bakar yang sering digunakan untuk mesin diesel generator di kapal :

**Tabel 2. 2** Panduan umum variasi tekanan injeksi

Sumber : <https://core.ac.uk/download/pdf/328104779.pdf>

No.	Variasi Tekanan	Tekanan (bar)
1.	Tekanan Injeksi Rendah	300-600
2.	Tekanan Injeksi Menengah	600-1000
3.	Tekanan Injeksi Tinggi	>1000

Namun, nilai-nilai ini hanya sebagai panduan umum dan tekanan injeksi bahan bakar generator di kapal dapat berbeda-beda tergantung berbagai faktor seperti yang telah disebutkan sebelumnya. Peneliti ini berpacu pada manual book Auxiliary Engine Yanmar type 6NY16L, spesifik tekanan injeksi pada manual book tipe ini pada  $23.5 \pm 0.5$  Mpa atau setara dengan  $240 \pm 5$  kgf/cm<sup>2</sup>.

Fuel injection valve injection pressure	MPa (kgf/cm <sup>2</sup> )	$23.5 \pm 0.5$ ( $240 \pm 5$ )
---	----------------------------	--------------------------------

**Gambar 2. 3** Manual Book Yanmar 6NY16L

Sumber : Dokumentasi Pribadi

## 2. Bahan Bakar

Bahan bakar merupakan substansi yang dapat diubah menjadi energi melalui interaksi dengan oksigen dari udara sekitar, proses ini berlangsung saat bahan bakar dicampurkan dengan udara di dalam ruang silinder piston.

Ketika tahap kompresi mencapai posisi mati atas, baik tekanan maupun suhu akan meningkat drastis. Kemudian, melalui percikan api dari busi, campuran bahan bakar tersebut terbakar, menghasilkan energi dalam bentuk entalpi internal yang terkumpul sebagai panas yang dapat dilepaskan dan diatur (Nasution, 2022) .

Mesin diesel merupakan jenis mesin pembakaran internal, yang mana reaksi pembakaran bahan bakar berjalan secara spontan karena panas ekstrem dan tekanan tinggi yang dihasilkan dari kompresi, tanpa memerlukan busi atau percikan api eksternal. Mekanisme ini terjadi melalui penyuntikan bahan bakar langsung ke dalam udara yang telah dipanaskan dan ditekan kuat oleh proses kompresi di dalam ruang silinder. Sementara itu, factor-faktor yang turut memengaruhi performa mesin pembakaran seperti mesin diesel meliputi tekanan efektif rata-rata, tenaga indikator, tenaga poros, penggunaan bahan bakar spesifik, efisiensi volume, serta efisiensi panas (Pakpahan et al., 2021). Kualitas bahan bakar merupakan faktor penting dalam menjaga efisiensi pembakaran, kinerja mesin, dan interval perawatan (Marsudi & Yanti, 2025) .

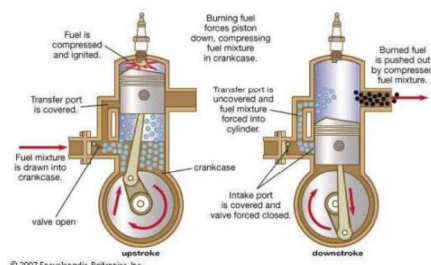
### 3. Auxiliary Engine

*Auxiliary Engine* atau diesel generator bekerja menghasilkan gabungan antara diesel engine dengan electric generator atau disebut dengan alternator untuk menghasilkan listrik.



**Gambar 2. 4** Auxiliary Engine  
Sumber : Dokumentasi Pribadi

Diesel generator berdasarkan proses kerjanya dibedakan menjadi dua jenis, yaitu mesin dua langkah (2 tak) dan mesin empat langkah (4 tak). Mesin dua langkah menyelesaikan empat siklus kerja dalam satu kali putaran poros engkol. Mesin ini mampu menghasilkan daya yang besar pada putaran mesin tinggi, namun memiliki konsumsi bahan bakar yang relative lebih besar dibandingkan mesin empat langkah, meskipun tenaga yang dihasilkan lebih tinggi.

