ANALISIS TEKANAN PENGABUTAN BAHAN BAKAR TERLALU RENDAH TERHADAP DAYA MESIN PENGGERAK UTAMA DIKAPAL MT. ANARGYA 1

OLEH:

MUHAMMAD FATHUR RAHMAN

21.42.016

TEKNIKA

PROGRAM DIPLOMA IV PELAYARAN
POLITEKNIK ILMU PELAYARAN MAKASSAR
TAHUN 2025

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Nama : MUHAMMAD FATHUR RAHMAN
NIT : 21.42.016
Program Studi : Teknika

Menyatakan bahwa skripsi dengan judul:

ANALISIS TEKANAN PENGABUTAN BAHAN BAKAR TERLALU RENDAH TERHADAP DAYA MESIN PENGGERAK UTAMA DIKAPAL MT. ANARGYA 1

Merupakan karya asli. Seluruh ide yang ada dalam skripsi ini yang saya nyatakan sebagai kutipan, merupakan ide yang saya susun sendiri.

Jika pernyataan diatas terbukti sebaliknya, maka saya bersedia menerima sanksi yang ditetapkan oleh Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar.

Makassar, 2 Mei 2025

MUHAMMAD FATHUR RAHMAN
NIT. 21.42.016

ANALISIS TEKANAN PENGABUTAN BAHAN BAKAR TERLALU RENDAH TERHADAP DAYA MESIN PENGGERAK UTAMA DIKAPAL MT. ANARGYA 1

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Menyelesaikan
Program Pedidikan Diploma IV Pelayaran

Program Studi Teknika

Disusun dan Diajukan oleh

MUHAMMAD FATHUR RAHMAN
NIT. 21.42.016

PROGRAM PENDIDIKAN DIPLOMA IV PELAYARAN
POLITEKNIK ILMU PELAYARAN MAKASSAR
TAHUN 2025

SKRIPSI

ANALISIS TEKANAN PENGABUTAN BAHAN BAKAR TERLALU RENDAH TERHADAP DAYA MESIN PENGGERAK UTAMA DIKAPAL MT. ANARGYA 1

Disusun dan Diajukan oleh:

MUHAMMAD FATHUIR RAHMAN
NIT. 21.42.016

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Skripsi
Pada tanggal 02 Mei 2025

Menyetujui:

Pembimbing 1	Pembimbing 2
H. Mahbub Arfah, S.Si. T., M. T., M.Mar.E.	**M. Sya'rani Machrizzandi, S.Kom., M.Kom**
NIP. 19780502 200912 1 001	**NIP. 19910508 201903 1 006**

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**

KATA PENGANTAR

Segala puji dan Syukur saya panjatkan ke hadirat Allah SWT, atas limpahan Rahmat dan karunia-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul “Analisis Tekanan Pengabutan Bahan Bakar Terlalu Rendah Terhadap Daya Mesin Penggerak Utama Dikapal MT. Anargya 1.” Skripsi ini disusun sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan program Diploma IV di Poiliteknik Ilmu Pelayaran Makassar. Dalam proses penyusunan skripsi ini, saya menghadapi berbagai tantangan dan hambatan. Namun berkat bimbingan, dukungan, serta kerja sama dari berbagai pihak—baik secara moril maupun materiil—saya berhasil menyelesaikannya dengan baik. Saya ingin memberikan penghargaan dan rasa terima kasih yang mendalam kepada diri saya sendiri atas keteguhan dan ketabahan dalam menjalani setiap proses hingga mencapai titik ini.

Ucapan terima kasih yang tak terhingga juga saya sampaikan kepada kedua orang tua saya tercinta, Ufriadi dan Hj. Fitriani, atas cinta,doa perhatian, serta dukungan penuh secara moril dan materiil yang tidak pernah putus. Terima kasih telah menjadi penyemagat dalam proses ini, selalu hadir mendengar keluh kesah, serta memberikan kekuatan untuk terus elangkah. Saya berharap suatui saat nanti dapat menjadi pribadi yang membanggakan serta mampu mengakat derajat keluarga. Sebagai bentuk rasa Syukur penulis juga menyampaikan ucapan terima kasih yang tulus kepada :

1. Bapak Capt. Rudy Susanto, M.Pd., selaku Direktur Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar, yang telah memberikan kesempatan dan dukungan selama saya menempuh penduidikan di insitusi ini.
2. Bapak Capt. Faisal Saransi, M.T.,M.Mar., selaku pembantu direktur 1 Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar, atas arahan dan kebijakan yang mendukung kelancaran proses akademik saya.
3. Bapak Ir. Alberto, S.Si.T., M.Mar.E., M.A.P., selaku Ketua Program Studi

Teknika Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar, yang telah membimbing serta memberikan fasilitas dan motivasi dala proses penyelesaian studi dan penyusunan skripsi ini.

4. Bapak H. Mahbub Arfah, S.Si. T., M. T., M.Mar.E. selaku pembimbing I atas segala bimbingan serta arahan yang diberikan selama penyusuna skripsi.
5. Bapak M. Sya'rani Machrizandi, S.Kom., M.Kom., selaku Pembimbing II, atas segala bimbingan, saran, dan arahan yang diberikan selama proses penyusunan skripsi ini berlangsung.
6. Rekan-rekan angkatan XLII, junior yang sudah membantu dan memudahkan dalam penulisan skripsi ini.
7. Untuk kakak saya Nurul Ramadhani dan adik saya Nurul Alya Maharani serta kedua tante saya Anugrah Damayanti dan Hj. Mogawati, dan nenek saya Hj. Puang Sarkiah, beserta seluruh keluarga besar yang selalu memotivasi saya untuk mengerjakan skripsi ini hingga selesai.

Saya sangat terbuka terhadap segala bentuk kritik dan saran yang membangun, demi meningkatkan pemahaman dan kemampuan saya di bidang kemaritiman. Besar harapan saya, karya tulis ini dapat memberikan manfaat, memperluas wawasan, dan menjadi sumber inspirasi bagi para Taruna dan Taruni Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar, serta para pembaca secara umum.

Makassar, 2 Mei 2025

MUHAMMAD FATHUR RAHMAN
NIT. 21.42.016

ABSTRAK

Muhammad Fathur Rahman, “Analisis Tekanan Pengabutan Bahan Bakar Terlalu Rendah Terhadap Daya Mesin Penggerak Utama Dikapal MT. Anargya 1” (Dibimbing Oleh Pak Mahbub Dan Pak Sya’rani)

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi dan mengidentifikasi permasalahan yang dihadapi oleh *main engine* dalam proses pengabutan bahan bakar, guna mencegah terjadinya pembakaran yang tidak sempurna yang dapat mengakibatkan penurunan daya mesin.

Pendekatan yang digunakan adalah metode deskriptif kualitatif. Data diperoleh melalui pengukuran tekanan pengabutan, pengujian performa mesin, serta analisis konsumsi bahan bakar dan efisiensi proses pembakaran.

Temuan penelitian mengindikasikan bahwa tekanan pengabutan yang berada di bawah ambang batas optimal menyebabkan proses atomisasi bahan bakar menjadi kurang sempurna,meningkatkan konsumsi bahan bakar, serta menurunkan daya mesin. Selain itu, terjadi peningkatan emisi gas buang akibat pembakaran yang tidak sempurna. Kesimpulannya, pengaturan tekanan pengabutan yang tepat sangat penting untuk memastikan efesiensi dan performa optimal dari mesin penggerak utama kapal.

Kata Kunci: Tekanan Pengabutan, Daya Mesin, Penggerak Utama, Efesiensi Pembakaran.

ABSTRACT

Muhammad Fathur Rahman, "Analysis Of Low Fuel Injection Pressure Impact On Main Engine Power Performance On MT. Anargya 1" (Supervised By Mr. Mahbub And Mr. Sya'rani)

This research aims to analyze and identify the issues faced by the main engine in the fuel injection process to avoid incomplete combustion, which leads to a decrease in engine power.

A qualitative descriptive method was used in this study, involving fuel injection pressure measurements, engine performance testing, as well as fuel consumption analysis and combustion efficiency evaluation.

The research results indicate that injection pressure below the optimal standard leads to poor fuel atomization, which increases fuel consumption and reduces engine power. Additionally, incomplete combustion causes an increase in exhaust gas emissions. In conclusion, proper adjustment of injection pressure is crucial to ensure efficiency and optimal performance of the main engine on the vessel.

