

LAPORAN TUGAS AKHIR
KARYA ILMIAH TERAPAN

**PENGARUH *RUNNING HOURS INJECTOR*
TERHADAP KUALITAS PEMBAKARAN PADA
MESIN INDUK KAPAL**



DAFFA RAIHAN PRADANA
NIT. 22 36 306 2 045

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 *RUNNING HOURS INJECTOR*
TERHADAP KUALITAS PEMBAKARAN PADA
MESIN INDUK KAPAL**



DAFFA RAIHAN PRADANA
NIT. 22 36 306 2 045

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 : Daffa Raihan Pradana

Nomor Induk Taruna : 22.36.306.2.045

Program Studi : Diploma IV Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal

Menyatakan bahwa KIT yang saya tulis dengan judul:

“PENGARUH *RUNNING HOURS INJECTOR* TERHADAP KUALITAS PEMBAKARAN PADA MESIN INDUK KAPAL”

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

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

Surabaya, 5 Maret 2026



DAFFA RAIHAN PRADANA

NIT.22 36 306 2 045

**PERSETUJUAN UJI KELAYAKAN
PROPOSAL TUGAS AKHIR**

Judul : **PENGARUH *RUNNING HOURS INJECTOR*
TERHADAP KUALITAS PEMBAKARAN PADA
MESIN INDUK KAPAL**

Program Studi : **TEKNOLOGI REKAYASA PERMESINAN KAPAL**

Nama : **DAFFA RAIHAN PRADANA**

NIT : **22363062045**

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, 10 Juni 2024

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II


(FRENKI IMANTO, S.Si.T, M.Pd.)

NIP. 19821006 201012 1 001


(MAULIDIAH RAHMAWATI, S.Si, M.Sc.)

NIP. 19770228 200604 2 001

Ketua Program Studi
Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal



(MONIKA RETNO GUNARTI, M.Mar.E.)

NIP. 19760528 200912 2 002

**PERSETUJUAN SEMINAR
HASIL TUGAS AKHIR**

Judul : **PENGARUH *RUNNING HOURS INJECTOR*
TERHADAP KUALITAS PEMBAKARAN PADA
MESIN INDUK KAPAL**

Program Studi : **TEKNOLOGI REKAYASA PERMESINAN KAPAL**

Nama : **DAFFA RAIHAN PRADANA**

NIT : **22363062045**

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, 13 Februari 2026

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II


(FRENKI IMANTO, S.Si.T, M.Pd.)
NIP. 19821006 201012 1 001


(MAULIDIAH RAHMAWATI, S.Si, M.Sc.)
NIP. 19770228 200604 2 001

Mengetahui,

Ketua Program Studi
Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal


(Dr. ANTONIUS EDY KRISTIYONO, M.Pd., M.Mar.E.)
NIP. 19690531 200312 1 001

**PENGESAHAN PROPOSAL KARYA ILMIAH TERAPAN
PENGARUH RUNNING HOURS INJECTOR TERHADAP KUALITAS
PEMBAKARAN PADA MESIN INDUK KAPAL**

Disusun dan Diajukan Oleh :

Daffa Raihan Pradana

NIT. 22.36.306.2.045

D-IV Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian KIT

Pada Tanggal 24 Juni 2024

Menyetujui,

Penguji I

Penguji II

Penguji III



MONIKA RETNO GUNARTI, S.Si.T., M.Pd.
Penata Tk. I (III/d)
NIP. 197605282009122002



FRENKLIMANTO, S.Si.T., M.Pd.
Penata Tk. I (III/d)
NIP. 198210062010121001



MAULIDIAH BAHMAWATI, S.Si., M.Sc.
Penata Tk. I (III/d)
NIP. 19702282006042001

Mengetahui,

Ketua Program Studi Diploma IV Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal
Politeknik Pelayaran Surabaya



MONIKA RETNO GUNARTI, S.Si.T., M.Pd.
Penata Tk. I (III/d)
NIP. 197605282009122002

**PENGESAHAN
LAPORAN TUGAS AKHIR
KARYA ILMIAH TERAPAN**

**PENGARUH *RUNNING HOURS INJECTOR* TERHADAP KUALITAS
PEMBAKARAN PADA MESIN INDUK KAPAL**

Disusun oleh:

DAFFA RAIHAN PRADANA
NIT. 22363062045

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

Surabaya, 3 Maret 2026

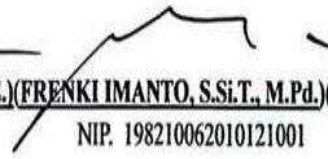
Dosen Penguji I

Mengesahkan,
Dosen Penguji II

Dosen Penguji III



Dr.ANTONIUS EDY, M.Pd., M.Mar.E.)(FRENKI IMANTO, S.Si.T., M.Pd.)(AGUS PRAWOTO, M.M., M.Mar.E
NIP. 196905312003121001 NIP. 198210062010121001 NIP. 197808172009121001



Mengetahui,
Ketua Program Studi
Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal



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

ABSTRAK

Daffa Raihan Pradana 2026, Pengaruh *Running hours Injector* Terhadap Kualitas Pembakaran Pada Mesin Induk Kapal. Politeknik Pelayaran Surabaya. Dibimbing oleh Frenki Imanto, S.Si.T, M.Pd. dan Maulidiah Rahmawati, S.Si, M.Sc.

Injector merupakan komponen penting pada mesin diesel yang berfungsi mengabsorpsi bahan bakar ke dalam ruang bakar dengan tekanan tinggi, sehingga kualitas pengabsorpsi sangat menentukan kesempurnaan proses pembakaran dan kinerja mesin induk kapal. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh serta signifikansi *running hours injector* terhadap kualitas pembakaran. Metode penelitian yang digunakan adalah metode kuantitatif dengan analisis statistik inferensial melalui uji normalitas, uji homogenitas, dan uji *One Way ANOVA*. Data diperoleh melalui observasi langsung, dokumentasi, dan studi literatur berdasarkan *instruction manual book* mesin induk pada kapal AHTS Logindo Stamina milik PT. Logindo Samudramakmur. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan *running hours injector* menyebabkan penurunan kinerja *injector* akibat keausan komponen dan endapan kotoran, sehingga atomisasi bahan bakar menjadi tidak sempurna (*after dripping*) dan temperatur gas buang tidak stabil. Hasil uji *One Way ANOVA* membuktikan adanya pengaruh yang signifikan antara *running hours injector* dan kualitas pembakaran, di mana kondisi *after maintenance* menghasilkan pembakaran paling optimal, sedangkan kondisi *upnormal* menunjukkan penurunan performa *injector* yang berdampak pada efisiensi pembakaran mesin induk kapal.

Kata Kunci : *Running hours, Injector, Nozzle.*

ABSTRACT

Daffa Raihan Pradana 2026, *The Effect of Injector Running Hours on the Combustion Quality of a Ship's Main Engine*. Surabaya Maritime Polytechnic. Supervised by Frenki Imanto, S.Si.T., M.Pd. and Maulidiah Rahmawati, S.Si., M.Sc.

The injector is a crucial component in a diesel engine that functions to atomize fuel into the combustion chamber under high pressure; therefore, the quality of atomization greatly determines combustion efficiency and the performance of the ship's main engine. This study aims to determine the effect and significance of injector running hours on combustion quality. The research employed a quantitative method with inferential statistical analysis, including normality tests, homogeneity tests, and One Way ANOVA. The data were obtained through direct observation, documentation, and literature study based on the main engine instruction manual book on board the AHTS Logindo Stamina vessel owned by PT. Logindo Samudramakmur. The results indicate that increasing injector running hours leads to a decline in injector performance due to component wear and deposit accumulation, resulting in imperfect fuel atomization (after dripping) and unstable exhaust gas temperature. The One Way ANOVA results confirm a significant effect of injector running hours on combustion quality, where the after maintenance condition produces the most optimal combustion, while the abnormal condition shows a decrease in injector performance that negatively affects the combustion efficiency of the ship's main engine.