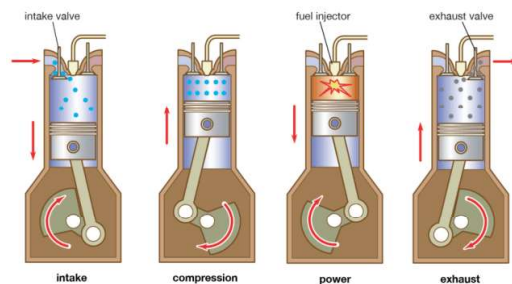


**Gambar 2. 5** Cara kerja mesin 2 tak

Sumber : <https://images.app.goo.gl/MeEYG7pZTXqxdbpt8>

Mesin empat langkah adalah jenis mesin pembakaran yang menjalani empat fase operasi dalam dua putaran poros engkol. Tahap awal adalah hisapan, di mana piston bergerak dari posisi titik mati atas (TMA) ke titik mati bawah (TMB). Pada saat itu, tekanan udara di ruang pembakaran rendah, sehingga katup masuk terbuka, memungkinkan udara dari manifold masuk ke dalam ruang mesin. Tahap kedua adalah pemampatan, dengan

piston bergerak dari TMB kembali ke TMA. Dalam fase ini, katup masuk dan buang tertutup, sehingga pergerakan piston menciptakan udara yang tertekan dan suhunya meningkat. Tahap selanjutnya adalah pembakaran, ketika piston mencapai TMA dan tekanan udara tinggi, bahan bakar diesel disuntikkan oleh injector ke ruang mesin. Proses ini menghasilkan gaya ekspansi yang mendorong piston menuju TMB, yang selanjutnya memutar poros engkol untuk mentransmisikan tenaga ke system penggerak. Mesin ini berputar  $720^\circ$ , setara dengan dua kali rotasi, untuk menyelesaikan empat langkah, sehingga dalam satu putaran poros engkol ( $360^\circ$ ), mesin melakukan dua rotasi. Dibandingkan dengan mesin dua langkah, mesin ini lebih hemat energi karena hanya mengandalkan bahan bakar saja, sehingga lebih bersahabat dengan lingkungan. Pelumas mesin empat langkah berfungsi sebagai pelumas total untuk mesin dan transmisi, mengingat saluran pelumas untuk mesin dan transmisi terpisah.



**Gambar 2. 6** Cara kerja mesin 4 tak

Sumber : <https://images.app.goo.gl/q3ei5csgLwPjzZDL9>

#### 4. Injector

##### a. Pengertian

Injektor merupakan salah satu elemen penting dalam mesin diesel, yang bertindak sebagai aktuator terminal pada system bahan bakar

diesel, dengan peran utama untuk mengatomisasi bahan bakar yang berada di bawah tekanan tinggi ke dalam ruang pembakaran. Pengujian injector menjadi salah satu Teknik pemeliharaan yang diterapkan guna mengidentifikasi status kondisi injector tersebut (Yanuar et al., 2021).



**Gambar 2. 7** Injector

Sumber : Dokumentasi Pribadi

Salah satu penyebab utama yang sering memicu gangguan pada penyemprot bahan bakar (injector) adalah keterkaitannya dengan komponen Cadangan (spare part) yang dipasang di penyemprot tersebut. Komponen injector yang diterapkan pada mesin terkadang merupakan barang bekas, yang dari segi masa pakainya sudah melampaui ambang batas maksimal penggunaan. Umumnya, komponen tersebut dipergunakan Kembali setelah melalui proses pembersihan, pelapisan ulang, dan pengujian kelayakan, sehingga injector bisa difungsikan lagi. Namun, mutu serta durasi penggunaannya sulit untuk diperkirakan (sesuai dengan manual book) dan ketahannya berbeda dari yang tercantum dalam manual book.

#### b. Komponen

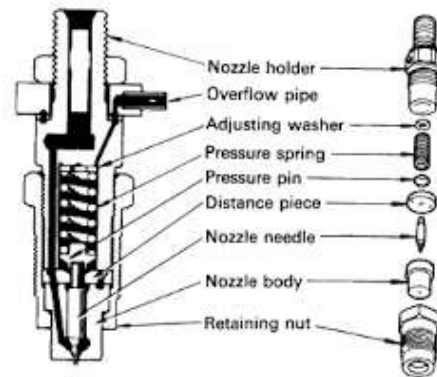
Setiap bagian mesin memiliki Tingkat kekuatan, daya tahan, serta ambang batas penggunaan tertinggi yang dipengaruhi oleh faktor-faktor

seperti usia komponen, jumlah jam operasi dan Tingkat pemeliharaan yang diberikan. Bagian-bagian mesin ini dirancang dengan batas maksimal penggunaan, di mana jika komponen sudah melampaui ambang waktu tersebut, ia masih bisa difungsikan kembali melalui perawatan tambahan, meskipun performanya tidak akan setara dengan kondisi sebelum mencapai standar pabrikan. Produsen atau pembuat komponen telah melakukan kalkulasi khusus mengenai kekuatan materialnya, sehingga mereka menetapkan aturan dan panduan spesifik terkait batas waktu penggunaan untuk setiap komponen. *Injector* terdiri dari beberapa komponen, yaitu :