Keywords: Injection Pressure, Engine Power, Main Engine, MT Anargya 1, Combustion Efficiency.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGAJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Tujuan Penelitian	3
D. Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
A. Pengertian Injector	4
B. Fungsi Injector	5
C. Cara Kerja Injector	7
D. Komponen-Komponen Injector	9
E. Pengertian Nozzle	11
F. Jenis-Jenis Nozzle	12
G. Proses Pembakaran Injector	14
H. Perawatan Pada Nozzle	15
I. Metode Penyemprotan Bahan Bakar	16
J. Persyaratan Pada Sistem Injeksi	26
K. Pembakaran Dalam Silinder	21
L. Syarat Menghasilkan Pembakaran Sempurna	25
M. Kerangka Pikir	26

BAB III METODE PENELITIAN 29
A. Tempat Dan Waktu Penelitian 29
B. Batasan Istilah 29
C. Data 30
D. Instrument Penelitian 31
E. Jenis Dan Sumber Data 31
F. Metode Analisa 32
G. Jadwal Penelitian 33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 34
A. Gambaran Umum Tempat Penelitian 34
B. Ship Particular Dan Spesifikasi Main Engine 34
C. Analisis Data 35
D. Solusi Dan Pemecahan Masalah 38
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 44
A. Kesimpulan 44
B. Saran 45
DAFTAR PUSTAKA 46
LAMPIRAN 47
RIWAYAT HIDUP 51

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3. 1 Jadwal Pelaksanaan Penelitian	39
Tabel 4. 1 Jam Kerja untuk Komponen Injektor	41
Tabel 4. 2 Data ketentuan kinerja pada injektor	42

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 2. 1 Sebelum penginjeksian bahan bakar 9

Gambar 2. 2 penginjeksian bahan bakar 10

Gambar 2. 3 Akhir penginjeksian bahan bakar 11

Gambar 2. 4 Bagian – bagian injektor 12

Gambar 2. 5 single hole nozzle 16

Gambar 2. 6 Multi hole nozzle 17

Gambar 2. 7 Pintle nozzle 18

Gambar 2. 8 Direct & Indirect injection 23

Gambar 2. 9 Direct & Indirect injection 25

Gambar 4. 1 pembersihan pada lubang *nozzle* 44

Gambar 4. 2 Pengetesan pada nozzle 46

BAB I
PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Mekanisme pembakaran dalam mesin adalah inti dari kinerja operasional. Dalam konteks ini, injektor memegang peranan krusial sebagai komponen yang bertanggung jawab menginjeksikan bahan bakar secara atomisasi ke ruang bakar. Proses pengabutan ini dilakukan melalui injeksi tekanan tinggi, dengan kuantitas bahan bakar yang diinjeksikan diatur oleh katup saluran masuk bahan bakar. Kinerja injektor secara langsung menentukan kesesuaian jumlah Bahan bakar yang diinjeksikan ke silinder. Apabila injektor mampu mengaburkan bahan bakar secara optimal, pembakaran internal silinder akan berlangsung lebih efisien dan sempurna. Mengingat vitalnya fungsi injektor dalam proses pembakaran, pemeliharaan rutin terhadap injektor dan seluruh komponennya menjadi esensial untuk memastikan operasional yang optimal dan berkelanjutan. Sebagaimana dinyatakan oleh Wang et al. (2022), "Efisiensi pembakaran modern sangat bergantung pada karakteristik semprotan injektor, yang secara langsung memengaruhi formasi campuran dan pembakaran yang efisien."

Pengabutan bahan bakar yang dilakukan oleh injektor memiliki dampak signifikan terhadap efisiensi proses pembakaran. Pengabutan yang tidak optimal dapat mengurangi kinerja injektor dan menyebabkan pembakaran dalam silinder menjadi tidak sempurna. Kondisi nosel injektor sangat menentukan mutu pengabutan bahan bakar ke dalam silinder. Masalah yang kerap muncul pada nozel, seperti penyumbatan lubang dan tetesan bahan bakar, dapat mengakibatkan proses pengabutan menjadi kurang optimal. Kedua permasalahan tersebut berdampak besar terhadap efisiensi pembakaran di dalam silinder. Pasalnya, penyumbatan lubang nozel dan tetesan bahan bakar akan mengganggu kinerja injektor secara keseluruhan. Hal ini sejalan dengan

temuan Li et al. (2021) yang mengemukakan bahwa "degradasi nozel injektor, seperti erosi atau deposisi karbon, dapat secara drastis mengubah pola semprotan, mengakibatkan pembakaran tidak lengkap dan peningkatan emisi." Oleh sebab itu, komponen ini harus mendapat perhatian khusus karena perannya yang penting dalam berlangsungnya proses pembakaran di dalam silinder.

Gangguan pada nozel, khususnya penyumbatan dan tetesan bahan bakar, secara signifikan memengaruhi proses pengabutan di dalam silinder. Proses pembakaran yang tidak optimal dapat menimbulkan berbagai permasalahan operasional, seperti mesin gagal dihidupkan, mesin menyala namun kemudian mati, timbulnya asap pada gas buang, ketidakstabilan daya keluaran mesin (engine output), serta ketidakmampuan mesin mencapai putaran maksimum. Mengingat besarnya potensi kerugian akibat kerusakan pada nozel, diperlukan perawatan rutin dan berkelanjutan guna memastikan nozel berfungsi secara optimal dan proses pengabutan di dalam silinder berjalan dengan efisien. Chen & Zhang (2020) dalam studi mereka menegaskan, "program perawatan prediktif untuk sistem injeksi bahan bakar, khususnya pemantauan kondisi nozel, sangat penting untuk mencegah kegagalan kritis dan menjaga performa mesin."

Permasalahan tersebut pernah terjadi pada Kapal MT. ANARGYA 1 pada hari Rabu, 20 Desember 2023, dalam pelayaran dari Padang menuju Jakarta. Pada silinder kepala nomor 5, terdeteksi penurunan suhu gas buang yang disertai dengan suara bising atau yang dikenal dengan istilah *surging*. Menyikapi perubahan tersebut, Chief Engineer memutuskan untuk menghentikan pengoperasian mesin utama. Setelah pemeriksaan lebih lanjut, Masinis 1 menemukan bahwa akar masalahnya berasal dari injektor, di mana lubang nozel tersumbat, menyebabkan bahan bakar tidak dapat diinjeksikan secara maksimal ke dalam silinder. Keadaan ini menunjukkan secara langsung bahwa proses pembakaran di dalam silinder tidak berlangsung secara optimal atau

sempurna. Temuan tersebut sejalan dengan permasalahan yang telah diuraikan pada bagian latar belakang sebelumnya. Berdasarkan hal tersebut, penulis merasa perlu untuk mengkaji lebih dalam fenomena ini melalui penyusunan skripsi yang berjudul **"Analisis Tekanan Pengabutan Bahan Bakar terhadap Daya Mesin Penggerak Utama di Kapal MT. ANARGYA 1.**

B. Rumusan Masalah

Mengacu pada uraian latar belakang di atas, penulis merumuskan permasalahan sebagai berikut :

1. Apa yang menyebabkan kurang sempurnanya pembakaran pada *injector.*
2. Mengapa terjadinya penyumbatan pada lubang *nozzle.*

C. Tujuan Penelitian

Studi ini bertujuan untuk menganalisis faktor-faktor penyebab tekanan pengabutan bahan bakar yang terlalu rendah pada mesin penggerak utama di Kapal MT. ANARGYA 1.

D. Manfaat Penelitian

1. Manfaat teoritis
   a. Memberikan informasi sebagai acuan bagi pembaca mengenai terjadinya gejala *surging* pada mesin induk yang disebabkan oleh kerusakan pada komponen nozzle.
   b. Menjadi landasan dalam mempertimbangkan solusi terhadap permasalahan yang mengakibatkan tidak optimalnya kinerja injector dalam proses pembakaran pada motor diesel.
2. Keuntungan praktis
   a. Sebagai pedoman bagi masinis kapal dalam menangani surging pada main engine akibat kerusakan nozzle.
   b. Sebagai pedoman bagi taruna yang akan melaksanakan prala berkaitan mengenai peforma *nozzle*.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

A. Pengertian *Injector*

Komponen injektor memiliki peran penting dalam mekanisme pengabutan bahan bakar pada mesin penggerak utama kapal. Fungsinya adalah untuk memastikan bahan bakar disemprotkan secara sempurna dalam bentuk kabut ke dalam silinder mesin. Proses ini esensial agar bahan bakar dapat terbakar secara efisien, menghasilkan tenaga yang optimal untuk menggerakkan kapal. Apabila injektor tidak berfungsi sebagaimana mestinya, seperti mengalami kebocoran atau menetes, bahan bakar akan masuk ke dalam silinder dalam wujud cair, bukan kabut. Kondisi ini dapat menghambat proses penyalaan bahan bakar dan berdampak negatif pada kinerja mesin, yang pada akhirnya menyebabkan penurunan daya.