Keywords: *Running hours, Injector, Nozzle.*

KATA PENGANTAR

Dengan segala puji syukur peneliti panjatkan kepada kehadirat Allah SWT, yang telah memberikan berkat dan anugerahnya sehingga peneliti dapat menyelesaikan skripsi ini dengan lancar. Untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan program “Diploma IV” yang di selenggarakan oleh Politeknik Pelayaran Surabaya. Peneliti membuat skripsi ini dengan judul “PENGARUH *RUNNING HOURS* TERHADAP KUALITAS PEMBAKARAN PADA MESIN INDUK KAPAL”

Adapun maksud dan tujuan skripsi ini guna memenuhi dan melengkapi tugas yang diberikan kepada peneliti, sebagai sarana pelatihan untuk menambah wawasan pengetahuan peneliti akan ruang pengetahuan yang peneliti alami serta memenuhi persyaratan program Pendidikan “Diploma IV” yang diselenggarakan oleh Politeknik Pelayaran Surabaya. Peneliti menyadari bahwa selama penelitian skripsi ini mengalami banyak tantangan dan hambatan. Namun hal tersebut dapat teratasi berkat bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Rasa terima kasih dari lubuk hati, teruntuk Ayah dan Ibu atas doa yang selalu mengiringi peneliti dalam penyusunan skripsi ini. Untuk itu dengan segala kerendahan hati pada kesempatan ini peneliti juga ingin menyampaikan rasa terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya atas bantuan dan bimbingan kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa, yang telah menjadikan manusia sebagai makhluk yang mulia diantara makhluk yang lainnya.
2. Yth. Moejiono, M.T, M.Mar. E Selaku Direktur Politeknik Pelayaran Surabaya.
3. Yth. Monika Retno Gunarti, M.Pd., M.Mar.E selaku ketua program studi teknika.
4. Yth. Frenki Imanto, S.Si.T, M.Pd selaku dosen pembimbing materi, yang rela meluangkan waktu dan banyak memberikan pengarahan dan bimbingan demi anak didik beliau sehingga skripsi ini berjalan lancar dan sukses.
5. Yth. Maulidiah Rahmawati, S.Si, M.Sc selaku dosen pembimbing peneliti an, yang rela meluangkan waktu dan banyak memberikan pengarahan dan bimbingan demi anak didik beliau sehingga skripsi ini berjalan lancar dan sukses.
6. Seluruh dosen jurusan Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal Politeknik Pelayaran Surabaya yang telah memberikan bimbingan dan arahan selama proses penyelesaian proposal Karya Ilmiah Terapan ini.
7. Kedua orang tua yang tercinta, ayah dan mama, saudara dan kerabat yang senantiasa mendoakan dan memberikan dukungan.
8. Rekan Taruna angkatan XLVII | XIII tahun ajaran 2022/2026 Politeknik Pelayaran Surabaya yang telah menginspirasi, memberikan motivasi semangat dan memberikan kasih sayang yang tak terbatas.

Akhirnya peneliti menyadari sepenuhnya bahwa skripsi ini jauh dari sempurna dan masih terdapat kekurangan, maka dari itu peneliti mengharapkan tanggapan dan saran dari semua pihak guna menambah wawasan ilmu yang berguna nantinya bagi peneliti dan juga para pembaca di masa yang akan datang.

Surabaya, 5 Maret 2026

DAFFA RAIHAN PRADANA

NIT. 22 36 306 2 045

DAFTAR ISI

| | |
|--|-------------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| PERNYATAAN KEASLIAN..... | ii |
| PERSETUJUAN UJI KELAYAKAN PROPOSAL TUGAS AKHIR..... | iii |
| PERSETUJUAN SEMINAR HASIL TUGAS AKHIR..... | iv |
| PENGESAHAN PROPOSAL KARYA ILMIAH TERAPAN..... | v |
| PENGESAHAN HASIL KARYA ILMIAH TERAPAN..... | vi |
| ABSTRAK | vii |
| ABSTRACT | viii |
| KATA PENGANTAR..... | ix |
| DAFTAR ISI..... | xi |
| DAFTAR GAMBAR..... | xiii |
| DAFTAR TABEL | xiv |
| DAFTAR LAMPIRAN | xiv |
| BAB I PENDAHULUAN..... | 1 |
| A. Latar Belakang Penelitian | 1 |
| B. Rumusan Masalah | 4 |
| C. Batasan Masalah..... | 5 |
| D. Tujuan Penelitian | 5 |
| E. Manfaat Penelitian | 5 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA..... | 23 |
| A. Review Penelitian Sebelumnya..... | 23 |
| B. Landasan Teori..... | 26 |
| C. Kerangka Penelitian | 41 |

| | |
|--|-----------|
| D. Hipotesis..... | 41 |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN | 42 |
| A. Jenis Penelitian..... | 42 |
| B. Tempat dan Waktu Penelitian | 42 |
| C. Definisi Operasional Variabel..... | 43 |
| D. Sumber Data Penelitian dan Teknik Pengumpulan Data | 44 |
| E. Teknik Analisis Data..... | 46 |
| BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN..... | 50 |
| A. Gambaran Umum Lokasi/Subjek Penelitian..... | 50 |
| B. Hasil Penelitian | 52 |
| 1. Deskripsi Variabel Penelitian..... | 52 |
| 2. Uji Perbandingan Kondisi Temperatur Gas buang <i>Injector</i> (°C)..... | 60 |
| 3. Uji Hipotesis | 61 |
| 4. Analisis Data | 66 |
| C. Pembahasan..... | 70 |
| BAB V PENUTUP..... | 73 |
| A. Kesimpulan | 73 |
| B. Saran..... | 73 |
| DAFTAR PUSTAKA | 75 |
| LAMPIRAN..... | 77 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 2. 1 Komponen – komponen injector | 27 |
| Gambar 2. 2 <i>Injector</i> sebelum penginjeksian..... | 30 |
| Gambar 2. 3 <i>Injector</i> saat penginjeksian bahan bakar | 30 |
| Gambar 2. 4 <i>Injector</i> saat akhir penginjeksian..... | 31 |
| Gambar 2. 5 Tipe-tipe <i>injector nozzle</i> | 32 |
| Gambar 2. 6 Penyemprotan Langsung | 34 |
| Gambar 2. 7 Penyemprotan Tidak Langsung..... | 35 |
| Gambar 4. 1 Kapal AHTS Logindo Stamina | 51 |
| Gambar 4. 2 <i>Alarm Monitor System 1</i> | 53 |
| Gambar 4. 3 (Pengecekan <i>FO Diferrent & FO Duplex Filter</i> dalam keadaan bersih)..... | 58 |
| Gambar 4. 4 (<i>Before – After Nozzle Injector</i>) | 58 |
| Gambar 4. 5 (<i>Before – After Pressure Test</i>)..... | 59 |
| Gambar 4. 6 Hasil Pengabutan Injector | 59 |
| Gambar 4. 7 <i>Engineer’s HandBook & Operating Instruction</i> | 60 |
| Gambar 4. 8 Lubang pada <i>Nozzle No.8</i> | 70 |
| Gambar 4. 9 Pengetesan <i>Nozzle Injector No. 8</i> | 71 |

DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel 2. 1 Review Penelitian Sebelumnya..... | 23 |
| Tabel 4. 1 Spesifikasi Injector..... | 52 |
| Tabel 4.2 Data <i>Running hours Injector</i> | 54 |
| Tabel 4. 3 Kondisi <i>Injector</i> ketika <i>Normal</i> | 54 |
| Tabel 4. 4 Data Uji Pengetesan Injector..... | 55 |
| Tabel 4. 5 Kondisi <i>Injector</i> saat <i>upnormal</i> | 56 |
| Tabel 4. 6 Kondisi Injector setelah maintenance | 57 |
| Tabel 4. 7 Uji Perbandingan Kondisi <i>Injector</i> (°C)..... | 60 |
| Tabel 4. 8 Hasil Uji Normalitas | 62 |
| Tabel 4. 10 Hasil Uji One Way Anova | 65 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | |
|--|----|
| Lampiran 1 <i>Ship's Particular</i> AHTS Logindo Stamina | 77 |
| Lampiran 2 <i>Logbook</i> AHTS Logindo Stamina | 78 |
| Lampiran 3 <i>Injector Testor</i> | 78 |
| Lampiran 4 Hasil Output SPSS..... | 79 |

BABI

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Penelitian

Perlu diketahui bahwa industri maritim memiliki peran vital dalam perdagangan global. Terutama untuk layanan jasa angkutan dan transportasi barang. Namun, segala kegiatan mobilitas perdagangan tersebut perlu menyediakan kapal yang dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap emisi gas buang, konsumsi bahan bakar dan pencemaran laut. Kualitas pembakaran pada mesin induk kapal merupakan faktor kunci yang mempengaruhi aspek-aspek tersebut. Untuk menunjang segala kegiatan operasional kapal, maka hal tersebut sangat bergantung pada kondisi dari kerja mesin induk.

