ANALISIS MENURUNNYA KERJA INJEKTOR TERHADAP PEMBAKARAN MESIN DIESEL DI KAPAL MT.EDRICKO 8

ANDI FAJAR

21.42.053

TEKNIKA

PROGRAM PENDIDIKAN DIPLOMA IV PELAYARAN
POLITEKNIK ILMU PELAYARAN MAKASSAR 2025

ANALISIS MENURUNNYA KERJA INJEKTOR TERHADAP PEMBAKARAN MESIN DIESEL DI KAPAL MT.EDRICKO 8

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Menyelesaikan Program Studi
Pendidikan Diploma IV Pelayaran

Program Studi Teknika

Disusun dan diajukan oleh:

ANDI FAJAR
NIT : 21.42.053

PROGRAM PENDIDIKAN DIPLOMA IV PELAYARAN
POLITEKNIK ILMU PELAYARAN MAKASSAR
TAHUN 2025

SKRIPSI

ANALISIS MENURUNNYA KERJA INJECTOR TERHADAP PROSES PEMBAKARAN MESIN DIESEL DI KAPAL MT. EDRICKO 8

Disusun dan Diajukan oleh:

ANDI FAJAR

NIT. 21.42.053

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Skripsi

Pada tanggal, 24 OKTOBER 2025

Menyetujui,

Pembimbing I	Pembimbing II
Tony Santiko, S.ST.,M.Si., M.Mar.E	**Ir.Yosrihard Basongan,M.T.**
NIP: 197601072009121001	**NIDN : 198212181988031003**

Mengetahui:

a.n. Direktur

Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar Pembantu Direktur I	Ketua Program Studi Teknika
Capt. Faisal Saransi,M.T.,M.Mar	**Ir. Alberto, S.Si.T., M.Mar.E., M.A.P.**
NIP. 19750329 199903 1 002	**NIP. 19760409 200604 1 001**

iii

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Nama : ANDI FAJAR

Nomor Induk Taruna : 21.42.053

Program Studi :Teknika

Menyatakan bahwa skripsi dengan judul:

“Analisis Menurunnya Kinerja Injektor Terhadap PembakaranMotor Diesel Di Kapal MT.EDRICKO 8”

Merupakan karya asli. Seluruh ide dalam skripsi ini kecuali tema dan yang saya nyatakan sebagai kutipan, merupakan ide yang saya susun sendiri. Jika pernyataan di atas terbukti sebaliknya, maka saya sendiri bersedia menerima sanksi yang ditetapkan oleh Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar.

Makassar,24 Oktober 2025

ANDI FAJAR

NIT.21.42.053

KATA PENGANTAR

Dengan penuh rasa syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan petunjuk-Nya, saya berhasil menyelesaikan penyusunan skripsi berjudul "**Analisis Menurunnya Kinerja Injektor Terhadap PembakaranMotor Diesel Di Kapal MT.EDRICKO 8**"

Proses penelitian ini merupakan langkah penting dalam perjalanan akademik saya di Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar. Sebagai seorang taruna pelayaran, penulisan skripsi ini menjadi bukti komitmen saya dalam memahami dan mengatasi tantangan teknis yang seringkali dihadapi dalam operasional kapal laut.

Mengakui keterbatasan dan kekurangan pengalaman pribadi, saya sangat mengharapkan saran, kritik, dan masukan untuk meningkatkan kualitas skripsi ini. Saya dengan tulus mengucapkan terima kasih kepada kedua orang tua tercinta, serta kepada Saudara atas doa, semangat, kasih sayang, dan dukungan mereka selama perjalanan pendidikan saya.

Tak lupa, penghargaan setinggi-tingginya saya sampaikan kepada:

1. Bapak Capt. Rudy Susanto M.Pd, Direktur Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar.
2. Bapak Capt. Faisal Saransi, M.T, Pembantu Direktur I Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar.
3. Bapak Alberto, S.Si.T., M.Mar.E., M.A.P., Ketua Jurusan Teknika.
4. Bapak Tony Santiko, S.ST.,M.SI,M.Mar.E Pembingbing 1
5. Bapak bapak Ir. Yosrihard Basongan, Pembingbing 2
6. Para perwira, staf pengajar, dan karyawan Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar.
7. Kepala Kamar Mesin, perwira, dan seluruh ABK di MT.EDRICKO 8 Rekan-rekan Taruna dan Taruni angkatan XLII serta semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini.

Semoga rahmat-Nya senantiasa menyertai kita semua. Saya memohon maaf jika terdapat kekurangan dalam skripsi ini. Semoga hasil penelitian ini bermanfaat untuk peningkatan pengetahuan, terutama bagi saya sendiri, rekan-rekan Taruna di Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar, dan untuk meningkatkan kualitas perwira Indonesia di masa mendatang.

Makassar,24 Oktober 2025

ANDI FAJAR
NIT:21.42.053

ABSTRAK

ANDI FAJAR, 2025 Analisis menurunnya kerja injektor terhadap proses pembakaran mesin Diesel di kapal Mt. Edricko 8. "(Dibimbing oleh: Tony Santiko,Yosrihard)

Pengabutan bahan bakar ke dalam ruang bakar ditentukan oleh bagus tidaknya kondisi *nozzle* pada injektor. Bila mana *nozzle* tengah dalam keadaan berkendala, maka *nozzle* tidak bisa mengabutkan bahan bakar secara optimal. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis faktor-faktor yang menyebabkan menurunnya kinerja injektor terhadap proses pembakaran mesinr Diesel di kapal Mt. Edricko 8.

Penelitian ini di laksanakan di atas kapal Mt. Edricko 8 milik PT. Bitumen Marasende selama satu tahun. Untuk melaksanakan penelitian dengan mengambil data – data pada objek yang diteliti yang berkaitan dengan judul.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa menurunnya kinerja injektor terhadap proses pembakaran motor Diesel adalah tersumbatnya lubang *nozzle* akibat dari bahan bakar yang kotor karena kurangnya pemeliharaan terhadap komponen pendukung sistem bahan bakar, pembakaran tidak sempurna sehingga menyebabkan adanya karbon-karbon yang menempel pada permukaan ujung *nozzle* dan menetesnya bahan bakar pada *nozzle* yang mengakibatkan pembentukan gas dalam ruang bakar.

Kata Kunci : Injektor, Nozzle, Mesin diesel.

ABSTRACT

ANDI FAJAR, 2025 Analysis of the declining performance of the injector on the Diesel engine combustion process on the Mt. Edricko 8" (Supervisors: Tony Santiko, Yosrihard).

Fuel consumption of fuel into the combustion chamber is determined by whether or not the condition of the nozzle on the injector is good. If the middle nozzle is in a state of constraint, the nozzle cannot atomize the fuel optimally. This study aims to determine the factors that cause the injector performance to decrease in the Diesel engine combustion process on the Mt.edricko 8.

This research was carried out aboard the MT. Edricko 8 by PT. Bitumen Marasende for one year. To carry out research by taking data on the object under study related to the title.

The results showed that the decreased performance of the injector on the Diesel engine combustion process was clogged nozzle holes due to dirty fuel due to lack of maintenance on the supporting components of the fuel system, incomplete combustion causing carbon to stick to the nozzle tip surface and dripping of material. fuel at the nozzle which results in the formation of gas in the combustion chamber.

Keywords : Compressor, Valve and Piston

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	2
C. Tujuan Penelitian	3
D. Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
A. Cara kerja injector	8
B. Pengabutan	13
C. Nozzle	14
D. Bahan Bakar	20
E. Perawatan	26
F. Hipotesis	26
G. Kerangka Pikir	29
BAB III METODE PENELITIAN	30
A. Jenis Penelitian	30
B. Definisi Operasional Variable	30
C. Populasi Dan Sampel Penelitian	32
D. Teknik Pengumpulan Data	32
E. Teknik Analisis Data	34
F. Jadwal Penelitian	35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	28
A. Data spesifikasi Objek yang Diteliti	28
B. Penerapan Metode USG	34

C. Kuisoner Prioritas Permasalahan Dengan Metode USG 35
D. Hasil Penelitian 37
E. Pembahasan 38
G. Solusi Dan Pemecah Masalah 42
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 45
A. KESIMPULAN 45
B. Saran 46
DAFTAR PUSTAKA 47
LAMPIRAN 48

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 *Nozzle* Injektor 10
Gambar 2. 2 Beberapa Bentuk Pengabutan Yang Tidak Baik. 10
Gambar 2. 3 Penyemprotan Tidak Langsung 15
Gambar 2. 4 Penyemprotan Langsung 16
Gambar 2. 5 Single hole nozzle 19
Gambar 2. 6 Multi hole nozzle 19
Gambar 2. 7 Pintle nozzle 20
Gambar 2. 8 Sistem Sirkulasi Bahan Bakar 22
Gambar 2. 9 Kerangka pikir 29
Gambar 3. 1 Tabel Jadwal Penelitian 35
Gambar 4. 1 Kapal MT. Edricko 8 28
Gambar 4. 2 *Ship* Particular MT. Edricko 8 28
Gambar 4. 3 Komponen Injektor 29
Gambar 4. 4 *Running Hour F.I.V* 32

