J S E M E
Journal of Sustainable Energy and Marine Engineering
Volume 2 Issue 1 2026
E-ISSN: 3124-2960 dan P-ISSN: 3125-0882
Journal Homepage
https://ejournal-cakrawalasamuderariset.net/index.php/ejournaljseme/id/index

PENGARUH PENGABUTAN BAHAN BAKAR TERHADAP PROSES PEMBAKARAN PADA MOTOR DIESEL INDUK DI KAPAL MV. LUMOSO KARUNIA IX

Mahfud Fadly[1], Mahbub Arfah [2], Ince Ansar H Arifin[3]

Politeknik Ilmu Pelayaran makassar
Program Studi Teknika
Jln. Tentara Pelajar No 173 Makassar, Kode Pos 90172

mahfudfadli201@gmail.com, mahbubarfah555@gmail.com, umarineworld@gmail.com

Diterima: 09-02-2026	Revisi: 15-02-2026	Terbit: 28-02-2026

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh pengabutan bahan bakar terhadap kinerja mesin induk kapal MV Lumoso Karunia IX, dengan fokus pada kondisi nozzle injector, efisiensi pembakaran, dan konsumsi bahan bakar. Jenis penelitian yang digunakan adalah kualitatif deskriptif, dengan metode pengumpulan data berupa observasi langsung di ruang mesin, analisis logbook operasi, inspeksi nozzle, uji pola semprot (spray pattern test), serta wawancara dengan Kepala Kamar Mesin (KKM) dan kadet. Hasil penelitian menunjukkan bahwa beberapa silinder, khususnya silinder 3 dan 5, mengalami penurunan tekanan injeksi 13–15% dan suhu gas buang lebih rendah dibandingkan silinder lainnya. Nozzle aus atau tersumbat menyebabkan pola semprot tidak merata, pembakaran tidak sempurna, peningkatan endapan karbon, serta fluktuasi suhu gas buang. Faktor utama yang mempengaruhi kondisi ini adalah interval perawatan nozzle yang panjang, penggunaan alat non-standar, dan kualitas bahan bakar yang kurang stabil. Dampak teknis dari pengabutan tidak sempurna termasuk menurunnya efisiensi pembakaran, meningkatnya konsumsi bahan bakar ±5% per jam operasi, getaran mesin berlebih, dan risiko kerusakan sekunder pada piston, ring, dan kepala silinder. Tindakan korektif yang diterapkan berupa pembersihan dan penggantian nozzle, kalibrasi pompa injeksi, serta pengecekan fuel timing terbukti efektif mengembalikan pola semprot dan stabilitas suhu gas buang. Berdasarkan temuan ini, disarankan agar kapal menerapkan perawatan berkala sesuai jadwal pabrikan, menggunakan alat standar, memonitor kualitas bahan bakar, dan melatih kru mesin untuk menjaga performa mesin induk secara optimal.

Kata kunci: mesin induk kapal, pengabutan bahan bakar, nozzle injector, efisiensi pembakaran, konsumsi bahan bakar

Abstract

This study aims to analyze the effect of fuel atomization on the performance of the main engine of MV Lumoso Karunia IX, focusing on injector nozzle conditions, combustion efficiency, and fuel consumption. The research method used is qualitative descriptive, with data collected through direct observation in the engine room, analysis of operational logbooks, visual inspection of injector nozzles, spray pattern tests, and interviews with the Chief Engineer and cadet officers. The results indicate that several cylinders, particularly cylinders 3 and 5, experienced a 13–15% decrease in injection pressure and lower exhaust gas temperatures compared to other cylinders. Worn or partially clogged nozzles produced uneven spray patterns, resulting in incomplete combustion, increased carbon deposits, and exhaust gas temperature fluctuations. The main factors contributing to this condition were extended maintenance intervals, use of non-standard tools, and unstable fuel quality. The technical impacts of poor atomization included reduced combustion efficiency, increased fuel consumption by approximately 5% per hour of operation, excessive engine vibration, and a higher risk of secondary damage to pistons, rings, and cylinder heads. Corrective actions, including nozzle cleaning and replacement, injection pump calibration, and fuel timing inspection, proved effective in restoring spray patterns and stabilizing exhaust gas temperatures. Based on these findings, it is recommended that the vessel implement regular scheduled maintenance, use standard tools, monitor fuel quality, and provide crew training to maintain optimal main engine performance.