Setiap perusahaan pelayaran tentu tidak menginginkan armadanya mengalami gangguan operasional. Terhentinya fungsi salah satu bagian mesin atau komponen lainnya dapat menghambat kinerja kapal secara keseluruhan. Oleh karena itu, sebagai upaya preventif, injektor bahan bakar harus dirawat dengan cermat dan terjadwal. Kelancaran operasional kapal sangat bergantung pada perawatan teratur mesin induk sebagai penggerak utama. Pengoperasian kapal yang efisien tidak lepas dari kinerja optimal pesawat penggerak kapal, termasuk mesin induk dan komponen pendukung seperti injektor FISABILILLAH, J. I. (2020).

Injector adalah komponen utama pada motor diesel yang Injector memiliki fungsi utama untuk mengabutkan bahan bakar ke dalam ruang pembakaran. Perawatan injector sangat penting untuk memastikan kinerja mesin bantu tetap optimal. Gangguan atau masalah yang terjadi selama pelayaran harus dihindari sebisa mungkin. Jika gangguan tersebut tidak segera ditangani, akan sangat merugikan banyak pihak

dan dapat menghambat kelancaran pelayaran. Komponen-komponen pada mesin bantu saling berhubungan dan bekerja sama membentuk satu kesatuan sistem di atas kapal. (FAISAL, 2019).

Salah satu faktor penting dalam pengoperasian mesin adalah perawatan komponen-komponen mesin. Injector adalah salah satu elemen vital yang perlu mendapat perhatian khusus. Perawatan yang baik terhadap injector sangat diperlukan untuk menjaga kinerja main engine. Gangguan atau hambatan yang terjadi saat berlayar harus diminimalisir sebisa mungkin. Jika tidak segera di tanganin hal ini akan menimbulkan kerugian besar bagi banyak pihak dan mengganggu kelancaran pelayaran. Main engine juga tersusun atas sejumlah komponen yang saling menunjang dan bekerja sebagai satu kesatuan di atas kapal (DONA, 2019).

B. Fungsi *Injector*

Nozel injektor merupakan bagian penting dalam mekanisme pembakaran mesin yang berfungsi untuk mengabutkan bahan bakar ke ruang pembakaran. Bahan bakar disemprotkan dalam bentuk partikel halus guna menjamin atomisasi yang maksimal selama proses pembakaran.

Dimensi partikel bahan bakar yang disemprotkan oleh nosel injektor, serta metode partikel tersebut berinteraksi dengan udara, memberikan pengaruh besar terhadap mutu pembakaran dan kinerja mesin. Nosel injektor dipasang secara permanen pada dudukan nosel *(nozzle holder)*, yang selanjutnya terpasang pada kepala silinder *(cylinder head)*.

Injektor berfungsi untuk mengonversi tekanan bahan bakar dari pompa injeksi yang bertekanan tinggi menjadi bentuk semprotan kabut, dengan kisaran tekanan antara 60 hingga 200 kg/cm^2. Tekanan tinggi ini menyebabkan suhu pembakaran dalam silinder meningkat, bahkan bisa

mencapai sekitar 600°C.

Injektor memiliki fungsi vital dalam menginjeksikan bahan bakar ke dalam ruang bakar mesin. Perangkat ini tersusun atas dua komponen utama, yaitu badan nozel (nozzle body) dan jarum (needle). Injektor bertugas menyalurkan bahan bakar yang telah bertekanan dari pompa injeksi menuju silinder mesin pada tingkat tekanan yang telah ditetapkan, guna memastikan bahan bakar dapat tersebar merata dalam bentuk kabut. Menurut (Wijanarko, 2015) Pengaturan tekanan penyemprotan bahan bakar yang dilakukan oleh injektor dapat disesuaikan, baik melalui penggantian *shim* penyetel (*adjusting shim*) maupun dengan memutar sekrup penyetel (*adjusting screw*), disesuaikan dengan spesifikasi operasional mesin. Secara garis besar, peran injektor mencakup penyemprotan bahan bakar sesuai jumlah yang diperlukan, mengatomisasikannya untuk pencampuran sempurna dengan udara, dan mendistribusikannya secara seragam di dalam ruang bakar demi tercapainya proses pembakaran yang paling efisien.

APRI et al (2017) menjelaskan bahwa injector menerima bahan bakar dari pompa injeksi dalam kondisi bertekanan tinggi dan menyemprotkannya ke ruang bakar. Proses penyemprotan berlangsung ketika tekanan bahan bakar yang masuk lebih besar dari tekanan pegas dalam injector. Tekanan ini menekan jarum (*nozzle needle*) ke atas, mengakibatkan pegas tertekan, sehingga bahan bakar dapat keluar dan tersebar ke *combustion chamber*. Pengaturan tekanan injeksi bisa dilakukan dengan memodifikasi ketebalan shim pengatur, yang secara tidak langsung berdampak pada kekuatan tekan pegas. Ketika tekanan dalam *oil pool* meningkat, gaya tekan ini akan diarahkan ke permukaan bawah nozzle, sehingga mendukung terjadinya proses injeksi. Bila tekanan ini melebihi tegangan pegas, maka *nozzle needle* terdorong keatas dan menyebabkan *nozzle* menyemprotkan bahan bakar.

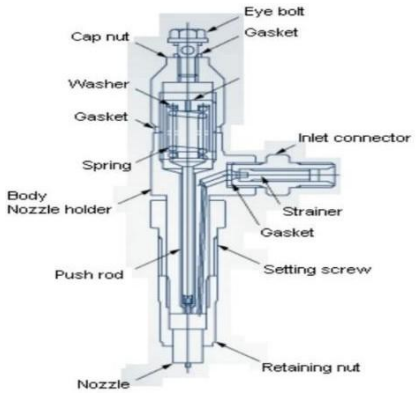
C. Cara Kerja *Injector*

Ada 3 cara kerja mesin *injector* yaitu :

1. Sebelum penginjeksian bahan bakar

   Bahan bakar bertekanan tinggi dialirkan dari pompa injeksi, melewati saluran bahan bakar (fuel duct) pada dudukan nozel (nozzle holder), menuju ke area penampungan minyak (oil pool) yang berada di bagian bawah badan nozel (nozzle body).

Gambar 2.1 Sebelum penginjeksian bahan bakar

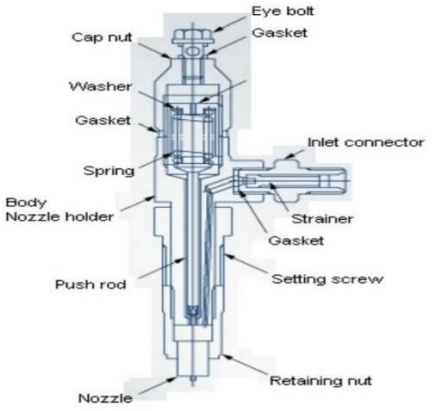


Sumber: Otospeedcar_Teams:2024

2. penginjeksian bahan bakar

   Ketika tekanan bahan bakar dalam ruang akumulasi *(oil pool*) meningkat melebihi gaya tahanan pegas penekan (*pressure spring*), jarum injektor (*nozzle needle*) akan terangkat. Pengangkatan jarum ini melepaskannya dari dudukan nozel (*nozzle body seat*), memungkinkan bahan bakar bertekanan tinggi untuk diinjeksikan dalam bentuk kabut ke dalam *combustion chamber*.

Gambar 2.2 penginjeksian bahan bakar

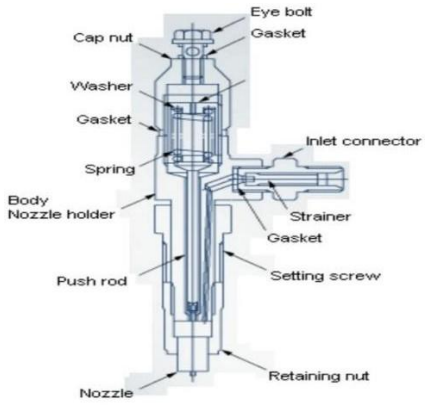


Sumber: Otospeedcar_Teams:2024

3. Akhir proses penginjeksian bahan bakar

Proses penginjeksian bahan bakar berakhir seiring dengan terhentinya aliran bahan bakar dari pompa injeksi, yang mengakibatkan penurunan tekanan di dalam sistem. Turunnya tekanan mengakibatkan pegas mendorong kembali jarum nosel ke posisi awal, sehingga menutup aliran bahan bakar. dan secara efektif menghentikan penyemprotan ke dalam ruang bakar.

