

**ANALISIS PENGARUH GAS BUANG BERWARNA HITAM TERHADAP
KINERJA MESIN INDUK DI KAPAL AHT. ARIAN 4002**



AHDAL SURYA YUDHANTARA
NIT 20.42.026
TEKNIKA

PROGRAM STUDI DIPLOMA IV PELAYARAN
POLITEKNIK ILMU PELAYARAN MAKASSAR
TAHUN 2024

**ANALISIS PENGARUH GAS BUANG BERWARNA HITAM TERHADAP
KINERJA MESIN INDUK DI KAPAL AHT. ARIAN 4002**

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Menyelesaikan Program Pendidikan
Diploma IV Pelayaran

Program Studi

Teknika

Disusun dan Diajukan oleh :

AHDAL SURYA YUDHANTARA

NIT 20.42.026

**PROGRAM STUDI DIPLOMA IV PELAYARAN
POLITEKNIK ILMU PELAYARAN MAKASSAR
TAHUN 2024**

SKRIPSI

ANALISIS PENGARUH GAS BUANG BERWARNA HITAM TERHADAP KINERJA MESIN INDUK DI KAPAL AHT. ARIAN 4002

Disusun dan Diajukan oleh:

AHDAL SURYA YUDHANTARA
NIT 20.42.026

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Skripsi
Pada tanggal, 15 November 2024

Menyetujui,

Pembimbing I



Dr. Muhammad Ivan, S.Si.T., M.Si., M.Mar.E
NIP. 19770304 200812 1 004

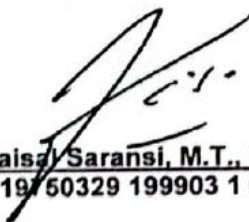
Pembimbing II



M. Sya'rani Machrizandi, S.Kom., M.kom
NIP. 19910508 201903 1 006

Mengetahui:

a.n. Direktur
Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar
Pembantu Direktur I



Capt. Faisal Saransi, M.T., M.Mar
NIP. 19760329 199903 1 002

Ketua Program Studi Teknika



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

PRAKATA

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat dan karunianya penulis dapat menyelesaikan penelitian dengan judul: Analisis Pengaruh Gas Buang Berwarna Hitam Terhadap Kinerja Mesin Induk Di Kapal Aht. Arian 4002.

Tujuan utama dari penyusunan skripsi ini adalah untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam menyelesaikan program Diploma IV di Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar. Dalam proses penyusunan skripsi ini, penulis menghadapi berbagai tantangan. Namun, berkat dukungan materil dan moril dari berbagai pihak, penulis dapat menyelesaikan tugas ini dengan baik.

Penulis juga menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Keterbatasan pengetahuan dan kemampuan yang dimiliki menjadi salah satu faktor yang memengaruhi hasil akhir dari karya ini. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari berbagai pihak guna penyempurnaan karya ilmiah ini di masa mendatang.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan rasa syukur yang mendalam kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Penulis juga ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Capt. Rudy Susanto, M.Pd., selaku Direktur Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar.
2. Bapak Capt. Faisal Saransi, M.T., M.Mar selaku Pembantu Direktur I Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar.
3. Bapak Dr. Capt. Moh. Aziz Rohman, M., M. Mar selaku Pembantu Direktur II Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar.
4. Bapak Ir. Alberto, Si.T.,M.Mar.E selaku Ketua Program Studi Teknika.
5. Bapak Muhammad Ivan, S.Si.T., M.Si., M.Mar.E. selaku Pembimbing I dan Bapak M. Sya'rani Machrizandi, S.KOM., M.KOM. selaku

Pembimbing II, yang telah meluangkan waktu, memberikan bimbingan, nasihat, serta motivasi selama proses penyusunan skripsi ini.

6. Seluruh staf Program Studi Teknika yang telah membantu dalam berbagai aspek selama proses akademik.
7. Seluruh dosen pengajar dan pegawai di Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar atas segala ilmu dan dukungan yang diberikan.
8. Seluruh crew Aht. Arian 4002 khususnya *Engine Departement* atas kerja sama dan dukungan yang sangat berarti.
9. Bapak Ahmad dan Ibu Siti Dahlia, orang tua tercinta, serta saudara-saudara yang senantiasa memberikan doa, dukungan, dan motivasi tanpa henti.
10. Kepada adik saya Ahsya Madantara, Abizar Pradipta Ahmad, dan kepada Purwati, yang telah memberiku semangat dan dukungan dalam segala hal.
11. Rekan-rekan Taruna/Taruni Angkatan XLI yang selalu memberikan semangat dan kebersamaan selama masa studi.

Penulis menyadari bahwa tanpa dukungan dan bantuan dari berbagai pihak, penyusunan skripsi ini tidak akan dapat diselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang tulus kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam penyelesaian karya ini.

Akhir kata, penulis berharap semoga skripsi ini dapat menjadi karya ilmiah yang bermanfaat bagi para pembaca sekalian, khususnya bagi Taruna dan Taruni Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar, serta masyarakat pada umumnya

Makassar, 15 November 2024



Ahdal Surya Yudhantara

NIT. 20.42.026

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Nama : AHDAL SURYA YUDHANTARA
Nomor Induk Taruna : 20.42.026
Program Studi : Teknika

Menyatakan bahwa skripsi dengan judul :

ANALISIS PENGARUH GAS BUANG BERWARNA HITAM TERHADAP KINERJA MESIN INDUK DI KAPAL AHT. ARIAN 4002

Skripsi ini merupakan hasil karya asli saya. Semua ide yang terdapat dalam skripsi ini, kecuali yang berasal dari kutipan atau referensi yang saya sebutkan, adalah hasil pemikiran dan penyusunan saya sendiri. Apabila terbukti ada ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, saya siap menerima sanksi sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar.

Makassar, 15 November 2024



Ahdal Surya Yudhantara

NIT. 20.42.026

ABSTRAK

AHDAL SURYA YUDHANTARA, 2024. “Analisis Pengaruh Gas Buang Berwarna Hitam Terhadap Kinerja Mesin Induk Di Kapal Aht. Arian 4002” (Dibimbing Oleh Muhammad Ivan Dan M. Sya'rani Machrizandi).

Skripsi ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh gas buang berwarna hitam terhadap kinerja mesin induk di kapal AHT. Arians 4002. Gas buang berwarna hitam sering kali menjadi indikator adanya pembakaran tidak sempurna, yang dapat diakibatkan oleh injektor dan memengaruhi efisiensi dan performa mesin.

Penelitian ini dilakukan pada Kapal AHT. ARIAN 4002 sejak penulis melakukan penelitian selama 12 bulan terhitung pada tanggal 07 Desember 2022 sampai dengan 20 Desember 2023. dalam skripsi ini menggunakan metode deskriptif kualitatif yang terjadi pada saat gas buang berwarna hitam pada mesin induk.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan kadar gas buang hitam berwarna hitam terhadap performa mesin induk kapal, dengan fokus pada peran injektor sebagai salah satu komponen penting dalam sistem pembakaran mesin diesel. Laporan ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan di bidang teknik perkapalan, khususnya dalam aspek perawatan dan optimasi kinerja mesin induk kapal.

Kata kunci : gas buang hitam, kinerja mesin, kapal AHT, pembakaran tidak sempurna, efisiensi.

ABSTRACT

AHDAL SURYA YUDHANTARA, 2024. "Analysis of the effect of black exhaust gas on the performance of the main engine on the AHT ship. Arian 4002" (guided by Muhammad Ivan and M. Sya'rani Machrizandi).

This thesis aims to analyze the effect of black exhaust gas on the performance of the main engine on AHT ships. Arians 4002. Black exhaust gases are often an indicator of incomplete combustion, which can result from the injectors and affect engine efficiency and performance.

This research was conducted on AHT ships. ARIAN 4002 since the author conducted research for 12 months from December 7, 2022 to December 20, 2023. In this thesis, a qualitative descriptive method is used that occurs when the exhaust gas is black in the main engine.

The results of the study show that the increase in black exhaust gas levels affects the performance of the ship's main engine, focusing on the role of the injector as one of the important components in the diesel engine combustion system. This report is expected to provide benefits for the development of science in the field of marine engineering, especially in the aspects of maintenance and optimization of the performance of the ship's aircraft carrier.

