

**MENURUNNYA PUTARAN RPM PADA MESIN INDUK DI
KAPAL AOS SWIFT UTILITY CREW
BOAT CATAMARAN**



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

SALENDADUMA

NIS. 24.09.102.012

AHLITEKNIKATINGKAT I

**PROGRAM DIKLAT PELAUT TINGKAT I POLITEKNIK
ILMUPELAYARAN MAKASSAR
TAHUN 2024**

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : SALENDA DUMA

Nomor Induk Perwira Siswa : 24.09.102.012

Jurusan : Ahli Teknika Tingkat I

Menyatakan bahwa KIT yang saya tulis dengan judul:

MENURUNNYA PUTARAN RPM PADA MESIN INDUK DI KAPAL AOS SWIFT UTILITY CREW BOAT CATAMARAN

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,.....2024



SALENDA DUMA

24.09.102.012

**PERSETUJUAN SEMINAR
KARYA ILMIAH TERAPAN**

Judul : **MENURUNNYA PUTARAN RPM PADA MESIN INDUK
DI KAPAL AOS SWIFT UTILITY CREW BOAT
CATAMARAN**

Nama Pasis : **SALEND A DUMA**

NIS : **24.09.102.012**

Program Diklat : **Ahli Teknik a Tingkat I**

Dengan ini dinyatakan telah memenuhi syarat untuk di seminarkan

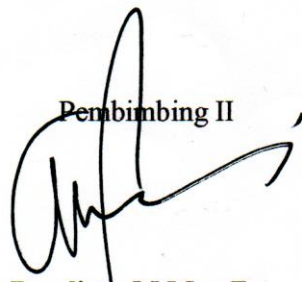
Makassar, 21 Februari 2025

Menyetujui,

Pembimbing I

Pembimbing II


Ir. Alberto S. Si. T., M. Mar. E., M. A. P
NIP. 19760409 200604 1 001


Jopie Pesulima M. Mar. E
NIP.

Mengetahui:

MANAGER DIKLAT TEKNIS,
PENINGKATAN DAN PENJENJANGAN


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

**MENURUNNYA PUTARAN RPM PADA MESIN INDUK DI KAPAL AOS
SWIFT UTILITY CREW BOAT CATAMARAN**

Disusun dan Diajukan Oleh

SALENDADUMA

NIS. 24.09.102.012

Ahli Teknik Tingkat I

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian KIT
Pada Tanggal 21 Februari 2025

Menyetujui,

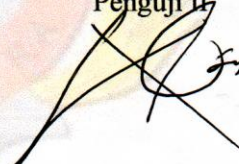
Penguji I



Yulianto S.T., M.Mar.E

NIP.

Penguji II



Agus Salim S.Si.T., M.T., M.Mar.E

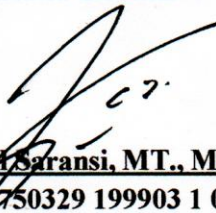
NIP. 8979310021

Mengetahui:

An. Direktur

Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar

Pembantu Direktur 1



Capt. Faisal Saransi, MT., M.Mar

NIP. 12750329 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 " MENURUNNYA PUTARAN RPM PADA MESIN INDUK DI KAPAL AOS SWIFT UTILITY CREW BOAT CATAMARAN ", meskipun dalam keterbatasan waktu dan berbagai tantangan. Penyusunan karya tulis ini adalah bagian dari syarat kelulusan kurikulum Diklat Teknik Profesi Kepelautan, Program Studi Teknik Tingkat I, guna mencapai kompetensi pelaut sebagai pemegang Sertifikat Ahli Teknik 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.
3. Bapak Ir. Alberto, S.Si.T., M.Mar. E., M.A.P selaku pembimbing I yang telah memberikan bimbingan dan arahan dengan sabar dan teliti.
4. Bapak Jopie Pesulima selaku pembimbing II yang juga dengan kesabaran membimbing dalam penyusunan karya ini.
5. Seluruh dosen dan staf Politeknik Ilmu Pelayaran (PIP) Makassar.
6. Orang tua dan keluarga yang senantiasa memberikan dukungan, cinta, dan doa.
7. Rekan-rekan peserta Diklat ATT I Angkatan XL1/2024.
8. 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, 21. February. 2025



SALEND A DUMA

24.09.102.012

ABSTRAK

SALENDRA DUMA 2024, *MENURUNNYA PUTARAN RPM PADA MESIN INDUK DI KAPAL AOS SWIFT UTILITY CREW BOAT CATAMARAN "*. Dibimbing oleh Bapak Ir. Alberto , S.Si.T., M.Mar. E., M.A.P dan Bapak Jopie Pesulima M.Mar.E

Penurunan putaran RPM pada mesin induk kapal AOS Swift Utility Crew Boat Catamaran dapat mempengaruhi kinerja operasional kapal, yang berisiko mengganggu kelancaran pengantaran kru dan material antar platform di wilayah Oman Musaddam Oil, Bukha Alpha Platform, dan West Bukha Platform. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi penyebab penurunan RPM dan mengkaji peran injektor dalam masalah tersebut. Berdasarkan analisis, penurunan RPM disebabkan oleh kebocoran pada injektor mesin induk.

Kebocoran ini terjadi akibat keausan pada seal injektor yang menyebabkan bahan bakar tidak disemprotkan secara efisien ke ruang bakar, mengarah pada pembakaran yang tidak sempurna dan penurunan performa mesin. Selain itu, kualitas bahan bakar yang buruk, mengandung kotoran dan air, turut memperburuk kondisi injektor. Pemeriksaan terhadap sistem bahan bakar dan injektor secara rutin sangat penting untuk menjaga kinerja mesin induk agar tetap optimal.

Penelitian ini menyarankan perawatan berkala terhadap injektor, pengawasan kualitas bahan bakar, serta penerapan sistem deteksi dini untuk mendeteksi kerusakan sejak dini. Dengan penerapan perawatan yang tepat, diharapkan mesin induk kapal dapat beroperasi dengan efisien dan mendukung kelancaran operasional kapal di wilayah yang jauh dari daratan.

Kata Kunci: Penurunan RPM, Injektor, Kebocoran, Pemeliharaan.