Gambar 2.3 akhir penginjeksian bahan bakar

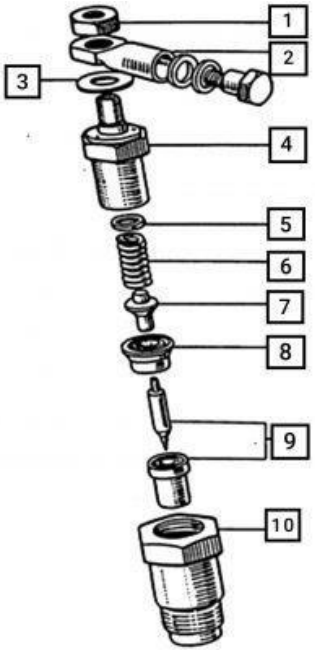


Sumber: Otospeedcar_Teams:2024

D. Komponen – Komponen pada *Injector*

Katup injektor bahan bakar (*fuel injector valve*) merupakan komponen fundamental dalam sistem suplai bahan bakar mesin, yang meskipun ukurannya ringkas, memainkan peranan krusial dalam tahap penginjeksian bahan bakar. Komponen ini terdiri dari sejumlah elemen vital, di mana setiap bagian menjalankan fungsi spesifik guna menjamin akurasi dan efisiensi pengabutan bahan bakar ke dalam *combustion chamber*. Selanjutnya akan dijelaskan mengenai struktur dan fungsi utama dari katup injektor bahan bakar ini:

Gambar 2.4 Bagian – bagian inektor



Sumber: Otospeedcar_Teams:2024

Keterangan :

a. *Screw cap*
b. *Nut*
c. *Nozzle cap*
d. *Nozzle Holder*
e. *Nozzle*

f. *Spring*
g. *Spring Upper*
h. *Spindle*
i. *Screw Adjust*

a. berfungsi untuk mengunci baut penyetel agar tetap pada posisinya dan tidak kendur atau terlepas, sekaligus mencegah kebocoran bahan bakar selama mesin beroperasi.
b. *Nut* berperan dalam menjaga posisi pegas (spring) agar tidak bergeser, memastikan pegas tetap berfungsi dengan baik melalui penahan yang kuat dan stabil.
c. *Nozzle cap* berperan untuk pengikat dari badan injektor dan nozel, memastikan posisi nozel tetap stabil selama proses injeksi berlangsung.
d. *Nozzle* merupakan komponen terminal injektor yang dilengkapi dengan orifis kecil, berfungsi sebagai tempat penginjeksian baha bakar. Komponen ini esensial dalam mengendalikan pola semprotan dan dimensi partikel bahan bakar, guna mengoptimalkan efisiensi pembakaran.
e. *Nozzle Holde*r berperan dalam struktur utama atau rumah bagi nozzle injector, serta bertugas mengunci pegas dan bagian atas pegas (spring upper) agar tetap terpasang dengan baik.
f. *Spring* berfungsi mengatur elastisitas selama proses penyemprotan bahan bakar oleh injector, memungkinkan jarum injektor kembali ke posisi semula. Selain itu, pegas juga digunakan untuk mengatur tekanan injeksi bahan bakar sesuai kebutuhan.
g. *Spring upper* berfungsi sebagai penahan yang memastikan pegas tetap berada di posisinya dan tidak bergeser selama operasi injector.
h. *Spindle (penekan jarum) berperan sebagai komponen penekan jarum pada injektor yang memiliki peran krusial dalam mendorong jarum masuk ke saluran pengabutan*, terutama selama proses

penyemprotan bahan bakar. Kinerja injector sangat dipengaruhi oleh tingkat tekanan yang dihasilkan, yang menentukan efektivitas pengabutan.

i. *Screw adjust* (baut penyetel) berfungsi untuk mengkalibrasi tekanan bahan bakar yang akan diinjeksikan ke dalam silinder. Penyesuaian tekanan ini dilakukan dengan memutar baut tersebut, memungkinkan peningkatan atau penurunan tekanan berdasarkan kebutuhan mesin serta volume bahan bakar yang akan diinjeksikan. (AGUS, 2024).

E. Pengertiaan *Nozzle*

Nozzle adalah bagian krusial dari katup yang bertugas mengubah bahan bakar cair menjadi kabut halus. Proses ini penting agar bahan bakar dapat bercampur sempurna dengan udara di dalam silinder, yang pada akhirnya mempermudah proses pembakaran.

Menurut (Dwi Lestari, 2023) Dalam rekayasa sistem pembakaran, nozzle berfungsi sebagai aktuator penyemprot yang esensial untuk mengoptimalkan distribusi bahan bakar ke dalam ruang bakar. Setelah fase injeksi, penurunan tekanan diferensial bahan bakar menyebabkan jarum nozzle (pintle) kembali ke posisi *seat*-nya, secara efektif menghentikan aliran. Dinamika buka-tutup jarum ini dapat divisualisasikan melalui jarum indikator untuk tujuan diagnostik dan kalibrasi. Integral dengan presisi pengabutan ini adalah peran pompa injeksi, yang didesain untuk menyediakan suplai bahan bakar pada waktu yang kritis (*timing*) dan menghentikan aliran sesuai kebutuhan operasional, memastikan efisiensi pembakaran yang optimal serta emisi yang terkontrol.

Jarum penyemprot pada nosel berfungsi untuk mengalirkan bahan bakar dalam bentuk partikel halus, demi mencapai penyemprotan yang maksimal melalui celah-celah nosel yang tersedia. Pada bagian ini tidak

boleh terbentuk endapan yang dapat menyebabkan kinerja injektor bahan bakar menurun. Menurut Purwanto, dkk. (2019) fungsi dari *injector* bahan bakar adalah :

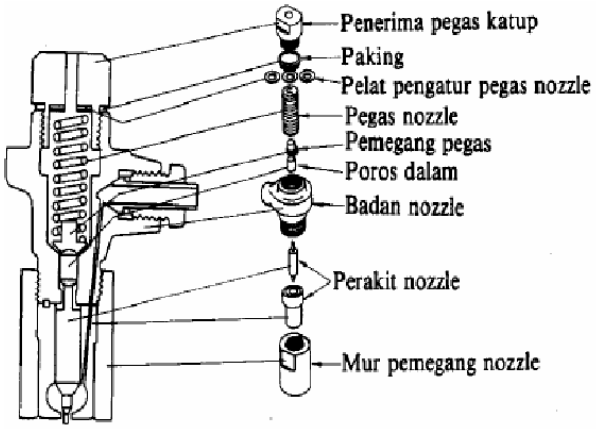
1. Menyalurkan bahan bakar dengan presisi sesuai kualitas pengabutan yang ditentukan.
2. Berfungsi sebagai saluran untuk menyalurkan bahan bakar ke ruang pembakaran.

F. Jenis - Jenis *Nozzle*

Untuk mengoptimalkan fungsi nozzle, komponen ini diklasifikasikan ke dalam beberapa tipe. Nozzle dapat dibedakan menjadi :

a. *Nozzle* dengan satu lubang*(single hole nozzle)*

Gambar 2.5 *single hole nozzle*



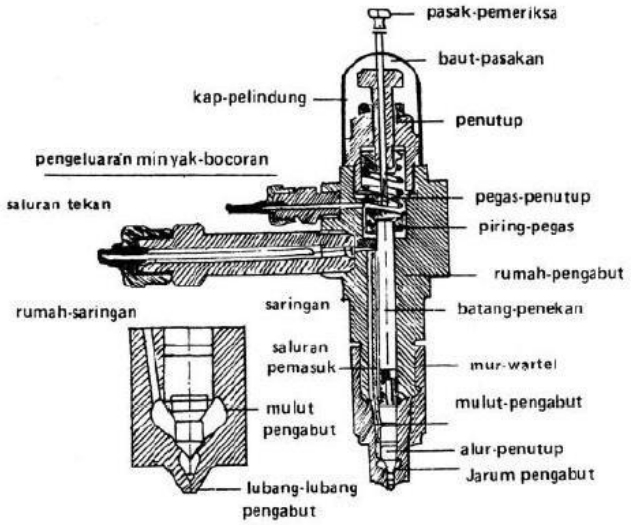
Sumber: Padepokan wirosableng:2024

Semprotan yang dihasilkan oleh nozzle berlubang tunggal memiliki bentuk kerucut. Jika sudut semprot terlalu lebar, hal ini dapat menyebabkan proses pengabutan tidak optimal. Kondisi tersebut menjadi salah satu faktor pembatas dalam penggunaan pola penyemprotan. Oleh karena itu, nozzle dengan satu lubang umumnya dirancang sedemikian rupa sehingga menghasilkan efek pusaran pada semprotan bahan bakar. Nozzle jenis lubang tunggal

menawarkan keuntungan signifikan, terutama pada aplikasi mesin berkecepatan tinggi. Desainnya memungkinkan bukaan lubang yang lebih besar, memfasilitasi penyemprotan bahan bakar yang lebih efisien. Ini berarti bahkan saat mesin beroperasi pada putaran tinggi, bahan bakar tetap dapat diinjeksikan secara optimal.

