

**ANALISIS PENYEBAB KERUSAKAN INJEKTOR MESIN
DIESEL GENERATOR DI KAPAL
FC. NAQALA BARKA III**



Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Menyelesaikan Program Pendidikan Dan
Pelatihan Pelaut (DP) Tingkat I.

MESAK DUMA' UPA'
NIS. 24.11.102.018
AHLI TEKNIKA TINGKAT I

**PROGRAM PELAUT TINGKAT I POLITEKNIK ILMU
PELAYARAN MAKASSAR TAHUN 2024**

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : MESAK DUMA' UPA'

Nomor Induk Perwira Siswa : 24.11.102.018

Jurusan : Ahli Teknika Tingkat I

Menyatakan bahwa KIT yang saya tulis dengan judul:

Analisis Penyebab Kerusakan Injektor Mesin Diesel Generator di Kapal FC. Naqala Barka III

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

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

Makassar, 4 Februari 2025



MESAK DUMA' UPA'
24.11.102.018

**PERSETUJUAN SEMINAR
KARYA ILMIAH TERAPAN**

Judul : Analisis Penyebab Kerusakan Injektor Mesin Diesel
Generator di Kapal FC. Naqala Barka III

Nama Pasis : MESAK DUMA' UPA'

NIS : 24.11.102.018

Program Diklat : Ahli Teknika Tingkat I

Dengan ini dinyatakan telah memenuhi syarat untuk di seminarkan

Makassar, 4 Februari 2025

Menyetujui,

Pembimbing I



Ir. Suyuti, M.Si., M.Mar.E
NIP. 19680508 200212 1 002

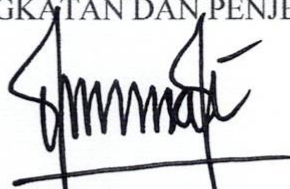
Pembimbing II



Musriady, S.Si.T., M.Mar.E
NIP. 19800303 202321 1 019

Mengetahui:

MANAGER DIKLAT TEKNIS,
PENINGKATAN DAN PENJENJANGAN



Ir. Suyuti, M.Si., M.Mar.E
NIP. 19680508 200212 1 002

**ANALISIS PENYEBAB KERUSAKAN INJEKTOR MESIN DIESEL
GENERATOR DI KAPAL FC. NAQALA BARKA III**

Disusun dan Diajukan Oleh

MESAK DUMA'UPA'

NIS. 24.11.102.018

Ahli Teknik Tingkat I

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian KIT

Pada Tanggal 05 februari 2025

Menyetujui,

Penguji I

Penguji II



AKIB MARRANG, M.M., M.Mar.E



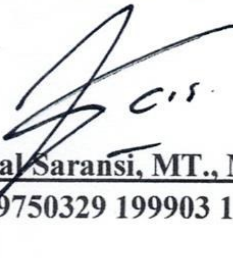
ASWAR, S.S.T.Pel., M.M., M.Mar.E

Mengetahui:

An. Direktur

Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar

Pembantu Direktur 1



Capt. Faisal Saransi, MT., M.Mar

NIP. 19750329 199903 1 002

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan karya tulis ilmiah terapan ini yang berjudul "Analisis Penyebab Kerusakan Injektor Mesin Diesel Generator di Kapal FC. Naqala Barka III", meskipun dalam keterbatasan waktu dan berbagai tantangan. Penyusunan karya tulis ini adalah bagian dari syarat kelulusan kurikulum Diklat Teknik Profesi Kepelautan, Program Studi M Tingkat I, guna mencapai kompetensi pelaut sebagai pemegang Sertifikat Ahli Teknika Tingkat I (ATT – I) di Politeknik Ilmu Pelayaran (PIP) Makassar.

Penulis menyadari bahwa karya ini masih jauh dari sempurna, terutama dalam keterbatasan teori dan tata bahasa yang benar. Dengan demikian, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi penyempurnaan karya ini di masa mendatang.

Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya penulis sampaikan kepada:

1. Capt. Rudy Susanto, M.Pd., selaku Direktur Politeknik Ilmu Pelayaran (PIP) Makassar.
2. Bapak Ir. Suyuti, M.Si., M.Mar.E., selaku Manager Diklat Teknis, Peningkatan, dan Penjenjangan di Politeknik Ilmu Pelayaran (PIP) Makassar sekaligus sebagai dosen pembimbing I karya ini.
3. Musriady, S.Si.T., M.Mar.E. selaku pembimbing II yang juga dengan kesabaran membimbing dalam penyusunan karya ini.
4. Seluruh dosen dan staf Politeknik Ilmu Pelayaran (PIP) Makassar.
5. Orang tua dan keluarga yang senantiasa memberikan dukungan, cinta, dan doa.
6. Rekan-rekan peserta Diklat ATT Angkatan XLII/2024.
7. Semua pihak yang telah membantu, namun tidak bisa disebutkan satu per satu.

Penulis juga menyampaikan terima kasih yang mendalam kepada orang tua dan keluarga yang selalu memberikan cinta, dukungan, serta doa. Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada seluruh dosen, staf, serta rekan-rekan pasis di Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar yang telah memberikan motivasi dan dorongan selama proses penyusunan karya ilmiah ini. Tak lupa, penghargaan juga diberikan

kepada pihak-pihak lain yang telah membantu, namun tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa karya tulis ilmiah ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan demi penyempurnaan karya ini di masa mendatang. Akhir kata, penulis berharap karya ilmiah ini dapat memberikan manfaat dan wawasan bagi pembaca, khususnya yang berkecimpung di bidang kelautan, serta dapat menjadi referensi yang bermanfaat di dunia pelayaran..