ABSTRACT

SALEND DUMA 2024, "Decrease in RPM of the Main Engine on the AOS Swift Utility Crew Boat Catamaran." Supervised by Mr. Ir. Alberto, S.Si.T., M.Mar. E., M.A.P, and Mr. Jopie Pesulima M.Mar.E

The decrease in RPM of the main engine on the AOS Swift Utility Crew Boat Catamaran can affect the operational performance of the vessel, risking disruptions in the transportation of crew and materials between platforms in the Oman Musaddam Oil, Bukha Alpha Platform, and West Bukha Platform regions. This study aims to identify the cause of the RPM drop and examine the role of the injector in this issue. The analysis revealed that the RPM decrease is caused by a leakage in the main engine injector.

This leakage occurs due to wear on the injector seals, which causes the fuel to be sprayed inefficiently into the combustion chamber, leading to incomplete combustion and reduced engine performance. Furthermore, the poor quality of fuel, containing impurities and water, exacerbates the condition of the injector. Regular inspection of the fuel system and injectors is essential to ensure the main engine operates optimally.

This study recommends periodic maintenance of the injectors, monitoring of fuel quality, and the implementation of early detection systems to identify damage at an early stage. With the proper maintenance practices in place, it is expected that the main engine will operate efficiently, ensuring smooth operations for the vessel in remote areas.

Keywords: RPM decrease, Injector, Leakage, Maintenance.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	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	3
C. Batasan Masalah	3
D. Tujuan Penelitian.....	3
E. Manfaat Penelitian.....	3
F. Hipotesis	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
A. Pengertian Mesin Diesel	5
B. Injektor Mesin Diesel	9
C. Syarat Injektor yang Baik	16
D. Penyebab Kebocoran Injektor	19
E. Kerangka Pikir Penelitian.....	22
BAB III ANALISIS DAN PEMBAHASAN	23

A. Lokasi Kejadian.....	23
B. Situasi dan Kondisi.....	24
C. Terjadinya Penurunan RPM Mesin Induk	25
D. Kebocoran Pada Injektor Mesin Induk	26
E. Penyebab Kebocoran Injektor Pada Mesin Induk	27
F. Analisis	28
G. Pembahasan	31
BAB IV PENUTUP	36
A. Simpulan.....	36
B. Saran	36
DAFTAR PUSTAKA	37
LAMPIRAN	38
RIWAYAT HIDUP	43

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1 Langkah Pembilasan	6
Gambar 2 Langkah Kompresi dan Usaha	7
Gambar 4 Siklus Kerja Mesin Diesel 4 Langkah.....	8
Gambar 5 Injektor Mesin Diesel	10
Gambar 6 Bagian-Bagian Pada Injektor	15

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1 Ship Particular AOS Swift Utility Crew Boat Catamaran	23
Tabel 2 Parameter Mesin Induk Kapal AOS Swift.....	26
Tabel 3 Identifikasi Kerusakan dan Tindakan Perbaikan	29
Tabel 4 Perawatan Mesin Induk dan Sistem Bahan Bakar	34

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kapal merupakan alat transportasi yang dirancang untuk bergerak di atas air, baik untuk keperluan komersial, transportasi, maupun rekreasi. Fungsi utama kapal adalah mengangkut barang dan penumpang dari satu tempat ke tempat lain melalui jalur air. Berdasarkan fungsinya, kapal dapat dibedakan menjadi beberapa jenis, seperti kapal laut, kapal pesiar, kapal kargo, dan kapal-kapal lainnya yang disesuaikan dengan kebutuhan operasional tertentu. Salah satu jenis kapal yang banyak digunakan untuk kegiatan operasional dan transportasi cepat di laut adalah kapal crew boat. Kapal jenis ini dirancang khusus untuk mengangkut kru dan material ke lokasi-lokasi yang tidak dapat dijangkau oleh kendaraan darat, terutama untuk mendukung operasional di platform minyak dan gas yang terletak jauh dari pantai Rahman, H. (2023).

Kapal *AOS Swift Utility Crew Boat Catamaran* adalah kapal jenis *crew boat* yang beroperasi di wilayah *Oman Musaddam Oil, Bukha Alpha Platform*, dan *West Bukha Platform*. Kapal ini memiliki desain catamaran yang memberikan kestabilan lebih saat beroperasi di perairan terbuka. Desain ini juga menjamin efisiensi bahan bakar dan kecepatan yang diperlukan untuk pengantaran kru dan material. Dalam pengoperasiannya, kapal ini memiliki peran vital untuk menghubungkan daratan dengan dua platform minyak, yaitu *Bukha Alpha Platform* dan *West Bukha Platform*, yang beroperasi di area yang cukup jauh dari pantai. Kecepatan dan ketepatan waktu menjadi kunci utama dalam mendukung kelancaran pengiriman kru dan logistik, yang bergantung pada kinerja mesin induk sebagai sumber daya utama untuk propulsi kapal.

Mesin induk pada kapal *crew boat* berfungsi untuk menghasilkan tenaga yang menggerakkan kapal. Mesin induk harus beroperasi dengan stabil dan efisien agar kapal dapat mencapai kecepatan yang diinginkan, bahkan dalam kondisi laut yang tidak selalu tenang. Namun, seperti pada kapal lainnya, masalah teknis pada mesin induk dapat mengganggu kinerja operasional kapal. Salah satu masalah yang sering terjadi pada kapal jenis ini adalah penurunan putaran RPM (*Revolutions Per Minute*) pada mesin induk. Penurunan RPM

yang signifikan dapat menyebabkan kapal kehilangan kecepatan, yang berpotensi memengaruhi ketepatan waktu pengantaran kru dan material, serta mengurangi efisiensi bahan bakar yang digunakan. Bahkan, jika dibiarkan tanpa penanganan, penurunan RPM dapat memperpendek usia mesin induk dan berisiko merusak sistem mekanikal lainnya.

Pada 10 Oktober 2024, terjadi penurunan putaran RPM yang signifikan pada mesin induk kapal *AOS Swift Utility Crew Boat Catamaran* saat dalam perjalanan mengantarkan kru dari darat menuju kapal di tengah laut. Penurunan RPM ini terjadi meskipun handle gas masih dalam posisi maju penuh, yang seharusnya menjaga mesin tetap berputar pada tingkat optimal. Kejadian ini cukup mengejutkan, karena kapal pada awalnya beroperasi dalam kondisi normal. Meski demikian, perjalanan tetap dilanjutkan hingga pengantaran kru selesai. Setelah proses pengantaran selesai, tim pemeliharaan kapal melakukan pengecekan menyeluruh terhadap mesin induk untuk mengidentifikasi penyebab penurunan RPM yang tidak normal ini.