- 1) *Nozzle Needle* (Jarum Pengabut) berfungsi sebagai regulator jumlah suplai bahan bakar yang akan didistribusikan melalui saluran keluar pada unit pengabut..
- 2) *Nozzle* (mulut pengabut) berfungsi untuk mengabutkan bahan bakar ke dalam ruang bakar.
- 3) *Nozzle Holder* sebagai saluran untuk menghubungkan *injector* dengan pipa *high pressure*.
- 4) *Adjusting Washer* berfungsi sebagai penyetel tekanan penginjeksian.
- 5) *Pressure Spring* untuk mengembalikan tekanan injeksi ketika proses penginjeksian sudah selesai.
- 6) *Pressure Pin* berfungsi untuk meneruskan tekanan untuk mendorong *pressure spring* sehingga *nozzle needle* dapat terbuka.
- 7) *Distance Piece* sebagai saluran dan penghubung *nozzle* dengan *injector holder* serta untuk menyalurkan bahan bakar bertekanan ke

*nozzle body*.

- 8) *Retaining nut* berperan sebagai selongsong pelindung sekaligusudukan bagi *berbagai* elemen penyusun *injector nozzle* di sisi bawah guna mencegah terjadinya kerusakan fisik.
- 9) *Overflow Pipe* untuk mengembalikan bahan bakar yang tersisa setelah proses pembakaran.



**Gambar 2. 8** Komponen injector

Sumber : <https://images.app.goo.gl/o74WAUBoSN1KruEL7>

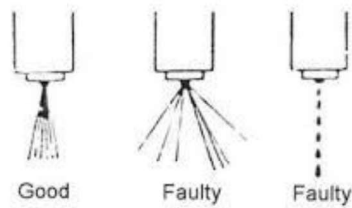
c. Cara kerja

- 1) Sebelum penginjeksian : Bahan bakar bertekanan tinggi mengalir dari pompa injeksi melalui *nozzle holder* menuju *oil pool* di bagian bawah *nozzle body*.
- 2) Penginjeksian bahan bakar : Ketika tekanan bahan bakar di dalam *oil pool* meningkat, tekanan tersebut akan bekerja pada permukaan ujung *needle*. Apabila tekanan ini melebihi gaya pegas, maka *nozzle needle* akan terdorong ke atas dan terlepas dari dudukannya (*nozzle body seat*), sehingga *nozzle* menyemburkan bahan bakar ke dalam ruang bakar.

3) Akhir penginjeksian : Ketika pompa injeksi menghentikan pengaliran bahan bakar, tekanan bahan bakar akan menurun, sehingga tekanan dari pegas (pressure spring) memulihkan jarum nozzle kembali ke posisi awalnya. Pada momen itu, jarum tertekan dengan kuat pada dudukan badan nozzle, sehingga menyumbat jalur bahan bakar. Sebagian bahan bakar yang tersisa berperan untuk melumasi seluruh komponen dan kemudian mengalir kembali ke pipa overflow.

d. Pengabutan

Proses atomisasi bahan bakar melibatkan pemecahan molekul bahan bakar menggunakan perangkat penyemprot (injector) dengan tekanan sebesar  $240 \text{ kgf/cm}^2$ , sesuai panduan manual Yanmar 6NY16L. Bahan bakar yang telah diatomisasi terdiri dari unsur-unsur seperti air, udara, karbon, hidrogen, serta nitrogen. Kurangnya perawatan pada komponen pendukung, seperti tangki dan penyaring bahan bakar, dapat menyebabkan bahan bakar berkualitas rendah, yang pada akhirnya memicu pembakaran tidak optimal akibat tetesan bahan bakar di ujung nozzle. Tetesan bahan bakar ini mungkin muncul baik sebelum maupun setelah proses pembakaran, sehingga menghasilkan gas di dalam ruang bakar yang kemudian bercampur dengan udara pembakaran. Hal ini berakibat menjadi bahan bakar yang disemprotkan ke ruang bakar gagal terbakar secara menyeluruh, sehingga menimbulkan asap hitam di cerobong.