Makassar, 05 Februari 2025



MESAK DUMA' UPA'

24.11.102.018

ABSTRAK

MESAK DUMA' UPA' 2024, “Analisis Penyebab Kerusakan Injektor Mesin Diesel Generator di Kapal FC. Naqala Barka III”. Dibimbing oleh Bapak Ir. Suyuti, M.Si., M.Mar.E dan Bapak Musriady, S.Si.T.,M.Mar.E.

Penelitian ini menganalisis penyebab kerusakan injektor pada mesin diesel generator di kapal FC. Naqala Barka III, sebuah floating crane yang digunakan dalam operasi bongkar muat. Kerusakan pada injektor dapat mengganggu kinerja mesin, mengurangi efisiensi pembakaran, dan menyebabkan peningkatan konsumsi bahan bakar. Penelitian ini mengidentifikasi beberapa faktor penyebab kerusakan injektor, yaitu kerusakan pada *module*, kualitas bahan bakar yang buruk, kurangnya perawatan rutin, dan beban operasional yang tinggi. Dampak dari kerusakan ini termasuk penurunan daya mesin, downtime operasional, dan kerusakan pada komponen mesin lainnya.

Berdasarkan hasil analisis, langkah-langkah pencegahan seperti peningkatan kualitas bahan bakar, perawatan dan inspeksi berkala, serta penggunaan alat diagnostik modern disarankan untuk mencegah kerusakan serupa di masa depan. Penelitian ini diharapkan memberikan wawasan bagi perusahaan pelayaran dan kru kapal dalam meningkatkan keandalan mesin diesel generator dan efisiensi operasi floating crane, serta sebagai referensi bagi akademisi dalam bidang teknik mesin kapal.

Kata Kunci: Kapl Floating Crane, Auxiliary Engine, Injektor,

ABSTRACT

MESAK DUMA' UPA', 2024, "Analysis of the Causes of Injector Damage on the Diesel Generator Engine of FC. Naqala Barka III Ship". Supervised by Mr. Ir. Suyuti, M.Si., M.Mar.E and Mr. Musriady, S.Si.T., M.Mar.E.

This research analyzes the causes of injector damage on the diesel generator engine of the FC. Naqala Barka III ship, a floating crane used in loading and unloading operations. Injector damage can interfere with engine performance, reduce combustion efficiency, and lead to increased fuel consumption. The study identifies several factors contributing to injector damage is a module failure, poor fuel quality, lack of routine maintenance, and high operational loads. The impacts of this damage include a decrease in engine power, operational downtime, and damage to other engine components.

Based on the analysis, preventive measures such as improving fuel quality, regular maintenance and inspections, and the use of modern diagnostic tools are recommended to prevent similar damage in the future. This research is expected to provide insights for shipping companies and ship crews in improving the reliability of diesel generator engines and the operational efficiency of floating cranes, as well as serve as a reference for academics in the field of marine engineering.

Keywords: Floating Crane Ship, Auxiliary Engine, Injector.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	2
C. Batasan Masalah	2
D. Tujuan Penelitian	3
E. Manfaat Penelitian	3
F. Hipotesis	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
A. Pengertian Mesin Diesel	4
B. Injektor Mesin Diesel	7
C. Faktor Penyebab Kerusakan Injektor	14
D. Kerugian Akibat Kerusakan Injektor	16
E. Kerangka Pikir Penelitian	18
BAB III ANALISIS DAN PEMBAHASAN	19
A. Lokasi Kejadian	19

B. Situasi dan Kondisi	20
C. Temuan	21
D. Urutan Kejadian	25
E. Pembahasan	26
BAB IV PENUTUP	31
A. Kesimpulan	31
B. Saran	31
RIWAYAT HIDUP	39

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1 Langkah Pembilasan	4
Gambar 2 Langkah Kompresi	5
Gambar 3 Langkah Usaha	5
Gambar 4 Siklus Kerja Mesin Diesel 4 Langkah	6
Gambar 5 Injektor	7
Gambar 6 Bagian-Bagian Pada Injektor	12

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1 Data Operasional Auxiliary Engine	23
Tabel 2 Jadwal Perawatan Terencana (<i>PMS</i>) Sesuai Manual Book	30

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Floating Crane adalah alat angkat yang dipasang di atas ponton atau struktur apung, yang memungkinkan fleksibilitas tinggi dalam operasi bongkar muat di perairan terbuka maupun di pelabuhan. Menggunakan tenaga dari mesin diesel generator, floating crane dapat menangani kargo berkapasitas besar yang tidak dapat diangkat dengan crane darat biasa. Dengan berbagai sistem yang saling mendukung, seperti hidrolik dan motor listrik yang dioperasikan secara terpadu, floating crane berperan penting dalam mempercepat kegiatan bongkar muat kargo dari kapal besar ke darat atau sebaliknya. Untuk memastikan keberlangsungan operasinya, floating crane memerlukan tenaga yang stabil dan sistem yang handal, termasuk komponen-komponen vital seperti injektor pada mesin diesel generator.

Kapal FC Naqala Barka III adalah sebuah floating crane yang ditempatkan di pelabuhan dan tidak memiliki sistem propulsi seperti kapal yang bergerak, namun memiliki fungsi kritis dalam operasi bongkar muat di lokasi tetap. Sebagai crane terapung, FC Naqala Barka III mengandalkan mesin diesel generator untuk menjalankan berbagai sistem operasi angkat dan sistem kontrol. Mesin diesel generator pada kapal ini dirancang untuk bekerja secara terus-menerus, menyuplai daya ke seluruh peralatan yang digunakan selama operasi. Karena operasinya yang konstan, kondisi komponen seperti injektor, sistem bahan bakar, dan sistem pelumasan sangat mempengaruhi performa mesin dan kinerja keseluruhan floating crane. Keberlanjutan operasi ini menjadi prioritas utama karena gangguan pada generator dapat mengakibatkan terhentinya aktivitas bongkar muat, yang berimbas pada efisiensi dan biaya operasional pelabuhan.