Pengecekan lebih lanjut dilakukan untuk menganalisis sistem mesin induk, guna menemukan faktor penyebab yang mendasari penurunan RPM yang cukup signifikan tersebut. Hal ini penting untuk menghindari kerusakan lebih lanjut pada mesin induk yang dapat mempengaruhi operasional kapal secara keseluruhan. Mengingat bahwa kapal ini beroperasi di daerah yang cukup jauh dari pantai dan sering melakukan perjalanan antar platform minyak yang kritis, penting untuk segera mengetahui penyebab masalah teknis pada mesin induk agar tidak mengganggu kelancaran operasional kapal di masa depan.

Berdasarkan pengalaman ini, penulis merasa penting untuk menuangkan permasalahan ini dalam bentuk karya tulis ilmiah guna mendalami lebih lanjut penyebab penurunan RPM yang terjadi pada mesin induk kapal *AOS Swift Utility Crew Boat Catamaran*. Karya tulis ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam memahami faktor penyebab masalah teknis pada mesin induk kapal crew boat dan memberikan solusi yang dapat diterapkan dalam meningkatkan kinerja dan efisiensi operasional kapal-kapal serupa di masa depan.

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

“MENURUNNYA PUTARAN RPM PADA MESIN INDUK DI KAPAL AOS SWIFT UTILITY CREW BOAT CATAMARAN”.

B. Rumusan Masalah

Perumusan masalah dalam penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi penyebab penurunan putaran RPM pada mesin induk kapal AOS Swift Utility Crew Boat Catamaran yang terjadi meskipun handle gas dalam posisi penuh. Masalah utama yang akan dikaji adalah:

Apa penyebab penurunan putaran RPM pada mesin induk kapal AOS Swift Utility Crew Boat Catamaran?:

C. Batasan Masalah

Mengingat ruang lingkup yang terbatas dan untuk menghindari pembahasan yang terlalu luas, maka penelitian ini dibatasi pada:

1. Fokus pada penyebab penurunan putaran RPM mesin induk yang disebabkan oleh kebocoran injektor.
2. Penelitian ini hanya akan membahas permasalahan pada mesin induk kapal AOS Swift Utility Crew Boat Catamaran dan tidak akan mencakup faktor eksternal seperti kondisi cuaca atau masalah lain yang tidak terkait langsung dengan mesin induk.

D. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk:

1. Mengidentifikasi penyebab penurunan putaran RPM pada mesin induk kapal AOS Swift Utility Crew Boat Catamaran.
2. Menganalisis bagaimana kebocoran injektor dapat mempengaruhi kinerja mesin induk dan menurunkan putaran RPM.
3. Memberikan rekomendasi solusi yang tepat untuk mengatasi penurunan RPM yang disebabkan oleh kebocoran injektor.

E. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Manfaat teoritis:

Sebagai referensi bagi peneliti yang tertarik untuk mengkaji masalah teknis yang berhubungan dengan mesin induk kapal, khususnya masalah penurunan RPM yang disebabkan oleh kebocoran injektor.

2. Manfaat praktis:

Memberikan informasi yang berguna bagi pihak pemeliharaan kapal dan masinis yang bertugas, agar dapat mengidentifikasi dan mengatasi masalah penurunan RPM pada mesin induk secara lebih efektif.

F. Hipotesis

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan, maka hipotesis yang dapat dikemukakan adalah:

1. Kebocoran pada injektor mesin induk kapal AOS Swift Utility Crew Boat Catamaran menyebabkan ketidakseimbangan dalam suplai bahan bakar ke mesin, yang mengakibatkan penurunan putaran RPM.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Pengertian Mesin Diesel

Mesin diesel adalah jenis mesin pembakaran dalam yang menggunakan bahan bakar diesel untuk menghasilkan energi mekanik melalui proses pembakaran. Mesin ini ditemukan oleh Rudolf Diesel pada akhir abad ke-19, dan sejak itu, mesin diesel telah banyak digunakan dalam berbagai sektor industri, termasuk transportasi laut, darat, dan pembangkit listrik. Mesin diesel berbeda dengan mesin bensin dalam hal cara kerjanya, terutama pada proses pembakaran bahan bakar. Pada mesin diesel, udara dikompresi dengan sangat rapat sehingga suhunya meningkat drastis, dan ketika bahan bakar diesel disemprotkan ke dalam ruang bakar, bahan bakar tersebut akan terbakar karena suhu udara yang sangat tinggi. Keunggulan mesin diesel terletak pada efisiensinya yang lebih tinggi dibandingkan mesin bensin, serta torsi yang lebih besar pada putaran rendah Sukandar, M. (2023).

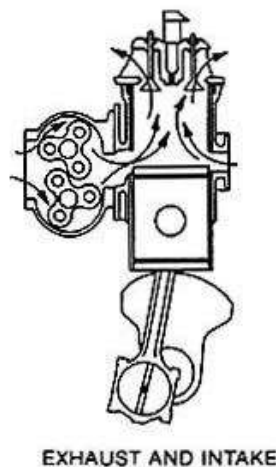
Mesin diesel umumnya digunakan pada kendaraan berat seperti truk, kapal, dan kereta api, serta pada mesin-mesin industri yang memerlukan tenaga besar. Salah satu alasan utama penggunaan mesin diesel adalah kemampuannya untuk menghasilkan tenaga yang lebih besar dengan konsumsi bahan bakar yang lebih efisien. Meskipun demikian, mesin diesel juga memiliki beberapa kekurangan, seperti emisi gas buang yang lebih tinggi dan tingkat kebisingan yang lebih besar dibandingkan mesin bensin. Mesin diesel bekerja berdasarkan prinsip pembakaran udara yang dikompresi, berbeda dengan mesin bensin yang menggunakan busi untuk memicu pembakaran. Mesin diesel memiliki dua jenis siklus kerja utama, yaitu siklus dua langkah dan siklus empat langkah, yang akan dibahas lebih lanjut dalam bagian ini..