Keywords: black exhaust gas, engine performance, AHT vessel, imperfect combustion, efficiency.

DAFTAR ISI

	HALAMAN
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGAJUAN SKRIPSI	ii
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI	iii
PRAKATA	iv
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	2
C. Batasan Masalah	3
D. Tujuan Penelitian	3
E. Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAU PUSAKA	4
A. Pengertian Dan Definisi Mesin Induk	4
B. Fungsi Mesin Induk	4
C. Jenis Dan Prinsip Kerja Mesin Diesel	5
D. System Bahan Bakar	13
E. Injektor	17
F. Gas Buang	19
G. Gas Buang Berwarna Hitam	21
H. Kerangka Pikir	23
I. Hipotesis	23

BAB III METODE PENELITIAN	24
A. Tempat Dan Waktu Penelitian	24
B. Metode Penelitian	24
C. Jenis Dan Sumber Data	24
D. Metode Analisis	25
E. Jadwal Penelitian	27
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	28
A. Gambar Umum Penelitian.....	28
B. Objek Penelitian	28
C. Analisis Data.....	29
D. Pembahasan	36
BAB V SIMPULAN DAN SARAN	43
A. Kesimpulan	43
B. Saran.....	43
DAFTAR PUSAKA	45
LAMPIRAN	46
RIWAYAT HIDUP PENULIS	51

DAFTAR TABEL

Nomor	Halaman
2.1 Tabel Kerangka Pikir	23
3.1 Tabel Jadwal Penelitian	27
4.1 Tabel Minyak Lumas Dan Lo Cooler	31
4.2 Tabel Suhu Normal Gas Buang	31
4.3 Tabel Suhu Tidak Normal Gas Buang	32

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Halaman
Gambar 2.1 Mesin Diesel 2 Tak	5
Gambar 2.2 Mesin Diesel 4 Tak	8
Gambar 2.3 Langkah Isap	9
Gambar 2.4 Kompresi	10
Gambar 2.5 Langkah Usah	11
Gambar 2.6 Langkah Buang	12
Gambar 2.7 Fuel Oil Sistem	13
Gambar 2.8 Sistem Bahan Bakar	15
Gambar 2.9 Injektor	17
Gambar 4.1 Name Plate Me	28
Gambar 4.2 Asap Hitam	30
Gambar 4.3 Injektor	32
Gambar 4.4 Injektor	34
Gambar 4.5 Alat Tes Injektor	35

DAFTAR LAMPIRAN

Ship Particular	46
Kapal Aht. Arian 4002	48
Gas Buang Berwarna Hitam	48
Pengetesan Injektor	49
Proses Ganti Nozzle	49
Nozzle	50
Kapal Aht. Arian 4002 Pada Saat Dock	50

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kapal merupakan sarana transportasi laut yang memiliki peran penting sebagai penghubung antarwilayah dan antarpulau dengan kapasitas muatan yang besar. Pergerakan kapal dari satu lokasi ke lokasi lainnya didukung oleh tenaga yang dihasilkan oleh mesin penggerak utama melalui proses pembakaran bahan bakar. Pembakaran yang sempurna mampu menghasilkan tenaga maksimal, sehingga kinerja kapal dapat tetap terjaga. Beberapa faktor yang memengaruhi pembakaran sempurna meliputi aliran udara yang optimal ke dalam ruang pembakaran, kinerja sistem pengabutan bahan bakar yang baik, serta kondisi mesin yang prima. Operasional kapal yang lancar sangat bergantung pada performa mesin induk, sehingga diperlukan perawatan yang rutin dan terencana pada seluruh bagian mesin induk untuk memastikan kondisinya tetap optimal. Selain itu, ketersediaan suku cadang (*spare part*) yang memadai di atas kapal juga memiliki peran penting dalam mendukung proses perawatan dan perbaikan, sehingga kondisi mesin kapal dapat selalu terjaga dan memiliki nilai operasional yang tinggi (Patria Bahari dkk., 2024).

Mesin induk atau mesin diesel merupakan jenis mesin pembakaran dalam yang memproses pembakaran bahan bakar dan udara di dalam sistem tertutup. Pada mesin ini, pembakaran terjadi ketika udara yang telah dikompresi hingga mencapai suhu dan tekanan tinggi dicampur dengan bahan bakar yang diinjeksikan ke dalam ruang bakar. Mesin diesel banyak digunakan di sektor transportasi dan industri karena memiliki berbagai keunggulan, seperti kemampuan menghasilkan daya yang besar. Selain itu, mesin diesel juga lebih efisien dalam konsumsi bahan bakar dibandingkan mesin

bensin, sehingga dianggap sebagai pilihan yang ekonomis dan hemat energi (Milad Falah, 2016).

Pada mesin diesel, asap gas buang yang keluar melalui cerobong dapat terlihat dengan jelas. Asap yang sangat hitam atau pekat menandakan bahwa proses pembakaran tidak sempurna. Gas buang berwarna hitam tersebut mengandung polutan berbahaya bagi kesehatan manusia. Masalah ini dapat diatasi dengan meningkatkan kualitas bahan bakar yang digunakan, karena komposisi bahan bakar yang baik dapat mendukung proses pembakaran yang lebih efisien. Pembakaran yang sempurna tidak hanya menghasilkan tenaga yang optimal, tetapi juga mengurangi emisi gas buang, menjadikannya lebih ramah lingkungan (Milad Falah, 2016)

Kejadian ini terjadi di atas kapal AHT. ARIAN 4002. Sehubungan dengan itu, penelitian ini akan menganalisis faktor-faktor yang menyebabkan gas buang berwarna hitam serta upaya yang dapat dilakukan untuk mencegahnya. Dalam praktiknya di lapangan, gas buang mesin yang berwarna hitam sering kali mengindikasikan adanya penurunan kinerja injektor. Oleh karena itu, penelitian ini juga akan mengkaji faktor-faktor yang memengaruhi kinerja injektor yang kurang optimal.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penulis merasa tertarik untuk membahasnya dalam bentuk skripsi dengan judul "*Analisis Pengaruh Gas Buang Berwarna Hitam terhadap Kinerja Mesin Induk di Kapal AHT. ARIAN 4002*". Penelitian ini diharapkan dapat menambah wawasan dan pengetahuan mengenai pengaruh warna gas buang terhadap kinerja mesin diesel.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka rumusan masalah pada proposal penelitian ini adalah :

1. Faktor – faktor apakah yang menyebabkan gas buang mesin induk berwarna hitam?
2. Bagaimanakah upaya yang dilakukan untuk mencegah terjadinya gas buang mesin induk berwarna hitam?

C. Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan di atas dan mengingat cakupan permasalahan dalam penelitian ini sangat luas, maka untuk mempersempit pembahasan agar tetap fokus dan tidak meluas, penelitian ini akan membatasi masalah pada aspek tertentu, yaitu:

1. komposisi pembakaran bahan bakar tidak sempurna
2. kinerja injektor yang kurang optimal

D. Tujuan Penelitian

Ditinjau dari rumusan masalah diatas, maka tujuan yang ingin dicapai penulis antara lain:

1. Untuk mengetahui penyebab gas buang mesin induk berwarna hitam.
2. Untuk mengetahui bagaimana upaya untuk mengatasi terhadap gas buang mesin induk berwarna hitam.

E. Manfaat Penelitian

Manfaat praktis

a. Bagi Taruna

Sebagai bahan belajar tentang *kinerja mesin induk* dan persiapan dalam Melaksanakan Peraktek Laut (PRALA).

b. Bagi Umum

Sebagai bahan informasi dan pengetahuan bagi pelaut yang bekerja diatas kapal.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Pengertian Dan Definisi Mesin Diesel

Mesin diesel adalah jenis mesin pembakaran dalam (*Internal Combustion Engine*) yang menghasilkan energi panas melalui pembakaran bahan bakar di dalam silinder mesin. Sebagai mesin utama pada kapal, mesin diesel memiliki keunggulan dibandingkan dengan jenis mesin induk kapal lainnya. Salah satu kelebihan utamanya adalah efisiensi bahan bakar yang lebih baik serta kemudahan dalam pengoperasiannya (Hendrawan, 2020).