Keywords: *main engine, fuel atomization, injector nozzle, combustion efficiency, fuel consumption.*

PENDAHULUAN

Motor diesel induk merupakan sumber tenaga utama pada sistem propulsi kapal, berfungsi mengubah energi kimia bahan bakar menjadi energi mekanik untuk memutar baling-baling. Kinerja mesin ini sangat dipengaruhi oleh kualitas proses pembakaran, di mana udara dan bahan bakar harus tercampur dalam perbandingan yang tepat agar energi dapat dilepaskan secara optimal (Pulkrabek, 2020). Salah satu faktor penting yang mendukung proses tersebut adalah pengabutan bahan bakar (fuel atomization) yang dihasilkan oleh sistem injeksi.

Pengabutan merupakan proses pemecahan bahan bakar cair menjadi butiran halus melalui tekanan tinggi yang dihasilkan oleh fuel injection pump sebelum disalurkan menuju ruang bakar. Tujuan dari atomisasi ini adalah memperluas permukaan kontak antara bahan bakar dan oksigen sehingga reaksi pembakaran dapat berlangsung secara sempurna (Laval et al., 2023). Ketika butiran bahan bakar terlalu besar atau tidak tersebar merata, pembakaran menjadi tidak sempurna, konsumsi bahan bakar meningkat, dan gas buang menunjukkan warna hitam sebagai tanda adanya ketidaksempurnaan pembakaran.

Dalam pengoperasian mesin diesel di kapal, sistem injeksi bekerja pada tekanan sangat tinggi, yaitu sekitar 250 hingga 1000 bar. Tekanan tersebut diperlukan agar bahan bakar dapat diubah menjadi kabut halus melalui *nozzle injector*. Pola semprotan, ukuran butiran, serta ketepatan waktu injeksi sangat menentukan efisiensi pembakaran dan keluaran daya mesin (Laval et al., 2023). Kondisi *nozzle* yang bersih dan terawat menjadi faktor kunci. Menurut Arfah (2021), endapan kerak yang terbentuk dari air atau kontaminan lain dapat menyumbat lubang *nozzle* dan menghambat aliran bahan bakar. Jika pembersihan rutin tidak dilakukan, penumpukan kerak akan berlangsung terus-menerus dan menurunkan performa sistem injeksi.

Permasalahan umum yang sering muncul pada sistem pengabutan meliputi keausan jarum *nozzle*, penyumbatan lubang akibat residu karbon, ketidaksesuaian tekanan injeksi, hingga perubahan karakter semprotan. Kerusakan tersebut dapat menyebabkan sebagian bahan bakar terbakar terlalu cepat, sementara sebagian lainnya tidak terbakar sempurna. Kondisi ini memicu meningkatnya temperatur gas buang, menurunnya efisiensi termal, serta meningkatnya emisi polutan seperti CO, HC, dan PM (Pulkrabek, 2020). Jika dibiarkan,

pembakaran yang tidak merata dapat menyebabkan panas berlebih pada komponen seperti dinding silinder dan kepala piston sehingga mempercepat keausan atau bahkan memicu keretakan (Heywood, 2018).

Dalam konteks industri maritim modern, perhatian terhadap efisiensi bahan bakar dan pengendalian emisi menjadi semakin penting. Organisasi Maritim Internasional melalui MARPOL Annex VI menetapkan batas emisi NOx dan SOx yang ketat, sehingga operator kapal wajib memastikan sistem pembakaran bekerja secara optimal dan memenuhi batasan tersebut (Organization, 2023a; Organization, 2023b). Dengan demikian, kondisi pengabutan bahan bakar yang baik tidak hanya berperan pada efisiensi operasional, tetapi juga pada kepatuhan terhadap regulasi lingkungan internasional.