Pada tanggal 1 Januari 2024, terjadi gangguan mendadak pada mesin diesel generator di kapal FC Naqala Barka III saat sedang melakukan operasi bongkar muat. Masalah ini ditandai dengan penurunan daya mesin secara drastis, yang berakibat pada melemahnya sistem hidrolik crane dan mengakibatkan keterlambatan operasi. Berdasarkan hasil inspeksi teknisi, diketahui bahwa

kerusakan ini disebabkan oleh injektor yang tidak bekerja dengan optimal. Injektor yang bermasalah mengakibatkan pengabutan bahan bakar yang tidak sempurna, sehingga proses pembakaran di dalam ruang mesin tidak efisien dan mengurangi tenaga output mesin.

Kerusakan injektor pada mesin diesel generator merupakan permasalahan serius yang memerlukan perhatian khusus. Fungsi injektor dalam mesin diesel sangat penting, karena komponen ini mengatur penyemprotan bahan bakar ke ruang bakar dengan tekanan tinggi, sehingga tercapai pengabutan yang sempurna untuk pembakaran efisien. Jika injektor mengalami masalah, pembakaran menjadi tidak sempurna, yang berpotensi meningkatkan konsumsi bahan bakar, menyebabkan karbon menumpuk, dan merusak komponen mesin lainnya. Dalam kasus FC Naqala Barka III, kerusakan injektor ini menyebabkan terjadinya downtime, yang berdampak negatif pada jadwal bongkar muat dan produktivitas operasional crane..

Berdasarkan pengalaman tersebut maka penulis mencoba untuk menuangkan permasalahan tersebut dalam bentuk karya tulis ilmiah dengan judul:

“Analisis Penyebab Kerusakan Injektor Mesin Diesel Generator di Kapal FC. Naqala Barka III”.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Apa saja faktor yang menyebabkan kerusakan pada injektor mesin diesel generator di kapal FC. Naqala Barka III?
2. Apa dampak dari kerusakan injektor terhadap kinerja mesin diesel generator?
3. Langkah-langkah apa yang dapat dilakukan untuk mencegah kerusakan serupa di masa depan?

C. Batasan Masalah

Untuk memastikan penelitian tetap fokus dan terarah, maka diberikan beberapa batasan masalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini hanya membahas kerusakan pada komponen injektor mesin diesel generator di kapal FC. Naqala Barka III.

2. Analisis penyebab kerusakan difokuskan pada faktor-faktor internal mesin seperti kualitas bahan bakar, kondisi injektor, dan prosedur pemeliharaan.
3. Data yang digunakan dalam penelitian ini terbatas pada laporan perawatan, inspeksi, dan kejadian kerusakan dalam periode tertentu di FC. Naqala Barka III.

D. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengidentifikasi faktor-faktor penyebab kerusakan injektor pada mesin diesel generator di kapal FC. Naqala Barka III.
2. Menganalisis dampak kerusakan injektor terhadap performa mesin diesel generator.
3. Menyusun rekomendasi pencegahan kerusakan injektor untuk meningkatkan keandalan dan efisiensi operasi floating crane.

E. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat bagi beberapa pihak, antara lain:

1. Bagi perusahaan pelayaran

Memberikan wawasan mengenai penyebab kerusakan injektor, yang berguna untuk menyusun kebijakan pemeliharaan yang lebih efektif.

2. Bagi teknisi dan kru kapal

Memberikan pedoman dalam menangani perawatan injektor mesin diesel, agar risiko kerusakan dapat diminimalisir.

3. Bagi akademisi

Menambah referensi penelitian di bidang analisis kerusakan komponen mesin diesel, khususnya injektor pada floating crane.

F. Hipotesis

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, penulis mengambil hipotesis yaitu sebagai berikut :

1. Penggunaan bahan bakar yang kurang sesuai menyebabkan kerusakan injektor mesin diesel generator di kapal *FC Naqala Barka III*.
2. Tingginya jadwal operasional kapal tanpa pemeliharaan yang memadai meningkatkan risiko kerusakan injektor mesin diesel generator.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

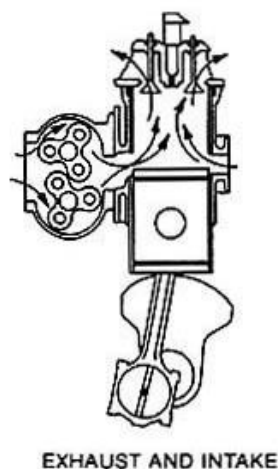
A. Pengertian Mesin Diesel

Mesin diesel adalah mesin pembakaran dalam yang menggunakan bahan bakar diesel untuk menghasilkan tenaga. Mesin ini beroperasi berdasarkan prinsip kompresi, di mana udara dikompresi hingga mencapai suhu tinggi, kemudian bahan bakar disemprotkan ke dalam silinder untuk pembakaran. Mesin diesel dikenal karena efisiensinya yang tinggi dan kemampuannya untuk menghasilkan torsi yang besar, sehingga sering digunakan dalam aplikasi berat seperti kendaraan, alat berat, dan kapal. Mesin diesel dapat dibedakan menjadi beberapa jenis berdasarkan siklus kerjanya, yang paling umum adalah siklus 2 langkah dan siklus 4 langkah.