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 4. 1 Kondisi gas buang yang normal 31

Tabel 4. 2 Kondisi gas buang yang *abnormal* 32

Tabel 4. 3 Test tekanan injektor sebelum di perbaiki 32

Tabel 4. 4 *Test tekanan injektor setelah di perbaiki* 34

Tabel 4. 5 skala 35

Tabel 4. 6 Total Hasil Kuesioner 35

Tabel 4. 7 USG 36

Tabel 4. 8 perawatan periodik 41

Tabel 4. 9 Waktu dan Tempat Perbaikan 42

BAB I
PENDAHULUAN

Latar Belakang

Kapal laut memegang peranan krusial dalam sistem transportasi global, baik untuk mobilitas penumpang antar pulau maupun distribusi logistik dalam perdagangan internasional. Kelancaran operasional kapal tidak hanya bertumpu pada mesin induk sebagai penggerak utama, melainkan juga didukung oleh sinergi berbagai permesinan bantu. Umumnya, sistem penggerak ini menggunakan mekanisme mesin pembakaran dalam (*Internal Combustion Engine*). Dalam sistem tersebut, terdapat komponen vital bernama **nozzle** yang bertanggung jawab untuk mendistribusikan serta mengabutkan bahan bakar secara presisi ke dalam ruang bakar (*combustion chamber*).

Kapal MT.EDRICKO 8 menggunakan Mesin Diesel yang harus di rawat dengan baik agar mesin diesel bekerja dengan optimum. Injector sebagai komponen penyalur dan pengabut bahan bakar memegang peranan yang penting dalam oprasional mesin diesel, nozle yang tidak pada kondisi terbaik akan mengakibatkan penyaluran bahan bakar dan pengabutan tidak optimum. Gejala yang dapat diakibatkan karena kerusakan nozle diantaranya yaitu berkurangnya aliran bahan bakar, nozzle menetes sehingga output torsi mesin menurun dan merusak dapat komponen yang lain pada chamber. Sebagai calon masinis perlu mempersiapkan diri agar dapat mengidentifikasi merawat mesin, dan memperbaiki komponen mesin jika terjadi kerusakan diantaranya komponen Nozzle. Penulis mendapatkan kasus permasalahan nozzle yang penulis alami saat melaksanakan PRALA di kapal MT.EDRICKO 8 senipah yaitu pada tanggal 27 maret 2023 yaitu saat kapal olah gerak menuju Ciwandan dan Morowali. Pada saat itu penulis bertugas dinas jaga pukul 00.00 – 04.00 stand by ECR (*Engine Control Room*), dan pada saat penulis turun untuk mengecek mesin induk dan motor

generator saya melihat temperatur gas buang mesin induk di kapal saya terjadi peningkatan gas buang pada cylinder no 2 dan 5 gas buang normal di kapal MT.EDRICKO 8 adalah 300^{o}c sampe 350^{o}c derajat naik menjadi 500^{o}c dan 400^{o}c kejadian itu segera di laporkan kepada massinis 3 yang berjaga dengan penulis dan massinis 3 turun mengecek terlihat asap tebal hitam pada cerobong asap. Menanadakan ada permasalahan pada penyaluran bahan bakar massinis 3 mencurigai adanya kerusakan injector pada silinder no 2 dan 5. Akibat kejadian ini *engine crew* akan mengadakan pengecekan dan perbaikan pada main engine setelah kapal selesai olah gerak dan berlabuh.

Oleh karena itu, penting untuk menganilis pengaruh turunnya tekanan injektor terhadap proses pembakaran dalam mesin motor induk. Pemahaman yang mendalam tentang hubungan antara tekanan injektor dan karakteristik pembakaran dapat menjadi dasar untuk tindakan perawatan preventif, perbaikan sistem bahan bakar, serta peningkatan efisiensi operasional di atas kapal. Penilitian ini bertujuan untuk mengkaji bagaimana penurunan tekanan injektor memengaruhi efisiensi pembakaran, kinerja mesin, serta dampaknya terhadap konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang pada mesin induk kapal. Di harapkan dari hasil penelitian ini dapat memberikan konstribusi dalam upaya optimalisasi sistem pada mesin Diesel kapal.

Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah di uraikan, maka masalah dalam penelitian ini dapat di susun sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh turunnya tekanan injektor terhadap efisiensi proses pembakaran pada main engine di kapal MT.EDRICKO 8?
2. Apa dampak penurunan tekanan injektor terhadap kinerja dan performa mesin main engine di kapal MT.EDRICKO 8?
3. Upaya apa yang dapat di lakukan untuk mengatasi atau meminimalkan dampak dari turunnya tekanan injektor pada sistem pembakaran main engine kapal MT.EDRICKO 8?

Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Untuk mengetahui pengaruh turunnya tekanan injektor terhadap efisiensi proses pembakaran pada main engine di kapal MT. EDRICKO 8.
2. Untuk mengetahui dampak penurunan tekanan injektor terhadap kinerja dn performa mesin main engine di kapal MT.EDRICKO 8.
3. Untuk mengetahui upaya yang dapat di lakukan untuk mengatasi atau meminimalkan dampak dari turunnya tekanan injekto pada system pembakaran main engine MT.EDRICKO 8.

Manfaat Penelitian

Penelitian ini di harapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Secara teoritis

   Secara teoritis, pembakaran pada mesin Diesel sangat di pengaruhi oleh kualitas penyemporotan bahan bakar dari injektor ke dalam ruang bakar. Tekanan injektor yang optimal akan menghasilkan automisasi bahan bakar yang baik, sehingga campuran bahan bakar dan udara menjadi homogen dan pembakaran berlangsung sempurna. Dalam teori termodinamika dan teknik mesin, efisiensi pembakaran sengat bergantung pada kualitas pencampuran bahan bakar udara, waktu penyalaan, dan distribusi semprotan bahan bakar

   Penurunan tekanan injektor menyebabkan distribusi bahan bakar tidak merata dan tetasan bahan bakar menjadi lebih besar (atomisasi buruk). Hak ini menyebabkan pembakaran tidak sempurna yang berdampak pada penurunan efisiensi teral mesin, peningkatan konsomsui bahan bakar, serta peningkatan emisi gas buang.

   Dengan menganalisis pengaruh tekanan injektor terhadap pembakaran, penelitian ini memperkuat pemahaman teoritis mengenai hubungan antara sistem injeksi bahan bakar dan efisiensi kerja mesin Diesel, sebagaimana di jelaskan dalam prinsip kerja mesin pembakaran dalam (*internal combustion engine*) dan sistem bahan bakar diesel. Secara teoritis, penelitian ini memberikan konstribusi pada perusahaan pelayaran dalam memahami prisnsip kerja sistem injeksi bahan bakar dan dampaknya terhadap kinerja pembakaran. Dengan pemahaman ilmiah yang kuat mengenai pentingnya tekanan injektor dalam sistem pembakaran mesin diesel, perusahaan dapat menyusun kebijakan teknis berbabis data untuk meningkatkan efisiensi operasional. Penelitian juga ini

memberikan landasan akademis bagai perusahaan dalam merancang program pelatihan teknis berbasis khususnya yang berkaitan dengan perawatan sistem bahan bakar. Selain itu, temuan empiris dari kasusnya nyata di kapal MT.EDRICKO 8 memberikan perusahaan referensi yang sahih untuk melakukan pembandingan performa antar kapal dalam armada yang di milikinya. Pengetahuan teoritis yang di hasilkan juga dapat di jadikan dasar dalam pengembangan sistem manajemen keselamatan dan kendala mesin, yang menjadi bagian dalam pelaksanaaan ISM CODE (*internal management*). Dalam demikian, perusahaan memiliki argumen teknis yang kuat dalam audit operasional dan klarifikasi kapal.