Berdasarkan hal tersebut, diperlukan penelitian yang mendalam untuk memahami hubungan antara kualitas pengabutan, kondisi sistem injeksi, pola semprotan, serta dampaknya terhadap performa pembakaran. Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif melalui observasi lapangan, wawancara teknisi, dan analisis data operasional seperti tekanan injeksi dan temperatur gas buang (Moleong, 2019). Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan gambaran komprehensif mengenai bagaimana pengabutan memengaruhi efisiensi pembakaran, tingkat emisi, serta umur komponen mesin. Selain itu, temuan ini dapat menjadi dasar bagi awak mesin untuk melakukan perawatan preventif seperti pembersihan *nozzle*, kalibrasi tekanan injeksi, dan pemeriksaan kondisi jarum *nozzle* agar mesin induk tetap bekerja optimal sepanjang masa operasinya.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif yang bertujuan untuk memahami secara mendalam fenomena pada sistem pengabutan bahan bakar dan proses pembakaran pada motor diesel induk kapal. Pendekatan ini dipilih karena mampu menggambarkan kondisi nyata di lapangan melalui observasi langsung dan wawancara, khususnya dalam menganalisis pengaruh kondisi injector terhadap kualitas atomisasi bahan bakar serta dampaknya terhadap performa dan efisiensi pembakaran mesin.

Penelitian dilaksanakan di atas kapal niaga dengan sistem penggerak motor diesel utama, yang dipilih secara purposive berdasarkan ketersediaan data operasional dan akses terhadap sistem bahan bakar. Pengamatan dilakukan selama satu periode pelayaran untuk memperoleh gambaran kondisi injector pada berbagai beban kerja mesin, termasuk perubahan tekanan injeksi, pola semprotan bahan bakar, serta indikasi pembakaran tidak sempurna seperti asap hitam dan getaran mesin.

Objek penelitian difokuskan pada sistem pengabutan bahan bakar, khususnya injector sebagai komponen utama dalam proses atomisasi. Parameter yang diamati meliputi kondisi nozzle, tekanan injeksi, dan pola semprotan, serta kaitannya dengan performa mesin seperti konsumsi bahan bakar, suhu gas buang, dan daya mesin.

Data yang digunakan terdiri dari data primer dan sekunder. Data primer diperoleh melalui observasi langsung dan wawancara dengan masinis kapal, sedangkan data sekunder berasal dari manual teknis, buku referensi, serta dokumen operasional seperti log book dan laporan perawatan. Teknik pengumpulan data meliputi observasi, wawancara mendalam, dan studi dokumentasi.

Instrumen penelitian mencakup lembar observasi, panduan wawancara, serta alat ukur seperti fuel pressure gauge dan compression tester yang telah dikalibrasi. Analisis data dilakukan secara deskriptif kualitatif melalui tahapan reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan untuk mengidentifikasi hubungan antara kondisi injector dan kualitas pembakaran pada motor diesel induk kapal.

HASIL

Penelitian ini dilaksanakan di atas kapal MV. LUMOSO KARUNIA IX, sebuah kapal jenis *bulk carrier* dengan kapasitas muatan sekitar 56.000 DWT, yang beroperasi mengangkut muatan batu bara dari pelabuhan Kalimantan menuju wilayah Jawa. Sistem propulsi kapal ini digerakkan oleh mesin induk tipe MITSUI MAN B&W 6S50MCC, sebuah mesin *low speed two-stroke marine diesel engine* dengan 6 silinder sejajar, yang diproduksi oleh Mitsui Engineering & Shipbuilding Co., Ltd. Jepang.

Mesin 6S50MCC dirancang untuk menghasilkan efisiensi termal dan mekanis maksimum pada kecepatan putaran rendah (sekitar 127 RPM), beroperasi menggunakan bahan bakar residu (*heavy fuel oil/HFO*), dan terhubung langsung (*direct coupled*) ke poros baling-baling. Stabilitas dan efisiensi daya dorong kapal sangat bergantung pada kualitas pembakaran yang konsisten di setiap silinder.