1. Siklus 2 Langkah

Siklus 2 langkah adalah proses kerja mesin diesel yang menyelesaikan satu siklus kerja dalam dua langkah piston (satu putaran poros engkol). Dalam siklus ini, proses hisap dan buang terjadi secara bersamaan, sehingga mesin dapat menghasilkan tenaga lebih cepat. Pada umumnya, siklus ini digunakan dalam aplikasi di mana ukuran dan berat mesin sangat penting, seperti pada mesin kapal atau alat berat.

Gambar 1 Langkah Pembilasan

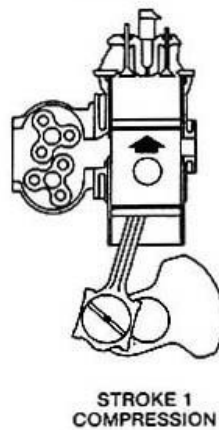


Sumber: Menurut Arifin (2021)

Proses Kerja Siklus 2 Langkah:

- a. Tahap Pertama: Piston bergerak ke bawah, menyebabkan tekanan di dalam silinder menurun. Udara dari luar masuk ke dalam silinder.
- b. Tahap Kedua: Ketika piston bergerak ke atas, injektor menyemprotkan bahan bakar ke dalam silinder. Pembakaran terjadi, mendorong piston ke bawah untuk menghasilkan tenaga.

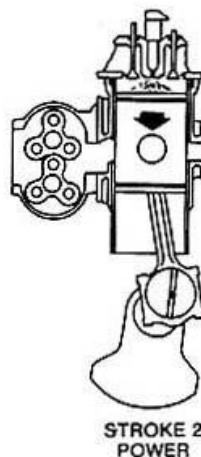
Gambar 2 Langkah Kompresi



Sumber: Menurut Arifin (2021)

Siklus 2 langkah memiliki kelebihan dalam hal ukuran dan bobot yang lebih ringan dibandingkan siklus 4 langkah, namun efisiensi pembakarannya sering kali lebih rendah. Menurut Arifin (2021), mesin diesel siklus 2 langkah umumnya digunakan dalam aplikasi maritim dan industri, karena kemampuannya menghasilkan daya tinggi dalam ukuran yang lebih kecil.

Gambar 3 Langkah Usaha

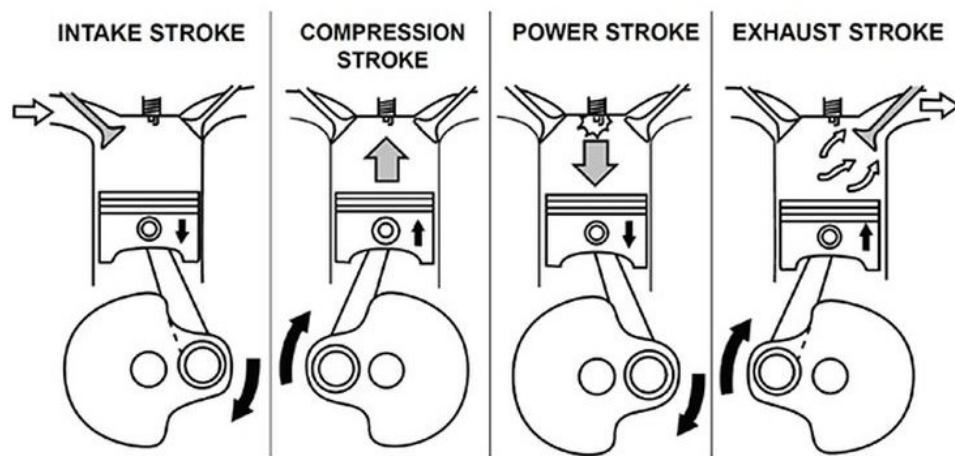


Sumber: Menurut Arifin (2021)

2. Siklus 4 Langkah

Siklus 4 langkah adalah proses kerja mesin diesel yang menyelesaikan satu siklus kerja dalam empat langkah piston (dua putaran poros engkol). Proses ini terdiri dari tahapan hisap, kompresi, pembakaran, dan buang yang terpisah secara jelas. Mesin diesel siklus 4 langkah lebih umum digunakan dalam kendaraan darat dan mesin industri karena efisiensinya yang lebih tinggi dalam pembakaran.

Gambar 4 Siklus Kerja Mesin Diesel 4 Langkah



Sumber: Menurut Supriyanto (2022)

Proses Kerja Siklus 4 Langkah:

- Tahap Hisap (Intake Stroke): Piston bergerak ke bawah, katup hisap terbuka, dan udara dari luar masuk ke dalam silinder.
- Tahap Kompresi (Compression Stroke): Piston bergerak ke atas, menutup katup hisap dan mengompresi udara hingga tekanan dan suhu tinggi.
- Tahap Pembakaran (Power Stroke): Pada akhir fase kompresi, bahan bakar disemprotkan ke dalam silinder dan terbakar, mendorong piston ke bawah.
- Tahap Buang (Exhaust Stroke): Piston bergerak ke atas, membuka katup buang, dan gas sisa hasil pembakaran dikeluarkan dari silinder.