Dalam buku Mesin Diesel Penggerak Utama Kapal, dijelaskan bahwa mesin diesel merupakan sebuah alat yang mengubah energi potensial berupa panas menjadi energi mekanik secara langsung, dan juga dikenal dengan sebutan sistem mesin pembakaran dalam (*combustion engine system*) (Handoyo, 2015).

Pembakaran (*combustion engine*) dibagi dua yaitu.

1. Mesin pembakaran dalam (*internal combustion engine*) merupakan alat penghasil tenaga, di mana proses pembakaran terjadi di dalam mesin itu sendiri. Contoh dari mesin jenis ini antara lain mesin diesel, mesin bensin, turbin gas, ketel uap, dan sebagainya.
2. Mesin pembakaran luar (*external combustion engine*) adalah alat penghasil tenaga, di mana pembakaran berlangsung di luar mesin itu sendiri. Contoh mesin jenis ini termasuk turbin uap dan mesin uap.

B. Fungsi Mesin Induk

Mesin induk adalah penggerak utama kapal yang mengubah energi mekanik menjadi tenaga pendorong untuk propeler kapal, sehingga kapal dapat bergerak. Selama operasionalnya, mesin induk berfungsi secara terus-menerus dalam keadaan berjalan, yang tentu dapat mempengaruhi kondisi mesin tersebut. (Mukhamat, 2021).

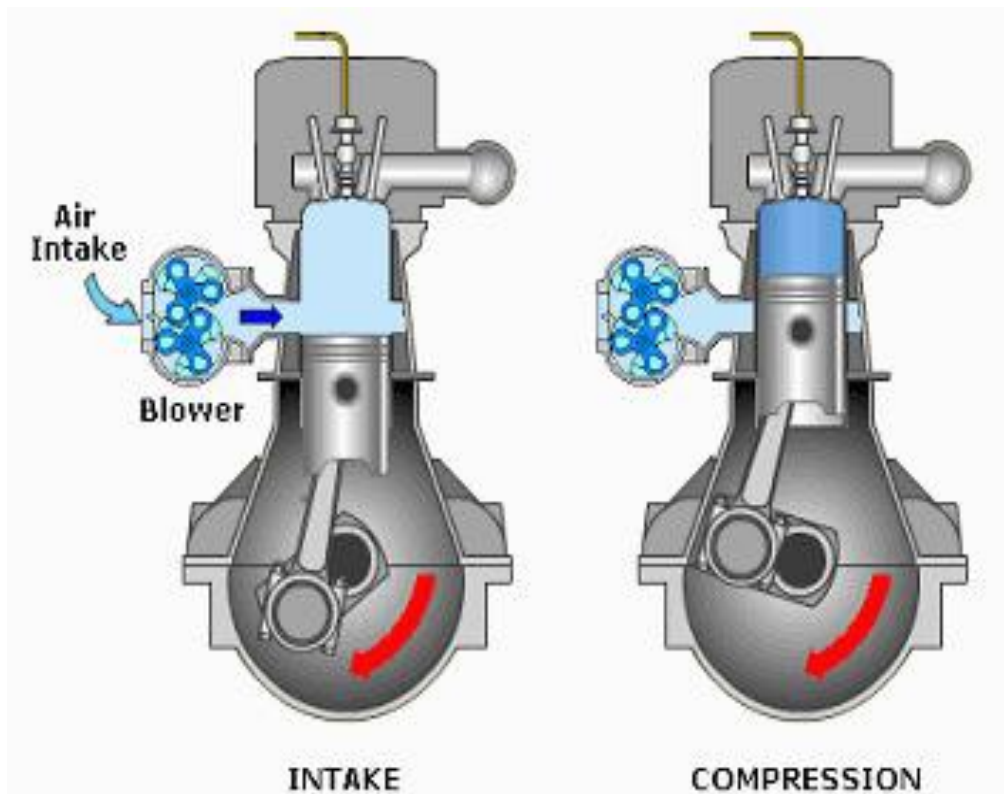
C. Jenis Dan Prinsip Kerja Mesin Diesel

Mesin diesel adalah jenis mesin pembakaran dalam (*internal combustion engine*) yang proses pembakarannya berlangsung di dalam mesin itu sendiri. Pembakaran terjadi ketika udara murni dipadatkan dalam ruang bakar (silinder), yang menghasilkan tekanan dan suhu tinggi. Pada saat yang sama, bahan bakar disemprotkan atau dikabutkan, menyebabkan terjadinya pembakaran. Ledakan pembakaran ini menyebabkan suhu yang meningkat secara mendadak dan tekanan menjadi tinggi dalam ruang bakar. Tekanan tersebut mendorong piston ke bawah, yang kemudian menggerakkan poros engkol untuk berputar. (Samlawi, 2018)

Berdasarkan gerakan piston untuk menyelesaikan satu siklus proses, mesin diesel dibagi menjadi dua jenis :

1. Mesin diesel 2 tak

Gambar 2.1. Mesin Diesel 2 Tak



<http://deltarekaprimasakti.com/wp-content>

- a. Mesin diesel 2 tak adalah jenis mesin pembakaran dalam (*internal combustion engine*) yang hanya membutuhkan dua langkah dalam satu siklus untuk memastikan mesin dapat beroperasi secara terus-menerus.

Komponen-komponen utama dalam mesin diesel 2 tak:

1. Piston : berfungsi mengatur volume ruang bakar.
2. Blok silinder : merupakan tabung tempat bergerakinya piston.
3. *Intake manifold* : Berfungsi sebagai saluran penyalur udara masuk.
4. *Turbocharger* : Digunakan untuk mendorong dan menambah supply udara agar masuk ke dalam ruang bakar.
5. Injektor : sebagai media memasukan dan mengabutkan solar dari tanki ke ruang bakar.
6. *Exhaust valve* : Berfungsi sebagai katup buang untuk mengeluarkan gas hasil pembakaran.
7. *Exhaust manifold* : Berfungsi sebagai saluran gas buang mesin.

- b. Prinsip kerja mesin diesel dua tak adalah mesin yang menghasilkan satu pembakaran hanya dengan dua langkah piston dan satu putaran engkol, di mana setiap langkah yang berlangsung terjadi pada setengah putaran engkol. Dengan demikian, mesin diesel dua tak menyelesaikan satu siklus penuh hanya dalam satu putaran engkol.

1. *Transfer stroke*

Dilangkah ini, piston dari Titik Mati Atas (TMA) bergerak ke Titik Mati Bawah (TMB). Ketika piston bergerak ke bawah, volume ruang bakar semakin besar, sehingga tekanan di dalam ruang bakar menurun. Hal ini mengakibatkan intake manifold terbuka, dan udara yang terdorong oleh turbocharger langsung masuk untuk memenuhi ruang bakar.

2. *Power stroke*

Setelah piston telah mencapai Titik Mati Bawah (TMB), ia kembali bergerak naik menuju Titik Mati Atas (TMA). Selama pergerakan ini, piston akan menutup saluran intake manifold, yang mengakibatkan udara yang telah masuk ke ruang bakar tidak bisa keluar. Pada saat yang sama, volume ruang bakar mulai mengecil, menyebabkan tekanan udara dalam ruang bakar akan meningkat.