2. Secara Praktis

Hasil penelitian ini dapat memberikan informasi yang bermanfaat bagi pelaksana operasional dan teknisi kapal dalam mendeteksi serta menangani masalah pada sistem injeksi bahan bakar, khususnya terkait penurunan tekanan inejktor. Dengan memahami gejala dan dampak dari tekanan injektor yang tidak sesuai, pengguna dapat melakukan tindakan preventif dan korektif lebih awal untuk mencegah kerusakan komponen mesin yang lebih luas. Penelitiaan ini juga dapat di jadikan acuan dalam penyusuanan prosedur perawatan berkala (*maintenance schedule*) dan inspeksi sistem injeksi bahan bakar, guna menjaga efisiensi pembakaran dan performa generator secara optimal. Selain itu pemahaman tentang hubungan antara tekanan injektor dan pembakaran dapat membantu meningkatkan efisiensi bahan bakar, mengurangi biaya operasional kapal, dan meminimalkan emisi gas buang yang merugikan lingkungan. Penelitian ini memberikan manfaat langsung bagi perusahaan pelayaran dalam hal pengelolaan operasional dan pemeliharaan kapal. Penurunan tekanan injector merupakan salah satu penyebab gangguan pada sistem

pembakaran, dan jika tidak terdeteksi sejak dini, dapat menyebabkkan penurunan efisiensi mesin, peningkatan konsumsi bahan bakar, dan bahan kerusakan komponen yang lebih luas. Dengan Hasil penlitiaan ini, perusahaan dapat menyusun prosedur inspeksi dan pemeliharaan preventif yang lebih terarah, serta menyusun standar parameter operasional mesin yang mengacu pada batas toleransi tekanan injektor dan temperatur gas buang. Hal ini akan berdampak langsung pada penghematan biayaya operasiponal dan peningkatan umur pakai komponen mesin. Selain itu perusahaan dapat mengembangkan modul pelatihan internal bagi perwira mesin dan teknisi dengan berbasis pada temuan penelitian ini. Modul tersebut akan mencakup indikator awal kerusakan sistem injeksi, teknik inspeksi tekanan injektor, serta strategi perbaikan darurat saat kapal sedang berlayar. Manfaat lainnya adalah peningkatan keandalan operasional kapal yang dapat meningkatkan reputasi perusahaan di mata pemilik muatan, operator terminal, dan lembaga klasifikasi. Dengan sistem perawatan yang lebuh berbasis data analisis, kapal akan lebih siap dalam menghadapi audit klasifikasi,, PCS inspection, maupun survey tahunan. Bagi kampus atau institusi pendidikan, manfaat praktis dari penelitian ini terletak pada aplikasibilitas langsung hasil penelitian untuk kegiatan praktikum, pelatihan, dan penyusunan standar kompotensi lulusan. Dengan memanfaatkan hasil penelitian sebagai bahan praktik lapangan, mahasiswa tidak hanya mempelajari teori, tetapi juga mengenali masalah aktual yang terjadi di dunia kerja. Penelitian ini juga dapat di jadikan dasar pengembangan instrumen simulasi sistem inejksi bahan bakar, lengkap dengan skenario penurunan tekanan dan dampaknya terhadap temperatur gas buang dan pembakaran. Simulasi akan sangat bermanfaat dalam pembelajaran interaktif dan penguatan kompotensi teknis mahasiswa. Lebih jauh, hasil penelitian ini dapat

di jadikan referensi dalam penyusunan kurikulum, dimana capaian pembelajaran mahasiswa di ukur berdasarkan kemampuan mereka menganalisis dan menyelasaikan masalah nyata di bidang teknik permesinan kapal. Dengan demikian, manfaat teoritis dan praktis dari penelitian ini memberikan konstribusi bagi dua pemangku kepentingan utama, yaitu perusahaan pelayaran dan institusi pendidikan. Melalui integritasi antara temuan ilmiah dan kebutuhan praktis, penelitian ini tidak hanya memperluas wawasan akademik, tetapi juga meningkatkan kualitas operasional dan pembelajaran dalam dunia kemaritiman.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

A. Cara kerja injector

Menurut Ardiansyah dan Prabowo (2021), dalam jurnal teknologi maritim dan mesin kapal, injector berfungsi menyemprotkan bahan bakar solar ke dalam ruang bakar dalam bentuk kabut halus (atomisasi) dengan tekanan, tinggi yang bertujuan untuk mempercepat proses pencampuran dengan udara sehingga terjadi pembakaran yang sempurna. Dalam mesin diesel kapal, tekanan injeksi bisa mencapai lebih dari 1.000 bar agar proses pembakaran tetap efisien meskipun dalam beban kerja tinggi.

Proses atomisasi bahan bakar ke dalam udara bersuhu tinggi memicu penguapan yang mengubah cairan menjadi fase gas sebelum akhirnya terbakar. Reaksi pembakaran ini menghasilkan energi termal yang sangat tinggi, yang secara langsung menciptakan tekanan ekspansi besar untuk menggerakkan mesin. Terkait mekanisme kerjanya, injektor beroperasi melalui tiga sistem utama, yakni:

1. Fungsi injektor

Injektor memegang peranan vital dalam mendistribusikan bahan bakar ke dalam ruang bakar. Komponen nozzle bertugas mengatomisasikan bahan bakar yang berasal dari pompa injeksi ke dalam silinder dengan tekanan spesifik guna memastikan penyebaran yang merata. Bergantung pada jenisnya, injektor akan menyalurkan bahan bakar diesel tepat di akhir langkah kompresi, sesaat sebelum piston mencapai Titik Mati Atas (TMA).

Injektor dirancang untuk mengonversi tekanan tinggi dari pompa injeksi menjadi bentuk kabut dengan rentang tekanan antara 60 hingga 250 kg/cm², yang secara signifikan memicu peningkatan suhu pembakaran. Proses pengabutan ini terjadi satu kali pada setiap siklus kerja. Untuk menjaga presisi, injektor dilengkapi dengan jarum penyemprot yang mengatur mekanisme buka-tutup saluran. Sisa

bahan bakar yang tidak teratomisasi kemudian akan dialirkan kembali menuju tangki melalui saluran balik (*overflow*).

2. Prinsip kerja injektor

Mekanisme kerja injektor dimulai saat bahan bakar bertekanan tinggi dari pompa masuk melalui saluran utama. Tekanan tersebut akan mendorong jarum nozzle ke atas guna melawan gaya pegas, sehingga lubang injektor terbuka dan bahan bakar masuk ke ruang silinder. Dalam proses ini, rembesan bahan bakar yang melewati celah antara jarum dan badan nozzle akan dialirkan kembali ke tangki melalui saluran balik (*overflow*). Prinsip utama mesin diesel adalah memanfaatkan nozzle untuk mengatomisasi bahan bakar menjadi partikel halus. Hal ini dikarenakan mesin diesel mengompresi udara murni pada langkah kompresi hingga mencapai suhu ekstrem yang mampu memicu pembakaran mandiri saat bahan bakar diinjeksikan.

Motor Diesel sering disebut juga motor penyalaan kompresi dan juga motor Diesel terbagi menjadi 2 yaitu:

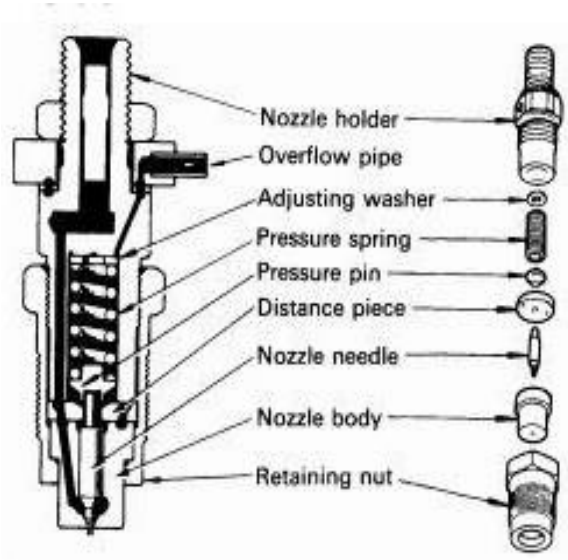
a. Motor Diesel 2 tak

Untuk menghasilkan pengabutan bahan bakar dalam ruang pembakaran memerlukan dua kali langkah torak dalam satu putaran poros engkol dalam satu rangkaian proses kerja.

b. Motor Diesel 4 tak

Pada motor Diesel empat langkah prinsip kerjanya untuk menyelesaikan satu siklus atau satu rangkaian proses kerja hingga menghasilkan pengabutan pembakaran dalam ruang pembakaran dan satu kali langkah usaha diperlukan empat langkah piston**.**

3. Bagian injektor dan fungsinya



Gambar 2. 1 *Nozzle* Injektor

Sumber: https://www.slideshare.net/mobile/JanardhanReddyBom miR/types-of-fuel-injection-system-and-nozzles

1. Komponen Utama Injektor

Secara struktural, injektor terdiri dari beberapa komponen kunci yang bekerja secara terintegrasi:

a. Needle Valve (Katup Jarum): Berperan sebagai katup presisi untuk membuka dan menutup saluran nozzle, guna menghasilkan pengabutan bahan bakar berkecepatan tinggi.

b. Nozzle Body: Merupakan bagian luar yang berfungsi sebagai rumah atau selubung bagi katup jarum.

c. Atomizer Holes: Lubang-lubang mikro pada ujung nozzle yang menjadi jalur keluarnya bahan bakar agar terpecah menjadi partikel kabut.

d. Adjusting Screw (Sekrup Pengatur): Komponen untuk mengalibrasi kualitas pengabutan serta volume bahan bakar yang masuk ke ruang bakar.

e. Nozzle Spring (Pegas): Memberikan gaya tekan elastis agar

katup jarum tetap menutup lubang nozzle hingga tekanan pembukaan tercapai.

f. Nozzle Retaining Nut (Mur Penutup): Berfungsi mengikat dan menyatukan unit nozzle secara kokoh pada badan injektor.

Injector Body: Kerangka utama yang menjadi tempat kedudukan seluruh komponen internal injektor.

h. Spindle: Batang penerus yang menyalurkan gaya tekan dari pegas menuju katup jarum.