b. *Nozzle* multi lubang *(multi hole nozzle)*

Gambar 2.6 *Multi hole nozzle*



Sumber: Padepokan wirosableng:2024

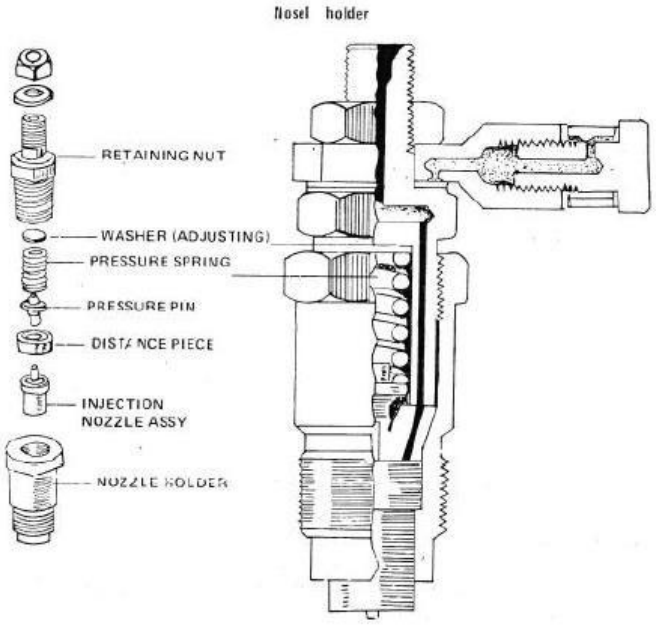
Nozzle multi-hole adalah komponen yang sering dijumpai pada mesin diesel modern, khususnya yang mengadopsi sistem direct injection. Desainnya memungkinkan injeksi bahan bakar yang presisi, memastikan distribusi merata ke seluruh volume ruang bakar. Jumlah lubang pada nozzle ini bervariasi, umumnya antara tiga hingga delapan belas, disesuaikan dengan dimensi silinder mesin untuk mencapai performa optimal.

Keunggulan utama dari nozzle multi-hole terletak pada efisiensi pengabutan bahan bakar yang superior. Dengan lebih banyak lubang, bahan bakar diatomisasi menjadi partikel halus, menghasilkan

homogenisasi sempurna antara udara dan bahan bakar. Kondisi ini krusial untuk meningkatkan efisiensi pembakaran, mengurangi emisi, dan mengoptimalkan daya keluaran mesin.

c. *Nozzle model pintle*

Gambar 2.7 *Pintle nozzle*



Sumber: Padepokan wirosableng:2024

Nozzle jenis ini digunakan pada mesin diesel, dipasang di ujung katup, dan memiliki batang atau ujung yang disebut pintle. Purwanto, dkk. (2019).

G. Proses Pembakaran *Injector*

Terdapat beberapa faktor yang mendukung *combustion* pada mesin induk, di antaranya adalah:

a. *Nozzle* yang bebas dari kotoran

Tekanan injektor pada mesin penggerak utama di setiap silinder, baik yang tinggi maupun rendah, memiliki peranan yang

sangat krusial. Dengan demikian, nozzle harus dijaga kebersihannya dari kontaminan seperti endapan karbon atau residu pembakaran. Adanya kotoran pada orifice injektor dapat mengganggu kualitas proses pembakaran, yang berpotensi menimbulkan pembakaran tidak optimal.

b. Sistem suku cadang dan perawatan
   1) Suku cadang
      a) *Spare part* yang ada di atas kapal harus dicatat pada saat ada penambahan atau pemakaian *spare part*.
      b) Setiap bulan dan setiap tahun, jumlah penerimaan serta pemakaian bahan bakar harus dicatat dan dilaporkan ke perusahaan. Hal ini penting untuk evaluasi perusahaan serta memastikaan pemakaian bahan bakar pada batas yang wajar.
      c) Bahan bakar yang digunakan ketika proses injeksi haruslah bersih dan berkualitas tinggi untuk mencegah pembakaran yang tidak sempurna yang diakibatkan oleh kontaminan.

H. Perawatan Pada Nozzle

Pemeriksaan dan pemeliharaan injektor perlu dilaksanakan secara teratur dan berkala, meliputi upaya menjaga kebersihan komponen-komponen injektor, khususnya nozzle. Setelah proses pembersihan, laksanakan pemeriksaan dan pemeliharaan lanjutan yang dibutuhkan.

a) Perhatian khusus diperlukan dalam menangani sumbatan lubang nozzle yang disebabkan oleh kontaminasi bahan bakar. Impuritas dalam bahan bakar yang tidak bersih dapat memicu akumulasi karbon pada dinding internal lubang nozzle, yang pada akhirnya menyebabkan obstruksi. Prosedur perbaikan untuk kondisi ini mencakup beberapa aspek krusial yang akan diuraikan lebih lanjut, seperti :

(1) Periksa lubang nozzle dengan teliti,
(2) Lakukan *cleaning* pada lubang nozzle yang buntuk menggunakan jarum.
(3) Setelah selesai cleaning lakukan penyemprota pada nozzle dengan menggunakan udara bertekanan hingga kotoran-kotorang yang ada di dalam nozzle bersih.
(4) Sebelum pelaksanaan pengujian, pastikan bidang dudukan dalam keadaan datar, lalu dibersihkan menggunakan oli, dan diakhiri dengan penyemprotan menggunakan udara bertekanan tinggi.
(5) Ketika pemasang nozzle pada dudukannya, pastikan posisi serta letaknya sesuai dengan pin yang ada, kencangkan dengan baik, dan lakukan pengujian.
(6) Setelah melakukan pengujian sesuai standar operasional yang ditetapkan, pastikan bahwa tekanan injeksi dan pola pengabutan berfungsi optimal. Apabila parameter tekanan pengabutan telah terpenuhi, maka injektor dinyatakan siap untuk dioperasikan.

b) Langkah-langkah penanganan sumbatan pada pada nozzle:
(1) Bersihkan endapan karbon yang terdapat pada nozzle.
(2) Pasang kembali nozzle pada dudukannya setelah meratakan nozzle dengan posisi dudukan yang tepat.
(3) Ketika melaksanakan prosedur pengujian, prioritaskan verifikasi kualitas pengabutan dan kalibrasi tekanannya. Apabila hasil pengabutan dan tekanan telah memenuhi spesifikasi yang ditetapkan, serta tidak terdeteksi anomali lainnya, maka injektor dapat dinyatakan layak untuk dioperasikan.

I. Metode Penyemprotan Bahan Bakar

Dalam rekayasa mesin pembakaran internal, terdapat dua pendekatan fundamental untuk atomisasi dan pencampuran bahan bakar: sistem injeksi tidak langsung (*Indirect Injection - IDI*) dan sistem

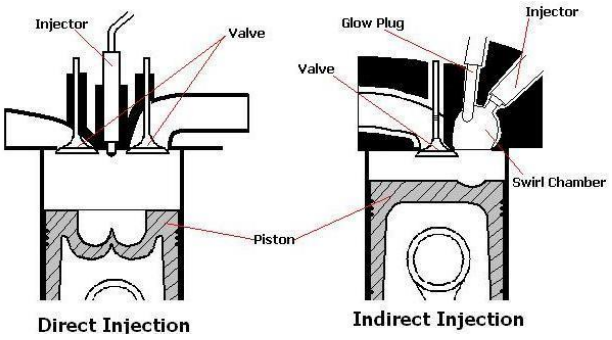
injeksi langsung (*Direct Injection - DI*). Masing-masing metode memiliki karakteristik desain dan aplikasi yang berbeda. Pada konteks penelitian yang dilakukan, sistem injeksi langsung (DI) merupakan konfigurasi yang diterapkan pada kapal yang menjadi objek studi. Implementasi sistem injeksi langsung ini sangat dominan, ditemukan pada seluruh mesin putaran rendah dan menengah, serta pada mayoritas mesin putaran tinggi. Preferensi terhadap sistem DI dalam berbagai rentang putaran mesin ini mengindikasikan keunggulan dalam efisiensi termodinamika dan kontrol emisi, yang krusial untuk performa dan keberlanjutan operasional mesin kapal.

1) Penyemprotan tidak lansung.

Berdasarkan penelitian Nugroho, A. (2018) mengenai dampak atomisasi bahan bakar terhadap efisiensi pembakaran pada mesin utama di MT. BAUHINIA, sistem yang diteliti menerapkan metode injeksi tak-langsung. Dalam desain ini, bahan bakar dialirkan ke dalam ruang pembakaran pendahuluan (pre-combustion chamber) yang terpisah dari silinder utama. Kapasitas ruang awal ini mencapai 25-60% dari total volume ruang pembakaran.

Pada sistem injeksi tidak langsung ini, bahan bakar disuntikkan ke ruang awal melalui injektor *single-hole* pada tekanan yang relatif rendah, yaitu sekitar 100 bar. Meskipun kualitas atomisasi bahan bakar pada tekanan ini cenderung kurang optimal, pembakaran tetap dapat terjadi dengan cepat dan efektif. Hal ini disebabkan oleh suhu dinding ruang pendahuluan yang tinggi, yang memfasilitasi penguapan dan ignisi bahan bakar secara spontan.