1. Siklus Dua Langkah

Siklus dua langkah pada mesin diesel adalah siklus kerja di mana proses pembakaran dan pembuangan gas bekas dilakukan dalam dua langkah perputaran poros engkol. Dalam siklus ini, satu kali putaran poros engkol menghasilkan dua langkah kerja mesin: langkah kompresi dan langkah ekspansi. Mesin dua langkah memiliki keuntungan dalam hal

kesederhanaan desain dan kinerja yang lebih efisien dalam beberapa aplikasi tertentu, seperti pada mesin kapal atau mesin industri berat. Pada siklus dua langkah, proses pengambilan udara dan pembuangan gas bekas dilakukan pada saat piston bergerak ke bawah, sehingga tidak ada langkah terpisah untuk proses pengambilan udara Sudiro, B. (2023).

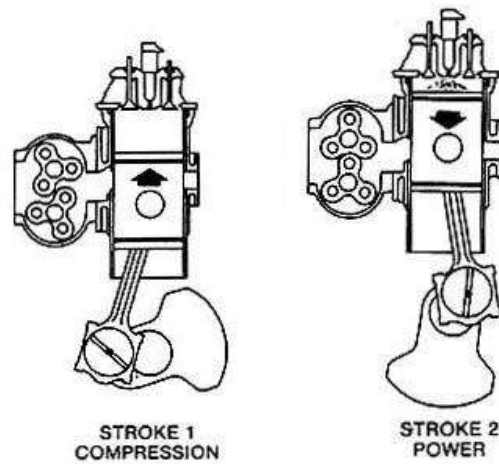
Gambar 1 Langkah Pembilasan



Sumber: Menurut Arifin (2021)

Pada siklus dua langkah, proses pertama dimulai dengan kompresi udara dalam silinder oleh piston yang bergerak ke atas. Pada saat piston mencapai titik tertinggi (TDC - Top Dead Center), bahan bakar diesel disemprotkan ke dalam ruang bakar dengan tekanan tinggi. Karena udara sudah sangat terkompresi dan suhunya sangat tinggi, bahan bakar akan langsung terbakar. Proses pembakaran ini menghasilkan gas panas yang memperluas ruang mesin dan mendorong piston ke bawah, menghasilkan tenaga mekanik .

Gambar 2 Langkah Kompresi dan Usaha



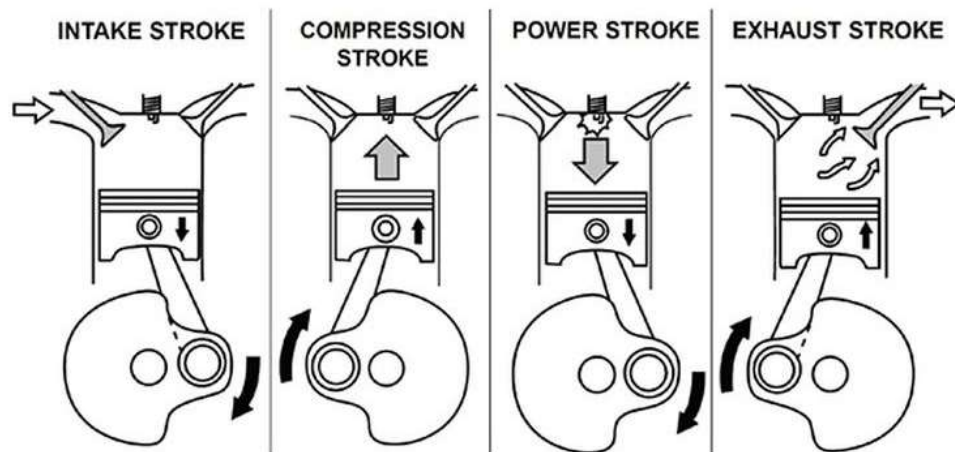
Sumber: Menurut Arifin (2021)

Proses kedua terjadi ketika piston bergerak ke bawah, gas bekas pembakaran dikeluarkan melalui port pembuangan yang terletak di bagian bawah silinder. Pada saat yang sama, udara segar masuk melalui port masuk yang terletak di bagian bawah silinder. Proses ini berulang terus-menerus dalam dua langkah putaran poros engkol, sehingga meskipun lebih sederhana, mesin ini dapat menghasilkan tenaga yang lebih banyak dibandingkan dengan mesin empat langkah dalam satu siklus.

2. Siklus 4 Langkah

Siklus empat langkah pada mesin diesel adalah siklus kerja yang melibatkan empat langkah perputaran poros engkol, yaitu langkah isap, kompresi, ekspansi, dan pembuangan. Mesin empat langkah lebih kompleks dibandingkan dengan mesin dua langkah karena setiap langkah memerlukan satu putaran penuh dari poros engkol. Siklus ini lebih umum digunakan pada mesin diesel untuk kendaraan, pembangkit listrik, dan peralatan industri. Keuntungan dari siklus empat langkah adalah efisiensi pembakaran yang lebih baik dan pengaturan gas buang yang lebih terkendali, sehingga emisi dapat lebih diminimalkan Mardiyanto, A. (2022).

Gambar 3 Siklus Kerja Mesin Diesel 4 Langkah



Sumber: Menurut Supriyanto (2022)

Pada siklus empat langkah, pertama-tama udara segar masuk ke dalam ruang bakar melalui katup isap selama langkah isap. Piston bergerak ke bawah pada langkah ini, dan katup isap terbuka untuk memungkinkan udara masuk ke dalam silinder. Setelah udara masuk, katup isap tertutup dan piston bergerak ke atas untuk mengompresi udara tersebut. Kompresi ini meningkatkan suhu dan tekanan udara dalam silinder.

Selanjutnya, pada langkah ketiga (langkah ekspansi), bahan bakar diesel disemprotkan ke dalam ruang bakar yang telah terkompresi, dan pembakaran terjadi karena suhu udara yang sangat tinggi. Pembakaran ini menghasilkan gas panas yang memperluas ruang mesin dan mendorong piston ke bawah, menghasilkan tenaga mekanik. Pada langkah terakhir (langkah pembuangan), katup buang terbuka dan piston bergerak ke atas untuk mengeluarkan gas bekas pembakaran dari ruang bakar. Siklus ini terus berulang setiap dua putaran poros engkol Rahardjo, T. (2022).