2. Prosedur Pengujian dan Kalibrasi Injektor

Untuk memastikan performa mesin tetap optimal, diperlukan pengetesan dan penyetelan berkala sebagai berikut:

- **Pengujian Tekanan (Pressure Test):** Menggunakan alat *Injector Tester*, injektor dipasang pada pipa tekan. Dengan menekan tuas secara perlahan, teknisi memantau manometer untuk mengetahui pada tekanan berapa bahan bakar mulai keluar.
- **Kalibrasi Tekanan:** Jika tekanan yang dihasilkan tidak sesuai dengan spesifikasi pabrikan (*Manual Book*), dilakukan penyetelan pada pegas pengatur hingga mencapai standar tekanan yang ditentukan.
- **Analisis Pola Pengabutan (Spray Pattern):** Saat tuas ditekan perlahan, injektor seharusnya mengeluarkan kabut secara ritmis (terputus-putus). Pola yang tidak normal, seperti pancaran miring, terpilin, atau berbentuk kerucut yang pecah, menunjukkan adanya kerusakan pada nozzle.
- **Simulasi Operasional:** Ketika tuas ditekan secara mendadak,

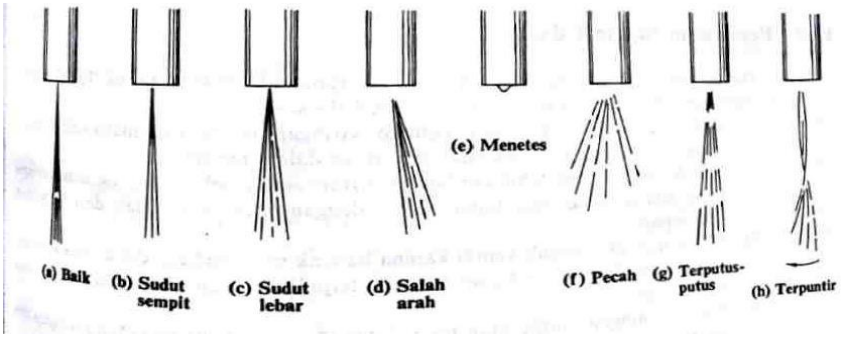
injektor harus menghasilkan kabut yang identik dengan kondisi di dalam ruang bakar. Pada mesin tipe turbulen, sudut puncak semprotan umumnya sekitar 40°.

- **Indikasi Kerusakan:** Injektor yang aus atau rusak akan mengeluarkan bahan bakar dalam bentuk tetesan atau butiran kasar, bukan kabut halus. Selain itu, pemutusan aliran yang tidak tegas (menetes di ujung nozzle) menandakan kegagalan fungsi penutupan katup jarum.

Perbaikan Teknis yang Dilakukan:

1. **Koreksi Istilah:** Mengubah "neadle valve" menjadi **Needle Valve**, "otomiser hoks" menjadi **Atomizer Holes**, dan "sekerup" menjadi **Adjusting Screw**.
2. **Penyempurnaan Satuan:** Menjelaskan bahwa sudut puncak semprotan bervariasi tergantung konstruksi (misalnya 40°).
3. **Gaya Bahasa:** Menggunakan kata kerja aktif yang lebih formal seperti "mengalibrasi", "memantau", dan "mengonstruksi".

Gambar 2. 2 Beberapa Bentuk Pengabutan Yang Tidak Baik.



Sumber:https://www.slideshare.net/mobile/JanardhanReddyBommiR/types-of-fuel-injection-system-and-nozzles

Pengabutan

Menurut Rafi', H. A. (2024), pengaruh pengabutan bahan bakar terhadap proses pembakaran pada motor diesel induk di kapal. Studi ini mengkaji bagaimana keausan *nozzle* dan penyumbatan lubang semprotan pada injector dapat meningkatkan suhu gas buang dan menurunkan efesiensi pembakaran. Penyesuaian injektor yang tidak tepat juga menjadi faktor penyebab pembakaran tidak sempurna.

4. Pada mesin diesel, efisiensi pembakaran sangat bergantung pada kecepatan pencampuran bahan bakar dengan udara bertekanan tinggi. Dalam sistem tertentu, nozzle menyemprotkan bahan bakar ke dalam kamar depan (*Pre-Combustion Chamber*). Sebagian proses pembakaran terjadi di ruang ini, yang kemudian mendesak sisa bahan bakar melalui saluran sempit menuju ruang bakar utama untuk menyempurnakan proses pembakaran. Nozzle berfungsi memecah bahan bakar menjadi partikel mikro (atomisasi) guna memastikan oksidasi terjadi secara menyeluruh.

5. Secara teknis, pengabutan didefinisikan sebagai konversi cairan bahan bakar menjadi kabut halus. Fenomena ini terjadi saat pompa tekanan tinggi mendorong bahan bakar melewati injektor, di mana kualitas kabut yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh besaran tekanan dan kecepatan injeksi.

6. Optimalisasi Kualitas Bahan Bakar untuk Pembakaran Sempurna

7. Proses pengabutan diatur secara presisi sesuai dengan waktu pembakaran (*injection timing*) di dalam silinder. Untuk mempercepat proses kimiawi pembakaran—yaitu pemecahan ikatan molekul hidrokarbon (karbon dan hidrogen) serta reaksinya dengan oksigen—bahan bakar dikondisikan melalui beberapa tahap persiapan:

8. **Pemanasan (Pre-heating):** Menggunakan *heater* untuk menurunkan

viskositas bahan bakar sehingga lebih mudah dikabutkan oleh injektor.

9. **Purifikasi (Pemurnian):** Sebelum mencapai tangki harian (*daily tank*), bahan bakar harus melalui proses purifikasi untuk memisahkan kandungan air dan kotoran padat. Hal ini memastikan hanya bahan bakar bersih yang masuk ke mesin induk guna menjaga keawetan komponen injektor dan optimalisasi energi.

10. **Poin-Poin Perbaikan yang Dilakukan:**

11. **Koreksi Istilah:** Mengubah "Press Combustion Chamber" menjadi **"Pre-Combustion Chamber"** (Kamar Depan) sesuai istilah teknis otomotif/maritim yang benar.

12. **Logika Kimia:** Memperjelas bahwa bahan bakar diesel terdiri dari molekul hidrokarbon, sementara oksigen berasal dari udara di dalam silinder.

13. **Efisiensi Kalimat:** Menghilangkan pengulangan kata yang tidak perlu (seperti "bahan bakar yang kecil antara...") dan merapikan struktur kalimat yang rancu menjadi poin-poin yang koheren.

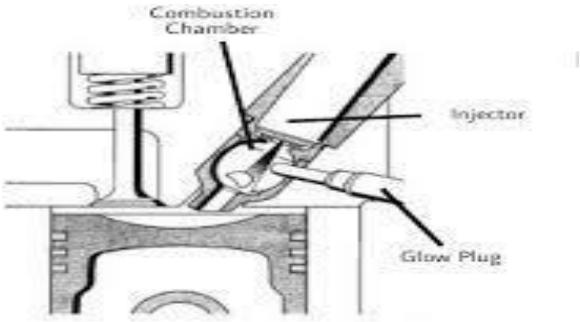
11. Sistem Pengabutan

Mengenai cara penyemprotan bahan bakar dan pembentukan campuran dikenal dua sistem utama yaitu:

a. Penyemprotan Tidak Langsung

Dalam hal ini bahan bakar akan disemprotkan ke dalam sebuah pembakaran pendahuluan yang terpisah di ruang pembakaran utama. Ruang tersebut memiliki 25% - 60% dari volume total ruang pembakaran.

Gambar 2. 3 Penyemprotan Tidak Langsung



Sumber:https://www.slideshare.net/mobile/JanardhanReddy BommiR/types-of-fuelinjection-system-and-nozzles.

Sistem injeksi tidak langsung menawarkan keunggulan spesifik berupa waktu penyalaan yang lebih presisi dengan jeda pembakaran (*ignition delay*) yang sangat singkat, sehingga mesin tidak terlalu bergantung pada standar kualitas bahan bakar yang tinggi. Selain itu, mekanisme ini memungkinkan mesin beroperasi secara lebih halus dan tenang karena tekanan pembakaran puncak yang dihasilkan relatif rendah. Dari sisi pemeliharaan, penggunaan nozzle berlubang tunggal dengan diameter lubang yang cukup besar memberikan keuntungan teknis berupa minimnya risiko penyumbatan oleh kotoran atau residu karbon.

Namun demikian, sistem ini memiliki beberapa kelemahan, di antaranya adalah efisiensi atau rendemen mesin yang lebih rendah akibat adanya hambatan aliran serta hilangnya energi panas di dalam ruang bakar tambahan (ruang pendahuluan dan ruang pusar). Selain itu, mesin dengan sistem ini cenderung sulit untuk dihidupkan dalam kondisi dingin, sehingga memerlukan perangkat bantuan seperti busi pijar (*glow plug*) atau elemen pemanas lainnya sebagai pemicu awal. Oleh karena karakteristiknya tersebut, teknologi penyemprotan melalui ruang pendahuluan dan ruang pusar ini umumnya hanya diaplikasikan pada mesin diesel dengan putaran tinggi.

b. Penyemprotan Langsung

Pada sistem mesin diesel, bahan bakar dengan tekanan ekstrim disemprotkan secara langsung ke dalam ruang bakar utama (tipe *open combustion chamber*). Besaran tekanan ini disesuaikan dengan spesifikasi mesin; pada mesin putaran rendah, tekanan dapat mencapai 1000 Bar, sementara pada mesin putaran menengah yang menggunakan bahan bakar berat (*heavy fuel oil*), tekanan injeksi dapat ditingkatkan hingga 1500 Bar.