Siklus 4 langkah umumnya lebih efisien dalam hal konsumsi bahan bakar dan emisi, sehingga lebih banyak digunakan dalam aplikasi kendaraan dan generator. Menurut Supriyanto (2022), mesin diesel siklus 4 langkah memiliki kinerja yang lebih baik dalam hal efisiensi dan daya tahan.

dibandingkan dengan siklus 2 langkah, menjadikannya pilihan yang lebih populer di industri perkapalan

B. Injektor Mesin Diesel

1. Pengertian Injektor

Injektor adalah salah satu komponen krusial dalam mesin diesel yang berfungsi untuk menyemprotkan bahan bakar ke dalam ruang bakar dengan tekanan tinggi. Menurut Mardiyanto (2022), injektor berperan penting dalam proses pembakaran, di mana bahan bakar harus bercampur sempurna dengan udara agar menghasilkan tenaga yang efisien. Injektor dapat dianggap sebagai jantung dari sistem penyemprotan bahan bakar, yang mempengaruhi performa mesin, efisiensi bahan bakar, dan emisi gas buang. Injektor bekerja secara otomatis berdasarkan sinyal dari sistem kontrol mesin, dan kualitas penyemprotan bahan bakar sangat mempengaruhi kinerja serta emisi mesin diesel.

Gambar 5 Injektor



Sumber: Hidayat (2021)

2. Fungsi Injektor

Injektor memiliki beberapa fungsi penting dalam mesin diesel, antara lain:

a. Penyemprotan Bahan Bakar

Injektor menyemprotkan bahan bakar dalam bentuk kabut halus ke dalam ruang bakar. Ini meningkatkan luas permukaan bahan bakar yang bereaksi dengan udara, sehingga memungkinkan pembakaran yang lebih efisien (Sutrisno, 2023).

b. Pengaturan Jumlah Bahan Bakar

Injektor mengontrol jumlah bahan bakar yang disemprotkan sesuai dengan kebutuhan mesin. Ini sangat penting karena jumlah bahan bakar yang tepat akan mempengaruhi efisiensi dan daya mesin.

c. Pengendalian Waktu Injeksi

Injektor juga mengatur waktu injeksi bahan bakar untuk memastikan bahwa bahan bakar disuntikkan pada waktu yang tepat selama siklus kerja mesin. Menurut Hidayat (2021), waktu injeksi yang tepat berkontribusi terhadap pembakaran yang optimal dan minimnya emisi.

3. Prinsip Kerja Injektor

Injektor mesin diesel adalah komponen penting yang berfungsi untuk menyemprotkan bahan bakar ke dalam ruang bakar. Prinsip kerja injektor melibatkan serangkaian langkah yang memastikan penyemprotan bahan bakar yang efisien, sehingga menghasilkan pembakaran yang optimal. Secara umum, prinsip kerja injektor dapat dibagi menjadi beberapa tahap:

a. Penerimaan Tekanan dari Pompa Bahan Bakar

Proses penyemprotan bahan bakar dimulai ketika bahan bakar dari tangki disalurkan ke injektor melalui pompa bahan bakar. Pompa ini meningkatkan tekanan bahan bakar hingga mencapai tingkat yang diperlukan untuk injektor. Menurut Rahman (2023), tekanan yang diperlukan biasanya berkisar antara 1600 hingga 2000 psi (pound per square inch) untuk injektor diesel. Tekanan ini penting agar bahan bakar dapat disemprotkan dengan baik dalam bentuk kabut yang halus.

b. Pengendalian Katup Injektor

Ketika mesin beroperasi, sistem kontrol mesin (ECU - Engine Control Unit) memberikan sinyal listrik ke injektor. Pada injektor solenoid, sinyal ini mengaktifkan kumparan solenoid yang membuka katup injektor. Pada injektor piezoelektrik, arus listrik mengubah bentuk material piezoelektrik untuk membuka katup. Menurut Putra (2021), proses ini terjadi dalam waktu yang sangat singkat, memungkinkan injektor untuk mengatur waktu dan jumlah penyemprotan dengan presisi yang tinggi.

c. Penyemprotan Bahan Bakar

Setelah katup injektor terbuka, bahan bakar yang tertekan disemprotkan ke dalam ruang bakar melalui nozzle injektor. Nozzle dirancang untuk menciptakan kabut halus dari bahan bakar, meningkatkan luas permukaan yang berinteraksi dengan udara. Menurut Sari (2020), pola penyemprotan ini sangat penting untuk memastikan pembakaran yang efisien dan mengurangi emisi gas buang. Pengaturan diameter nozzle dan bentuk aliran bahan bakar akan mempengaruhi karakteristik penyemprotan.

d. Pembakaran Bahan Bakar

Setelah disemprotkan, bahan bakar bercampur dengan udara dalam ruang bakar. Proses pembakaran terjadi ketika campuran tersebut mencapai titik penyalaan yang tepat, biasanya ditandai dengan suhu dan tekanan tinggi di dalam silinder. Hasil pembakaran menghasilkan energi yang digunakan untuk memutar mesin. Rahardjo (2022) menjelaskan bahwa kecepatan penyemprotan, jumlah bahan bakar, dan waktu injeksi yang tepat sangat penting untuk memastikan pembakaran yang optimal dan menghasilkan tenaga yang maksimal.

e. Penutupan Katup Injektor

Setelah injeksi selesai, sinyal dari ECU menghentikan aliran listrik ke injektor, menyebabkan katup injektor menutup kembali. Proses ini mengurangi aliran bahan bakar ke ruang bakar dan mempersiapkan injektor untuk siklus berikutnya. Menurut Wibowo (2022), ketepatan waktu dalam membuka dan menutup katup injektor sangat penting untuk kinerja mesin yang optimal.

f. Pengulangan Siklus

Prinsip kerja injektor berlangsung terus-menerus selama mesin beroperasi, dengan setiap siklus injeksi disesuaikan berdasarkan kondisi beban dan kecepatan mesin. Kontrol yang cermat terhadap injeksi bahan bakar memungkinkan mesin diesel beroperasi secara efisien dengan emisi yang minim.