Siklus empat langkah pada mesin diesel memungkinkan untuk pengaturan aliran gas yang lebih efisien, dan proses pembakaran dapat berlangsung lebih optimal. Setiap langkah memiliki fungsi spesifik yang memungkinkan mesin untuk bekerja dengan efisien dan mengurangi pemborosan energi. Mesin dengan siklus empat langkah umumnya lebih kompleks dan memerlukan perawatan yang lebih teratur dibandingkan dengan mesin dua langkah. Namun, mesin ini lebih efisien dalam mengelola

pembakaran dan gas buang, serta lebih ramah lingkungan karena dapat mengurangi emisi yang dihasilkan.

B. Injektor Mesin Diesel

1. Pengertian Injektor Mesin Diesel

Injektor mesin diesel adalah komponen penting dalam sistem bahan bakar yang berfungsi untuk menyemprotkan bahan bakar ke dalam ruang bakar mesin diesel dengan tekanan tinggi. Proses penyemprotan ini dilakukan pada saat yang tepat untuk memastikan pembakaran yang efisien dan optimal. Injektor bekerja dengan cara menyemprotkan bahan bakar dalam bentuk kabut halus agar dapat bercampur sempurna dengan udara yang telah dikompresi di ruang bakar, menghasilkan pembakaran yang lebih sempurna dan efisien. Tanpa injektor yang berfungsi dengan baik, mesin diesel tidak akan dapat mencapai kinerja yang maksimal, bahkan bisa mengalami kerusakan karena ketidakseimbangan dalam proses pembakaran.

Pada mesin diesel, bahan bakar disemprotkan ke dalam ruang bakar di bawah tekanan tinggi. Hal ini memungkinkan bahan bakar untuk tersebar merata dan mudah terbakar meskipun mesin bekerja pada suhu dan tekanan yang sangat tinggi. Setiap injektor memiliki nozzle (ujung semprotan) yang didesain khusus untuk menciptakan pola semprotan yang optimal, tergantung pada jenis dan ukuran mesin. Mesin diesel modern umumnya dilengkapi dengan injektor yang bekerja berdasarkan sistem elektronik untuk pengaturan waktu dan jumlah penyemprotan bahan bakar yang lebih presisi, yang mengarah pada efisiensi bahan bakar yang lebih baik dan emisi yang lebih rendah Wibowo, A. (2022).

Injektor mesin diesel berfungsi untuk memastikan bahwa bahan bakar disemprotkan pada waktu yang tepat, jumlah yang tepat, dan dengan pola semprotan yang sesuai dengan kondisi kerja mesin. Keandalan injektor sangat penting karena kegagalan dalam sistem injeksi dapat menyebabkan pembakaran tidak sempurna, mengurangi efisiensi mesin, bahkan menyebabkan kerusakan pada komponen-komponen mesin lainnya. Oleh karena itu, perawatan injektor secara berkala sangat dianjurkan untuk menjaga performa mesin diesel dalam jangka panjang.

Gambar 4 Injektor Mesin Diesel



Sumber: Wibowo, A. (2022)

2. Fungsi Injektor

Menurut Putra, R. & Hidayat, I. (2021) Injektor mesin diesel memiliki beberapa fungsi utama yang sangat penting untuk kinerja mesin diesel. Berikut adalah fungsi-fungsi utama injektor:

a. Menyemprotkan Bahan Bakar ke dalam Ruang Bakar

Fungsi utama injektor adalah untuk menyemprotkan bahan bakar ke dalam ruang bakar mesin diesel dengan tekanan yang sangat tinggi. Proses penyemprotan ini sangat penting agar bahan bakar dapat bercampur dengan udara yang terkompresi dalam ruang bakar untuk menghasilkan pembakaran yang efisien.

b. Menciptakan Pola Semprotan yang Optimal

Injektor juga berfungsi untuk menciptakan pola semprotan bahan bakar yang sesuai dengan desain mesin. Pola semprotan yang baik memungkinkan bahan bakar tersebar merata dalam ruang bakar sehingga pembakaran terjadi lebih sempurna dan mesin dapat beroperasi lebih efisien.

c. Menjaga Efisiensi Pembakaran

Dengan cara kerja yang presisi, injektor membantu menjaga efisiensi pembakaran dengan menyemprotkan bahan bakar pada waktu yang tepat dan dalam jumlah yang tepat. Pembakaran yang efisien akan

menghasilkan tenaga yang lebih besar dan mengurangi pemborosan bahan bakar.

d. Mengurangi Emisi Gas Buang

Injektor yang berfungsi dengan baik juga berperan dalam mengurangi emisi gas buang yang dihasilkan oleh mesin diesel. Pembakaran yang lebih sempurna menghasilkan lebih sedikit polutan dan emisi gas buang yang lebih bersih, yang lebih ramah lingkungan..

3. Prinsip Kerja Injektor

Menurut Putra, R. (2021) Prinsip kerja injektor mesin diesel sangat bergantung pada sistem tekanan tinggi untuk menyemprotkan bahan bakar ke ruang bakar. Pada mesin diesel, udara dikompresi dalam ruang bakar hingga mencapai suhu dan tekanan yang sangat tinggi, dan bahan bakar disemprotkan ke dalam ruang bakar untuk dibakar oleh udara yang telah terkompresi tersebut. Injektor bekerja dengan menyemprotkan bahan bakar dalam bentuk kabut halus melalui nozzle atau ujung semprotan, yang menciptakan pola semprotan tertentu agar bahan bakar dapat tercampur dengan udara secara optimal.

a. Penyemprotan Bahan Bakar dengan Tekanan Tinggi

Bahan bakar disemprotkan ke ruang bakar dengan tekanan tinggi melalui injektor yang dilengkapi dengan pompa injeksi. Tekanan ini memungkinkan bahan bakar untuk berubah menjadi kabut halus yang mudah tercampur dengan udara panas di dalam ruang bakar, memastikan pembakaran yang lebih efisien.

b. Pengaturan Waktu Penyemprotan

Penyemprotan bahan bakar dilakukan pada waktu yang sangat tepat, yaitu ketika piston berada pada posisi kompresi yang optimal. Pengaturan waktu ini sangat penting karena jika terlalu cepat atau terlambat, bahan bakar tidak akan terbakar dengan sempurna dan efisiensi mesin akan menurun.