Mesin induk merupakan mesin yang digunakan untuk menggerakkan propeller kapal sehingga dapat bergerak maju maupun mundur. Pada umumnya mesin induk kapal menggunakan mesin diesel yang bekerja dengan prinsip pembakaran internal. Dalam proses pembakaran, bahan bakar disemprotkan ke dalam ruang silinder dan dicampur udara untuk menghasilkan tenaga. Kualitas pembakaran yang optimal secara langsung berkontribusi pada tercapainya pembakaran sempurna. Kondisi ini memungkinkan mesin menghasilkan output tenaga maksimal dengan kadar emisi gas buang yang rendah serta tingkat efisiensi konsumsi bahan bakar yang tinggi

Salah satu komponen yang dimaksud adalah *injector*. *Injector* merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kualitas pembakaran pada mesin induk kapal. *Injector* memiliki peran penting dalam sistem pembakaran yaitu, untuk mengabutkan dan menyemprotkan bahan bakar ke dalam silinder dalam bentuk kabut yang halus di akhir langkah kompresi ketika piston mendekati titik mati atas. Teori pengabutan menurut (Arismunandar & Koichi, 1983), pengabut bekerja menyemprotkan bahan bakar dengan tekanan 280-300 kg/cm². Maka dari itu, bahan bakar yang disemprotkan ke dalam silinder juga berpengaruh terhadap sistem pembakaran. Hal yang paling mendasar dalam sistem pembakaran yaitu segitiga api. Segitiga api tersebut meliputi udara, bahan bakar dan panas yang dimana ketiga aspek tersebut memiliki peranan vital dalam menunjang proses pembakaran dalam ruang bakar mesin induk.

Seiring waktu, *injector* akan mengalami keausan *fouling* dan *dripping*. Hal tersebut dapat mengganggu kinerja *injector* sehingga pembakaran yang dihasilkan menjadi tidak sempurna. *Running hours injector* yaitu waktu selama *injector* beroperasi, merupakan salah satu indikator kondisi *injector*. *Injector* dengan *running hours* yang tinggi memiliki resiko sehingga *injector* mengalami keausan dan *dripping*, yang dapat menurunkan kualitas pembakaran. Kualitas pembakaran yang buruk pada mesin induk kapal menyebabkan beberapa dampak negatif yaitu emisi gas buang yang tinggi, konsumsi bahan bakar yang boros, penurunan performa mesin dan kerusakan mesin yang serius. Berdasarkan pengalaman peneliti pada saat melaksanakan praktek laut di kapal, terdapat peristiwa yang dimana terjadi kerusakan pada komponen *injector*.

Berdasarkan pengalaman peneliti selama melaksanakan praktek laut di atas kapal, ditemukan adanya gangguan pada *injector* mesin induk yang berdampak langsung terhadap proses pembakaran, ditandai dengan penurunan temperatur gas buang dan munculnya asap hitam. Kondisi tersebut mendorong peneliti untuk melakukan kajian lebih lanjut dengan mengacu serta membandingkan beberapa penelitian sebelumnya yang relevan.

Penelitian Ardi (2021), menitikberatkan pada pengaruh jam kerja *injector* terhadap peningkatan suhu gas buang dengan pendekatan kualitatif deskriptif dan pengambilan data running hours secara interval panjang. Berbeda dengan penelitian tersebut, penelitian ini mengkaji kerusakan *injector* dengan tekanan pengabutan rendah (low VOP) yang justru menyebabkan penurunan suhu gas buang, dengan pengambilan data running hours secara berkala setiap dan dianalisis menggunakan pendekatan kuantitatif.

Selanjutnya, penelitian Ramadhana Kemal (2022), menganalisis abnormalitas gas buang secara umum pada mesin induk menggunakan metode kualitatif deskriptif. Adapun penelitian ini lebih spesifik membahas gangguan *injector* pada silinder tertentu sebagai penyebab utama abnormalitas pembakaran, dengan menggunakan analisis data kuantitatif untuk memperoleh hasil yang lebih terukur.

Perbedaan lainnya dengan penelitian Musyaddad & Pratama (2022), terletak pada fokus dan metode penelitian, di mana penelitian tersebut membahas kinerja *injector* secara umum berdasarkan batas tekanan kerja *injector*, sedangkan penelitian ini menekankan pada analisis troubleshooting

injector berdasarkan running hours dan tekanan pengabutan aktual yang diperoleh melalui observasi langsung di atas kapal.

Persamaan antara penelitian ini dan penelitian-penelitian sebelumnya adalah sama-sama membahas peran *injector* pada mesin induk, faktor-faktor yang mempengaruhi kinerjanya, serta dampak *injector* yang tidak bekerja optimal terhadap kualitas pembakaran dan kinerja mesin induk kapal.

Mengingat pentingnya kualitas pembakaran pada mesin induk yang telah dijelaskan pada latar belakang di atas, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa untuk mendalami proses dalam pelaksanaan maintenance secara berkala terhadap *injector* untuk menunjang kelancaran dari pengoperasian mesin penggerak utama, maka peneliti tertarik mengambil studi kasus ini dalam bentuk karya ilmiah berjudul **“PENGARUH *RUNNING HOURS INJECTOR* TERHADAP KUALITAS PEMBAKARAN TERHADAP MESIN INDUK KAPAL”**

B. Rumusan Masalah

Dari uraian latar belakang di atas maka peneliti membuat rumusan permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh *running hours injector* terhadap kualitas pembakaran pada mesin induk kapal?
2. Apakah terdapat dampak yang signifikan antara *running hours injector* dengan kualitas pembakaran pada mesin induk kapal ?

C. Batasan Masalah

Dari perumusan masalah di atas, dapat dilihat begitu luasnya permasalahan yang ada, serta keterbatasan ilmu pengetahuan dan pengalaman peneliti. Maka dalam pembahasan karya tulis ilmiah ini peneliti hanya akan membahas tentang pentingnya pengaruh *running hours injector* terhadap kualitas pembakaran pada mesin induk kapal yang menggunakan bahan bakar diesel. Penelitian ini tidak mempertimbangkan faktor-faktor lain yang dapat mempengaruhi kualitas pembakaran, seperti kondisi mesin dan beban mesin. Batasan masalah ini dilakukan untuk memberikan arahan peneliti agar tidak menyimpang dari masalah pokok yang diangkat, serta ketidakefektifan pembuatan karya tulis ilmiah ini.

D. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang menjadi fokus utama peneliti dalam pelaksanaan penelitian ini yaitu:

1. Untuk mengetahui pengaruh *running injector* terhadap kualitas pembakaran pada mesin induk kapal.
2. Untuk mengetahui dampak signifikan antara *running hours injector* dengan kualitas pembakaran pada mesin induk kapal.

E. Manfaat Penelitian

Penelitian mengenai pengaruh *running hours injector* terhadap kualitas pembakaran pada mesin induk kapal ini dilakukan agar memudahkan berbagai

pihak yang mengalami permasalahan yang sama. Adapun manfaat penelitian ini adalah:

1. Manfaat secara teoritis

- a. Untuk menambah wawasan ilmu pengetahuan yang lebih meluas mengenai pengaruh *running hours injector* terhadap kualitas pembakaran pada mesin induk kapal.
- b. Memberikan sumbangan pikiran kepada pembaca, dalam hal pengaruh *running hours injector* terhadap kualitas pembakaran pada mesin induk kapal.

2. Manfaat secara praktis

a. Bagi Perusahaan

Skripsi ini dapat dijadikan pertimbangan dan sebagai bahan referensi dalam menghadapi masalah tentang pengaruh *running hours injector* terhadap kualitas pembakaran pada mesin induk kapal.

b. Bagi Akademik

Sebagai tambahan referensi dan informasi bagi taruna/taruni Politeknik Pelayaran Surabaya khususnya bidang Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal dan bagi semua pihak yang akan menyusun Skripsi dapat menjadi salah satu sumber rujukan atau acuan, serta sebagai data dokumentasi pada perpustakaan Politeknik Pelayaran Surabaya.

c. Bagi Peneliti

Meningkatkan pengetahuan, wawasan, pengalaman serta untuk menerapkan ilmu yang telah diperoleh Peneliti selama belajar guna

memenuhi salah satu persyaratan memperoleh gelar sarjana dengan sebutan S.Tr.Pel di Politeknik Pelayaran Surabaya.

d. Bagi Taruna/Taruni

Dapat memberi tambahan ilmu pengetahuan tentang pengaruh *running hours injector* terhadap kualitas pembakaran mesin induk dan dampak apa saja yang ditimbulkan

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Review Penelitian Sebelumnya

Review penelitian (penelitian terdahulu) merupakan upaya penelitian untuk mencari perbandingan antara penelitian-penelitian terdahulu guna mendapatkan sebuah inspirasi. Untuk mencegah plagiarisme, duplikasi usaha, dan kesalahan lain yang dibuat oleh peneliti sebelumnya, peneliti harus belajar dari peneliti terdahulu yang telah melakukan penelitian ini. Selain itu, hasil dari penelitian terdahulu dapat menjadi bahan referensi bagi peneliti untuk melakukan penelitian lebih lanjut. Kemampuan peneliti untuk menentukan tahapan sistematis dari teori dan konseptual difasilitasi oleh penelitian sebelumnya dalam tinjauan pustaka. Penelitian sebelumnya berfungsi sebagai referensi dan perbandingan untuk penelitian peneliti saat ini.