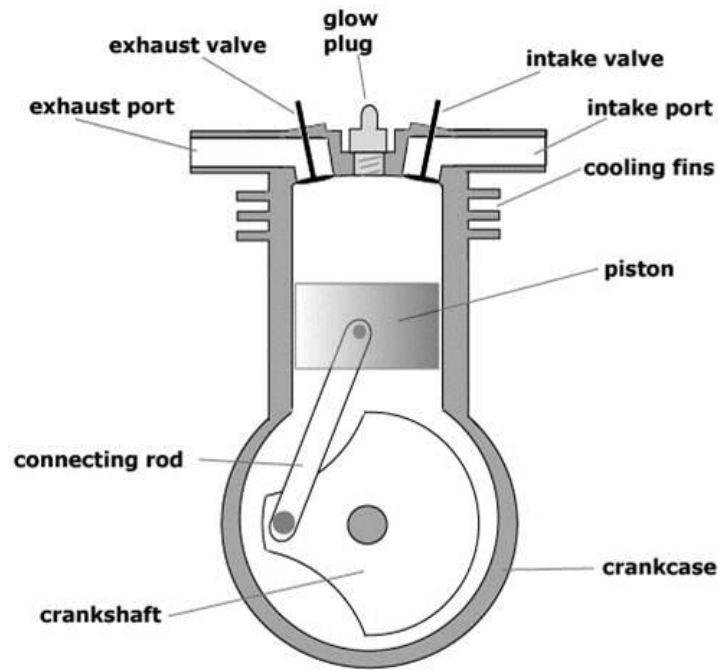
Begitu piston mencapai TMA, ruang bakar memiliki volume yang sangat kecil, yang menyebabkan suhu dan tekanan udara di dalamnya menjadi sangat tinggi. Dan di titik ini, injektor akan menyemprotkan sejumlah bahan bakar ke dalam ruang bakar yang penuh dengan udara yang ber tekanan tinggi. Karena suhu udara sudah sangat tinggi dari titik nyala solar, bahan bakar langsung terbakar. Pembakaran yang terjadi menghasilkan ekspansi gas yang mendorong piston bergerak turun kembali menuju TMB.

Ketika piston bergerak ke bawah, katup exhaust terbuka untuk membuang gas sisa pembakaran melalui *exhaust* manifold. Sementara itu, saat piston sudah mendekati TMB, saluran intake terbuka, dan udara segar dari intake manifold membantu mendorong gas buang keluar dengan lebih cepat. Setelah itu, piston bergerak kembali ke TMA, dan siklus pembakaran terulang.

Siklus ini terjadi sekali setiap putaran engkol mesin, menghasilkan satu pembakaran untuk setiap revolusi. Hal ini menyebabkan mesin diesel 2 tak memiliki putaran mesin yang lebih stabil, meskipun konsumsi bahan bakar cenderung lebih boros dibandingkan mesin 4 tak.

2. Mesin Diesel 4 Tak

Gambar 2.2 Mesin Diesel 4 Tak



<http://deltarekaprimasakti.com/wp-content/>

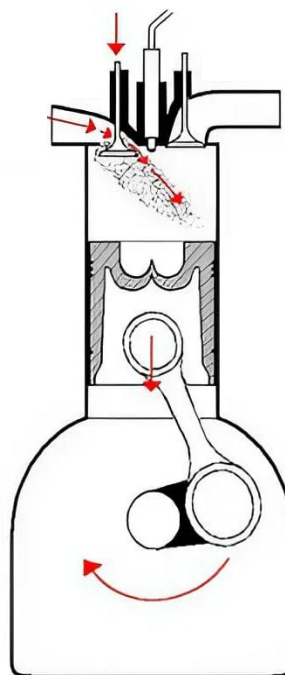
- a. Mesin diesel 4 tak adalah mesin yang membutuhkan 4 langkah piston untuk menghasilkan satu siklus pembakaran, sementara *crankshaft* (poros engkol) melakukan 2 putaran untuk menyelesaikan satu siklus pembakaran. Proses ini menghasilkan satu kali tenaga atau pembakaran pada setiap dua putaran crankshaft.

komponen dasar mesin diesel 4 tak:

1. Piston : berfungsi sebagai pengatur volume ruang bakar,
2. Kepala silinder : semua sirkulasi udara (baik udara bersih/gas buang) berada didalam kepala silinder.
3. Blok silinder : bentuk blok silinder 4 tak tidak memiliki lubang intake (seperti 2 tak).
4. Katup hisap : berfungsi untuk katup masuk udara ke ruang bakar.

5. *Intake manifold* : saluran untuk udara bersih masuk ke ruang bakar.
 6. Katup buang : Berfungsi untuk katup buang sisa gas pembakaran.
 7. *Exhaust manifold* : Saluran gas buang ke cerobong
 8. Injektor : sebagai media memasukan dan mengabutkan solar dari tanki ke ruang bakar.
- b. Prinsip kerja mesin diesel 4 tak adalah mesin yang menghasilkan satu kali pembakaran dalam setiap siklus, dengan empat langkah piston yang dilakukan dalam dua putaran poros engkol. Setiap langkah ber langsung pada setengah putaran poros engkol, sehingga dapat disimpulkan bahwa mesin diesel 4 tak untuk menghasilkan satu kali tenaga dibutuhkan dua putaran penuh poros engkol.
1. Langkah isap

Gambar 2.3. Langkah Isap



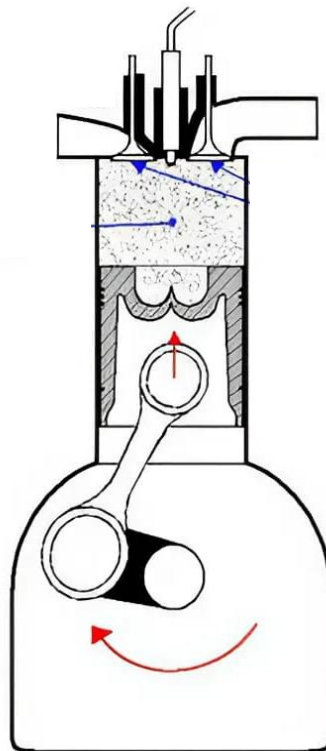
<http://deltarekaprimasakti.com/>

Langkah hisap, piston bergerak dari TMA ke TMB, ini

menyebabkan pembesaran volume ruang bakar. Saat katup hisap terbuka, pembesaran volume tersebut akan menghisap udara bersih yang ada pada intake manifold ke dalam ruang bakar.

2. Langkah kompresi

Gambar 2.4. kompresi

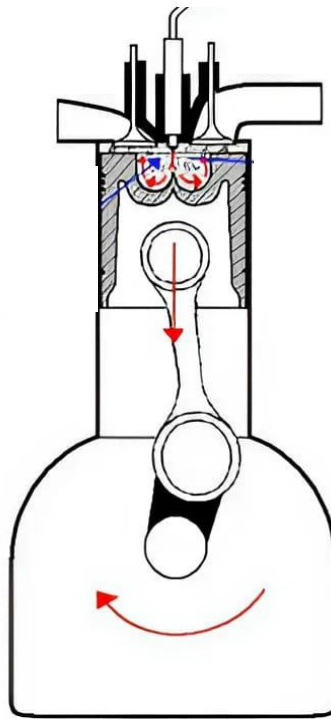


<http://deltarekaprimasakti.com/wp-content/>

Langkah kompresi, Piston bergerak dari Titik Mati Bawah (TMB) ke Titik Mati Atas (TMA) untuk mengurangi volume ruang bakar. Pada saat ini, kedua katup, baik katup hisap maupun katup buang, tertutup rapat. Akibat dari pengecilan volume ruang bakar ini, suhu dan tekanan udara di dalam ruang bakar akan meningkat.

3. Langkah usaha

Gambar 2.5. langkah usah

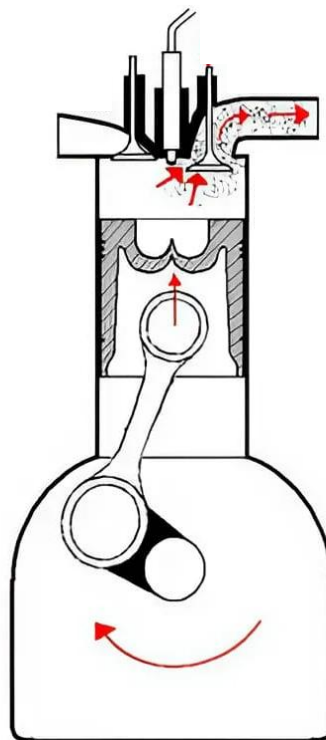


<http://deltarekaprimasakti.com/wp-content/>

Langkah usaha terjadi pada akhir langkah kompresi, yaitu saat piston mencapai Titik Mati Atas (TMA). Pada titik ini, volume ruang bakar sangat kecil, sehingga suhu dan tekanan udara berada pada titik tertingginya. Pada saat yang sama, injektor menyemprotkan sejumlah solar ke dalam ruang bakar yang sudah terisi udara bertekanan dan bersuhu tinggi. Akibatnya, solar terbakar secara spontan karena suhu udara yang melebihi titik nyala solar. Pembakaran ini menghasilkan ekspansi gas yang mendorong piston untuk bergerak kembali ke Titik Mati Bawah (TMB).