**Gambar 2. 9** Kualitas pengabutan

Sumber : <https://images.app.goo.gl/6xfjEyvRUwLTgTgz5>

Dalam ilustrasi tersebut, bagian a menggambarkan atomisasi bahan bakar yang optimal, di mana penyemprotannya tersebar luas dan tidak terkonsentrasi pada satu area saja. Bagian b memperlihatkan atomisasi yang tidak seragam di nozzle, yang menunjukkan adanya blokasi pada jarum nozzle. Sementara itu, bagian c menampilkan bahan bakar yang hanya menitik karena tersumbat atau rusaknya nozzle, sehingga mengakibatkan konsumsi bahan bakar yang tidak efisien.

e. Perawatan

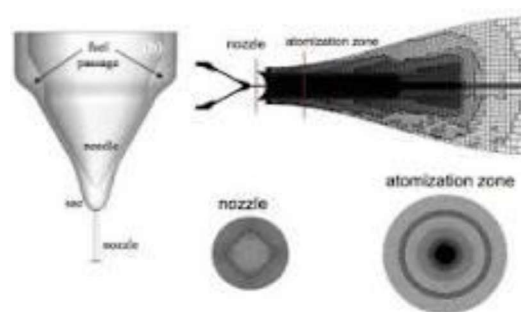
Perawatan injector yang terpasang pada mesin perlu dilakukan mengikuti jam operasi mesin, sesuai panduan dari manual book. Agar terhindar dari atomisasi yang tidak sempurna pada nozzle, injector harus dijaga berdasarkan waktu kerjanya. (Temmu et al., 2022). Implementasi Sistem Pemeliharaan Terjadwal (PMS) akan memastikan bahwa kegiatan perawatan dan perbaikan di kapal berjalan secara sistematis dan terstruktur. Sasaran pokok dari perawatan dan reparasi mesin kapal adalah menghindari kerusakan yang lebih serius melalui penerapan strategi pemeliharaan yang telah direncanakan sebelumnya. Langkah-langkah untuk meningkatkan efektivitas perawatan meliputi pemanfaatan waktu secara maksimal dan efisien, dengan menyusun

rencana pemeliharaan dan perawatan untuk komponen injector, serta menyiapkan spare part berkualitas tinggi guna mendukung kelestarian dan peningkatan performa sistem operasional mesin di kapal. Berbagai macam jenis perawatan injector yang diterapkan pada mesin untuk memastikan fungsi optimalnya mencakup beberapa kategori, seperti penyusunan rencana perawatan, pemantauan rutin, eksekusi perawatan, pencatatan data, serta pengadaan suku cadang.

f. Jenis-jenis

1) Single Hole

Jenis nozzle ini menunjukkan performa atomisasi yang sangat efektif, namun membutuhkan tekanan pompa injeksi yang cukup tinggi. Semprotan yang dihasilkan berbentuk kerucut dengan sudut sekitar  $4-15^\circ$ , yang keluar dari ujung nozzle dengan satu lubang, sehingga hasilnya tidak terlalu lembut. Nozzle tunggal lubang ini diterapkan pada mesin-mesin di mana konfigurasi ruang bakar menciptakan turbulensi dan tidak terlalu bergantung pada atomisasi bahan bakar yang sangat halus serta distribusi semprotan yang seragam.

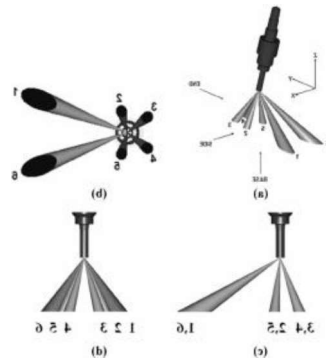


**Gambar 2. 10** *Injector Single Hole*

Sumber : <https://images.app.goo.gl/tY4F51hJEaABN9pDA>

## 2) Multi Hole

Injector jenis ini menginjeksikan bahan bakar dalam bentuk aerosol secara langsung ke dalam ruang pembakaran. Jenis ini paling umum diterapkan pada mesin diesel dengan sistem injeksi langsung (direct injection), yang memerlukan penyemprotan bahan bakar yang merata ke seluruh area ruang bakar yang dangkal..

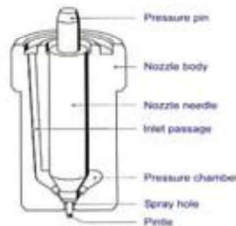


**Gambar 2. 11** *Injector Multi Hole*

Sumber : <https://images.app.goo.gl/UQ3TtsgdspF1NiLV8>

## 3) Pintle Type

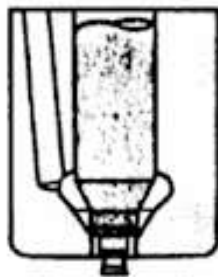
Jenis ini dilengkapi dengan nosel yang ujungnya memiliki batang atau pena, yang dikenal sebagai "pintle", dengan desain yang disesuaikan agar cocok dengan pola penyemprotan yang diperlukan. Berkat konfigurasi pena yang tepat, dapat dihasilkan penyemprotan bahan bakar yang tinggi atau penyemprotan berbentuk kerucut berongga dengan sudut  $60^\circ$ . Nozzle injector ini lebih sering diterapkan pada mesin diesel dengan sistem Injeksi Tidak Langsung (Indirect Injection) yang dilengkapi ruang pra-pembakaran (pre-combustion chamber).