Tabel 2. 1 Review Penelitian Sebelumnya
Sumber: Data Diolah Peneliti (2025)

| No. | Nama | Judul | Hasil | Perbedaan |
|-----|----------------|--|---|--|
| 1. | A R D I (2021) | Pengaruh Jam Kerja <i>Injector</i> Terhadap Meningkatnya Suhu Gas Buang Mesin Induk di Kapal MT. Mahkamah I. | Penelitian ini menunjukkan bahwa pengaruh yang ditimbulkan oleh <i>injector</i> tidak bekerja dengan optimal, terhadap kenaikan temperature gas buang dan penyebab <i>injector</i> tidak bekerja maksimum diakibatkan oleh endapan kerak dan terjadi abrasi pada katup jarum dan dudukan <i>nozzle</i> , dan keausan yang mengakibatkan atomisasi bahan | Penelitian Ardi menunjukkan bahwa <i>injector</i> yang tidak bekerja optimal menyebabkan kenaikan temperatur gas buang akibat terjadinya endapan kerak, abrasi pada katup jarum dan dudukan <i>nozzle</i> , serta keausan <i>injector</i> yang mengakibatkan atomisasi bahan bakar tidak sempurna dan efek penetasan setelah penginjeksian. Sementara itu, berdasarkan hasil observasi peneliti di |

| No. | Nama | Judul | Hasil | Perbedaan |
|-----|------------------------|---|--|---|
| | | | <p>bakar tidak sempurna dan terjadi efek penetesan bahan bakar setelah penginjeksian. Maka dari itu untuk mencegah hal ini terjadi perlu diadakan perawatan dan perbaikan yang baik dan teratur sesuai dengan jam kerja yang ada pada buku pedoman di atas kapal.</p> <p>Kata kunci: Pengaruh <i>Injector</i>, Mesin Induk, Kapal.</p> | <p>kapal AHTS Logindo Stamina, gangguan <i>injector</i> justru ditandai dengan penurunan temperatur gas buang, yang disebabkan oleh tekanan pengabutan <i>injector</i> yang rendah (low VOP) akibat melemahnya <i>nozzle</i> spring dan keausan <i>needle valve</i> pada <i>injector</i> silinder nomor 8. Dengan demikian, perbedaan utama kedua penelitian terletak pada indikator gangguan pembakaran, di mana penelitian Ardi menekankan peningkatan suhu gas buang sebagai akibat kerusakan <i>injector</i>, sedangkan penelitian ini menitikberatkan pada penurunan suhu gas buang dan analisis troubleshooting <i>injector</i> berdasarkan kondisi operasi mesin di kapal.</p> |
| 2. | Ramadhana Kemal (2022) | Analisa <i>Abnormalnya</i> Gas Buang pada Mesin Induk di Kapal KM. Tonalisa Lines XXV | <p>Didapatkan dalam penelitian ini faktor penyebab <i>abnormalnya</i> gas buang berwarna kehitaman karena <i>injector</i> bahan bakar yang tidak berfungsi dengan baik karena <i>nozzle</i> pada body yang tidak rata sehingga bahan bakar yang keluar <i>injector</i> menetes. Kemudian upaya yang dilakukan untuk mengatasi masalah dari <i>abnormalnya</i> gas buang yang berwarna kehitaman yaitu dengan melakukan perawatan dan</p> | <p>Penelitian sebelumnya memakai pendekatan kualitatif deskriptif dengan metode observasi langkah lapangan dan analisis kondisi <i>abnormal</i> gas buang mesin induk tanpa pengujian hipotesis secara statistik. Analisis data dilakukan berdasarkan perbandingan kondisi aktual dengan standar operasional dan pengalaman teknis di atas kapal. Sementara itu, penelitian ini menggunakan jenis penelitian kuantitatif dengan analisis data statistik inferensial, di mana pengujian hipotesis dilakukan</p> |

| No. | Nama | Judul | Hasil | Perbedaan |
|-----|----------------------------|--|--|--|
| | | | <p>pengecekan pada <i>injector</i> sesuai dengan <i>running hours</i> manual book.</p> | <p>melalui uji Normalitas, uji homogenitas, dan uji One Way ANOVA untuk mengetahui perbedaan dan pengaruh variabel <i>injector</i> terhadap parameter kerja mesin induk. Perbedaan utama kedua penelitian terletak pada pendekatan metodologis, yaitu penelitian Kemal (2022), bersifat deskriptif tanpa analisis statistic inferensial, sedangkan penelitian ini menekankan pada pengujian hipotesis secara kuantitatif untuk memperoleh hasil yang lebih terukur dan objektif</p> |
| 3. | Musyaddad & Pratama (2022) | Pengaruh Kerja <i>Injector</i> Pada Proses Pembakaran Mesin Diesel | <p>Hasil penelitian menunjukkan bahwa <i>injector</i> tidak bekerja dengan baik akan berdampak pada operasional mesin induk, yaitu menurunkan kinerja mesin dan konsumsi bahan bakar. Jika hal ini terjadi terus menerus, maka akan membuat mesin menjadi turun performanya. Kata Kunci: Bahan Bakar, <i>Injector</i>, Pompa <i>Bosch</i>.</p> | <p>Penelitian sebelumnya menyimpulkan bahwa <i>injector</i> yang tidak bekerja dengan baik menyebabkan penurunan kinerja mesin induk dan peningkatan konsumsi bahan bakar, sehingga berdampak pada penurunan performa mesin secara keseluruhan. Sementara itu, penelitian ini menunjukkan bahwa gangguan <i>injector</i> secara spesifik menyebabkan tekanan pengabutan rendah (low VOP) yang berdampak pada penurunan temperatur gas buang munculnya asap hitam, serta ketidakstabilan proses pembakaran pada silinder tertentu. Dengan demikian, perbedaan utama terletak pada indikator</p> |

| No. | Nama | Judul | Hasil | Perbedaan |
|-----|------|-------|-------|---|
| | | | | hasil penelitian, di mana penelitian sebelumnya menekankan pada penurunan performa dan efisiensi bahan bakar secara umum, sedangkan penelitian ini lebih fokus pada parameter temperatur gas buang dan analisis <i>troubleshooting injector</i> berdasarkan kondisi operasi aktual di kapal |

B. Landasan Teori

1. Pengertian *Injector*

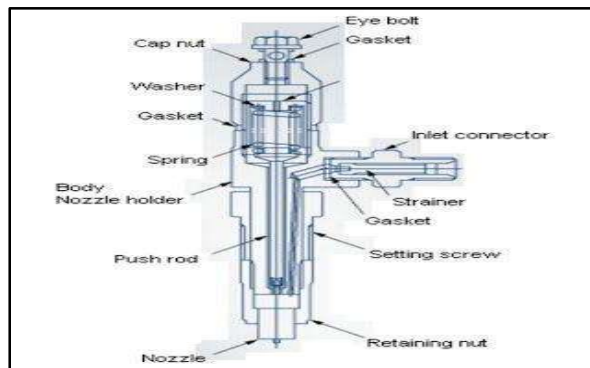
Menurut (Sukoco, 2022), jadi *injector* berfungsi sebagai alat untuk mengubah bahan bakar menjadi bentuk kabut halus saat disemprotkan ke silinder. Proses inilah yang memastikan pembakaran terjadi secara singkat dan efisien. Bahan bakar yang menguap akan membentuk gas yang kemudian memulai titik api pembakaran yang dipicu oleh suhu udara tinggi.

Malafungsi pada injektor mengakibatkan pembakaran tidak sempurna, di mana residu bahan bakar yang tidak terbakar berubah menjadi karbon. Selain memicu munculnya asap pada saluran pembuangan, kondisi ini juga menciptakan siklus penurunan performa yang memengaruhi efektivitas kerja injektor secara berkelanjutan.