4. Langkah buang

Gambar 2.6. langkah buang



<http://deltarekaprimasakti.com/wp-content>

Langkah buang dimulai setelah piston menerima ekspansi dari pembakaran (piston mencapai Titik Mati Bawah/TMB). Pada tahap ini, piston bergerak dari TMB ke Titik Mati Atas (TMA) dengan katup buang terbuka. Gerakan piston ke atas akan mendorong gas sisa pembakaran keluar dari ruang bakar menuju saluran gas buang (*exhaust manifold*).

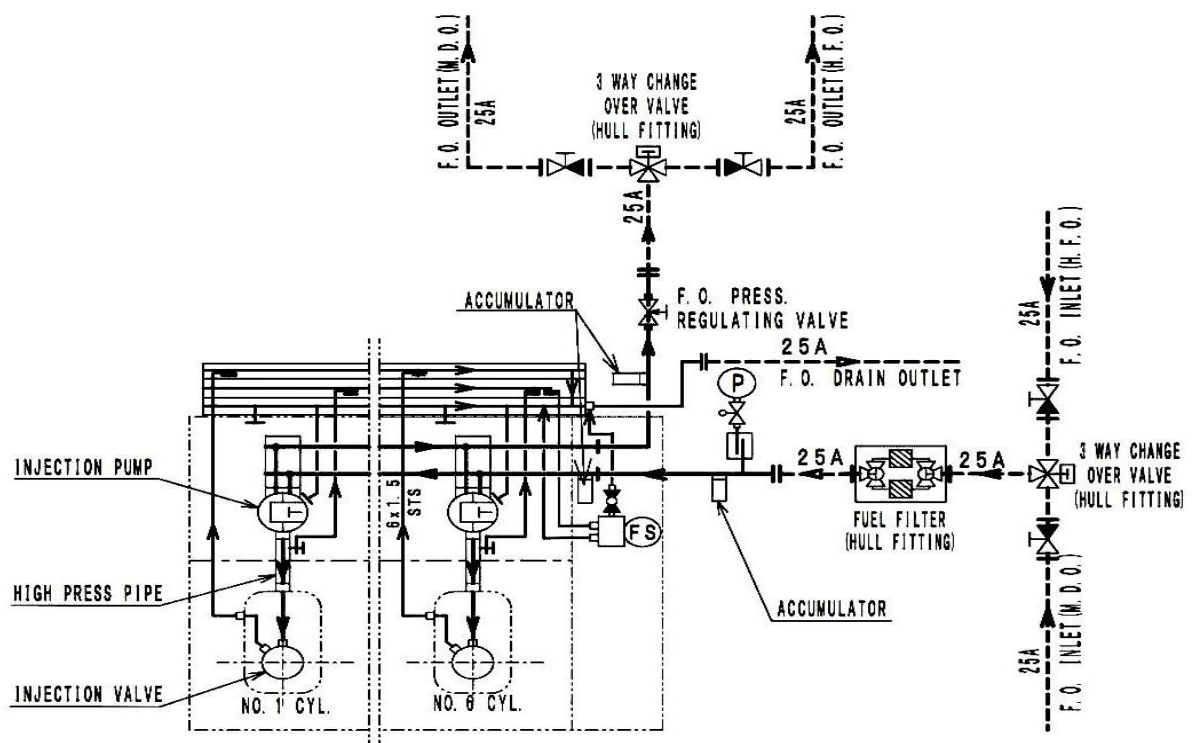
D. System Bahan Bakar

a. Penjelasan

Sistem bahan bakar dimesin diesel berfungsi untuk menyediakan bahan bakar dalam jumlah yang tepat dan bersih, sesuai dengan kebutuhan daya (*horsepower*) mesin. Sistem ini terdiri dari berbagai komponen utama yang berperan dalam mengatur jumlah bahan bakar yang disuntikkan, serta menentukan waktu yang tepat untuk injeksi. Salah satu komponen utama dalam sistem ini adalah governor yang terdapat pada *Bosch pump*. Governor berfungsi untuk mengatur jumlah bahan bakar yang disalurkan sesuai dengan beban atau kecepatan mesin, guna memastikan kinerja mesin tetap optimal (Bagus, 2021).

Rangkaian dan proses bahan bakar dimulai dari tangki, kemudian disalurkan hingga akhirnya diinjeksikan melalui injektor.

Gambar 2.7. Fuel Oil System



Sumber : Manual book yanmar 6ey26

b. Bagian bagian dalam bahan bakar

Berikut adalah penjelasan mengenai komponen-komponen penting dalam sistem bahan bakar kapal yang telah Anda sebutkan:

1. *Double Bottom*, Berfungsi sebagai pengaman terhadap kebocoran. Jika kapal mengalami kebocoran, masih ada ruang kedap air yang dapat digunakan untuk menyimpan *ballast*, bahan bakar, dan air tawar, serta membantu stabilitas kapal dan meningkatkan kekuatan struktur kapal.
2. *Transfer Pump*, Pompa yang digunakan memindahkan bahan bakar (*fuel oil*) dari tangki penimbunan ke tangki pengendapan.
3. *Settling Tank*, Tangki yang berfungsi untuk mengendapkan bahan bakar yang dipindahkan oleh *transfer pump*. Proses pengendapan biasanya memakan waktu minimal 24 jam sesuai dengan aturan kelas (*class rule*).
4. *Service Tank/Daily tank*, Tangki penyimpanan bahan bakar sebelum bahan bakar tersebut disuplai ke mesin utama (*Main Engine*).
5. *Booster pump*, Juga dikenal dengan nama *circulating pump*, adalah pompa bertekanan tinggi yang digunakan untuk mencukupi tekanan bahan bakar yang dibutuhkan oleh mesin.
6. *Heater*, Fungsi *heater* adalah untuk memanaskan bahan bakar sebelum bahan bakar masuk di separator, agar bahan bakar mengalir dengan lancar dan memiliki viskositas yang tepat.
7. *Viscosity Regulator*, Alat ini digunakan mengukur viskositas bahan bakar sebelum bahan bakar masuk ke mesin. Biasanya dipasang pada outlet pemanas bahan bakar untuk mengatur suhu dan viskositas bahan bakar.
8. *Fuel Pump (Pompa Bahan Bakar)*, untuk mensuplai bahan bakar ke ruang bakar mesin dengan bertekanan tinggi. Bahan bakar di injeksikan dengan tekanan tinggi ini akan berbentuk kabut halus,

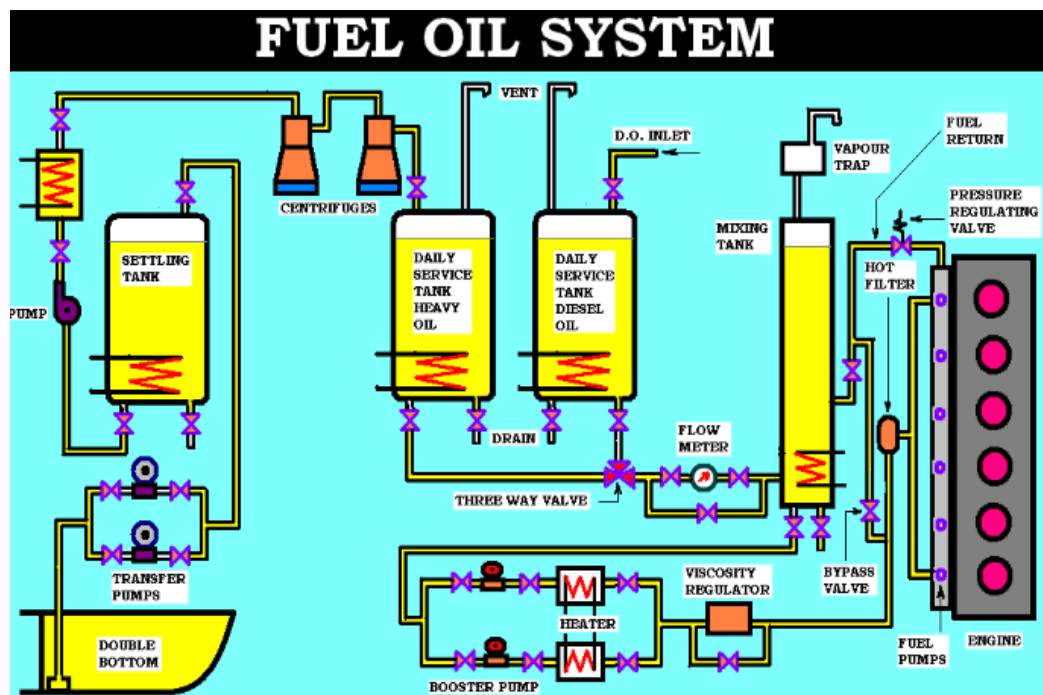
sehingga mudah bercampur dengan udara dan lebih efisien terbakar.