**PINTLE TYPE****Gambar 2. 12** *Injector Pintle type*

Sumber : <https://images.app.goo.gl/K3Jif7BXThWAFP8UA>

## 4) Throttle Type

Jenis throttle jenis ini memiliki desain yang mirip dengan nosel injektor tipe pin, tetapi di bagian ujung noselnya tidak tajam melainkan melebar, sehingga menciptakan pola penyemprotan bahan bakar dengan volume awal yang rendah dan meningkat drastis menjelang akhir proses injeksi.

**Throttle type****Gambar 2. 13** *Injector Throttle Type*

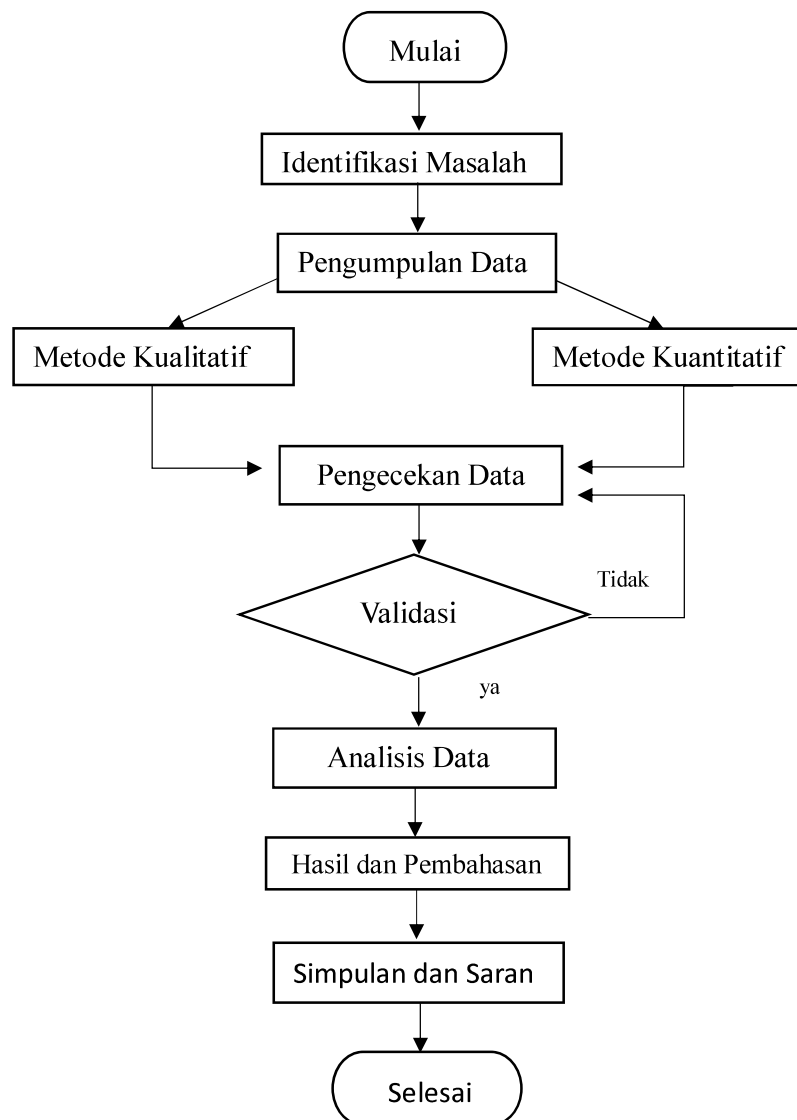
Sumber : <https://images.app.goo.gl/TGjyDk1qTycHqMUa9>

## 5. Gas Buang

Gas buang merujuk pada sisa hasil pembakaran yang dihasilkan oleh mesin diesel. Proses pembakaran di dalam ruang bakar mesin dimana bahan bakar dan udara dicampurkan dan dibakar untuk menghasilkan tenaga. Gas dari proses pembakaran harus dikeluarkan dari dalam cylinder untuk

menjaga efisiensi mesin dan mencegah kerusakan. Sistem gas buang pada auxiliary engine adalah komponen vital yang memastikan kinerja pada mesin tetap optimal dan ramah lingkungan. Sesuai manual book Yanmar 6NY16L deviation antara gas buang  $\pm 40^\circ$ .