2. Komponen *Injector*

Menurut (Maanen, 1990), *Injector* merupakan alat vital sebagai penunjang proses masuknya bahan bakar. Sehingga tercampurnya bahan bakar tersebut akan menjadi halus. Dalam pengoperasiannya, setiap

komponen pada *injector* mempunyai tugas masing masing untuk menghasilkan penginjeksian yang sempurna (Heywood, 2018). Adapun komponen-komponen dalam penginjeksian bahan bakar ke ruang silinder yaitu:



Gambar 2. 1 Komponen – komponen injector

Sumber : <https://www.otospeedcar.com/2019/03/cara-kerja-injector-nozzle-pada-mesin-diesel.html>

a. *Nozzle Holder*

Nozzle holder merupakan bagian dari *injector* yang berfungsi sebagai tempat bagi *nozzle* dan menghubungkan *injector* dengan pipa bertekanan tinggi dengan bagian atas badan *nozzle*.

b. *Overflow Pipe*

Overflow Pipe merupakan bagian dari *injector* yang berfungsi sebagai katup pengaman di dalam *injector* untuk menyalurkan kembali sisa bahan bakar yang berlebih ketika proses penginjeksian. Selanjutnya bahan bakar tersebut disalurkan ke tempat penampungan agar bisa digunakan kembali.

c. *Adjusting Washer*

Adjusting Washer merupakan bagian dari *injector* yang memiliki fungsi untuk mengatur tekanan injeksi bahan bakar. Ketebalan *adjusting washer* berpengaruh terhadap aspek kinerja mesin yaitu atomisasi bahan bakar.

d. *Pressure Spring*

Dalam struktur *nozzle injector*, terdapat *pressure spring* yang bertugas mengembalikan tekanan ke kondisi semula. Pegas ini bekerja dengan memberikan tekanan pada *nozzle needle* sehingga jarum tersebut menutup saluran pembuangan tepat setelah proses penginjeksian bahan bakar tuntas.

e. *Pressure Pin*

Pressure pin bertugas mentransmisikan tekanan bahan bakar ke pegas penekan (*pressure spring*). Proses ini memicu pergerakan jarum penyemprot untuk menyemprotkan bahan bakar saat mekanisme penginjeksian diaktifkan.

f. *Distance Piece*

Distance piece ialah bagian dari *injector* yang berfungsi sebagai tempat untuk menopang *pressure spring* dan berfungsi untuk menyalurkan bahan bakar bertekanan dari pompa injeksi menuju ke *nozzle body*. Kemudian *nozzle body* tersebut akan menyemburkan bahan bakar ke ruang bakar mesin.

g. *Nozzle Needle* (Jarum Pengabut)

Nozzle needle merupakan bagian dari *injector* yang memiliki fungsi untuk mengontrol jumlah bahan bakar yang akan disemprotkan ke ruang bakar. *Nozzle needle* juga dirancang sebagai jarum yang berfungsi sebagai penutup saluran bahan bakar setelah proses injeksi selesai.

h. *Nozzle body*

Nozzle body berfungsi sebagai selongsong atau rumah bagi *pressure spring*, *nozzle needle*, dan lubang penyemprot. Di samping itu, bagian ini juga bertugas mengalirkan bahan bakar selama proses penginjeksian berlangsung

i. *Retaining Nut*

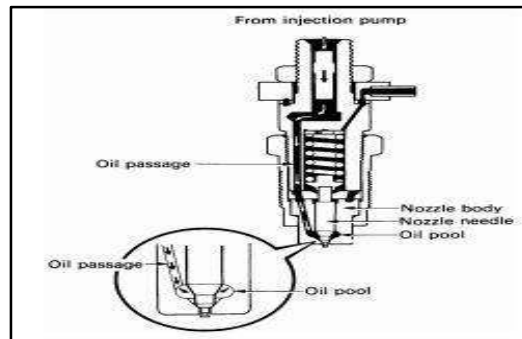
Retaining nut berfungsi sebagai penahan dan pengunci komponen di ujung bawah *injector*. Selain memberikan perlindungan fisik terhadap mekanisme internal, bagian ini sangat vital dalam mencegah kebocoran bahan bakar selama proses penginjeksian.

3. Cara Kerja *Injector*

Menurut (Karyanto, 2000), menyatakan bahwa peran *injector* ialah mengubah bahan bakar yang disuplai oleh pompa *bosch* menjadi kabut halus sebelum masuk ruang bakar. Pengabutan bahan bakar yang baik akan mempercepat proses pencampuran udara dan bahan bakar sehingga pembakaran dapat berlangsung secara merata. Kondisi ini berpengaruh terhadap peningkatan kinerja mesin serta penurunan kemungkinan

terjadinya kegagalan pembakaran sehingga kenaikan suhu gas buang (Fijar et al., 2025). Adapun langkah kerja *injector nozzle* adalah sebagai berikut:

a. Sebelum Penginjeksian

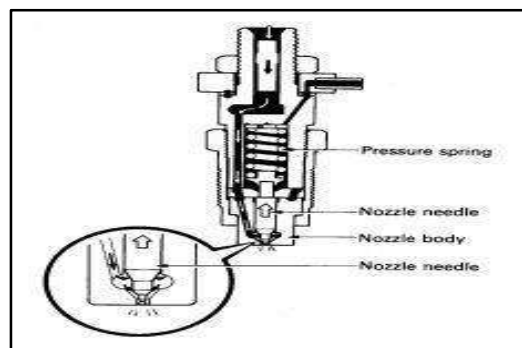


Gambar 2. 2 Injector sebelum penginjeksian

Sumber: <https://www.otospeedcar.com/2019/03/cara-kerja-injector-nozzle-pada-mesin-diesel.html>.

Sebelum disemprotkan, tahapan pra-injeksi dimulai dengan mengalirnya bahan bakar bertekanan tinggi dari pompa injeksi melewati *oil passage*. Aliran ini kemudian menuju ke arah *oil pool* yang terletak pada bagian bawah *nozzle body*.

b. Saat Penginjeksian Bahan Bakar.



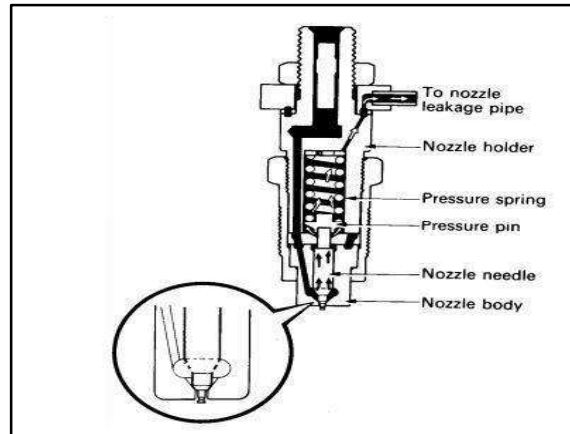
Gambar 2. 3 Injector saat penginjeksian bahan bakar

Sumber: <https://www.otospeedcar.com/2019/03/cara-kerja-injector-nozzle-pada-mesin-diesel.html>.

Ketika tekanan bahan bakar di dalam *oil pool* melebihi kekuatan pegas penahan, *nozzle needle* akan terdorong ke atas. Pergerakan ini

membuka saluran *nozzle*, sehingga bahan bakar bertekanan tinggi dapat disemprotkan secara langsung ke dalam ruang bakar mesin.

c. Akhir Penginjeksian



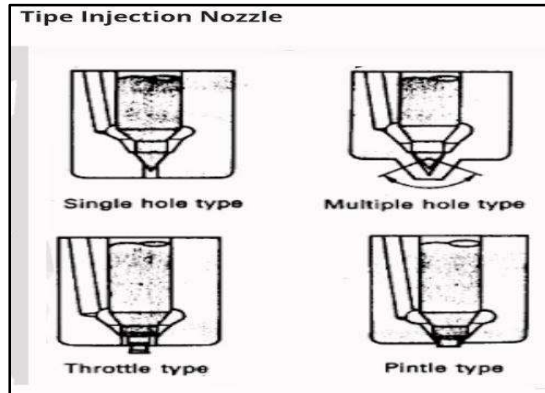
Gambar 2. 4 *Injector* saat akhir penginjeksian

Sumber : <https://www.otospeedcar.com/2019/03/cara-kerja-injector-nozzle-pada-mesin-diesel.html>.

Penghentian aliran bahan bakar dari pompa menyebabkan tekanan di dalam sistem menurun. Selanjutnya, kekuatan *pressure spring* akan mendorong jarum pengabut (*nozzle needle*) untuk kembali pada kedudukannya, yang secara otomatis mengakhiri proses penyemprotan dengan menutup jalur bahan bakar

4. *Type of Nozzle*

Menurut (Xu et al., 2015), *injector nozzle* diesel berfungsi untuk mengabutkankan, menginjeksikan, dan atau mengatomisasikan bahan bakar bertekanan tinggi ke dalam ruang area memberikan tenaga untuk pembagian dan penerobosan bahan bakar melalui pompa injeksi. Namun, pompa injeksi merupakan komponen mesin diesel yang meningkatkan tekanan bahan bakar solar pada mesin bensin



Gambar 2. 5 Tipe-tipe injector nozzle

Sumber: <https://www.otospeedcar.com/2019/03/cara-kerja-injector-nozzle-pada-mesin-diesel.html>

Menurut (Karyanto, 2000) jenis-jenis *nozzle injector* terbagi menjadi 2 macam yaitu:

a. *Single Hole*

Penggunaan *single hole nozzle* menuntut tekanan injeksi yang besar guna menjamin efektivitas pengabutan bahan bakar. Karakteristik semprotan yang dihasilkan oleh komponen ini membentuk pola konis dengan sudut sebaran antara 4° sampai 15° , yang keluar tepat dari ujung saluran tunggalnya.

b. *Multiple Hole*

Pada sistem *Direct Injection*, diperlukan *nozzle* dengan pola penyemprotan yang luas. Semakin banyak jumlah lubang pada *nozzle*, maka butiran kabut yang dihasilkan akan semakin kecil, sehingga menuntut penggunaan bahan bakar yang bebas kontaminan. Kinerja pengabutan pada tipe ini sangat ditentukan oleh kesesuaian antara mekanisme pembakaran dengan bentuk ruang bakar mesin.