Mesin tipe ini dikenal kuat dan efisien, namun kinerjanya sangat sensitif terhadap kondisi sistem injeksi bahan bakar. Dalam kondisi ideal, tekanan injeksi mencapai 350–400 bar, yang esensial untuk mencapai proses pengabutan (*atomization*) bahan bakar yang optimal. Namun, observasi lapangan mengindikasikan adanya penyimpangan kinerja *injector*, khususnya pada silinder ke-3 dan ke-5.

Tabel Spesifikasi Teknis Mesin Induk MV. LUMOSO KARUNIA IX

Parameter	**Data Teknis**
Tipe Mesin	MITSUI MAN B&W 6S50MCC
Jumlah Silinder	6 (In-Line)
Diameter Silinder (Bore)	500 mm
Langkah Piston (Stroke)	2.000 mm
Kecepatan Putaran (MCR)	127 rpm
Daya Maksimum (MCR)	9.480 kW (sekitar 12.900 HP)
Jenis Mesin	Low Speed Two-Stroke, Direct Drive
Bahan Bakar Utama	Heavy Fuel Oil (HFO)
Rasio Kompresi	13.5 : 1
Sistem Injeksi	MAN B&W Fuel Injection System, mekanis dengan *nozzle multi-hole*
Pendingin	Air laut & air tawar sirkulasi ganda
Pelumas	Sistem pelumasan bertekanan (*forced lubrication*)

1. Kondisi Operasional dan Data Lapangan
   Penelitian dilakukan melalui observasi langsung di ruang mesin, analisis logbook operasi terbaru, serta wawancara dengan perwira teknis kapal. Hasil observasi menunjukkan adanya fluktuasi suhu gas buang antar-silinder serta penurunan tekanan injeksi pada beberapa silinder, menandakan ketidakseragaman proses pembakaran.

Tabel **Data Operasional Mesin Induk (Sebelum Perawatan)**

Silinder	Tekanan Injeksi (bar)	Suhu Gas Buang (°C)	Kondisi Nozzle	Keterangan
1	395	425	Baik	Normal, pembakaran sempurna
2	385	430	Baik	Normal, pembakaran sempurna
3	340	405	Aus ringan	Penurunan tekanan 14,1%, pola semprotan tidak merata
4	380	420	Baik	Normal
5	325	398	Tersumbat ringan	Penurunan tekanan 15,5%, endapan karbon tinggi di ujung nozzle
6	385	427	Baik	Normal

Tabel **Data Operasional Mesin Induk (Sebelum Perawatan)**
Sumber : MV Lumoso Karunia IX



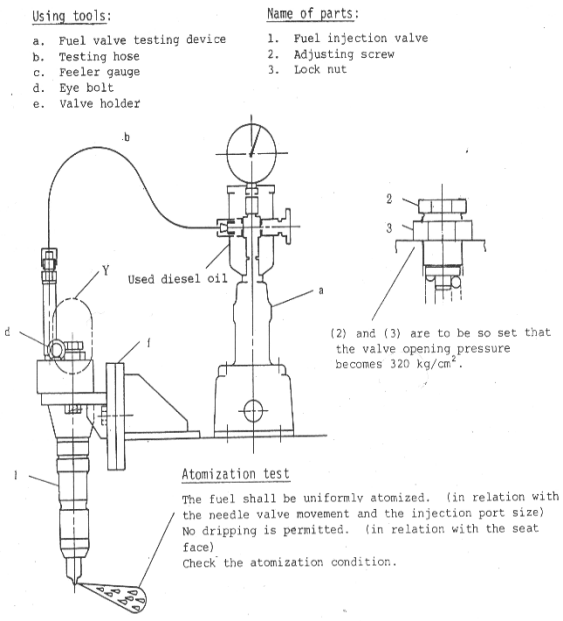
Tabel **Data Operasional Mesin Induk (Sebelum Perawatan)**