Gambar 2.8 *Direct & Indirect injection*



Sumber: WillyCAR: 2024

Dalam metode ini pasti memiliki keuntungan dan kerugian dari metode penyemprotan secara tidak lansung yaitu :

a) Keuntungan dari penyemprotan tidak lansung :
   (1) Tingkat terbulen yang tetap tinggi di berbagai putaran mesin.
   (2) Sistem injeksi yang diperlukan rendah.
   (3) Kemungkinan penyumbatan pada injektor cendrung rendah.
b) Kerugian dari penyemprotan tidak lansung :
   (1) Pemakaian bahan bakar yang tidak efisien, dan transfer panas yang minim..
   (2) Rasio kompresi yang lebih tinggi dibutuhkan saat start.

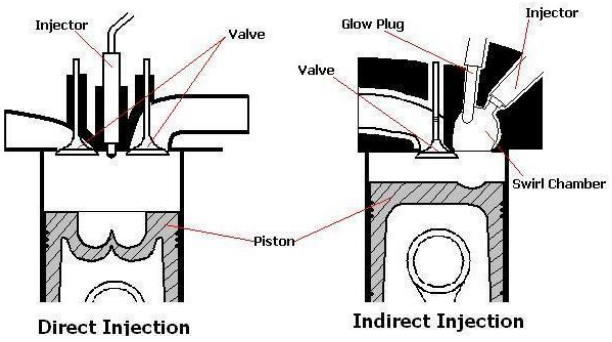
2) Penyemprotan Lansung

Dalam sistem direct injection, bahan bakar bertekanan tinggi disemprotkan secara langsung ke dalam ruang bakar tunggal yang tidak terpartisi. Jumlah pengabut (nozzle) berlubang banyak yang digunakan bervariasi antara satu hingga tiga unit, disesuaikan dengan desain ruang pembakaran untuk mencapai atomisasi yang optimal. Proses injeksi dimulai ketika pompa bahan bakar bertekanan tinggi mengalirkan bahan bakar tepat pada waktunya menuju katup bahan bakar yang dilengkapi pengabut. Ketika tahap kompresi berlangsung, bahan bakar awalnya dimampatkan dalam silinder, pompa injeksi,

serta pipa penghubung antara pompa dan nozzle hingga mencapai tekanan injeksi yang diperlukan. Barulah setelah itu, proses penyemprotan bahan bakar berlangsung.

Terdapat fase keterlambatan awal (*injection delay*) pada permulaan proses penyemprotan. Lamanya keterlambatan ini ditentukan oleh rancangan pompa dan jumlah bahan bakar yang terakumulasi dalam pompa serta saluran bahan bakar. Begitu partikel bahan bakar awal masuk ke dalam silinder, terjadilah reaksi kimia berantai yang mencakup proses pengapian (*ignition*) dan pembakaran.

Gambar 2.9 *Direct & Indirect injection*



Sumber: WillyCAR: 2024

Menurut Willycar (2014) dalam metode ini pasti memiliki keuntungan dan kerugian dari metode penyemprotan secara lansung yaitu :

a) Keuntungan dari penyemprotan lansung :
   (1) Memudahkan proses starting mesin dalam kondisi suhu rendah.
   (2) Konsumsi bahan bakar yang lebih efisien.
   (3) Efisiensi perpindahan panas meningkat berkat dimensi ruang bakar yang lebih kecil.

b) Kerugian dari penyemprotan lansung :

(1) Tingkar kebisingan mesin cenderung lebih tinggi

(2) Memiliki kecenderungan lebih tinggi untuk mengalami penyumbatan pada injektor karena dimensi *nozzle hole* yang sempit.

(3) Potensi daya keluaran (*output)* yang cenderung lebih rendah.

(4) Karakteristik turbulensi yang rendah pada putaran mesin rendah.

J. Persyaratan Pada Sistem Injeksi

Sebagai salah satu sistem vital dalam mesin diesel, sistem injeksi bahan bakar memiliki beberapa persyaratan penting, yaitu:

1 . Pengukuran volume bahan bakar

Akurasi pengukuran merupakan keharusan, yang berarti volume bahan bakar yang dialirkan ke setiap silinder mesti disesuaikan dengan beban kerja mesin. Selain itu, keseragaman volume bahan bakar untuk setiap silinder sangat penting guna memastikan bahwa setiap langkah kerja mesin menghasilkan daya yang seimbang.

2. Pengaturan waktu injeksi

Pengaturan waktu injeksi yang tepat sangat penting, yaitu memastikan penyemprotan bahan bakar dimulai pada saat yang optimal agar energi maksimum dapat diperoleh dan proses pembakaran berlangsung secara efisien. Jika bahan bakar disuntikkan terlalu dini, penyalaan bisa tertunda karena temperatur udara pada titik tersebut belum mencukupi. Sebaliknya, jika penyuntikan terlambat, mesin dapat beroperasi secara kasar dan menimbulkan suara bising, serta meningkatkan risiko pemborosan bahan bakar akibat bahan bakar yang membasahi dinding silinder. Akibatnya, konsumsi bahan bakar menjadi lebih boros dan gas buang mengandung asap hitam, serta daya yang dihasilkan tidak maksimal.

(a) Kecepatan injeksi bahan bakar

Kecepatan injeksi merujuk pada volume bahan bakar yang

disuntikkan ke dalam ruang bakar per satuan waktu, terutama dalam satu derajat putaran poros engkol. Untuk mengurangi debit bahan bakar, dapat digunakan nozzle dengan lubang berdiameter lebih kecil. Penggunaan nozzle tersebut akan memperpanjang durasi waktu injeksi agar distribusi bahan bakar ke dalam ruang bakar berlangsung lebih merata.

(b) Pengabutan

Bahan bakar berubah menjadi semprotan berupa kabut, Tetapi pengabutan menyesuakan dengna kondisi penggunaan bahan bakar. Pengabutan bahan bakar yang optimal akan memudahkan proses pembakaran, karena setiap butiran kabut pembakaran akan dikelilingi oleh partikel-partikel oksigen kecil yang siap bercampur. (Ahmad Puji Nugroho et al., 2018)

K. Pembakaran Dalam Silinder

Berdasarkan penelitian Van Maanen (1990), solar pada motor diesel perlu segera teratomisasi dengan udara bertekanan tinggi sebelum fase pembakaran. Percampuran ini akan terpicu akibat temperatur akhir kompresi yang ekstrem, menyentuh angka 900ºK (627ºC). Pada mesin utama, proses pembakaran berlangsung ketika *fuel oil* disemprotkan dalam bentuk partikel mikro ke dalam ruang silinder, lalu bercampur dengan udara yang telah mengalami pemanasan awal. Laju pembakaran sangat bergantung pada seberapa baik campuran antara bahan bakar dan udara terbentuk. Oleh karena itu, proses pengabutan sangat krusial untuk memastikan respon pembakaran baik dan efisien. Prinsip kerja pengabutan adalah menekan bahan bakar melalui nosel, sehingga bahan bakar tersebar menjadi partikel-partikel kecil yang mudah bereaksi. Dalam combustion chamber, selain temperatur ekstrem, tercapai pula tekanan puncak sebagai dampak dari reaksi pembakaran. Hal ini menyebabkan silinder menerima beban mekanis yang cukup besar. Jika pencampuran udara dan bahan bakar tidak merata atau tidak seimbang, maka pembakaran yang terjadi akan kurang sempurna. Melalui bantuan pompa bertekanan tinggi, bahan bakar

didorong menuju katup injeksi yang dilengkapi dengan sistem penyemprotan. Tekanan tinggi pada saluran antara pompa dan injektor harus mencapai nilai minimum yang disyaratkan agar proses pengabutan bisa berlangsung secara optimal, sehingga bahan bakar dapat disemprotkan secara merata ke dalam ruang bakar. Proses ini berlangsung dalam fase tekanan pada langkah kerja mesin.

Pada awal proses penyemprotan bahan bakar oleh pompa, terjadi fase keterlambatan yang disebut *ignition delay* atau keterlambatan penyemprotan. Durasi keterlambatan ini dipengaruhi oleh desain pompa serta volume bahan bakar di dalamnya. Setelah bahan bakar mencapai tekanan penyemprotan yang disyaratkan oleh pengabut, barulah proses penyemprotan dan pengabutan bahan bakar berlangsung. Ketika partikel bahan bakar awal memasuki ruang silinder, akan berlangsung reaksi kimiawi yang mencakup proses pengapian dan oksidasi eksotermik.