5. Kondisi *Nozzle Injector*

Pada proses pengabutan, *nozzle injector* ialah komponen yang sangat penting. Oleh karena itu kondisi dari *nozzle injector* harus dijaga untuk menghasilkan pembakaran yang sempurna dan optimal. Berikut beberapa kondisi *nozzle injector* yang dapat memengaruhi kualitas pembakaran:

a. Lubang *Nozzle*

Dikutip dari buku *Diesel Engine Operation and Maintenance*, menurut (Maalev, 1991), kerusakan pada ujung *nozzle* berupa penyumbatan maupun keausan akan mengganggu kualitas pengabutan. Hal ini menyebabkan sebaran bahan bakar di dalam ruang bakar tidak seragam, sehingga efisiensi pembakaran menurun akibat proses kimiawi yang tidak tuntas. Akibatnya pembakaran akan menghasilkan emisi gas buang yang tinggi dan tidak efisien. Maka dari itu *nozzle* bahan bakar harus dites terlebih dahulu sebelum dipakai dan dibersihkan atau diganti.

b. Pemisah Bahan Bakar pada Motor Diesel

Menurut (Karyanto, 2000), guna mencegah penyumbatan pada lubang *nozzle* oleh kontaminan, sistem filtrasi pada mesin diesel wajib mengaplikasikan metode penyaringan ganda (*double filter*). Penggunaan dua tahap penyaringan ini bertujuan untuk memastikan kebersihan bahan bakar sebelum memasuki komponen injeksi yang presisi.

1) *Primary Fuel Filter* (Saringan Utama).

Alat ini menyaring bahan bakar sebelum masuk ke pompa dan

menggunakan *water separator* untuk memisahkan kandungan air. Hal ini bertujuan untuk meminimalisir kotoran dan cairan yang dapat mengganggu kinerja mesin diesel.

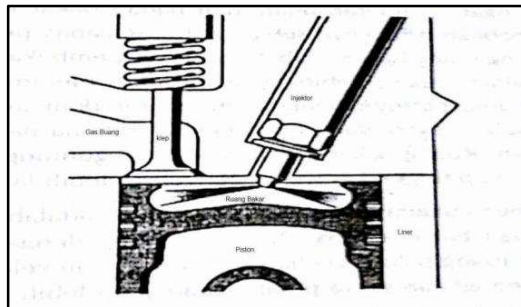
2) *Secondary Fuel Filter* (Saringan Kedua).

Alat ini menyaring kotoran berukuran mikro dalam bahan bakar sebelum diteruskan ke *nozzle*, sehingga menjaga kualitas atomisasi dan melindungi integritas komponen *injector*.

6. Metode Penyemprotan bahan bakar

Dikutip dari teori (Maanen, 1990), mengategorikan proses penyemprotan bahan bakar dan pembentukan campuran ke dalam dua kategori sistem utama sebagai berikut:

a. Penyemprotan Langsung (*Direct Injection – DI*)

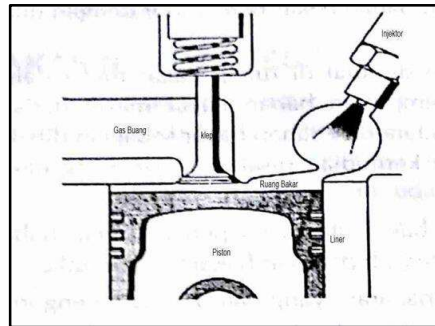


Gambar 2. 6 Penyemprotan Langsung

Sumber: <https://infootomotif.blogspot.com/>.

Pada mekanisme *direct injection*, bahan bakar bertekanan tinggi (1.000 hingga 1.500 bar tergantung kecepatan putaran mesin) disemprotkan ke dalam ruang bakar yang tidak terbagi. Proses penyemprotan dilakukan pasca-penutupan katup *intake*, sehingga bahan bakar langsung berinteraksi dengan udara bertekanan dan bersuhu tinggi yang sangat mendukung efisiensi pembakaran

b. Penyemprotan Tidak Langsung (*Indirect Injection – II*)



Gambar 2. 7 Penyemprotan Tidak Langsung
 Sumber: <https://infootomototif.blogspot.com/>.

Penyemprotan tidak langsung, *injector* menyemprotkan *fuel* ke dalam *manifold intake* (saluran udara masuk) sebelum katup intake terbuka. Penyemprotan tersebut berlangsung terpisah dengan ruang pembakaran utama. Udara yang mengalir ke dalam ruang bakar akan membawa kabut bahan bakar dan tercampur dengan udara di dalam ruang bakar.

7. Bahan Bakar

Bahan bakar merupakan komponen penting dalam sistem pembakaran mesin, terutama pada mesin induk kapal. Menurut (Maalev, 1991), Syarat utama dalam penginjeksian bahan bakar adalah kualitas bahan bakar yang mempengaruhi kinerja dari mesin induk kapal, termasuk efisiensi, kecepatan dan emisi gas buang. Untuk mencapai optimalnya pengabutan bahan bakar, maka terdapat beberapa tahap dalam sistem injeksi bahan bakar yaitu:

a. Penakaran Bahan bakar.

Penakaran yang harus dilakukan secara teliti terhadap bahan bakar yang akan dipergunakan, berarti paham akan penakaran bahan bakar

untuk tiap silinder yang akan diberikan. Distribusi bahan bakar pada tiap silinder harus disesuaikan secara tepat dengan beban mesin untuk meningkatkan efisiensi daya. Pengaturan volume bahan bakar yang teliti sangat krusial agar mesin dapat mempertahankan kinerja yang optimal pada kecepatan yang konsisten.

b. Pengaturan Waktu.

Akurasi *timing* injeksi menentukan kualitas pembakaran dan output tenaga mesin. Jika injeksi dimulai terlalu dini atau terlambat dari parameter yang ditetapkan, proses pembakaran akan terhambat karena kondisi termal di dalam silinder belum memadai. Keterlambatan injeksi yang ekstrem akan meningkatkan kebisingan mesin dan menyebabkan bahan bakar menempel pada dinding silinder (*wall wetting*), yang berujung pada konsumsi bahan bakar yang boros, penurunan performa, dan pelepasan asap hitam.

c. Kecepatan Injeksi Bahan Bakar

Kecepatan injeksi bahan bakar dipengaruhi oleh kuantitas fluida yang masuk dalam satuan waktu dan derajat kruk as. Untuk meregulasi parameter tersebut, sistem memerlukan ujung *nozzle* sebagai komponen vital yang berfungsi mengatur laju aliran bahan bakar agar tetap sesuai dengan kebutuhan operasional mesin. Ujung *nozzle* dengan lubang yang lebih kecil dapat menaikkan jangka waktu injeksi dari bahan bakar yang akan diinjeksikan.

d. Pengabutan

Atomisasi yang ideal harus menghasilkan butiran bahan bakar yang halus dan selaras dengan desain ruang bakar. Proses pengabutan yang presisi berperan penting dalam memicu langkah awal pembakaran, sekaligus menjamin distribusi oksigen di sekeliling partikel bahan bakar guna mengoptimalkan proses oksidasi di dalam silinder.

e. Distribusi

Distribusi bahan bakar harus menjangkau seluruh partikel oksigen di dalam silinder guna memaksimalkan performa mesin. Kegagalan distribusi berakibat pada rendahnya energi yang dihasilkan serta adanya sisa oksigen yang tidak bereaksi. Secara teknis, pembakaran sempurna ditentukan oleh beberapa faktor krusial:

- 1) Kualitas atomisasi.bahan bakar.
- 2) Temperatur tinggi untuk mendukung proses oksidasi.
- 3) Kecepatan alur relatif antara bahan bakar dan udara.
- 4) Kualitas pencampuran udara dan bahan bakar yang homogen.

f. Kualitas Pengabutan Bahan Bakar

Merujuk pada (Maanen, 1990), sistem pembakaran diesel mengandalkan pencampuran instan antara bahan bakar dan udara pada akhir siklus kompresi. Dalam ruang silinder mesin induk, suhu udara yang sangat tinggi akan memicu pembakaran saat bahan bakar disemprotkan dalam bentuk partikel kabut. Tingkat kecepatan pembakaran berkorelasi langsung dengan homogenitas campuran tersebut. Dengan demikian, peningkatan kualitas pengabutan bahan

bakar secara otomatis akan meningkatkan kesempurnaan hasil pembakaran.