c. Jumlah Bahan Bakar yang Disemprotkan

Jumlah bahan bakar yang disemprotkan juga harus tepat. Sistem injeksi biasanya menggunakan sensor dan kontrol elektronik untuk

memastikan bahwa jumlah bahan bakar yang disemprotkan sesuai dengan kebutuhan mesin pada saat itu. Mesin diesel modern dilengkapi dengan sistem kontrol elektronik untuk meningkatkan akurasi dalam pengaturan jumlah bahan bakar yang disemprotkan.

d. Pola Semprotan

Pola semprotan yang dihasilkan oleh nozzle injektor berfungsi untuk memastikan bahwa bahan bakar tersebar secara merata di dalam ruang bakar. Pola semprotan yang buruk bisa menyebabkan pembakaran yang tidak sempurna, meningkatkan emisi gas buang, dan menurunkan efisiensi mesin.

e. Peran Sistem Pengatur Tekanan

Injektor diesel bekerja dalam sistem pengaturan tekanan yang cukup tinggi, sering kali mencapai tekanan sekitar 1000-2000 bar. Sistem ini penting untuk memastikan bahwa bahan bakar dapat disemprotkan dengan efektif dalam bentuk kabut halus di ruang bakar yang memiliki suhu dan tekanan tinggi.

f. Sistem Pemulihan Bahan Bakar

Injektor juga dilengkapi dengan sistem untuk mengembalikan bahan bakar yang tidak terpakai atau terbuang kembali ke dalam sistem bahan bakar, sehingga dapat digunakan kembali. Hal ini membantu mengurangi pemborosan dan meningkatkan efisiensi keseluruhan sistem injeksi.

g. Sistem Pengendalian Emisi

Sebagian besar injektor modern dilengkapi dengan teknologi yang membantu mengurangi emisi gas buang. Dengan memastikan pembakaran yang lebih sempurna, injektor membantu menurunkan jumlah bahan bakar yang tidak terbakar, yang pada gilirannya mengurangi polutan seperti karbon monoksida dan nitrogen oksida.

h. Pemeliharaan dan Pengecekan

Injektor perlu dipelihara secara berkala untuk memastikan bahwa kinerjanya tetap optimal. Pemeriksaan terhadap kebocoran, pola

semprotan, dan tekanan bahan bakar sangat penting untuk mencegah kerusakan pada mesin dan menjaga efisiensi pembakaran.

4. Jenis-Jenis Injektor

Injektor mesin diesel dapat dibedakan berdasarkan beberapa faktor, seperti desain, teknologi, dan cara kerja. Berikut adalah beberapa jenis injektor yang umum digunakan:

a. Injektor Elektronik (Common Rail Injection)

Injektor jenis ini menggunakan sistem elektronik untuk mengontrol waktu dan jumlah penyemprotan bahan bakar dengan presisi tinggi. Common rail injection umumnya digunakan pada mesin diesel modern karena dapat mengatur penyemprotan bahan bakar pada tekanan yang lebih tinggi dan lebih efisien.

b. Injektor Mesin Diesel Konvensional (Unit Injector)

Injektor ini lebih sederhana dan biasanya digunakan pada mesin diesel yang lebih tua atau mesin diesel dengan aplikasi tertentu, seperti truk atau pembangkit listrik.

c. Injektor Direct Injection (DI)

Injektor ini menyemprotkan bahan bakar langsung ke dalam ruang bakar tanpa campuran udara terlebih dahulu. Jenis ini memungkinkan pembakaran yang lebih efisien dan lebih kuat pada mesin diesel.

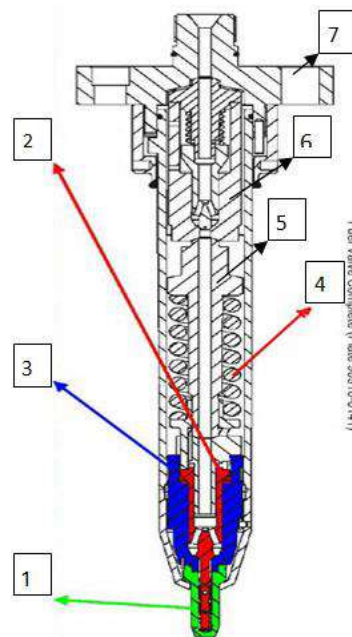
d. Injektor Turbocharged Direct Injection (TDI)

Digunakan pada mesin dengan turbocharger, injektor ini bekerja dengan cara yang mirip dengan injektor DI, namun lebih disesuaikan untuk meningkatkan efisiensi pembakaran dan daya mesin dalam mesin turbocharged..

5. Bagian-Bagian Injektor

Injektor mesin diesel terdiri dari beberapa bagian penting yang bekerja bersama untuk menyemprotkan bahan bakar ke dalam ruang bakar. Berikut adalah bagian-bagian utama injektor dan penjelasannya:

Gambar 5 Bagian-Bagian Pada Injektor



Sumber: Wibowo, A. (2022)

Secara lebih lanjut menurut Wibowo, A. (2022) bagian-bagian dari injektor adalah sebagai berikut:

a. *Nozzle* (Ujung Semprotan)

Nozzle adalah bagian dari injektor yang berfungsi untuk menyemburkan bahan bakar ke dalam ruang bakar. *Nozzle* memiliki desain khusus yang menentukan pola semprotan bahan bakar, apakah berupa kabut halus atau semprotan lebih kasar, sesuai dengan kebutuhan mesin.

b. *Body* Injektor

Body injektor adalah bagian utama dari injektor yang menampung komponen lainnya. *Body* ini terbuat dari bahan yang tahan terhadap tekanan dan suhu tinggi serta menjaga integritas komponen-komponen di dalam injektor.

c. *Spring* (Pegas)

Pegas berfungsi untuk menahan tekanan pada *nozzle* dan menjaga agar *nozzle* tidak terbuka sebelum waktunya. Pegas juga membantu dalam pengaturan jumlah bahan bakar yang disemprotkan.

d. *Solenoid* (Kumparan Elektromagnetik)

Pada injektor modern, *solenoid* digunakan untuk mengontrol pembukaan dan penutupan *nozzle* injektor secara elektronik. *Solenoid* memungkinkan sistem injeksi untuk bekerja dengan presisi tinggi dalam mengatur waktu dan jumlah penyemprotan bahan bakar.