Berdasarkan penelitian Maleev (1991), tekanan pengapian yang rendah pada ruang silinder disertai temperatur gas buang yang tinggi dapat menjadi indikasi keterlambatan waktu injeksi bahan bakar. Di samping itu, faktor lain seperti kondisi nozzle injektor yang terkontaminasi atau mengalami kebocoran, maupun tekanan balik yang melebihi batas normal, juga berpotensi menyebabkan masalah tersebut. Berdasarkan kajian Van Maanen (1990), secara teoretis diperlukan sekitar 14,0 hingga 14,5 kg udara untuk mengoksidasi sempurna 1 kg bahan bakar minyak. Namun dalam penerapannya, tidak seluruh oksigen yang berasosiasi dengan nitrogen dan residu pembakaran mampu berpartisipasi penuh dalam reaksi pembakaran akibat keterbatasan durasi reaksi. Kondisi ini menyebabkan terbentuknya karbon monoksida atau residu karbon yang teroksidasi sebagian.

Untuk mencapai pembakaran optimal dan mencegah kerugian panas akibat pembakaran tidak sempurna oleh gas monoksida, diperlukan suplai udara berlebih pada silinder. Perbandingan udara dan bahan bakar ini menjadi faktor krusial dalam pengoperasian mesin induk. Ketika jumlah bahan bakar yang disemprotkan meningkat, volume udara

dalam silinder cenderung tetap, sehingga rasio udara terhadap bahan bakar menjadi lebih kecil. Pada kondisi mesin beroperasi dengan beban penuh, rasio bahan bakar dapat meningkat hingga 25–30% dibandingkan nilai teoritis sebesar 14,5 kg udara per 1 kg bahan bakar. Oleh karena itu, jumlah udara yang disuplai ke dalam silinder harus jauh lebih banyak dari jumlah udara pembakaran yang diharuskan.

Penyemprotan bahan bakar yang cepat dan presisi ke dalam silinder memerlukan mekanisme yang akurat dan dapat diandalkan. Mekanisme ini mencakup pompa bahan bakar bertekanan tinggi yang digerakkan oleh nok, terhubung ke saluran bertekanan tinggi, dan dilengkapi dengan katup bahan bakar serta injektor yang ditempatkan di kepala silinder.

Menurut Van Maanen (1990), fungsi utama dari pompa bahan bakar adalah sebagai berikut:

1. *increasing fuel pressure* secara cepat tanpa menyebabkan *leaking*.
2. Menyalurkan bahan bakar dalam jumlah yang presisi ke injektor, di mana volume tersebut dapat diatur secara kontinu mulai dari nol hingga kapasitas maksimum.

Proses pengabutan yang baik mensyaratkan laju penyemprotan yang tinggi, yang dapat diperoleh melalui tekanan injeksi mencapai 1000 bar. Menurut Van Maanen (1990), peningkatan tekanan pengabutan tidak akan efektif apabila viskositas bahan bakar terlalu tinggi. Bahan bakar jenis distilat (seperti solar) memiliki viskositas yang relatif rendah pada suhu ruang, sedangkan bahan bakar berat memerlukan pemanasan terlebih dahulu untuk mencapai viskositas ideal antara 15 hingga 25 mm²/detik. Bahan bakar dengan *viscosity* tinggi., seperti yang berkisar antara 350 hi ngga 580 mm²/detik pada suhu 50ºC, diperlukan pemanasan hingga mencapai suhu 135ºC. Suhu yang melebihi batas ini tidak disarankan. Mengingat durasi penyemprotan yang sangat singkat—umumnya hanya dalam rentang sudut poros engkol sekitar 25º—pompa bahan bakar yang digunakan biasanya digerakkan oleh sistem nok untuk menjamin ketepatan waktu dan volume injeksi.

Pemilihan metode pengaturan sangat menentukan hasil penginjeksian bahan bakar. Dalam hal ini, terdapat dua jenis sistem pengaturan, yaitu:

1. Pompa dengan sistem pengaturan katup.

2. Pompa dengan sistem pengaturan plunyer.

Bahan bakar yang dialirkan oleh pompa harus disuplai dalam jumlah yang tepat dan pada waktu yang sesuai ke dalam silinder mesin melalui satu atau lebih injektor. Jika desain kepala silinder memungkinkan, katup bahan bakar ditempatkan di posisi tengah pada kepala silinder, khususnya pada sistem penyemprotan langsung ke ruang bakar utama. Posisi ini dianggap paling ideal guna menyalurkan injeksi bahan bakar yang maksimal. Distribusi yang merata ini sangat penting, terutama pada mesin dengan putaran rendah yang memiliki aliran udara relatif kecil di dalam silinder. Pada mesin yang hanya memiliki satu katup buang, biasanya dipasang sistem pembukaan ulang pada jarum nozzle untuk mencegah tekanan balik dari pompa memicu penyemprotan yang tidak diinginkan.

Menurut Van Maanen (1990), kelemahan dari metode ini muncul ketika volume bahan bakar yang dipompa sangat sedikit, seperti saat mesin bekerja dalam kondisi beban rendah. Dalam kondisi ini, tekanan maksimum penyemprotan akan menurun dengan cepat, sehingga tekanan akhir berada di bawah tekanan uap bahan bakar. Keadaan ini dapat menyebabkan terbentuknya kavitasi (gelembung gas) dalam saluran bahan bakar, yang berdampak pada keterlambatan penyemprotan selama langkah tekanan berikutnya dari pompa

Banyaknya tahapan yang dilalui bahan bakar, mulai dari *bunkering* sampai siap digunakan dalam sistem pembakaran, menjadi penyebab kondisi ini**.** Meskipun bahan bakar telah melewati proses penyaringan sebelum masuk ke pompa dan selanjutnya menuju injektor untuk dikabutkan, proses pembakaran tetap dapat berlangsung kurang optimal. Tanpa adanya sistem pemurnian yang efektif, bahan bakar yang terkontaminasi dapat merusak komponen-komponen pengabutan,

khususnya nozzle dan bagian lain dari injektor. Hal ini menjadi perhatian penting mengingat bahan bakar memiliki karakteristik tertentu, antara lain:

1. Titik nyala (*flash point*)
2. Tingkat kekentalan (*viscosity*)
3. Berat jenis

L. Syarat Menghasilkan Pembakaran Sempurna

Berdasarkan Romzana (2000), proses pembakaran yang ideal atau maksimal membutuhkan kadar bahan bakar yang seimbang dengan udara yang masuk ke dalam ruang pembakaran. Situasi ini dapat dicapai apabila:

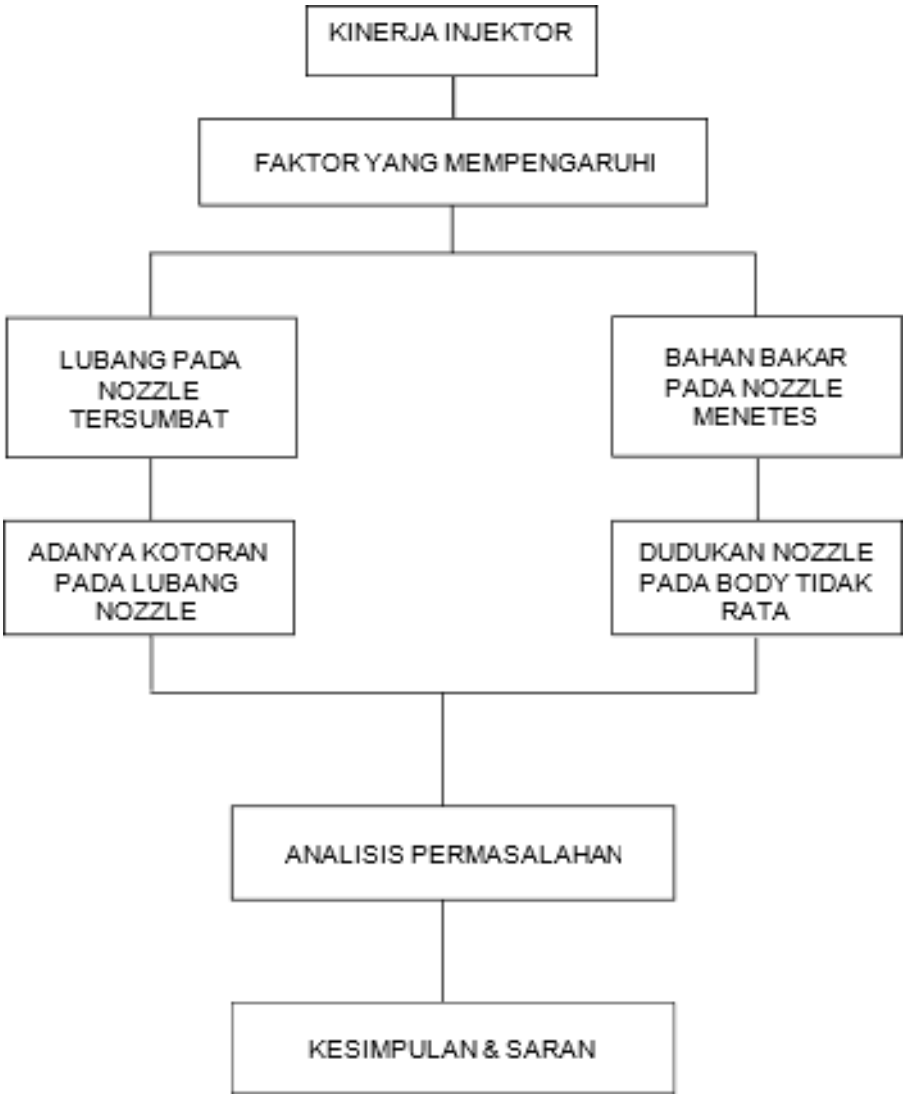
1. Bahan bakar harus bebas dari kontaminasi zat padat maupun cair agar proses pembakaran berlangsung optimal.
2. Suhu bahan bakar perlu berada dalam kisaran tertentu untuk memastikan efisiensi pembakaran.
3. Kecepatan semburan bahan bakar dari alat penyemprot harus sangat tinggi, sehingga mampu menembus atmosfer sekitar dan berinteraksi maksimal dengan oksigen.
4. Aliran udara pembakaran yang bergerak dengan kecepatan tinggi memungkinkan pencampuran sempurna antara udara dan setiap tetesan minyak.