Merujuk pada (Maanen, 1990), kualitas bahan bakar sangat memengaruhi efektivitas pengabutan dan performa mesin induk. Berikut adalah parameter krusial yang harus diperhatikan:

1) Rasio Densitas

Perbandingan antara massa volume bahan bakar dengan massa air pada volume yang sama, yang umumnya diukur pada suhu standar 15°C.

2) Viskositas Kinematis

Tingkat kekentalan bahan bakar yang fluktuasinya sangat dipengaruhi oleh suhu, diukur dalam satuan centistoke (cts) sama dengan mm²/detik.

3) Titik Nyala

Batas suhu terendah dalam derajat Celsius di mana uap bahan bakar dalam wadah tertutup dapat menyala saat terpapar sumber api.

4) Kandungan Sulfur

Kandungan sulfur yang terikat secara molekuler pada rantai hidrokarbon. Pengendalian kadar ini penting untuk mencegah korosi temperatur rendah pada komponen mesin.

5) Kandungan Air

Kehadiran air dapat menghambat proses purifikasi serta memicu korosi pada pompa injeksi dan *injector*.

6) Kandungan Abu

Material anorganik sisa yang berasal dari minyak mentah maupun kontaminasi selama proses rafinasi dan distribusi di kapal.

7) Kandungan Vanadium

Kandungan vanadium yang berinteraksi dengan natrium dapat memicu perubahan kondisi termal dan deposit pada komponen mesin.

8) Kandungan Aluminium

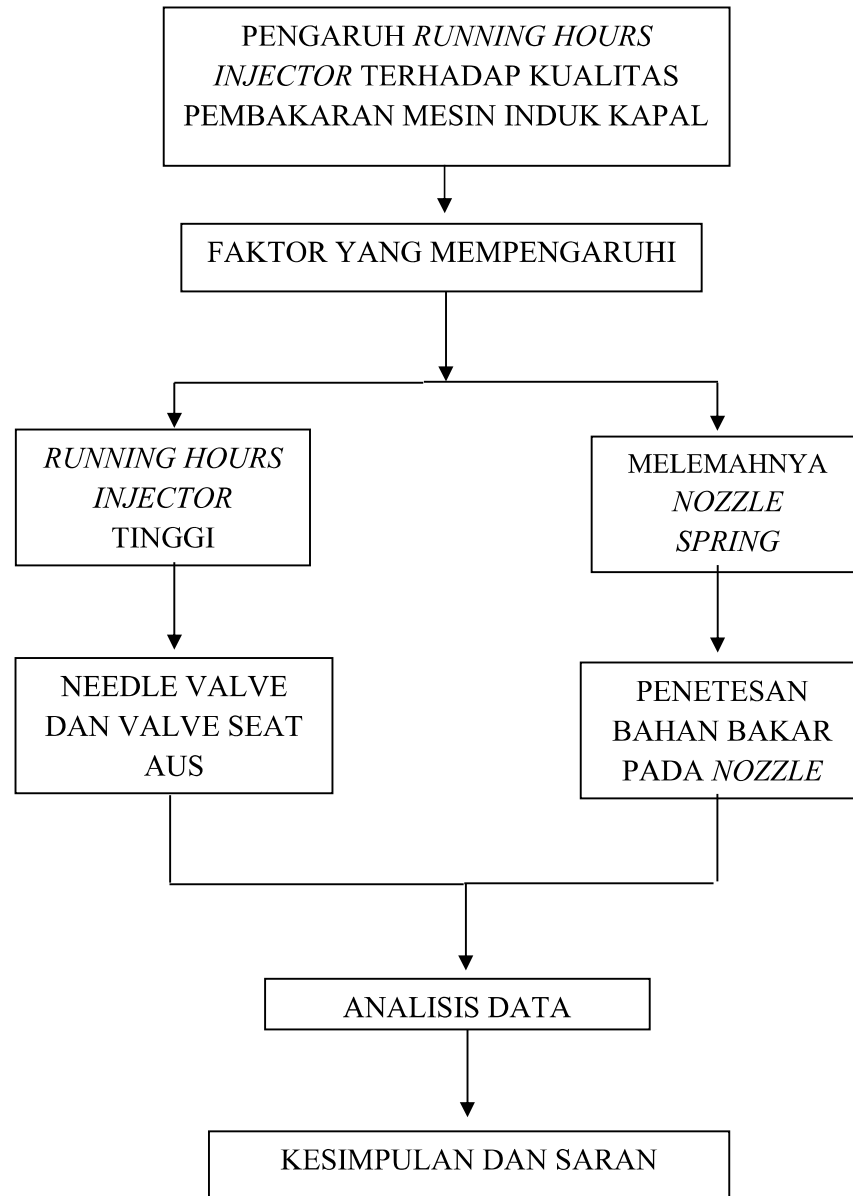
Keberadaan partikel aluminium bersifat abrasif yang mempercepat keausan pada pompa, injektor, cincin torak, serta liner silinder.

g. Sistem Bahan Bakar

Distribusi bahan bakar merupakan aspek krusial dalam menunjang kontinuitas, efisiensi, serta aspek keselamatan operasional kapal. Mekanisme sistem ini dikonstruksi untuk mentransmisikan bahan bakar dari tangki penyimpanan menuju ruang bakar dengan standar kebersihan yang tinggi, tekanan yang konsisten, dan volume yang presisi. Secara prosedural, bahan bakar bermula dari *fuel oil storage tank*, kemudian diproses di *settling tank* untuk memisahkan kandungan air serta sedimen kotor, hingga akhirnya ditampung di *service tank* sebelum digunakan. Selanjutnya, bahan bakar disaring melalui sistem filtrasi dan dipompa oleh pompa bahan bakar menuju pompa injeksi untuk disemprotkan ke dalam silinder mesin. Penataan dan pengoperasian sistem bahan bakar yang baik bertujuan untuk menjaga

kontinuitas suplai bahan bakar serta mendukung proses pembakaran yang optimal pada mesin induk kapal. Hal ini sejalan dengan panduan teknis MAN Energy Solutions (2023), yang menyatakan bahwa sistem bahan bakar kapal harus mampu menyediakan bahan bakar yang bersih, bertekanan sesuai spesifikasi, dan bebas kontaminan agar kinerja mesin tetap optimal dan andal

C. Kerangka Penelitian



D. Hipotesis

1. H_0 : Tidak terdapat perbedaan kualitas pembakaran berdasarkan kondisi *running hours injector*.
2. H_1 : Terdapat perbedaan kualitas pembakaran berdasarkan kondisi *running hours injector*.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Pendekatan penelitian yang diterapkan peneliti dalam penyusunan Karya Ilmiah Terapan ini adalah penelitian kuantitatif. Merujuk pada (Sugiyono, 2019), metode kuantitatif yang berakar pada paradigma positivisme, diaplikasikan dalam penelitian ini untuk menganalisis populasi atau sampel spesifik guna menguji hipotesis yang telah ditetapkan. Pendekatan ini menitikberatkan pada pengolahan data secara objektif dan sistematis untuk menghasilkan temuan yang akurat. Pemilihan metode ini didasarkan pada kemampuannya dalam menyajikan gambaran yang komprehensif serta terukur mengenai korelasi antarvariabel penelitian.

B. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini disusun untuk mengetahui secara jelas objek penelitian serta mencapai tujuan penelitian yang telah ditetapkan. Oleh karena itu, penentuan tempat dan waktu penelitian menjadi hal penting agar data yang diperoleh relevan dan akurat. Berikut adalah tempat dan waktu yang pelaksanaan penelitian :

1. Tempat Penelitian

Subjek penelitian ini bertempat di kapal AHTS Logindo Stamina, tempat peneliti melaksanakan tugas praktik laut.

2. Waktu Penelitian

Durasi penelitian ini mencakup masa praktik laut yang bekerja selama satu tahun penuh, yang dimulai pada 19 Juli 2024 dan berakhir pada 21 Juli 2025.

C. Definisi Operasional Variabel

Menurut (Arikunto, 2018) Definisi operasional variabel diperlukan agar variabel penelitian dapat diukur secara nyata dan jelas sesuai dengan tujuan penelitian. Penentuan definisi operasional bertujuan untuk memberikan parameter yang eksplisit pada variabel-variabel penelitian. Hal ini dilakukan untuk menjamin konsistensi pemahaman serta mencegah perbedaan persepsi dalam proses pengolahan data lapangan. Dengan adanya definisi operasional ini, maka setiap variabel dapat diamati dan mempermudah peneliti, sehingga hasil penelitian menjadi lebih akurat. Berikut adalah variabel penelitian yang disajikan peneliti:

1. Variabel Bebas

Variabel bebas ialah running hours *injector*, yang berarti jumlah jam kerja *injector* sejak digunakan sampai dilakukan *maintenance* terakhir. Dalam penelitian ini running hours *injector* diklasifikasikan ke dalam tiga kondisi, antara lain :

- a. Kondisi *Normal*, yaitu *injector* masih berada dalam batas kerja yang direkomendasikan oleh instruction manual book
- b. Kondisi *Upnormal*, yaitu *injector* yang telah melewati jam kerja *normal* dan mulai menunjukkan indikasi penurunan kinerja.

c. Kondisi *After maintenance*. Yaitu *injector* yang telah dilakukan perawatan dan kembali *normal*.