4. Jenis-Jenis Injektor

Injektor mesin diesel memiliki peran yang sangat penting dalam proses pembakaran dan efisiensi mesin. Terdapat berbagai jenis injektor yang digunakan dalam mesin diesel generator, termasuk yang diterapkan pada kapal. Setiap jenis injektor memiliki karakteristik, kelebihan, dan kekurangan masing-masing, yang mempengaruhi kinerja mesin secara keseluruhan.

a. Injektor Mekanik

Injektor mekanik adalah jenis injektor tradisional yang banyak digunakan pada mesin diesel, termasuk diesel generator yang digunakan di kapal. Injektor ini mengandalkan tekanan bahan bakar dari pompa injeksi untuk membuka katup injektor. Menurut Rahardjo (2022), injektor mekanik sederhana dan relatif mudah dalam perawatan. Namun, mereka memiliki keterbatasan dalam hal kontrol waktu injeksi dan jumlah bahan bakar yang disemprotkan.

1) Kelebihan dari injektor mekanik adalah:

- a) Kepresisian yang Cukup Baik, Meskipun tidak seakurat injektor elektronik, injektor mekanik dapat memberikan hasil yang memuaskan dalam kondisi operasi tertentu.
- b) Biaya Perawatan yang Rendah, Injektor ini lebih tahan lama dan tidak memerlukan teknologi canggih untuk pemeliharaan.

2) Namun, kekurangan dari injektor ini meliputi:

Kurangnya Fleksibilitas: Tidak dapat menyesuaikan jumlah injeksi berdasarkan perubahan beban mesin secara cepat (Sukandar, 2023).

b. Injektor Elektronik (Common Rail)

Injektor elektronik, sering disebut sebagai injektor Common Rail, adalah jenis injektor modern yang digunakan pada banyak mesin diesel, termasuk diesel generator di kapal. Injektor ini dikendalikan oleh sistem elektronik, yang memungkinkan pengaturan yang lebih presisi terhadap waktu dan jumlah penyemprotan bahan bakar. Menurut Putra dan Hidayat (2021), injektor elektronik dapat meningkatkan efisiensi pembakaran dan mengurangi emisi gas buang.

1) Kelebihan injektor elektronik meliputi:

- a) Kontrol Presisi Tinggi, Injektor dapat menyemprotkan bahan bakar dalam berbagai jumlah dan pada waktu yang tepat sesuai dengan kebutuhan mesin.
- b) Pengurangan Emisi, Dengan kontrol yang lebih baik, injektor ini membantu mengurangi emisi gas berbahaya, membuatnya lebih ramah lingkungan (Rahman, 2023).

2) Kekurangan injektor elektronik antara lain:

Kompleksitas dan Biaya Tinggi: Sistem elektronik memerlukan pemeliharaan yang lebih rumit dan biaya awal yang lebih tinggi untuk instalasi (Mardiyanto, 2022).

c. Injektor Solenoid

Injektor solenoid adalah jenis injektor yang menggunakan kumparan solenoid untuk membuka katup injektor. Ketika arus listrik diterapkan pada kumparan, katup injektor akan terbuka, memungkinkan bahan bakar untuk disemprotkan ke dalam ruang bakar. Menurut Sari (2020), injektor solenoid sangat umum digunakan dalam mesin diesel modern karena responsnya yang cepat dan efisiensi tinggi.

1) Kelebihan injektor solenoid:

- a) Respons Cepat: Injektor ini dapat membuka dan menutup dengan sangat cepat, meningkatkan respons mesin terhadap perubahan beban.
- b) Kinerja Stabil: Memberikan penyemprotan bahan bakar yang lebih konsisten, membantu meningkatkan efisiensi bahan bakar (Wibowo, 2022).

2) Namun, ada juga kekurangan dari injektor solenoid:

Ketergantungan pada Listrik: Kinerja injektor sangat bergantung pada sistem kelistrikan, sehingga dapat terpengaruh jika terjadi masalah pada sistem listrik (Hidayat, 2021).

d. Injektor Piezoelektrik

Injektor piezoelektrik adalah teknologi terbaru dalam sistem injeksi mesin diesel. Jenis injektor ini menggunakan material piezoelektrik yang dapat berubah bentuk ketika diberi arus listrik, sehingga membuka katup

injektor. Menurut Ahmad dan Lestari (2023), injektor piezoelektrik menawarkan kecepatan respon yang sangat tinggi dan kontrol yang sangat presisi terhadap jumlah dan waktu injeksi.

1) Kelebihan injektor piezoelektrik meliputi:

- a) Kecepatan Respon yang Sangat Tinggi: Dapat membuka dan menutup katup dalam waktu yang sangat singkat, sehingga meningkatkan efisiensi pembakaran.
- b) Kontrol yang Sangat Presisi: Dapat mengatur penyemprotan bahan bakar secara lebih akurat dibandingkan dengan injektor lainnya (Putra, 2021).

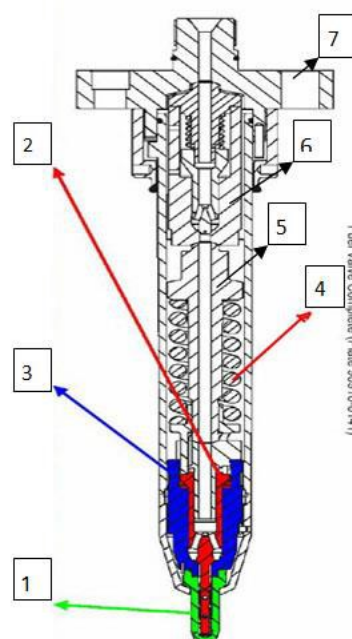
2) Kekurangan dari injektor piezoelektrik:

Biaya Tinggi: Teknologi ini memerlukan investasi awal yang lebih tinggi dan dapat memerlukan perawatan yang lebih rumit (Rahardjo, 2022).