Gambar 2. 4 Penyemprotan Langsung

Sumber:https://www.slideshare.net/mobile/JanardhanReddyBom miR/types-of-fuelinjection-system-and-nozzles.

Konstruksi ruang bakar sangat menentukan jumlah injektor yang digunakan, di mana sebuah mesin dapat dilengkapi dengan satu hingga tiga unit pengabut tipe lubang banyak (*multi-hole nozzle*). Adapun sistem injeksi langsung (*direct injection*) memiliki jangkauan aplikasi yang luas, mulai dari mesin dengan putaran rendah dan menengah hingga sebagian besar mesin putaran tinggi.Pengabutan Bahan Bakar

Proses atomisasi atau **pengabutan bahan bakar** merupakan tahap pemecahan molekul bahan bakar menggunakan

injektor pada tekanan 160 kg/cm^2 dengan kecepatan operasional standar 1500 RPM. Secara kimiawi, bahan bakar yang dikabutkan terdiri dari berbagai unsur seperti karbon, hidrogen, nitrogen, serta kandungan air dan udara yang persentasenya bervariasi. Tujuan utama dari mekanisme ini adalah untuk menghasilkan partikel bahan bakar yang sangat halus guna memicu pembakaran yang efisien dan menjaga stabilitas putaran mesin induk.

Injeksi bahan bakar ke dalam ruang bakar sangat bergantung pada komponen utama berupa *nozzle* dan rumah *nozzle*. Efektivitas volume pengabutan dipengaruhi oleh kondisi fisik alat pengabut, kualitas bahan bakar itu sendiri, serta akurasi tekanan dari pompa injeksi. Mengingat peran vitalnya yang berlangsung terus-menerus selama mesin beroperasi, perawatan dan pemeriksaan kualitas hasil pengabutan secara rutin sangat diperlukan untuk menjamin performa mesin tetap optimal.

c. Teori Penyebab Pengabutan Tidak Normal

Kelalaian dalam pemeliharaan komponen sistem bahan bakar, khususnya pada bagian tangki dan filter, dapat memicu kontaminasi kotoran yang masuk ke dalam injektor. Akumulasi kotoran ini berisiko mempersempit hingga menyumbat lubang *nozzle* secara total. Selain penyumbatan, gangguan pengabutan juga sering disebabkan oleh kebocoran atau tetesan bahan bakar pada ujung *nozzle*. Tetesan yang terjadi di luar waktu injeksi yang tepat ini memicu pembentukan gas yang bercampur dengan udara di ruang bakar secara tidak proporsional. Fenomena tersebut menghambat proses pembakaran yang ideal, yang pada akhirnya berdampak pada munculnya emisi gas buang berwarna hitam melalui cerobong.

Menurut panen raya diesel (2025), fungsi dan peran

nozzle pada injektor mesin diesel. Artikel ini menjelaskan bahwa nozzle pada injektor berfungsi untuk menyemprotkan bahan bakar ke dalam ruang bakar dalam bentuk kabut halus, mengontrol volume bahan bakar, menentukan pola penyemprotan, dan menjaga tekanan bahan bakar. Peran ini sangat penting dalam meningkatkan efesiensi pembakaran mesin diesel.

Ujung *nozzle* umumnya dilengkapi dengan 4 hingga 10 lubang mikro yang memiliki diameter berkisar antara 0,2 hingga 0,8 mm. Untuk meminimalisir massa dan inersia, batang katup jarum dirancang dengan dimensi sependek mungkin. Selain itu, konstruksi katup ini tidak menggunakan pengepakan (*packing*) guna mencegah keausan berlebih. Sebagai gantinya, presisi antara dudukan dan jarum katup ditingkatkan secara akurat untuk meminimalisir risiko kebocoran bahan bakar melalui celah-celah komponen tersebut.

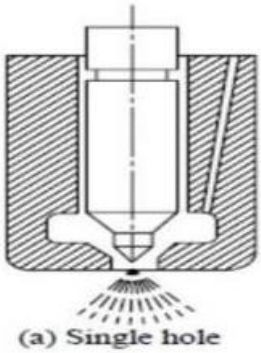
14. Jenis-Jenis *Nozzle*

Menyebutkan bahwa *Nozzle injector* terbagi menjadi beberapa jenis seperti:

a. *Nozzle* Berlubang Tunggal *(Single Hole Nozzle)*

Semprotan atau kabutan bahan bakar yang dihasilkan berbentuk tirus. Daerah sudut 4°-5° yang dikeluarkan oleh ujung *nozzle* yang berlubang satu. Jika masalah ini terus berlanjut, dapat menyebabkan semprotan bahan bakar yang tidak merata. Sudut semprotan yang dapat di gunakan dalam situasi ini pun terbatas. Oleh karena itu, lubang tunggal di gunakan pada mesin dimana bentuk bahan bakar menciptakan pusaran, sehingga tidak memerlukan atomisasi bahan bakar yang halus dan seragam. Jenis *nozzle* yang memungkinkan pengunaannya pada mesin kecil dengan kecepatan tinggi.

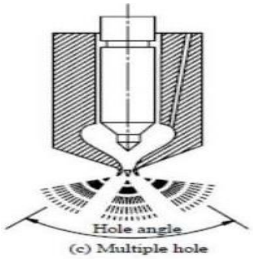
Gambar 2. 5 Single hole nozzle



Sumber:https://www.slideshare.net/mobile/JanardhanReddyBommiR/types-of-fuelinjection-system-and-nozzles.

b. *Nozzle* Berlubang Banyak *(Multi Hole Nozzle)*

Komponen nozzle tipe ini umumnya diimplementasikan pada mesin Diesel dengan sistem injeksi langsung (Direct Injection). Penggunaannya bertujuan untuk memastikan distribusi bahan bakar dapat menjangkau seluruh area ruang bakar yang memiliki desain dangkal. Secara teknis, diameter lubang semprot pada nozzle ini berkisar antara 0,0006 hingga 0,0033 inci. Bergantung pada besarnya diameter silinder mesin, jumlah lubang injeksi dapat bervariasi, mulai dari tiga hingga delapan belas lubang.



Gambar 2. 6 Multi hole nozzle

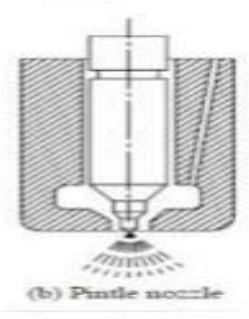
Sumber:https://www.slideshare.net/mobile/JanardhanReddy BommiR/types-of-fuelinjection-system-and-nozzles.

c. *Nozzle* Model *Pintle Type*

Jenis *nozzle* ini dirancang khusus untuk mesin Diesel yang menggunakan sistem ruang bakar pembantu, seperti kamar depan

(*pre-combustion chamber*) dan kamar pusar (*swirl chamber*). Karakteristik utamanya terletak pada penggunaan katup dengan ujung berbentuk batang atau pena yang dikenal sebagai "Pintle". Konfigurasi pena ini dirancang secara spesifik untuk menghasilkan pola semprotan yang sesuai dengan kebutuhan ruang bakar. Melalui desain profil pena yang tepat, sistem ini mampu menghasilkan distribusi bahan bakar mulai dari bentuk silindris dengan penetrasi tinggi hingga bentuk konis berongga dengan sudut sebaran 60°. Keunggulan lain dari mekanisme ini adalah gerakannya yang presisi dan seragam, yang secara efektif berfungsi membersihkan diri untuk mencegah akumulasi endapan karbon atau kerak pada ujung *nozzle*.

Gambar 2. 7 Pintle nozzle



Sumber:https://www.slideshare.net/mobile/JanardhanReddyBo m miR/types-of-fuelinjection-system-and-nozzles.