Komponen-komponen ini bekerja secara bersama-sama untuk memastikan sistem bahan bakar kapal berfungsi dengan baik, menjaga kinerja mesin, dan menjamin keselamatan kapal.

c. Alur bahan bakar

Cara kerja sistem suplai bahan bakar dapat dijelaskan sebagai berikut:

Gambar 2.8. Sistem Bahan Bakar



<https://inameq.com/piping-system/sistem-instalasi-pipa-bahan-bakar>

1. *Transfer pump* : sebagai pemindahkan bahan bakar dari tanki penyimpanan yang ada di double bottom ke settling tank untuk pengendapan. Bahan bakar dalam tanki penyimpanan memiliki *viscosity* yang tinggi meskipun sudah ada pemanas (*heater*). Untuk menangani fluida kental seperti ini, digunakan pompa *displacement* tipe *screw* atau *gear pump*, yang lebih efektif untuk menangani *fluida* dengan kekentalan tinggi.

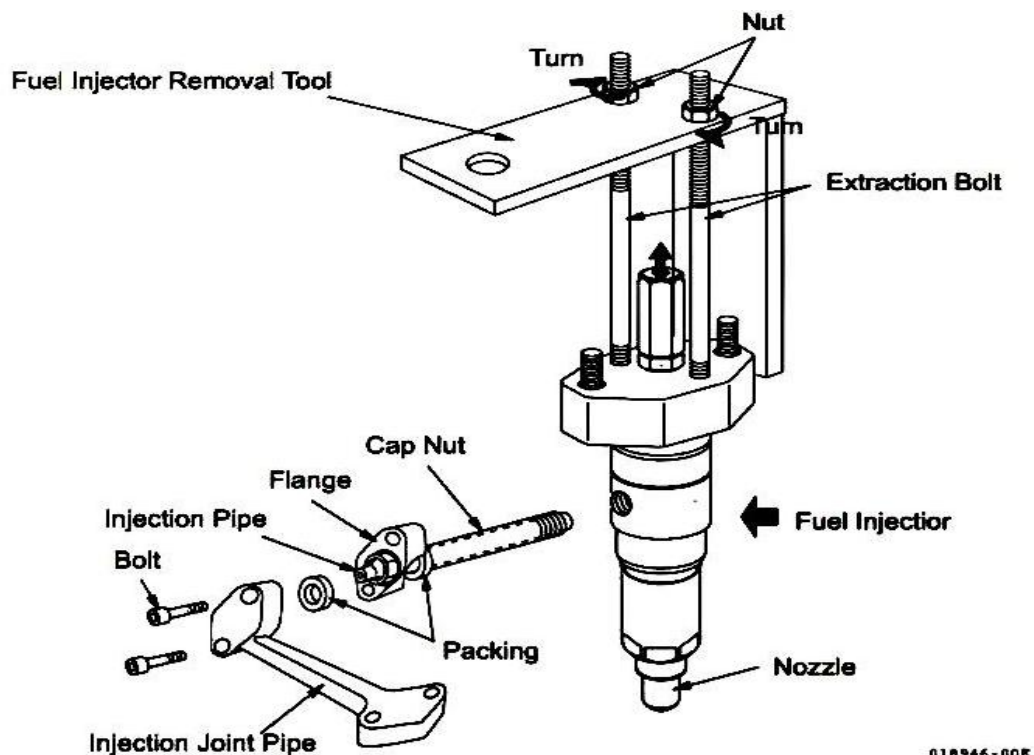
2. *Settling Tank* : umumnya dilengkapi dengan pemanas berbentuk pipa coil yang berfungsi meningkatkan suhu bahan bakar, sehingga viskositasnya berkurang sebelum dipindahkan ke tangki harian (*service tank*). Proses pengendapan di settling tank bertujuan untuk memisahkan partikel, kotoran, dan air dari bahan bakar. Pada umumnya, kapal dilengkapi dengan dua settling tank yang mampu menyimpan pasokan bahan bakar untuk kebutuhan operasional selama 24 jam.
3. *Centrifuge* : Bahan bakar yang dialirkan dari settling tank ke tangki harian terlebih dahulu dimurnikan menggunakan *centrifuge*. Alat ini berfungsi untuk memisahkan kotoran dan air dari bahan bakar, sehingga bahan bakar yang disimpan di tangki harian memiliki kualitas yang lebih bersih. Sebelum memasuki *centrifuge*, bahan bakar dipanaskan menggunakan *heater* guna menurunkan viskositasnya agar sesuai dengan kebutuhan proses pemurnian.
4. Pompa Sentrifugal untuk Tangki Harian: Setelah proses pengendapan dan pemurnian, bahan bakar dipindahkan ke tangki harian menggunakan pompa tipe sentrifugal. Tangki harian ini menyuplai bahan bakar untuk mesin utama. Volume tangki disesuaikan dengan kebutuhan mesin, biasanya dapat mendukung operasional mesin selama 8 hingga 12 jam.
5. Tangki Harian Diesel Oil (DO) : Seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.8, tangki harian diesel oil (DO) berfungsi untuk menyuplai bahan bakar menuju mesin, terutama saat kapal melakukan manuver atau dalam kondisi operasi lainnya.
6. *Mixing Tank* : *Mixing tank* berfungsi untuk mencampur bahan bakar sisa yang keluar dari mesin utama (*main engine*), sehingga bahan bakar yang terbuang bisa digunakan kembali dan tidak terbuang sia-sia.

E. Injektor

1. Pengertian injektor

Injektor salah satu komponen yang sangat penting dalam sistem bahan bakar. Fungsinya adalah untuk menyemprotkan bahan bakar ke dalam ruang bakar pada akhir langkah kompresi, tepat saat torak mendekati titik mati atas (TMA). Pada saat itu, *nozzle* yang terdapat pada injektor akan mengaburkan bahan bakar menjadi kabut halus, memungkinkan campuran bahan bakar dengan udara secara optimal untuk proses pembakaran (Ragiel, 2019).

Gambar 2.9. Injektor



Sumber : Manual book yanmar 6ey26

2. Komponen injektor

- a. *Nozzle*: Komponen ini berperan menyemprotkan bahan bakar ke dalam silinder dalam bentuk kabut halus, memungkinkan bahan bakar bercampur secara merata dengan udara dan terbakar lebih efisien.

- b. *Nozzle Holder*: Berfungsi untuk menopang *nozzle*, serta mengatur posisi dan arah penyemprotan bahan bakar yang dilakukan oleh *nozzle*.
 - c. *Overflow Pipe*: Fungsinya adalah untuk mengembalikan bahan bakar sisa yang tidak digunakan dalam proses pengabutan ke sistem bahan bakar.
 - d. *Adjusting Washer*: Digunakan untuk menyetel tekanan bahan bakar yang disemprotkan, memastikan pengabutan berlangsung dengan tekanan yang tepat.
 - e. *Pressure Spring*: Komponen ini berfungsi untuk mengembalikan tekanan pengabutan, menjaga sistem injeksi tetap stabil dan efisien.
 - f. *Pressure Pin*: Berfungsi untuk mentransfer atau meneruskan tekanan yang diperlukan dalam sistem pengabutan bahan bakar.
 - g. *Distance Piece*: sebagai saluran bagi bahan bakar dan juga sebagai tempat untuk menopang *preassure spring*.
 - h. *Nozzle Needle*: Berfungsi untuk mengatur jumlah bahan bakar yang disemprotkan melalui *nozzle*, mengontrol aliran bahan bakar ke dalam silinder.
 - i. *Nozzle Body*: Berfungsi untuk mengarahkan aliran bahan bakar dan sebagai tempat bagi lubang pengabutan untuk menghasilkan kabut bahan bakar.
 - j. *Retaining Nut*: Digunakan untuk mengamankan bagian bawah body komponen, memastikan bagian-bagian lainnya tetap terpasang dengan kuat.
3. System kerja injektor
- a. Sebelum proses Penginjeksian: bahan bakar bertekanan tinggi dialirkan dari pompa injeksi melalui saluran oli (*oil passage*) menuju oil pool yang berada di bawah *nozzle Brody*.