e. *Plunger* (Piston Pompa)

Plunger adalah bagian yang berfungsi untuk mengatur aliran bahan bakar dalam injektor. *Plunger* mengendalikan volume bahan bakar yang disemprotkan berdasarkan tekanan yang diterima dari pompa injeksi.

f. *Seal* (Segel)

Seal digunakan untuk mencegah kebocoran bahan bakar dan memastikan bahwa injektor tetap kedap udara dan bahan bakar, menjaga kinerja dan efisiensi injektor.

g. *Fuel Filter* (Filter Bahan Bakar)

Filter bahan bakar berada di dalam injektor untuk memastikan bahwa bahan bakar yang disemprotkan ke ruang bakar bersih dari kotoran atau partikel yang bisa merusak komponen injektor.

h. *Pump* (Pompa Injeksi)

Pompa injeksi menghasilkan tekanan tinggi yang diperlukan untuk menyemprotkan bahan bakar melalui *nozzle* injektor. Pompa ini sangat penting dalam menjaga agar bahan bakar dapat disemprotkan dengan tekanan yang optimal ke dalam ruang bakar.

C. Syarat Injektor yang Baik

Menurut Sari, L. (2020) Injektor mesin diesel memiliki peran yang sangat penting dalam memastikan proses pembakaran berlangsung dengan efisien dan optimal. Agar injektor dapat berfungsi dengan baik, ada beberapa syarat yang harus dipenuhi. Syarat-syarat ini terkait dengan kinerja injektor yang dapat memengaruhi efisiensi bahan bakar, emisi gas buang, dan daya mesin. Berikut adalah syarat-syarat utama injektor yang baik:

1. Pola Semprotan yang Tepat

Pola semprotan yang dihasilkan oleh injektor harus tepat dan sesuai dengan desain ruang bakar mesin. Pola semprotan yang optimal memungkinkan bahan bakar tercampur dengan udara secara merata dan

menghasilkan pembakaran yang lebih sempurna. Biasanya, injektor akan mengubah bahan bakar menjadi kabut halus atau tetesan kecil yang dapat bercampur dengan udara dengan mudah. Pola semprotan yang buruk dapat menyebabkan bahan bakar terkumpul dalam satu titik, menyebabkan pembakaran yang tidak efisien, pemborosan bahan bakar, dan bahkan kerusakan pada komponen mesin akibat pembakaran yang tidak sempurna. Oleh karena itu, desain nozzle pada injektor sangat penting untuk mencapai pola semprotan yang baik.

2. Kapasitas Penyemprotan yang Akurat dan Konsisten

Injektor harus mampu menyemprotkan bahan bakar dengan jumlah yang tepat sesuai dengan kebutuhan mesin. Jika injektor menyemprotkan terlalu banyak bahan bakar, ini akan menyebabkan pemborosan dan meningkatkan emisi gas buang, sementara jika terlalu sedikit, mesin tidak akan memiliki cukup tenaga dan pembakaran menjadi tidak sempurna. Dalam mesin diesel modern, injektor biasanya dilengkapi dengan sistem kontrol elektronik yang memastikan akurasi dalam jumlah bahan bakar yang disemprotkan. Pengaturan jumlah bahan bakar yang tepat berperan penting dalam meningkatkan efisiensi bahan bakar dan mengurangi polusi.

3. Tidak Ada Kebocoran

Salah satu syarat penting bagi injektor yang baik adalah tidak adanya kebocoran bahan bakar pada injektor itu sendiri, baik pada komponen nozzle maupun di bagian sambungan injektor dengan komponen mesin lainnya. Kebocoran dapat menyebabkan bahan bakar terbuang sia-sia, mengganggu pembakaran yang efisien, dan bahkan membahayakan karena bisa menyebabkan kebakaran pada mesin. Kebocoran juga dapat merusak komponen lainnya pada sistem bahan bakar dan mengurangi kinerja keseluruhan mesin diesel.

4. Ketahanan terhadap Suhu dan Tekanan Tinggi

Injektor harus mampu bertahan pada suhu dan tekanan yang sangat tinggi, karena mesin diesel beroperasi pada kondisi yang sangat ekstrem. Suhu dan tekanan tinggi ini dihasilkan selama siklus kompresi dan pembakaran mesin. Bahan konstruksi injektor harus terbuat dari logam atau

paduan logam yang tahan terhadap korosi dan tidak mudah terdeformasi oleh suhu ekstrem. Misalnya, nozzle injektor sering terpapar suhu lebih dari 1000°C dan tekanan lebih dari 1500 bar. Oleh karena itu, komponen injektor harus dirancang agar tetap dapat berfungsi secara optimal dalam kondisi yang keras ini.

5. Responsivitas yang Cepat dan Presisi dalam Pengaturan Waktu

Responsivitas injektor terhadap sinyal dari sistem pengontrol sangat penting untuk kinerja mesin diesel. Pengaturan waktu penyemprotan bahan bakar harus sangat presisi untuk memastikan pembakaran yang sempurna dan efisiensi bahan bakar. Mesin diesel modern biasanya dilengkapi dengan sistem injeksi yang dikendalikan secara elektronik, yang dapat mengatur waktu dan jumlah bahan bakar yang disemprotkan berdasarkan berbagai parameter mesin, seperti beban, kecepatan putaran mesin, dan suhu mesin. Injektor yang baik harus mampu menyesuaikan dengan cepat terhadap perubahan kondisi mesin dan menyemprotkan bahan bakar pada waktu yang tepat selama siklus kerja mesin.

6. Kondisi Fisik Injektor yang Baik

Kondisi fisik injektor juga sangat memengaruhi kinerjanya. Injektor yang memiliki kerusakan fisik, seperti retak, aus, atau penyumbatan, tidak akan dapat berfungsi secara optimal. Kerusakan pada bagian nozzle atau pegas injektor dapat mengubah pola semprotan atau mengurangi kapasitas penyemprotan bahan bakar. Selain itu, penyumbatan yang terjadi pada nozzle akibat kotoran atau endapan bahan bakar dapat menyebabkan ketidakseimbangan dalam proses pembakaran. Oleh karena itu, perawatan dan pemeliharaan injektor secara berkala sangat penting untuk memastikan injektor tetap dalam kondisi fisik yang baik.