Bahan Bakar

1. Persyaratan-Persyaratan Injeksi Bahan Bakar

Menurut Rakopoulos, D. C., Rakopoulos, C. D., & Giakoumis, E. G. (2021), artikel ini membahas berbagai strategi injeksi modern untuk meningkatkan kinerja dan mengurangi emisi mesin pembakaran internal, termasuk mesin diesel. Adapun Persyaratan- persyaratan utama yang harus dipenuhi oleh system injeksi bahan bakar agar dapat tercapai pengabutan yang optimal yaitu, mempunyai beberapa hal yang

harus dipertahankan yakni:

2. Sistem Sirkulasi Bahan Bakar

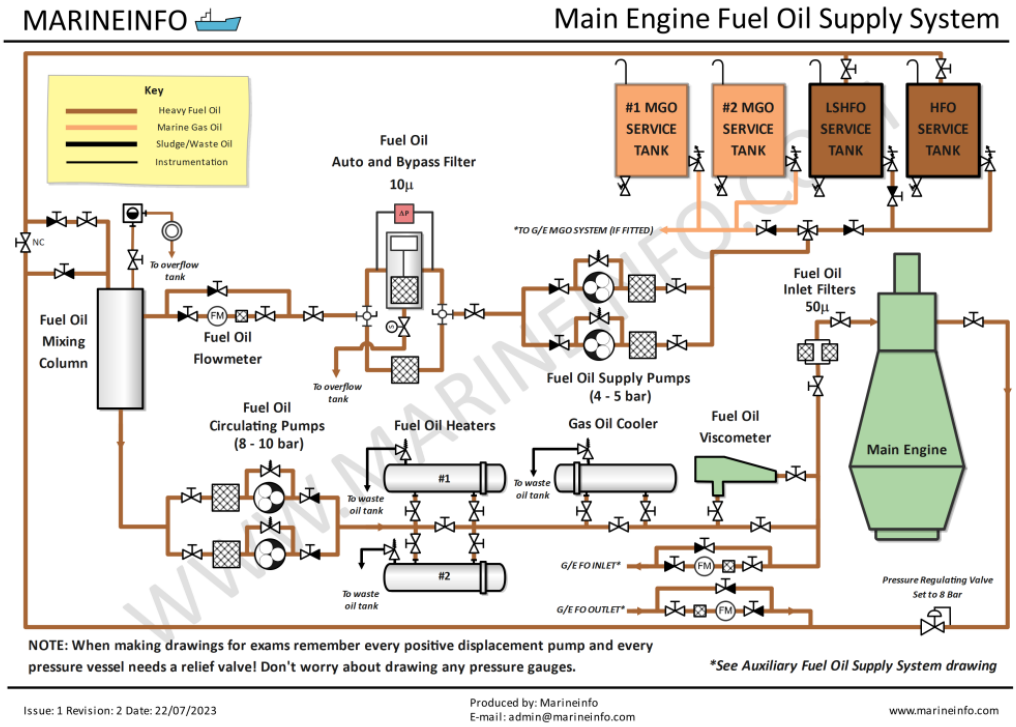
a. Akurasi Takaran Bahan Bakar Penakaran bahan bakar yang presisi berarti volume minyak yang diinjeksikan dalam setiap siklus harus proporsional dengan beban kerja mesin. Selain itu, setiap silinder wajib menerima jumlah bahan bakar yang identik pada setiap langkah usaha. Konsistensi distribusi volume inilah yang menjamin mesin dapat beroperasi dengan kecepatan putaran yang stabil dan seragam.

b. Kualitas Atomisasi (Pengabutan) Proses perubahan aliran bahan bakar menjadi partikel kabut halus harus disesuaikan dengan karakteristik desain ruang bakar. Pengabutan yang optimal mempermudah inisiasi pembakaran dan memastikan setiap butiran mikro bahan bakar terselimuti oleh partikel oksigen, sehingga campuran udara dan bahan bakar menjadi homogen.

c. Ketepatan Laju Injeksi Kecepatan injeksi memiliki pengaruh yang setara dengan pengaturan waktu (*timing*). Laju injeksi yang terlalu tinggi akan memberikan dampak yang sama dengan injeksi yang terlalu dini. Sebaliknya, jika laju injeksi terlalu lambat, maka efek yang dihasilkan serupa dengan keterlambatan waktu injeksi, yang keduanya dapat mengganggu efisiensi pembakaran.

d. Distribusi Bahan Bakar di Ruang Bakar Bahan bakar harus tersebar secara merata ke seluruh area ruang bakar agar dapat bereaksi dengan oksigen yang tersedia. Distribusi yang buruk menyebabkan sebagian oksigen tidak terpakai dalam proses oksidasi, yang pada akhirnya menurunkan performa dan daya output mesin.

e. Akurasi Pengaturan Waktu (*Timing*) Injeksi Penentuan titik awal injeksi yang tepat sangat krusial untuk menghasilkan daya maksimum dan pembakaran yang sempurna.



Gambar 2. 8 Sistem Sirkulasi Bahan Bakar

Sumber : System Bahan Bakar Motor Diesel 2010

Bahan bakar HFO dari tangki dipompa dengan pompa yang digerakkan dengan eletrikmotor menuju tangki pengendapan, dari

Proses pengabutan atau atomisasi merupakan tahap krusial dalam siklus mesin Diesel, di mana molekul bahan bakar dipecah melalui injektor pada tekanan operasional 160 kg/cm^2 dengan kecepatan standar 1500 RPM. Secara teknis, bahan bakar yang dikabutkan mengandung unsur utama seperti karbon, hidrogen, dan nitrogen, serta persentase air dan udara tertentu. Tujuan utama dari proses ini adalah menghasilkan butiran bahan bakar yang sangat halus agar mudah bereaksi dengan oksigen,

sehingga menjamin kesempurnaan pembakaran dan stabilitas putaran mesin induk. Namun, efektivitas sistem ini sangat bergantung pada perawatan komponen pendukung seperti tangki dan filter. Kelalaian dalam pemeliharaan dapat menyebabkan kontaminasi kotoran yang memicu penyumbatan pada lubang *nozzle*. Gangguan ini sering kali ditandai dengan tetesan bahan bakar di ujung pengabut yang merusak pola pembakaran, membentuk gas yang tidak diinginkan, dan akhirnya menghasilkan emisi asap hitam pada cerobong akibat pembakaran yang tidak tuntas.

Ditinjau dari sisi konstruksi, lubang pada ujung *nozzle* memiliki diameter mikro antara 0,2 hingga 0,8 mm dengan jumlah yang bervariasi antara 4 hingga 18 lubang, tergantung pada dimensi silinder dan kebutuhan daya mesin. Pada sistem *Direct Injection*, *nozzle* dirancang untuk menyebarkan bahan bakar secara merata ke seluruh area ruang bakar yang dangkal. Sementara itu, untuk mesin dengan sistem kamar depan atau kamar pusar, digunakan tipe *Pintle Nozzle* yang memiliki katup berbentuk pena. Desain ini memungkinkan pembentukan pola semprotan konis dengan sudut 60° yang presisi, sekaligus berfungsi mencegah akumulasi kerak karbon melalui gerakan mekanisnya yang konstan. Keberhasilan seluruh proses ini memerlukan akurasi penakaran volume yang sesuai dengan beban mesin, kualitas pengabutan yang homogen, serta ketepatan laju dan waktu injeksi (*timing*) guna menghindari operasional mesin yang kasar atau kehilangan daya akibat injeksi yang terlalu dini maupun terlambat.

Dalam alur distribusinya, bahan bakar dari tangki pengendapan terlebih dahulu melalui proses purifikasi di unit separator setelah melewati saringan dan pemanas awal. Dari tangki harian (*service tank*), pompa suplai elektrik menjaga tekanan konstan pada rentang 4-6 bar sebelum bahan bakar didorong

menuju mesin induk melalui *full flow filter* dan pemanas akhir. Guna menjaga reliabilitas pasokan, kapasitas pompa sirkulasi sengaja dirancang berlebih sehingga sisa bahan bakar dapat dikembalikan ke sistem melalui kotak ventilasi. Mekanisme ventilasi ini berperan penting dalam memisahkan kandungan gas atau udara yang terjebak sebelum bahan bakar cair dialirkan kembali ke pipa isap pompa sirkulasi, memastikan siklus distribusi tetap bersih dan efisien.

Kualitas Pengabutan Bahan Bakar

Untuk mempertahankan kualitas bahan bakar dalam mencapai suatu pengabutan yang baik terhadap performance mesin induk maka ada hal yang harus di perhatikan yaitu:

d. Kandungan bahan bakar

Beberapa kandungan bahan bakar yang harus di pertahankan kualitasnya agar memperoleh suatu pengabutan yang baik yaitu:

1) Kepekatan Perbandingan

Antara massa dari suatu volume tertentu bahan bakar dengan massa air dengan volume yang sama. Kepekatan dinyatakan pada suhu 15 ºC.

2) Viskositas kinetis

Suatu ukuran untuk kekentalan bahan bakar. Viskositas sangat dipengaruhi oleh suhu, satuan yang diakui saat ini adalah centistoke (cts) sama dengan mm2/det.

3) Residu titik nyala

Suhu terendah dalam derajat celcius yang mengakibatkan suatu campuran bahan bakar dan udara dalam sebuah bejana tertutup menyala dengan sebuah bejana api.

4) Kadar belerang

Kadar belerang sebagai molekul terikat pada zat C-H

sehingga tidak dapat dipisahkan. Kadar belerang sangat penting mengingat timbulnya korosi pada suhu rendah dari bagian motor karena pendinginan dari bahan pembakaran

5) Kadar air

Air dapat mengakibatkan masalah pada waktu pembersihan dari bahan bakar yang dapat mengakibatkan korosi pada pompa bahan bakar.