Berdasarkan pernyataan Romzana (2000), proses pembakaran berlangsung ketika torak mencapai titik mati atas (TMA). Oleh karena itu, bahan bakar perlu disemprotkan terlebih dahulu sebelum torak atau engkol mencapai titik tersebut. Adapun kecepatan pengapian dipengaruhi oleh berbagai faktor, di antaranya :

1. Kandungan kimiawi dalam bahan bakar
2. jumlah udara yang berlebih
3. Kualitas pencampuran antara udara dan bahan bakar
4. Tekanan serta temperatur udara

M. Kerangka Pikir

Penulis menguraikan alur pemikiran melalui penyusunan bagan sebagai landasan dalam menyusun dan menjawab inti permasalahan yang terlah dirumuskan dengan rinci :



BAB III
METODE PENELITIAN

A. Tempat Dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan selama praktik laut yang dilakukan penulis di atas kapal MT. Anargya 1, yang merupakan milik PT. Maritim Indo Trans. Kegiatan penelitian berlangsung selama satu tahun dan lima hari, dengan periode mulai dari 7 Agustus 2023 hingga 13 Agustus 2024.

B. Batasan Istilah

1. *Injection Nozzle*

   Nosel injeksi terdiri dari badan nosel dan jarum, yang berperan dalam mengubah bahan bakar menjadi kabut halus sebelum dialirkan ke ruang bakar. Nosel ini terhubung dengan saluran baja bertekanan tinggi yang berfungsi sebagai saluran bahan bakar.

2. Saluran baja bertekanan tinggi *(Fuel line)*

   Saluran bahan bakar bertekanan tinggi (*fuel line*) berfungsi sebagai jalur distribusi bahan bakar bertekanan tinggi dari pompa injeksi ke nosel injektori, memastikan suplai bahan bakar yang optimal dalam proses pembakaran.

3. Alat penekan jarum (*spindle*)

   Spindle adalah komponen yang berfungsi untuk menekan jarum ke dalam lubang injektor selama proses pengabutan bahan bakar berlangsung. Tekanan yang diberikan oleh spindle sangat berpengaruh terhadap besarnya tekanan injeksi yang dihasilkan.

4. Mur pengunci/pengaman *(lock nut)*

   Lock nut adalah mur pengaman yang terdapat pada injektor mesin diesel, berfungsi untuk menjaga kestabilan posisi komponen-komponen injektor agar tidak berubah selama proses penginjeksian bahan bakar berlangsung.

5. Pegas (*Spring*)

   Pegas berperan dalam mengatur elastisitas injektor saat proses injeksi bahan bakar berlangsung. Fungsinya adalah untuk memastikan jarum penekan dapat kembali ke posisi semula serta mengatur besarnya tekanan saat injeksi bahan bakar dilakukan.

6. Spindle Guide

   Berada di ujung atas dan bawah spindel, *spindel guide* memegang peranan krusial. Bagian atasnya berinteraksi dengan *spring retainer*, sedangkan bagian bawahnya dengan jarum pengabut. Peran utamanya adalah memastikan spindel mampu menekan jarum pengabut secara optimal dan stabil.

7. Penahan Pegas (*Spring Retainer*)

   Spring retainer berperan menghubungkan pegas dengan spindel, sekaligus menjaga posisi spindel agar tetap pada porosnya selama injektor bekerja.

8. Katup pembuang Angin (*Air Vent Valve*)

   Katup ini berfungsi untuk membuang sisa udara dalam sistem saat proses pemasangan injektor, guna mencegah gangguan dalam sistem injeksi bahan bakar.

9. Jarum Pengabut (*Nozzle Neddle)*

   Jarum pengabut mengontrol seberapa banyak bahan bakar yang disemprotkan oleh *nozzle*, memastikan jumlah yang tepat masuk ke ruang bakar sesuai kebutuhan.

C. Data

Data yang dikumpulkan dalam studi dilakukan langsung terhadap objek yang menjadi fokus penelitian. Informasi diperoleh melalui:

1. Metode penelitian lapangan

   Pengumpulan data dilaksanakan melalui pengamatan secara langsung terhadap objek yang menjadi fokus penelitian. Informasi

diperoleh melalui:

(a) Metode Survei (observasi)

Melalui Teknik ini, penulis akan mengadaan sesi tanya jawab dengan personel mesin di atas kapal, khususnya Masinis II dan kru lainnya yang berkaitan dengan prosedur Perawatan mesin utama.

(b) Metode wawancara

Data sekunder diperoleh dengan cara mempelajari buku panduan (*manual book*), literatur teknis, jurnal ilmiah, serta berbagai tulisan yang relecan dengan topik tekanan kompresi pada mesin utama guna mendapatkan dasar teori yang mendukung penelitian ini.

2. Metode Penlitian kepustakaan *(Library research)*

Data dan informasi tambahan diperoleh dengan mempelajari berbagai sumber pustaka, seperti buku, jurnal, dan referensi lain yang membahas tentang injektor. Tujuannya adalah untuk memperkuat dasar teori yang mendukung penelitian ini.

D. Instrument Penelitian

1. Selama praktik laut di kapal, penulis elakukan pengamatan secara langsung terhadap subjek penelitian untuk mendapatkan data faktual dari kondisi lapangan yang sesungguhnya.
2. Wawancara dilaksanakan melalui sesi wawancara langsung dengan para engineer guna mendapatkan informasi mendalam terkait permasalahan yang diteliti.

E. Jenis Dan Sumber Data

1. Jenis data

(a) Data kualitatif didefinisikan sebagai data yang bukan bilangan, mencakup keterangan lisan atau tertulis yang berkaitan dengan

pokok bahasan.

(b) Data kuantitaif Merupakan data berbentuk angka yang diperoleh dari hasil pengukuran selama proses perawatan permesinan di atas kapal.

2. Sumber Data

(a) Data primer

Data primer adalah informasi pokok yang diperoleh secara langsung dari lokasi penelitian melalui observasi terhadap objek yang menjadi fokus kajian.

(b) Data sekunder

Data sekunder merupakan informasi tambahan yang berfungsi sebagai pendukung data primer. Data ini diperoleh dari berbagai sumber referensi, termasuk jurnal ilmiah serta literatur lain yang berkaitan dengan topik penelitian.

F. Metode Analisa

Dalam penelitian ini, penulis menerapkan metode analisis deskriptif kualitatif, yang bertujuan untuk menguraikan secara sistematis berbagai kejadian di atas kapal, terutama yang berkaitan dengan faktor-faktor yang menyebabkan kurang optimalnya proses pengabutan pada injektor mesin induk. Analisis dilakukan berdasarkan hasil observasi langsung penulis terhadap masalah yang muncul, dengan memanfaatkan teknik analisis yang sesuai. Penulis berharap penelitian ini dapat menghasilkan solusi yang efektif dalam penyusunan kertas kerja ilmiah.

G. Jadwal Penelitian

Tabel 3.1 Jadwal Pelaksanaan Penelitian

No	Kegiatan	TAHUN 2022											
		BULAN											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Pengumpulan buku referensi												
2	Pemilihan judul												
3	Penyusunan proposal dan bimbingan												
		TAHUN 2023											
		BULAN											
4	Seminar Proposal												
5	Perbaikan seminar proposal												
		TAHUN 2023											
6	Pengambilan data								Praktek Laut				
		TAHUN 2024											
		BULAN											
7	Penetapan judul skripsi												
8	Bimbingan skripsi												
9	Seminar												