7. Kemampuan Mengurangi Emisi Gas Buang

Injektor yang baik tidak hanya harus menyemprotkan bahan bakar dengan presisi, tetapi juga harus dapat membantu mengurangi emisi gas buang yang dihasilkan oleh mesin. Pembakaran yang tidak sempurna dapat menghasilkan emisi gas buang yang tinggi, termasuk karbon monoksida (CO), nitrogen oksida (NO_x), dan partikulat. Mesin diesel yang dilengkapi

dengan injektor yang bekerja dengan baik akan menghasilkan pembakaran yang lebih sempurna, mengurangi polusi, dan memberikan dampak lingkungan yang lebih rendah.

D. Penyebab Kebocoran Injektor

Menurut Arifin, Z. (2021) Kebocoran injektor adalah masalah yang sering terjadi pada mesin diesel dan dapat memengaruhi kinerja mesin secara keseluruhan. Penyebab kebocoran ini bisa bermacam-macam, mulai dari faktor teknis hingga kesalahan dalam perawatan atau pemasangan. Berikut adalah beberapa penyebab utama kebocoran injektor:

1. Kelebihan Tekanan Bahan Bakar

Salah satu penyebab utama kebocoran injektor adalah tekanan bahan bakar yang berlebihan. Sistem injeksi bahan bakar pada mesin diesel bekerja pada tekanan yang sangat tinggi, sering kali mencapai lebih dari 1500 bar. Jika sistem pengaturan tekanan bahan bakar tidak berfungsi dengan baik, tekanan yang terlalu tinggi dapat menyebabkan kebocoran pada komponen injektor, terutama pada sambungan antara nozzle dan body injektor. Tekanan tinggi ini dapat merusak seal atau O-ring yang berfungsi menahan kebocoran bahan bakar.

2. Keausan Komponen Injektor

Seiring berjalannya waktu dan penggunaan mesin, komponen-komponen injektor akan mengalami keausan. Bagian-bagian seperti nozzle, plunger, dan seal dapat aus akibat suhu tinggi, tekanan, dan gesekan terus-menerus. Keausan ini mengurangi kemampuan injektor untuk menyemprotkan bahan bakar secara efisien dan dapat menyebabkan kebocoran, terutama di bagian yang seharusnya rapat dan kedap, seperti pada seal atau O-ring.

3. Pemasangan yang Tidak Tepat

Pemasangan injektor yang tidak tepat atau tidak rapat dapat menyebabkan kebocoran bahan bakar pada sambungan antara injektor dan kepala silinder mesin. Ketidaktepatan pemasangan bisa disebabkan oleh prosedur yang kurang hati-hati saat penggantian injektor atau

penyambungan komponen. Kebocoran ini dapat mengganggu distribusi bahan bakar ke ruang bakar dan mempengaruhi performa mesin.

4. Kualitas Bahan Bakar yang Buruk

Bahan bakar yang tercemar kotoran, air, atau zat aditif yang tidak sesuai dengan spesifikasi dapat menyebabkan masalah serius pada injektor. Kotoran dan air dalam bahan bakar dapat menyebabkan penyumbatan pada nozzle injektor atau menyebabkan korosi pada komponen injektor. Korosi yang terjadi pada bagian penting seperti nozzle atau pegas injektor dapat mengurangi kerapatan dan menyebabkan kebocoran bahan bakar. Bahan bakar yang buruk juga dapat mengakibatkan pembentukan deposit pada injektor, yang akan merusak fungsinya.

5. Kerusakan pada Seal dan O-Ring

Seal dan O-ring adalah komponen penting yang mencegah kebocoran bahan bakar keluar dari sistem injeksi. Seal yang aus atau rusak dapat menyebabkan kebocoran bahan bakar, baik pada ujung nozzle maupun pada sambungan injektor. Kerusakan pada O-ring dapat disebabkan oleh pemanasan berlebihan, kualitas bahan yang buruk, atau pemasangan yang tidak benar. Seal dan O-ring yang rusak harus segera diganti untuk menghindari kerusakan lebih lanjut pada injektor dan sistem bahan bakar.

6. Kondisi Mesin yang Buruk

Mesin yang tidak terawat dengan baik atau mengalami masalah teknis seperti overheating (overheating) dapat meningkatkan kemungkinan terjadinya kebocoran pada injektor. Suhu yang terlalu tinggi dapat menyebabkan pelebaran komponen injektor dan menyebabkan ketidakrapatan pada sambungan. Selain itu, mesin yang tidak beroperasi dengan baik dapat menyebabkan kerusakan pada sistem bahan bakar dan mempengaruhi kinerja injektor.

7. Penyumbatan pada Nozzle Injektor

Penyumbatan pada nozzle injektor dapat disebabkan oleh kotoran atau endapan dari bahan bakar. Nozzle yang tersumbat tidak dapat menyemburkan bahan bakar dengan baik, dan tekanan yang diterima oleh injektor menjadi tidak stabil. Akibatnya, tekanan tinggi dapat menyebabkan

kebocoran atau semprotan yang tidak sempurna, yang pada akhirnya dapat merusak komponen-komponen injektor lainnya. Penyumbatan dapat diatasi dengan pemeliharaan berkala, seperti membersihkan nozzle atau mengganti filter bahan bakar.

8. Kerusakan pada Sistem Pemanas Injektor

Beberapa mesin diesel menggunakan sistem pemanas untuk memastikan bahan bakar tetap pada suhu yang tepat, terutama pada kondisi cuaca dingin. Jika sistem pemanas tidak berfungsi dengan baik, suhu bahan bakar bisa menjadi terlalu rendah, yang menyebabkan penyumbatan atau pengendapan dalam sistem bahan bakar. Kondisi ini dapat merusak injektor dan menyebabkan kebocoran atau kegagalan fungsi pada sistem injeksi.

Kebocoran injektor harus segera ditangani karena dapat menyebabkan kerusakan lebih lanjut pada mesin dan sistem bahan bakar. Untuk mencegah terjadinya kebocoran injektor, perawatan dan pemeliharaan rutin sangat diperlukan, serta penggunaan bahan bakar yang berkualitas.

E. Kerangka Pikir Penelitian