6) Kadar abu

Kadar material anorganis dalam bahan bakar. Material tersebut mungkin sudah ada dalam minyak bumi, akan tetapi dapat juga terbawa sewaktu transportasi dan rafinasi.

7) Kadar vanadium

Bila dalam bahan bakar terdapat vanadium dan natrium dapat mengakibatkan sebab terjadinya pada suhu dalam motor.

8) Kadar alumunium

Bila dalam bahan bakar terdapat alumunium maka akan mengakibatkan kerusakan berat akibat keausan dalam pompa, bahan bakar, pengabut, pegas torak dan selinder.

e. Sifat – sifat bahan bakar

Beberapa sifat yang sangat penting bagi pemakaian bahan bakar, diantaranya adalah:

1) Energy spesifik (nilai pembakaran)

Hal ini merupakan panas dalam yang bebas pada pembakaran 1kg bahan bakar yang dapat dibedakan antara energi spesifik bruto atau nilai pembakaran atas energi spesifik neto atau nilai pembakaran bawah atau nilai opak.

2) Sifat penyalaan hal ini sangat penting dalam pemakaian bahan bakar.

Dalam hal tersebut belum terdapat metode yang diterapkan untuk menetapkan kriteria yang praktis dari sifat

penyalaan bahan bakar.

3) Kadar natrium ini sangat penting dalam kaitannya dengan kemungkinan terjadinya korosi pada suhu tinggi yang di akibatkan karena ikatan natrium/vanadium. Kadar natrium sangat dipengaruhi oleh pengotoran dengan air laut sebesar 1% dapat mengakibatkan kadar natrium sebesar 100 PPM (*Parts Per Million, mg/kg*)

4) Daya campur

Daya campur dari bahan bakar cair adalah kemungkinan untuk saling mencampur beberapa jenis bahan bakar tanpa mengakibatkan endapan besar asfalteen (kotoran) dalam campuran.

f. Spesifikasi bahan bakar

Berdasarkan bentuk fisiknya bahan bakar dibedakan antara lain.

1) Padat : Kayu, kertas, batu bara, kokas, dan lain-lain.
2) Cair : Solar, bensin, *koresene, HFO, MDO, HSD.*
3) Gas : Gas alam, *LPG, LNG*.
4) Nuklir : *Uranium, plutonium*

Perawatan

Mekanisme atomisasi atau pengabutan merupakan proses vital dalam siklus pembakaran mesin Diesel, di mana molekul bahan bakar dipecah melalui injektor pada tekanan operasional 160 kg/cm^2 dengan kecepatan standar 1500 RPM. Kualitas pengabutan ini secara langsung dipengaruhi oleh kondisi fisik komponen serta kemurnian bahan bakar yang mengandung unsur karbon, hidrogen, dan nitrogen. Tujuan utamanya adalah menghasilkan partikel mikroskopis agar bahan bakar mudah bereaksi dengan oksigen, sehingga tercipta pembakaran sempurna yang menjaga stabilitas putaran mesin induk. Namun, efektivitas ini

sering terganggu oleh kurangnya pemeliharaan pada tangki dan filter, yang memicu kontaminasi kotoran ke dalam injektor. Akibatnya, lubang *nozzle* dapat mengalami penyempitan atau penyumbatan, serta munculnya fenomena penetesan bahan bakar di ujung pengabut. Hal ini tidak hanya memicu pembentukan gas yang tidak stabil di ruang bakar, tetapi juga menyebabkan penurunan daya mesin dan munculnya emisi asap hitam pada cerobong. Secara teknis, ujung *nozzle* memiliki konfigurasi presisi dengan 4 hingga 18 lubang berdiameter 0,2 hingga 0,8 mm (atau sekitar 0,0006 - 0,0033 inci), disesuaikan dengan dimensi silinder. Pada sistem *Direct Injection*, *nozzle* dirancang untuk mendistribusikan bahan bakar secara meluas ke seluruh area ruang bakar yang dangkal. Sedangkan pada mesin dengan sistem kamar depan atau kamar pusar, digunakan tipe *Pintle Nozzle* yang memiliki ujung katup berbentuk pena untuk menghasilkan pola semprotan konis dengan sudut 60°. Keberhasilan proses injeksi ini bersandar pada lima pilar utama: penakaran volume yang akurat sesuai beban mesin, atomisasi yang homogen, ketepatan laju injeksi, distribusi yang merata, serta akurasi waktu penyemprotan (*timing*). Kesalahan pengaturan waktu, baik terlalu dini maupun terlambat, akan berdampak fatal pada efisiensi termal, meningkatkan kebisingan mesin, hingga mempercepat keausan komponen dinding silinder. Dalam sistem distribusinya, bahan bakar dari tangki pengendapan (*settling tank*) dimurnikan melalui separator setelah melewati saringan dan pemanas awal guna mengatur viskositas. Selanjutnya, pompa suplai elektrik mendorong bahan bakar dari tangki harian (*service tank*) dengan tekanan stabil 4-6 bar menuju mesin induk melalui *full flow filter*. Untuk menjaga reliabilitas, sistem sirkulasi dirancang dengan kapasitas berlebih, di mana sisa bahan bakar dialirkan kembali melalui kotak ventilasi untuk membuang kandungan gas sebelum diputar kembali ke pipa isap. Mengingat

kompleksitas sistem ini, strategi perawatan menjadi hal yang krusial. Terdapat dua pendekatan utama: perawatan insidentil yang bersifat reaktif terhadap kerusakan, dan perawatan berencana yang lebih preventif. Jika ditemukan penurunan kualitas pengabutan, prosedur perbaikan harus segera dilakukan dengan membongkar unit *nozzle*, membersihkannya menggunakan bensin atau MDO bersih, serta melakukan perakitan ulang secara presisi tanpa menukar pasangan katup untuk menjamin performa mesin tetap optimal.

Hipotesis

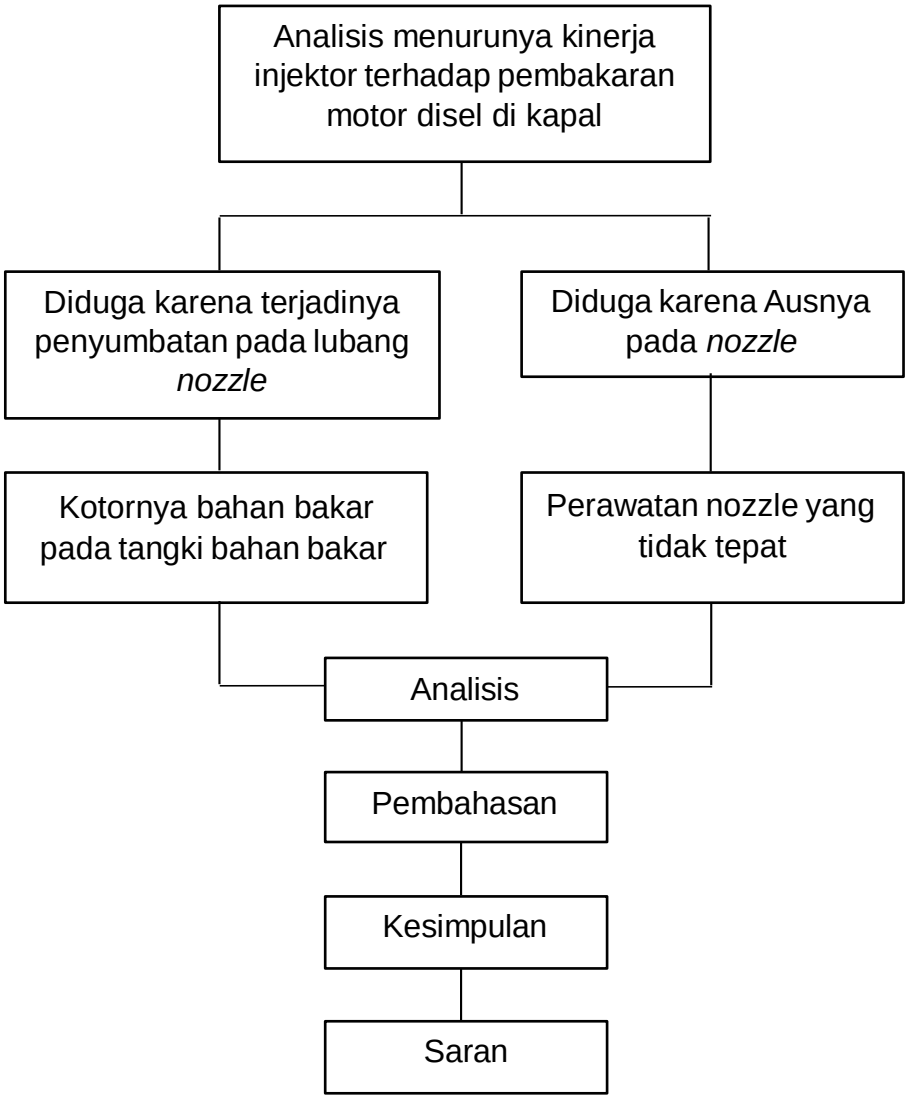
Berdasarkan pokok permasalahan yang dikemukakan oleh penulis di atas, maka yang menjadi hipotesis dalam penulisan skripsi iniadalah:

1. Terjadinya penyumbatan pada lubang pada *Nozzle*
2. keausan pada *Nozzel*

Kerangka Pikir

Sesuai dengan judul skripsi yang diambil maka susunan kerangka pikirnya adalah sebagai berikut :

Gambar 2. 9 Kerangka pikir



BAB III
METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Penulis menerapkan metode eksperimen kuantitatif dalam penelitian ini. Pemilihan metode tersebut didasarkan pada sumber data yang berasal dari observasi langsung terhadap performa injektor, baik sebelum maupun sesudah dilakukan tindakan perawatan. Data teknis yang dihimpun mencakup parameter numerik seperti tekanan kerja injektor dan fluktuasi suhu gas buang pada mesin induk di kapal MT. Edricko 8. Penggunaan data berbasis angka ini bertujuan untuk menghasilkan analisis yang bersifat objektif, terukur, dan memiliki validitas tinggi.