5. Bagian-Bagian Injektor

Menurut Sukandar, M. (2023), dalam mesin diesel terdapat bagian-bagian dari injektor yang saling berkaitan untuk dapat beroperasi, berikut adalah komponen dan fungsi dari injektor mesin diesel penggerak utama:

Gambar 6 Bagian-Bagian Pada Injektor



Sumber: Ismanto (2012: 26)

Secara lebih lanjut menurut Ismanto (2012: 26), bagian-bagian dari injektor adalah sebagai berikut:

a. *Nozzle* (Mulut Pengabut)

Mulut pengabut berfungsi untuk mengabutkan bahan bakar kedalam ruang bakar. Pada akhir penyemprotan tekanan didesak menurun dan jarum ditekan kembali pada bidang penutup. Pembukaan dan penutupan jarum pengabut dapat diawasi dengan sebuah jarum periksa. Pada cara pengabutan ini pompa bahan bakar mendesak, jika penyemprotan harus dimulai dan pompa berhenti jika penyemprotan harus berakhir.

b. *Nozzle Needle* (Jarum Pengabut)

Jarum pengabut berfungsi untuk mengatur jumlah bahan bakar yang akan dikabutkan melalui mulut pengabut. Jarum pengabut ditekan pada bidang penutup oleh pegas penutup dengan tekanan yang dapat diatur dengan perantaraan baut tekan. Oleh tekanan minyak gaya-gaya bekerja pada bidang kerucut. Komponen aksial dari gaya mengangkat jarum berlawanan arah dengan kerja pegas penutup.

c. *Spindel Guide* (Alat Penekan Jarum)

Alat penekan jarum yang digunakan untuk menekan jarum pada lubang injektor pada saat proses pengabutan. Alat penekan jarum ini sangat penting dalam proses injeksi karena tinggi rendahnya tekanan dalam injektor ditentukan disini. 23

d. *Spring* (Pegas)

Pegas disini berguna pengontrol elastisitas dari injektor pada saat menginjeksikan bahan bakar agar alat penekan jarum dapat kembali keposisinya lagi dan digunakan dalam penyetelan kekuatan injeksi bahan bakar.

e. *Thrust Spindle* (Penahan Pegas)

Thrust Spindle sebagai penghubung antara *spring* dan *spindle* berfungsi untuk menahan agar *spindle* tetap pada posisinya.

f. *Non return valve* (Katup Penyearah)

Mempunyai fungsi untuk mengalirkan bahan bakar hanya ke satu arah dan mencegah bahan bakar mengalir ke arah sebaliknya.

g. *Lock Nut* (Mur Pengaman)

Terdapat pada injektor motor diesel yang berguna sebagai pengunci agar injektor tidak berubah dari posisinya

C. Faktor Penyebab Kerusakan Injektor

Kerusakan injektor mesin diesel dapat disebabkan oleh berbagai faktor yang dapat mempengaruhi kinerja dan efisiensi mesin. Identifikasi faktor-faktor ini penting untuk menjaga keandalan mesin diesel, terutama dalam aplikasi seperti kapal, di mana waktu henti mesin dapat berdampak pada operasi. Berikut adalah beberapa faktor penyebab kerusakan injektor:

1. Kualitas Bahan Bakar

Penggunaan bahan bakar dengan kualitas yang rendah merupakan salah satu penyebab utama kerusakan injektor. Bahan bakar yang terkontaminasi dengan partikel asing, air, atau zat aditif yang tidak sesuai dapat menyebabkan penyumbatan atau kerusakan pada nozzle injektor. Menurut Hidayat (2021), partikel-partikel asing dapat mengikis komponen injektor, memperpendek umur pakainya dan mengganggu aliran bahan bakar.

Kualitas bahan bakar yang buruk dapat menyebabkan:

- a. Penyumbatan Nozzle, Kotoran atau air dalam bahan bakar dapat menyebabkan penyumbatan yang mengganggu penyemprotan bahan bakar yang efisien (Sari, 2020).
- b. Karat dan Korosi, Zat aditif yang tidak sesuai dapat menyebabkan reaksi kimia yang menghasilkan korosi pada komponen injektor (Mardiyanto, 2022).

2. Overheating Mesin

Kondisi overheating atau suhu tinggi pada mesin diesel dapat menyebabkan kerusakan pada injektor. Suhu yang tinggi dapat mengakibatkan pelunakan dan pembakaran seal atau komponen injektor, sehingga mengganggu fungsi injektor. Rahardjo (2022) menyatakan bahwa pemanasan berlebih dapat menyebabkan perubahan bentuk dan kerusakan material injektor.

Gejala dari overheating dapat meliputi:

- a. Pembekuan Bahan Bakar, Jika injektor beroperasi pada suhu tinggi, bahan bakar dapat membeku di dalam injektor, menyebabkan kerusakan struktural.
- b. Pelemahan Material, Suhu tinggi dapat melemahkan struktur material injektor, meningkatkan kemungkinan kerusakan (Wibowo, 2022).

3. Frekuensi Pemeliharaan yang Rendah

Pemeliharaan yang tidak teratur atau rendah dapat menyebabkan kerusakan pada injektor. Injektor membutuhkan pemeriksaan berkala untuk memastikan bahwa tidak ada kotoran atau kerusakan yang terakumulasi. Menurut Putra dan Hidayat (2021), pemeliharaan yang baik mencakup penggantian filter bahan bakar secara rutin dan pembersihan sistem injeksi.