### C. KERANGKA BERPIKIR



**Gambar 2. 14** Kerangka Berpikir  
Sumber : Dokumen peneliti

#### D. HIPOTESIS

Hipotesis memainkan peran krusial dalam proses penelitian dan harus disusun sejak tahap awal studi. Sebab, hipotesis berfungsi sebagai jawaban sementara terhadap pertanyaan penelitian, yang bertujuan untuk mengarahkan arah penelitian secara keseluruhan (Yam & Taufik, 2021). Jadi dapat disimpulkan bahwa hipotesis merupakan dugaan sementara dari peneliti terhadap benar atau tidaknya teori dengan melakukan penelitian. Tekanan injeksi yang tidak normal dapat menyebabkan injector bekerja tidak normal. Pembakaran yang tidak sempurna akan berpengaruh dengan perbedaan temperatur gas buang pada masing-masing silinder. Dengan pendapat ini penulis membuat hipotesis bahwa :

$H_0$  : Tekanan injeksi bahan bakar tidak mempengaruhi deviation temperatur gas buang

$H_a$  : Tekanan injeksi bahan bakar dapat mempengaruhi deviation temperatur gas buang.

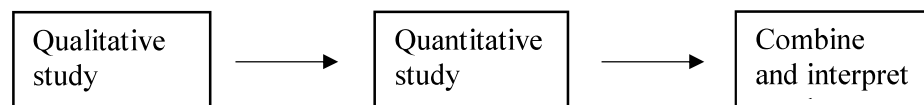
### BAB III

#### METODE PENELITIAN

##### A. JENIS PENELITIAN

Salah satu alternatif untuk mendapatkan data yang lebih menyeluruh adalah dengan menerapkan metode penelitian gabungan, khususnya ketika penggunaan metode kuantitatif atau kualitatif secara terpisah dianggap kurang memadai untuk menyelesaikan rumusan masalah dalam penelitian. Pendekatan ini mengombinasikan kedua jenis metode tersebut, yaitu kuantitatif dan kualitatif, ke dalam satu rangkaian yang terintegrasi (Iskandar et al., 2021).

Metode penelitian gabungan menawarkan berbagai model atau rancangan, dan salah satu yang akan diterapkan oleh penulis adalah desain eksplorasi berurutan, yang juga disebut sebagai *Sequential exploratory design*. Dalam pendekatan ini, peneliti pertama-tama mengumpulkan data kualitatif, kemudian melanjutkan dengan pengumpulan data kuantitatif, dan akhirnya kedua jenis data tersebut dihubungkan atau digabungkan. Desain eksplorasi berurutan ini memberikan penekanan lebih besar pada data kualitatif dibandingkan kuantitatif, di mana data kuantitatif berperan untuk menyempurnakan dan memperluas data kualitatif melalui pengujian instrumen awal.



**Gambar 3. 1** Model Eksplorasi Berurutan  
Sumber : Fraenkel dan Wallen (2008)

## **B. LOKASI DAN WAKTU PENELITIAN**

### 1. Lokasi Penelitian

Peneliti melaksanakan penelitian pada saat tugas Prala (Praktek Laut) di kapal MT Kakap dalam kurun waktu selama 12 bulan dengan mempelajari bagian-bagian suatu sistem permesinan kapal dari mesin bantu sampai mesin induk kapal. Serta mengumpulkan data sesuai dengan topik yang diambil mengenai pengabutan bahan bakar *injector* di mesin bantu.

### 2. Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada saat peneliti melaksanakan praktek laut (Prala) di kapal dalam kurun waktu selama 12 bulan.

## **C. DEFINISI OPERASIONAL VARIABEL**

Definisi operasional variabel merujuk pada pembatasan serta metode pengukuran variabel yang akan dianalisis. Definisi tersebut diorganisir dalam format matriks, yang mencakup elemen seperti nama variabel, penjelasan variabel, instrumen pengukuran, output pengukuran, serta jenis skala pengukuran yang diterapkan (nominal, ordinal, interval, dan rasio) (Rafika Ulfa, 2021) . Definisi operasional variabel merupakan cara untuk menjelaskan bagaimana suatu variabel akan diukur dalam sebuah penelitian.