Pendekatan penelitian dilakukan melalui dua jalur utama:

Studi Lapangan (*Field Research*): Dilaksanakan melalui observasi mendalam di atas kapal selama periode praktik laut untuk mendapatkan data riil operasional mesin.

Studi Kepustakaan (*Library Research*): Dilakukan dengan mengkaji berbagai literatur ilmiah, jurnal teknik, serta buku manual mesin yang berkaitan dengan sistem injeksi bahan bakar.

Tujuan utama dari riset ini adalah untuk mengevaluasi korelasi antara kondisi fisik injektor dengan kenaikan suhu gas buang pada mesin penggerak utama. Penelitian difokuskan pada identifikasi variabel yang memengaruhi efisiensi injektor, di antaranya adalah fenomena penyumbatan *nozzle* dan tingkat keausan komponen. Selain itu, dilakukan analisis komparatif antara penggunaan komponen OEM (*Original Equipment Manufacturer*) dan non-OEM untuk melihat pengaruh signifikannya terhadap efisiensi pembakaran serta dampak termal yang dihasilkan pada gas buang.

Definisi Operasional Variable

Dalam penelitian ini terdapat dua jenis variabel yang digunakan, yaitu variabel independen (bebas) dan variabel dependen (terikat):

1. Variabel Independen (X)

   Variabel independen dalam penelitian ini adalah kondisi injektor yang meliputi:

   a. Tekanan injektor (tinggi atau rendahnya tekanan injektor sebelum dan sesudah perawatan)
   b. Keausan injektor (tingkat keausan komponen nozzle dan injektor)
   c. Jenis injektor (penggunaan injektor OEM dan non-OEM).
   d. Penyumbatan pada nozzle (adanya kerak atau kotoran yang menghambat semprotan bahan bakar)

   Variabel ini menjadi faktor yang mempengaruhi suhu gas buang pada mesin induk kapal MT. Edricko 8.

2. Variable Dependen

   Dalam penelitian ini, **variabel dependen** (variabel terikat) yang ditetapkan adalah **temperatur gas buang mesin induk**. Variabel ini merepresentasikan output suhu yang dihasilkan dari proses termodinamika pembakaran di dalam silinder, yang nilai signifikansinya sangat dipengaruhi oleh efektivitas kinerja injektor. Parameter suhu gas buang ini dipantau menggunakan satuan derajat Celsius (°C), di mana fluktuasi nilainya—baik kenaikan maupun penurunan—menjadi indikator utama untuk mengevaluasi kondisi teknis dan kualitas pengabutan pada sistem injeksi bahan bakar.

Populasi Dan Sampel Penelitian

Ruang lingkup populasi dan sampel dalam penelitian ini berpusat pada parameter teknis serta komponen yang memengaruhi korelasi antara performa injektor dan fluktuasi suhu gas buang pada mesin induk di kapal MT. Edricko 8. Unsur-unsur yang menjadi fokus utama dalam populasi ini meliputi:

1. **Kondisi Teknis Injektor: Evaluasi komprehensif terhadap unit injektor, mencakup perbandingan antara kondisi sebelum dan sesudah pemeliharaan, serta pemeriksaan akurasi tekanan pengabutan dan kualitas pola distribusi bahan bakar.**
2. **Temperatur Gas Buang: Parameter pengukuran suhu pada saluran buang mesin induk yang digunakan sebagai indikator utama untuk mengukur tingkat efisiensi pembakaran di dalam ruang bakar.**
3. **Klasifikasi Komponen: Analisis komparatif terhadap penggunaan injektor OEM (*Original Equipment Manufacturer*) dan non-OEM guna mengidentifikasi pengaruh masing-masing jenis terhadap stabilitas suhu gas buang dan performa mesin secara keseluruhan.**
4. **Prosedur *Maintenance*: Tahapan perawatan yang meliputi pembersihan komponen, kalibrasi ulang tekanan, serta penggantian bagian yang terindikasi mengalami keausan fisik.**
5. **Verifikasi Pasca-Perawatan: Pengujian kembali tekanan kerja dan pengukuran temperatur gas buang guna memvalidasi efektivitas tindakan perawatan terhadap optimalisasi efisiensi pembakaran.**

Teknik Pengumpulan Data

Ruang lingkup populasi dan sampel dalam penelitian ini berpusat pada

parameter teknis serta komponen yang memengaruhi korelasi antara performa injektor dan fluktuasi suhu gas buang pada mesin induk di kapal MT. Edricko 8. Unsur-unsur yang menjadi fokus utama dalam populasi ini meliputi:

1. **Kondisi Teknis Injektor: Evaluasi komprehensif terhadap unit injektor, mencakup perbandingan antara kondisi sebelum dan sesudah pemeliharaan, serta pemeriksaan akurasi tekanan pengabutan dan kualitas pola distribusi bahan bakar.**
2. **Temperatur Gas Buang: Parameter pengukuran suhu pada saluran buang mesin induk yang digunakan sebagai indikator utama untuk mengukur tingkat efisiensi pembakaran di dalam ruang bakar.**
3. **Klasifikasi Komponen: Analisis komparatif terhadap penggunaan injektor OEM (*Original Equipment Manufacturer*) dan non-OEM guna mengidentifikasi pengaruh masing-masing jenis terhadap stabilitas suhu gas buang dan performa mesin secara keseluruhan.**
4. **Prosedur *Maintenance*: Tahapan perawatan yang meliputi pembersihan komponen, kalibrasi ulang tekanan, serta penggantian bagian yang terindikasi mengalami keausan fisik.**
5. **Verifikasi Pasca-Perawatan: Pengujian kembali tekanan kerja dan pengukuran temperatur gas buang guna memvalidasi efektivitas tindakan perawatan terhadap optimalisasi efisiensi pembakaran.**

Keseluruhan populasi ini diintegrasikan untuk memberikan pemahaman mendalam mengenai kontribusi setiap faktor terhadap perubahan suhu gas buang. Selain itu, data ini menjadi fondasi kuat dalam menganalisis hubungan antara kualitas atomisasi, efisiensi pembakaran, dan dampak pemeliharaan terhadap performa mesin

diesel pada kapal MT. Edricko 8 secara objektif.

Teknik Analisis Data

Metodologi dan Teknik Analisis Data Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen kuantitatif sebagai kerangka kerja utama untuk menganalisis pengaruh performa injektor terhadap fluktuasi suhu gas buang pada mesin induk di kapal **MT. Edricko 8**. Data yang dihimpun bersifat numerik dan objektif, yang diperoleh melalui observasi langsung terhadap parameter teknis seperti tekanan kerja injektor dan temperatur gas buang, baik sebelum maupun sesudah dilakukan tindakan pemeliharaan. Pendekatan penelitian dilakukan secara komprehensif melalui studi lapangan (*field research*) selama periode praktik laut serta studi kepustakaan (*library research*) dengan merujuk pada manual instruksi mesin dan jurnal ilmiah terkait sistem bahan bakar. Tujuan utama riset ini adalah mengevaluasi korelasi antara kondisi fisik injektor dengan efisiensi pembakaran, dengan fokus khusus pada identifikasi variabel penyebab seperti penyumbatan *nozzle*, tingkat keausan komponen, serta perbandingan kinerja antara komponen OEM (*Original Equipment Manufacturer*) dan non-OEM.

Jadwal Penelitian

Gambar 3. 1 Tabel Jadwal Penelitian

No	Kegiatan	Tahun 2023											
		Bulan											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Pengumpulan Data Buku Referensi												
2	Pemilihan judul												
3	Penyusunan proposal dan bimbingan												
4	Seminar judul												
5	Pengoreksian seminar proposal												
6	Pengambilan data												
		Tahun 2023											
		Bulan											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
7	Pengambilan data												
8	Pengolahan Data dan bimbingan hasil skripsi												
9	Di Seminar Hasilkan penelitian serta perbaikan												
		Tahun 2025											
		Bulan											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
10	Seminar Hasil penelitian dan perbaikan												
11	Ujian tutup skripsi dan Uji Trunitin												
		Tahun 2025											
		Bulan											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
12	Pembukuan/Jilid												