Pemeliharaan yang buruk dapat mengakibatkan:

- a. Akselerasi Kerusakan Tanpa pemeliharaan yang baik, komponen injektor dapat mengalami kerusakan lebih cepat (Ahmad & Lestari, 2023).
- b. Penurunan Kinerja Mesin, Kerusakan injektor yang tidak terdeteksi dapat menyebabkan mesin beroperasi tidak efisien, meningkatkan konsumsi bahan bakar dan emisi (Rahman, 2023).

4. Kondisi Operasional yang Berat

Kapal yang beroperasi dalam kondisi berat, seperti beban berlebih atau penggunaan yang terus-menerus, dapat meningkatkan stres pada injektor. Injektor yang terus menerus bekerja di bawah kondisi beban tinggi berisiko mengalami kerusakan lebih cepat. Menurut Sukandar (2023), penggunaan yang berlebihan tanpa jeda dapat mempengaruhi kinerja injektor dan menyebabkan keausan.

Kondisi operasional yang berat dapat menyebabkan:

- a. Kerusakan Mekanik, Beban berlebih dapat menyebabkan keausan mekanis pada komponen injektor (Hidayat, 2021).
- b. Penurunan Kualitas Penyemprotan, Operasi dalam kondisi berat dapat mengganggu pola penyemprotan dan efisiensi pembakaran.

5. Sistem Pendingin yang Tidak Efisien

Kinerja sistem pendingin yang buruk dapat menyebabkan mesin diesel beroperasi pada suhu yang lebih tinggi dari yang diinginkan, sehingga

berpotensi merusak injektor. Menurut Mardiyanto (2022), sistem pendingin yang tidak berfungsi dengan baik meningkatkan risiko overheating, yang dapat mempercepat kerusakan injektor.

D. Kerugian Akibat Kerusakan Injektor

Kerusakan injektor pada mesin diesel dapat mengakibatkan berbagai kerugian, baik dari segi operasional maupun ekonomi. Kerugian ini dapat berdampak signifikan pada efisiensi mesin, biaya operasional, serta keselamatan dan keandalan kapal. Berikut adalah beberapa kerugian utama yang dapat timbul akibat kerusakan injektor:

1. Penurunan Efisiensi Pembakaran

Salah satu kerugian paling signifikan dari kerusakan injektor adalah penurunan efisiensi pembakaran. Injektor yang tidak berfungsi dengan baik dapat menyebabkan penyemprotan bahan bakar yang tidak optimal, menghasilkan campuran bahan bakar dan udara yang tidak ideal. Menurut Sari (2020), ketidakefektifan dalam penyemprotan dapat menyebabkan pembakaran yang tidak sempurna, menghasilkan emisi yang lebih tinggi dan kehilangan energi.

Dampak: Penurunan efisiensi pembakaran dapat mengakibatkan meningkatnya konsumsi bahan bakar, yang berdampak pada biaya operasional yang lebih tinggi (Rahman, 2023).

2. Peningkatan Emisi Gas Buang

Kerusakan injektor dapat menyebabkan pembakaran yang tidak sempurna, menghasilkan emisi gas buang yang lebih tinggi. Emisi yang meningkat ini tidak hanya berbahaya bagi lingkungan, tetapi juga dapat melanggar regulasi emisi yang berlaku. Menurut Wibowo (2022), peningkatan emisi gas buang dapat mengakibatkan denda atau sanksi bagi operator kapal, serta menciptakan citra buruk bagi perusahaan.

Dampak: Biaya tambahan untuk memenuhi regulasi lingkungan dan potensi kerugian reputasi dapat menjadi konsekuensi yang serius (Ahmad & Lestari, 2023).

3. Kerusakan Komponen Mesin Lainnya

Injektor yang rusak dapat menyebabkan kerusakan sekunder pada komponen mesin lainnya. Misalnya, pembakaran yang tidak sempurna dapat menghasilkan endapan karbon yang mengendap di ruang bakar dan pada piston. Menurut Hidayat (2021), penumpukan karbon dapat menyebabkan keausan yang lebih cepat pada komponen mesin, meningkatkan biaya perawatan dan perbaikan.

Dampak: Kerusakan pada komponen lain dapat mengakibatkan waktu henti yang lebih lama dan biaya perbaikan yang tinggi (Mardiyanto, 2022).

4. Menurunnya Kinerja Mesin

Kerusakan injektor berpotensi menyebabkan penurunan kinerja mesin secara keseluruhan. Mesin mungkin mengalami kehilangan daya, respons yang lambat, atau bahkan mati mendadak. Menurut Putra dan Hidayat (2021), kondisi ini tidak hanya mengganggu operasi kapal, tetapi juga dapat menyebabkan risiko keselamatan di laut.

Dampak: Penurunan kinerja mesin dapat mengganggu jadwal operasional, yang berpotensi menyebabkan kerugian finansial akibat keterlambatan (Rahardjo, 2022).

5. Biaya Perbaikan yang Tinggi

Kerusakan injektor yang tidak ditangani dengan cepat dapat menyebabkan kerusakan yang lebih parah, yang berujung pada biaya perbaikan yang lebih tinggi. Penggantian injektor itu sendiri dapat menjadi mahal, dan biaya ini akan meningkat jika kerusakan menyebar ke komponen lain. Menurut Sukandar (2023), biaya perbaikan dan penggantian injektor dapat menjadi beban finansial yang signifikan bagi operator kapal.

Dampak: Biaya ini dapat mengganggu anggaran operasional dan mempengaruhi profitabilitas perusahaan.

E. Kerangka Pikir Penelitian