## **D. TEKNIK PENGUMPULAN DATA DAN SUMBER DATA**

### 1. Teknik Pengumpulan data

Dalam penyusunan penelitian ini penulis menggunakan Teknik metode pengumpulan data sebagai berikut :

a. Teknik Pengumpulan Data kualitatif

1) Observasi

Observasi merupakan metode dimana peneliti mengamati peristiwa tanpa mengganggu atau mempengaruhi subjek yang diamati. Selain pengamatan secara langsung, observasi juga dapat dilakukan melalui pengamatan data yang telah dikumpulkan sebelumnya.

2) Dokumentasi

Dokumen merujuk pada rekaman peristiwa yang telah terjadi sebelumnya, yang disajikan melalui teks, ilustrasi, atau hasil karya individu lain. Dalam pengertian lebih luas, dokumen dapat dipahami sebagai arsip kejadian masa lampau yang diabadikan dalam bentuk tulisan atau cetakan, termasuk di antaranya catatan pribadi, jurnal harian, atau berbagai jenis arsip lainnya.

3) Studi Literatur

Peneliti melaksanakan tinjauan pustaka setelah menetapkan subjek riset dan merumuskan permasalahan, sebelum mereka mulai mengumpulkan data di lapangan. Secara keseluruhan, tinjauan pustaka merupakan pendekatan untuk mengatasi tantangan dengan menjelajahi berbagai sumber tulisan yang telah dihasilkan sebelumnya.

## b. Teknik Pengumpulan Data Kuantitatif

### 1) Observasi

Observasi dalam konteks data kuantitatif melibatkan pengamatan dan dokumentasi yang terstruktur terhadap fenomena yang terlihat pada subjek penelitian. Metode observasi kuantitatif ini mencakup pengukuran dan penghitungan atribut dari suatu kejadian. Hal ini bergantung pada pengumpulan data numerik, seperti pengukuran atau perhitungan yang dapat dinyatakan dalam nilai kuantitatif.

### 2) Analisis Dokumen

Analisis dokumen pada data kuantitatif mengarah pada bukti konkret. Pada metode kuantitatif peneliti akan melibatkan analisis data numerik atau statistic yang terkandung di dokumen untuk menguji hipotesis atau menjawab pertanyaan penelitian secara objektif.

## 2. Jenis dan Sumber Data

### a. Data Primer

Data primer merupakan data yang dikumpulkan oleh peneliti sendiri secara langsung. Data primer lebih spesifik karena disesuaikan dengan kebutuhan peneliti. Sumber data ini dianggap lebih akurat karena dikumpulkan dari data mentah yang langsung ditemukan di lapangan, belum diolah dan disempurnakan, jadi data yang diambil masih murni. Keunggulan dari data primer sendiri selain tingkat keakuratan yang tinggi, data yang spesifik dan sesuai dengan tujuan

penelitian, memungkinkan pengumpulan data yang lebih efektif dan relevan. Seperti teknik pengumpulan data yang sudah penulis sebutkan diatas, pengumpulan data primer dapat melalui observasi terhadap kondisi fisik di atas kapal secara langsung serta studi literatur pada dokumen sebelumnya yang ada di atas kapal.

b. Data Sekunder

Data sekunder melibatkan usaha peneliti untuk menghimpun informasi yang berasal dari sumber utama. Fungsi utama data sekunder adalah untuk mendapatkan pandangan alternatif terhadap pertanyaan pokok dari studi yang telah dilakukan sebelumnya (Abdhul, 2023). Seperti halnya data internal dari perusahaan atau kapal, seperti laporan harian atau catatan yang hanya diketahui oleh kapal tersebut. Dibalik kelebihanannya yang mudah dalam pengumpulan dan pengolahan serta menghemat waktu dan sumber daya, data sekunder memiliki keterbatasan, seperti halnya kurang terkontrol atas kualitas data dan potensi kurang akurat atau kurang jelas informasi yang diperoleh dari sumber-sumber lainnya.

## **E. TEKNIK ANALISIS DATA**

### **1. Teknik Analisis Kualitatif**

Tahapan analisis dalam penelitian kualitatif :

a. Pengumpulan Data

Langkah awal yang wajib dilakukan oleh seorang peneliti adalah mengumpulkan informasi yang sesuai dengan masalah yang telah

ditetapkan.

b. Reduksi dan kategorisasi data

Reduksi data melibatkan proses seleksi, penekanan pada simplifikasi, abstraksi, serta konversi data mentah yang dikumpulkan dari lapangan.

c. Penyajian data

Penyajian data yaitu dengan menampilkan data agar mempunyai visibilitas yang jelas. Penyajian data bertujuan agar data dapat terorganisasikan dan mudah untuk dipahami.

d. Penarikan Kesimpulan

Pada dasarnya, kesimpulan perlu menyertakan poin-poin krusial yang ada dalam studi. Kesimpulan disusun menggunakan bahasa yang sederhana dan jelas bagi pembaca, tanpa membuatnya rumit atau membingungkan.