Pengelompokkan *running hours injector* bertujuan untuk mempermudah penelitian dalam menganalisis perbedaan kinerja *injector* terhadap kualitas pembakaran pada mesin induk, serta menggambarkan kondisi nyata yang sering ditemui dalam pengoperasian mesin induk kapal.

2. Variabel Terikat

Menurut (Ghozali, 2018), Sebagai variabel terikat, komponen ini menjadi indikator utama yang diamati perubahannya akibat pengaruh variabel independen, sehingga menjadi inti dari pembahasan dalam penelitian ini. Berdasarkan penelitian peneliti, variabel terikat dalam penelitian ini adalah kualitas pembakaran yang diukur melalui temperature gas buang mesin induk. Temperature gas buang

D. Sumber Data Penelitian dan Teknik Pengumpulan Data

1. Sumber Data Penelitian

Dalam karya ilmiah ini, terdapat dua jenis sumber data yang digunakan. Pertama, pengamatan langsung dilakukan oleh peneliti terhadap objek penelitian untuk mendapatkan data yang akurat dan terkini. Dalam hal ini, peneliti secara langsung mengamati dan mengumpulkan informasi dari objek yang diteliti. Menurut (Sugiyono, 2019), sumber data penelitian terbagi menjadi 2 (dua) yaitu:

a. Data Primer

Menurut (Sugiyono, 2019), Data primer merupakan informasi yang dihimpun secara langsung dari sumber aslinya untuk kemudian didokumentasikan. Dalam penelitian ini, data primer diperoleh melalui teknik observasi dan studi dokumentasi selama masa praktik laut. Data observasi dikumpulkan melalui pengamatan, pengukuran, serta pencatatan teknis secara langsung di lokasi penelitian, sedangkan data dokumentasi diperoleh melalui kompilasi catatan operasional harian (*log book*) dan dokumentasi fotografis.

b. Data sekunder

Berdasarkan perspektif (Sugiyono, 2019), data sekunder didefinisikan sebagai data pendukung yang diperoleh secara tidak langsung untuk melengkapi data utama (primer). Dalam penelitian ini, sumber data sekunder dihimpun melalui studi kepustakaan, yang mencakup telaah jurnal ilmiah, *instruction manual book* sebagai referensi teknis yang mengkaji objek penelitian secara mendalam.

2. Teknik Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan dan digunakan dalam penyusunan proposal ini merupakan hasil dari pengamatan langsung yang dilakukan oleh peneliti di atas kapal. Sumber data tersebut memperoleh berbagai informasi dan data yang dibutuhkan melalui berbagai teknik dan metode pengumpulan data yang relevan. Data – data tersebut dapat diperoleh melalui:

a. Observasi

Observasi dilakukan dengan cara melakukan pengamatan

langsung di atas kapal pada saat melakukan praktek laut, khususnya terkait dengan data *running hours injector* yang akan diamati. Selain itu peneliti juga melakukan pemantauan pada *running hours injector* secara langsung. Semua data yang relevan dengan masalah penelitian dicatat selama observasi dilakukan.

b. Dokumentasi

Metode studi dokumentasi diimplementasikan melalui penghimpunan dan pengkajian dokumen-dokumen relevan dalam format tertulis, visual, maupun elektronik. Pendekatan ini bertujuan untuk mengekstraksi pemahaman mendalam mengenai topik kajian melalui analisis komprehensif terhadap sumber-sumber arsip yang berkaitan dengan objek penelitian.

c. Studi Literatur

Pencarian jurnal ilmiah dan artikel penelitian dengan ide penelitian dan dipelajari untuk mendapatkan informasi tentang teori pembakaran internal, sistem injeksi bahan bakar diesel, emisi gas buang mesin diesel, dan hubungan antara *running hours injector* dengan kualitas pembakaran serta data pendukung yang didapat dari instruction manual book.

E. Teknik Analisis Data

Menurut (Soesana et al., 2023), Pada umumnya, proses analisis data yang digunakan pada penelitian yaitu berupa numerik matematika dan statistik. Analisis data dilakukan dengan menerapkan beragam rumus statistik yang

didukung oleh penggunaan *software* SPSS versi 29. Langkah ini diambil untuk meningkatkan presisi hasil perhitungan dan memastikan integritas data dengan meminimalisir kesalahan manusia (*human error*) selama tahap pengolahan. Adapun prosedur analisis data yang ditempuh peneliti adalah sebagai berikut,

1. Statistik Inferensial

Sejalan dengan pemikiran (Soesana et al., 2023), statistik inferensial diartikan sebagai metodologi analisis yang bertujuan untuk mengonstruksi kesimpulan terkait karakteristik populasi melalui data sampel. Fokus utama dari pendekatan ini adalah melakukan generalisasi populasi dengan memanfaatkan data sampel, sembari mengestimasi derajat ketidakpastian yang mungkin muncul sebagai konsekuensi dari proses pengambilan sampel tersebut.

Implementasi statistik inferensial dalam studi ini mencakup dua area analisis utama: estimasi nilai parameter pada populasi dan pelaksanaan uji hipotesis guna memvalidasi hubungan antarvariabel yang diteliti (Soesana et al., 2023), melalui penerapan teknik statistik inferensial ini, peneliti dapat menarik kesimpulan yang bersifat umum dan dapat dipertanggungjawabkan. Pengujian hipotesis dilakukan melalui beberapa tahapan sebagai berikut:

a. Uji Normalitas

Penggunaan Uji Normalitas dalam studi ini bertujuan untuk memverifikasi asumsi distribusi normal pada data penelitian. Hal ini krusial karena distribusi normal merupakan asumsi dasar dalam statistik parametrik seperti ANOVA (Ghozali, 2018).

Peneliti menetapkan uji Shapiro–Wilk sebagai instrumen pengujian karena metode tersebut memiliki tingkat akurasi yang lebih tinggi untuk jumlah sampel kecil (di bawah 50 responden atau data). Dasar pengambilan keputusan dalam uji ini adalah nilai signifikansi (Sig.), dengan ketentuan bahwa apabila nilai Sig. > 0,05 maka data dinyatakan berdistribusi *normal*, sedangkan apabila nilai Sig. < 0,05 maka data dinyatakan tidak berdistribusi *normal* (Sugiyono, 2019).

b. Uji Homogenitas

Uji homogenitas varians bertujuan untuk memastikan apakah varians antar kelompok data berada dalam kondisi yang sama atau homogen. Homogenitas varians diperlukan agar perbandingan rata-rata antar kelompok menggunakan uji ANOVA dapat menghasilkan kesimpulan yang valid (Ghozali, 2018)

Peneliti menggunakan Levene's Test sebagai instrumen untuk memverifikasi asumsi homogenitas varians. Kriteria pengujian ditetapkan berdasarkan ambang batas p-value 0,05. Data dianggap memiliki varians yang homogen apabila hasil perhitungan menunjukkan nilai Sig. > 0,05. Namun, jika perolehan nilai Sig. < 0,05, maka data dikategorikan tidak homogen dan tidak memenuhi prasyarat statistik tertentu (Sugiyono, 2019).

c. Uji One Way Anova

Melalui pemenuhan prasyarat uji asumsi klasik, penelitian ini menggunakan metode *One Way* ANOVA guna mengidentifikasi adanya perbedaan rata-rata yang signifikan pada variabel kualitas pembakaran.

Fokus perbandingan dilakukan berdasarkan variabel independen berupa kondisi jam kerja injektor (*running hours*), yang diklasifikasikan ke dalam tiga kelompok operasional: *Normal*, *Upnormal*, dan *After Maintenance*.

Penerapan uji *One Way* ANOVA dalam penelitian ini didasarkan pada kebutuhan untuk membandingkan lebih dari dua kelompok data bertipe numerik, yakni parameter temperatur pembakaran mesin induk. Dasar pengambilan keputusan statistik merujuk pada nilai signifikansi (Sig.); jika nilai Sig. lebih kecil dari 0,05, maka hipotesis alternatif (H_1) diterima, yang mengindikasikan adanya perbedaan rata-rata kualitas pembakaran yang signifikan ditinjau dari kondisi *running hours injector*. Sebaliknya, jika nilai Sig. melampaui 0,05, maka hipotesis nol (H_0) gagal ditolak atau diterima (Sugiyono, 2019).