- b. Proses Penginjeksian Bahan Bakar: Ketika tekanan di dalam *oil pool* meningkat, tekanan tersebut mendorong permukaan *nozzle needle*. Jika tekanan yang dihasilkan melebihi kekuatan pegas, *nozzle needle* akan terangkat, memungkinkan *nozzle* menyemburkan bahan bakar ke dalam ruang bakar.
 - c. Akhir proses Penginjeksian: Saat pompa injeksi berhenti mengalirkan bahan bakar, tekanan dalam sistem menurun. Akibatnya, *pressure spring* mengembalikan *nozzle needle* ke posisi semula, sehingga saluran bahan bakar tertutup.
4. Perawatan injektor
- Perawatan injektor pada mesin diesel sangat penting untuk memastikan pengabutan bahan bakar yang optimal. Berikut adalah langkah untuk melakukan perawatan injektor:
- a. Bersihkan bagian-bagian sekitar injektor dengan menggunakan solar, lalu tiup menggunakan angin bertekanan tinggi/kompresor untuk menghilangkan kotoran.
 - b. Gunakan majun untuk melapisi injektor, terutama pada ujung *nozzle*, untuk mencegah kerusakan/kotoran yang menempel.
 - c. Tutup bagian lubang injektor dengan majun bersih untuk mencegah debu atau kotoran masuk ke dalam silinder mesin.
 - d. Pasang injektor dengan benar pada alat tester untuk memastikan pengujian dilakukan secara tepat.
 - e. Uji injektor menggunakan alat pengukur tekanan penyemprotan (*spray pressure tester*).
 - f. Gerakkan tuas tester dengan kuat dan cepat dalam langkah penuh, kemudian baca hasil tekanan di manometer dan catat angkanya.
 - g. Sudut penyemprotan yang ideal adalah 14° untuk memastikan distribusi bahan bakar yang merata.

- h. Lakukan pengujian hingga manometer menunjukkan tekanan sekitar 340 bar, dan pertahankan tekanan ini selama ± 20 detik sambil memeriksa adanya kebocoran pada *nozzle*.
- i. Bersihkan lubang-lubang pengabut pada injektor untuk memastikan aliran bahan bakar yang lancar.

F. Gas buang

1. Pengertian gas buang

Gas buang hasil pembakaran adalah polutan yang dihasilkan dari proses pembakaran dalam mesin. Gas ini mengandung zat-zat berbahaya yang dapat membahayakan kesehatan manusia. Untuk mengetahui kandungan dalam gas buang, emisi dapat diukur menggunakan alat ukur emisi yang dapat menunjukkan tingkat polutan yang terkandung. Beberapa faktor yang mempengaruhi tingginya kadar gas buang antara lain jenis kendaraan, jenis bahan bakar yang dipakai, usia mesin, dan kondisi mesin itu sendiri (Violla, 2021).

2. Fungsi gas buang

- a. Menyalurkan gas buang hasil pembakaran atmosfer.
- b. Meningkatkan daya mesin.
- c. Menurunkan suhu mesin.
- d. Mengurangi kebisingan mesin.

3. Kandungan emisi gas buang

Emisi gas buang mengandung beberapa jenis polutan yang berbahaya bagi lingkungan dan kesehatan manusia, antara lain:

- a. CO₂ (Karbon Dioksida)

CO₂ adalah gas yang tidak berwarna dan tidak berbau. Gas ini terbentuk dari hasil proses pembakaran sempurna, di mana bahan bakar dan oksigen bereaksi dalam perbandingan yang tepat menghasilkan karbon dioksida.

b. CO (Karbon Monoksida)

Karbon monoksida terbentuk akibat ketidakseimbangan dalam rasio udara dan bahan bakar. Jika terdapat lebih banyak bahan bakar atau ketika karbon (C) tidak dapat berikatan dengan oksigen (O₂), pembakaran yang tidak sempurna menghasilkan CO.

c. SO₂ (*Sulfur Oksida*)

Bahan bakar jenis gasoline atau bensin mengandung belerang (sulfur). Ketika terjadi pembakaran, sulfur berreaksi dengan hidrogen (H) dan oksigen (O) membentuk senyawa sulfat dan sulfur oksida.

d. NO (*Nitrogen Oksida*)

Gas ini terbentuk ketika suhu tinggi pada proses pembakaran menyebabkan nitrogen bereaksi dengan oksigen di udara, menghasilkan senyawa nitrogen oksida (NO_x).

e. H₂O

Uap air merupakan hasil dari reaksi pembakaran bahan bakar di ruang bakar mesin. Banyaknya uap air yang dihasilkan dapat menjadi indikator kualitas bahan bakar. Semakin banyak uap air yang terbentuk, semakin bersih emisi yang dihasilkan.

f. HC (Hidrokarbon)

Hidrokarbon terbentuk dari pembakaran yang tidak sempurna. Gas ini menghasilkan aroma tajam dan kadang-kadang tampak berwarna hitam, sebagai indikasi terjadinya pembakaran yang tidak efisien.

g. Pb (Timbal)

Timbal tidak bereaksi dalam proses pembakaran dan keluar sebagai timah hitam setelah pembakaran.

h. Partikulat

Partikulat merupakan partikel kecil yang berasal dari bahan bakar yang tidak terbakar dengan sempurna. Partikel ini

memiliki ukuran sekitar 10 mikrometer, memudahkan mereka untuk masuk ke saluran pernapasan manusia. Partikel yang lebih kecil dapat menyebabkan iritasi pada mata.

G. Gas buang berwarna hitam

Gas buang yang berwarna hitam pada mesin diesel disebabkan oleh pembakaran yang tidak optimal. Hal ini terjadi ketika terlalu banyak bahan bakar yang masuk ke dalam ruang bakar, menyebabkan pembakaran yang boros. Dengan kata lain, sebagian bahan bakar tidak terbakar dengan sempurna. Kondisi ini disebabkan oleh ketidakseimbangan antara campuran bahan bakar dan udara, di mana bahan bakar yang masuk ke dalam ruang bakar terlalu banyak. Akibatnya, gas yang keluar dari cerobong tampak berwarna hitam pekat (Rudy, 2015).

Penyebab Terjadinya Gas Buang Berwarna Hitam

1. Jumlah Udara yang Terhisap Kurang

Ketika udara yang masuk ke ruang bakar terlalu sedikit, pembakaran tidak dapat berlangsung dengan sempurna, dan efisiensi mesin pun menurun, yang dapat menyebabkan mesin overheat. Beberapa faktor yang dapat menyebabkan hal ini antara lain:

- a. Mesin berada pada ketinggian tinggi (suhu rendah), yang membuat udara menjadi lebih padat, seperti halnya manusia yang kesulitan bernapas di ketinggian.
- b. Hambatan pada saluran udara, seperti saringan udara yang kotor atau sirkulasi udara di ruang genset yang tidak lancar.
- c. Kerusakan pada *turbocharger* yang mengganggu aliran udara.

2. Kebocoran pada Sistem Udara

Kebocoran dalam sistem udara dapat mengganggu proses pembakaran, antara lain:

- a. Kebocoran pada langkah kompresi.