2. Teknik Analisis Kuantitatif

a. Paired Sample T-test

Uji t untuk sampel berpasangan, yang juga disebut Paired Sample T-test, digunakan untuk membandingkan nilai rata-rata dari dua kelompok subjek atau observasi yang saling terkait, atau untuk menganalisis perubahan rata-rata dalam satu kelompok yang sama yang diukur pada dua periode waktu yang berbeda (Frey, 2023). Uji t berpasangan adalah salah satu teknik pengujian hipotesis yang melibatkan data yang saling terkait atau tidak independen. Dalam pendekatan ini, peneliti tetap mengumpulkan dua jenis informasi, yaitu

data yang diperoleh dari intervensi awal dan data dari intervensi selanjutnya. Hipotesis ini dapat ditulis :

$$H_0 = \mu_1 - \mu_2 = 0 \text{ atau } \mu_1 = \mu_2$$

$$H_a = \mu_1 - \mu_2 \neq 0 \text{ atau } \mu_1 \neq \mu_2$$

Keterangan :

$H_a$  berarti bahwa selisih sebenarnya dari kedua rata-rata tidak sama dengan nol. Rumus uji t-berpasangan.

$$t_{\text{hit}} = \frac{\bar{d}}{S\bar{d}}$$

$$\bar{d} = \frac{\text{selisih per data}}{n}$$

$$S\bar{d} = \frac{Sd}{\sqrt{n}}$$

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{n}}{n - 1}}$$

Keterangan :

$t_{\text{hit}}$  = Nilai statistik t-hitung

$S\bar{d}$  = standar deviasi dari sebaran nilai Tengah

$Sd$  = simpangan baku

$n$  = jumlah pengamatan berpasangan

$\bar{d}$  = nilai difference

Untuk menginterpretasikan Paired sample t-test terlebih dahulu harus ditentukan :

- Nilai  $\alpha$
- df (degree of freedom) = N-1

Untuk paired sample t-test df = N-1

- Bandingkan nilai t-hitung dengan nilai t-tabel

Selanjutnya t hitung tersebut dibandingkan dengan t table dengan Tingkat signifikansi 95%. Kriteria pengambilan keputusannya adalah :

$T_{table} > T_{hitung} = H_0$  diterima atau  $H_a$  ditolak

$T_{table} < T_{hitung} = H_0$  ditolak atau  $H_a$  diterima

b. Uji Korelasi

Korelasi mengukur tingkat hubungan atau keterkaitan antara variabel yang sedang dianalisis. Teknik ini dapat diterapkan untuk mengevaluasi asosiasi melalui berbagai koefisien korelasi, seperti Pearson (berdasarkan momen hasil kali), Spearman-rho, dan Kendall-tau, yang melibatkan dua variabel atau lebih dalam konteks penelitian ini (Uji Korelasi Pearson et al., n.d.). Secara matematis, korelasi dirumuskan sebagai berikut :

$$r = \frac{n\Sigma XY - \Sigma X \Sigma Y}{\sqrt{n\Sigma X^2 - (\Sigma X)^2} \sqrt{n\Sigma Y^2 - (\Sigma Y)^2}}$$

Keterangan:

$r$  = koefisien korelasi Pearson,

$N$  = banyak pasangan nilai X dan Y,

$\Sigma XY$  = jumlah dari hasil kali nilai X dan nilai Y,

$\Sigma X$  = jumlah nilai X,

$\Sigma Y$  = jumlah nilai Y,

$\Sigma X^2$  = jumlah dari kuadrat nilai X,

$\Sigma Y^2$  = jumlah dari kuadrat nilai Y.

Nilai  $r$  berkisar dari -1 sampai dengan 1 ( $-1 \leq r \leq 1$ ), apabila koefisien korelasi  $r$  mendekati nilai -1 atau 1, hal ini menunjukkan bahwa kedua variabel memiliki hubungan yang sangat erat. Sebaliknya, ketika nilai  $r$  hampir mencapai 0, kedua variabel umumnya

menunjukkan hubungan yang lemah atau bahkan tidak ada keterkaitan sama sekali. Pada proses analisis korelasi, kita bisa menilai arah dari interaksi antara dua variabel tersebut, yang bisa berbentuk korelasi positif di mana keduanya bergerak searah atau korelasi negatif, di mana keduanya bergerak berlawanan arah.