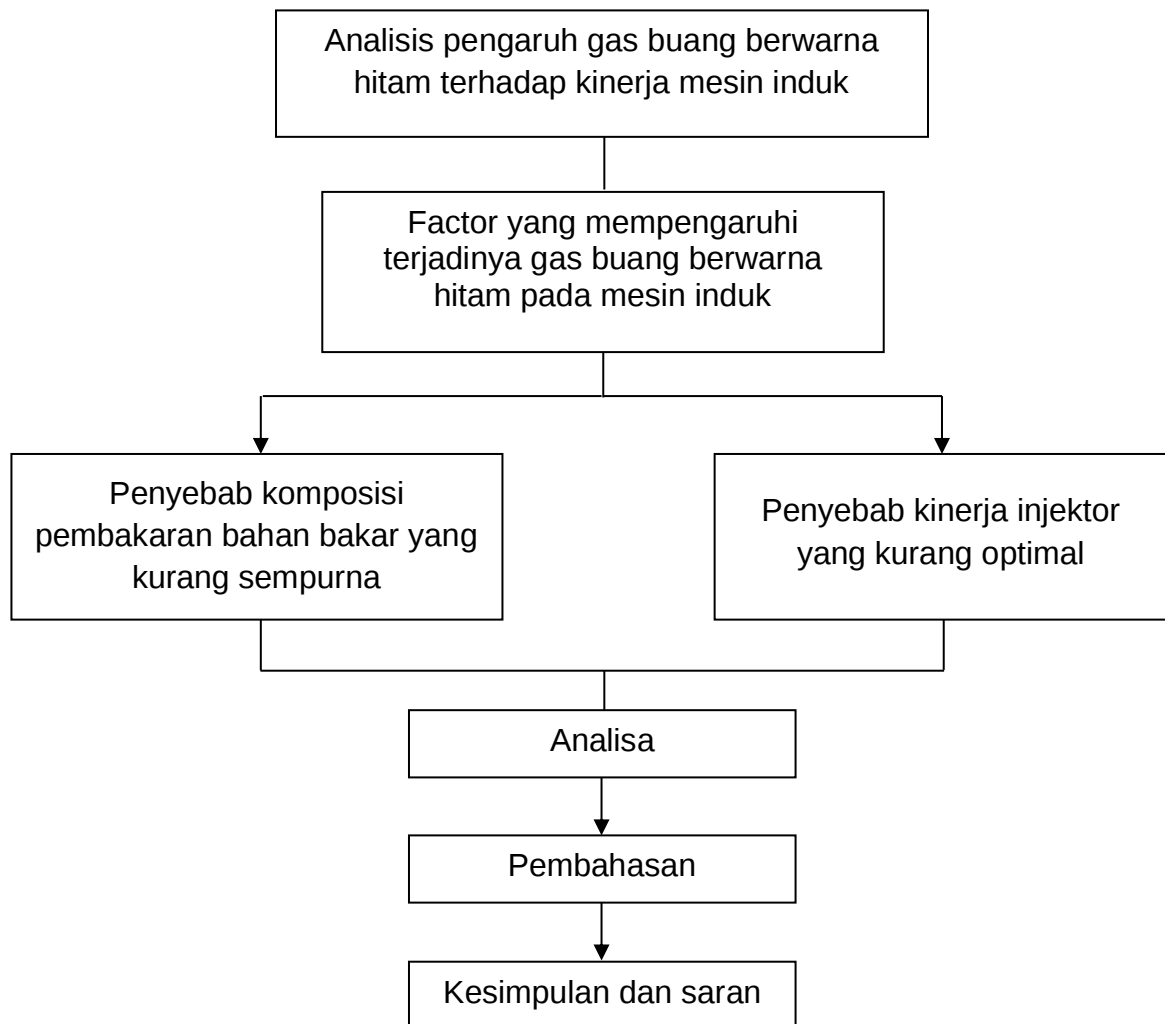
- b. Kerusakan pada ring piston.
- c. Kerusakan pada katup intake atau exhaust.
- d. Kerusakan pada silinder head atau gasket.

3. Penyemprotan Bahan Bakar

Apabila jumlah bahan bakar yang masuk ke dalam ruang bakar terlalu sedikit, pembakaran tidak akan sempurna dan menghasilkan asap hitam. Sebaliknya, apabila bahan bakar terlalu berlebihan, juga dapat menyebabkan pembakaran yang tidak efisien.

H. Kerangka Pikir

Table 2.1 Kerangka Pikir



I. Hipotesis

Berdasarkan rumusan masalah yang sudah dikemukakan di atas, maka dugaan terhadap permasalahan tersebut adalah:

1. Diduga komposisi pembakaran bahan bakar yang kurang sempurna.
2. Penyebab kinerja injektor yang kurang optimal.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Tempat dan waktu penelitian

Penelitian ini dilaksanakan selama 12 bulan saat penulis melakukan praktek laut dikapal aht. Arian 4002. Dimulai pada tanggal 7 desember 2022 sampai dengan 20 desember 2023.

B. Metode penelitian

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis menggunakan beberapa metode, yaitu:

1. Metode Observasi

Metode ini dilakukan dengan cara mengamati dan mencatat fenomena yang sedang diteliti. Data yang didapat melalui observasi langsung terhadap objek penelitian akan diperiksa dan dianalisis. Penulis akan melaksanakan Praktek Laut (PRALA) sebagai bagian dari pengamatan tersebut.

2. Metode Kepustakaan (*Library Research*)

Metode ini melibatkan kegiatan membaca dan mempelajari berbagai literatur serta referensi yang relevan dengan topik yang sedang dibahas. Fokus utamanya adalah pada pemahaman teori yang digunakan dan masalah yang menjadi objek penelitian.

C. Jenis dan sumber data

Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini dapat dibagi menjadi dua kategori, yaitu:

1. Jenis Data

a. Data Kualitatif

Data ini berbentuk informasi yang dapat diperoleh baik secara lisan maupun tulisan. Data kualitatif ini menggambarkan variabel-variabel yang berkaitan dengan topik yang sedang dibahas.

b. Data Kuantitatif

Data kuantitatif merupakan angka-angka yang diperoleh dari lokasi penelitian yang kemudian harus diolah lebih lanjut untuk mendapatkan informasi yang relevan.

2. Sumber Data

Sumber data yang digunakan oleh penulis terdiri dari dua jenis, yaitu:

a. Data *Primer*

Data primer adalah informasi yang diperoleh secara langsung dari sumber utama, seperti narasumber atau responden. Data ini bersifat asli dan belum terkompilasi sebelumnya. Untuk penelitian ini diperoleh melalui wawancara dengan Kepala Kamar Mesin, Masinis I, dan masinis jaga lainnya.

b. Data *Sekunder*

Data sekunder adalah data yang telah tersedia dan dapat diakses langsung. Jenis data ini diperoleh dari sumber tidak langsung, seperti dokumentasi dan arsip resmi yang relevan dengan topik penelitian.

D. Metode analisis

Metode analisis data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu deskriptif kualitatif. Artinya, penulis menganalisis data tanpa perhitungan matematis, melainkan fokus pada pengolahan dan penyajian data dalam bentuk yang lebih mudah dipahami dan bermakna. Pendekatan deskriptif bertujuan untuk memberikan gambaran yang jelas mengenai aspek-aspek yang terkait dengan topik skripsi ini.

Melalui langkah-langkah yang telah dijelaskan sebelumnya, penulis mengumpulkan data yang relevan dengan penelitian yang dilakukan. Setelah data terkumpul, pengolahan dilakukan berdasarkan teori dan metode yang telah ditetapkan sejak awal. Hasil

olahan data kemudian dianalisis dengan membandingkan temuan-temuan dengan teori yang digunakan sebagai dasar penelitian.

Setelah analisis selesai, penulis menyusun kesimpulan berdasarkan hasil yang diperoleh dan menyusun saran yang relevan. Saran ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pemahaman *pengaruh gas buang berwarna hitam terhadap kinerja mesin induk*. Proses ini dianggap selesai setelah kesimpulan dan saran disusun dengan baik.

E. 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.	Data buku dan referensi kumpulkan												
2.	Pemilihan subjudul												
3.	menyusunandan bimbingan proposal												
4.	Proposal seminar												
5.	Perbaikan proposal												
6.	Pengambilan Data												
		Tahun 2023											
		Bulan											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
7.	Pengambilan data												
		Tahun 2024											
		Bulan											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
8.	Pengolahan Data dan bimbingan hasil skripsi												
10.	Seminar hasil penelitian dan Perbaikan												
11.	Perbaiki koreksi dan seminar tutup												