Sumber : MV Lumoso Karunia IX

Gambar : *Test Pressure Injector*



Gambar : Pengetesan Injector



Tabel 4. 1 **Data Observasi Sedang Perawatan (Test Injector)**

Silinder	Metode Pengujian	Tekanan Injeksi (bar)	Pola Semprotan	Keterangan
1	Test Injector	395	Normal	Berfungsi optimal
2	Test Injector	385	Normal	Berfungsi optimal
3	Test Injector	350	Tidak merata	Jarum nozzle aus, perlu penggantian
4	Test Injector	380	Normal	Berfungsi optimal
5	Test Injector	340	Tidak merata	Tersumbat ringan, endapan karbon mulai dibersihkan
6	Test Injector	385	Normal	Berfungsi optimal

Keterangan: *Gambar menunjukkan kondisi test injector saat pemeriksaan tekanan dan pola semprotan bahan bakar dilakukan.*

Tabel **Data Observasi Motor Diesel Induk Setelah Perawatan (Gas Buang)**

Silinder	Tekanan Injeksi (bar)	Suhu Gas Buang (°C)	Kondisi Nozzle	Keterangan
1	395	425	Baik	Pembakaran sempurna, normal
2	385	430	Baik	Pembakaran sempurna, normal
3	380	422	Baik	Jarum nozzle diganti, pola semprotan kembali normal
4	380	420	Baik	Pembakaran sempurna, normal
5	375	415	Baik	Nozzle dibersihkan, endapan karbon hilang
6	385	427	Baik	Pembakaran sempurna, normal

Data menunjukkan bahwa silinder 3 dan 5 mengalami penurunan tekanan injeksi signifikan dan suhu gas buang lebih rendah, mengindikasikan pembakaran tidak sempurna (incomplete combustion). Akibatnya, energi termal yang dihasilkan tidak maksimal, residu karbon meningkat, dan efisiensi spesifik mesin menurun.

Berdasarkan logbook, penurunan tekanan pembakaran maksimal 10–15 bar dapat menyebabkan hilangnya daya terindikasi ±2–4% per silinder, sehingga menimbulkan ketidakseimbangan thermal loading dan mechanical stress.

PEMBAHASAN

Pengabutan bahan bakar yang tidak sempurna di dalam silinder terutama disebabkan oleh kondisi injector yang tidak optimal, seperti diameter lubang nozzle yang tidak sesuai, penyumbatan akibat kerak, keausan, serta keretakan pada ujung pengabut akibat beban termal tinggi. Diameter lubang nozzle yang terlalu kecil menyebabkan penyumbatan dan pembentukan kerak, sedangkan diameter yang terlalu besar menurunkan kualitas atomisasi dan menyebabkan bahan bakar tidak tercampur sempurna dengan udara. Selain itu,

kecepatan aliran bahan bakar yang tinggi dapat mempercepat keausan lubang nozzle dan mengubah pola semprotan.

Kondisi tersebut menyebabkan gangguan pada proses pembakaran, seperti kebocoran bahan bakar (dripping), bentuk spray yang tidak normal, serta penurunan kualitas campuran udara dan bahan bakar. Akibatnya, terjadi pembakaran tidak sempurna yang ditandai dengan asap hitam, getaran mesin, dan penurunan daya mesin induk.

Selain injector, faktor lain yang mempengaruhi pembakaran meliputi kinerja pompa bahan bakar tekanan tinggi (bosch pump), kebersihan turbocharger, penyetelan celah katup, keausan ring piston, urutan pembakaran (firing order), serta suhu udara bilas. Ketidaksempurnaan pada komponen tersebut dapat menurunkan tekanan kompresi, mengurangi suplai oksigen, dan mengganggu proses pembakaran di dalam silinder.

Dampak utama dari pengabutan yang tidak sempurna adalah tekanan kompresi yang tidak normal, peningkatan suhu gas buang, serta penurunan daya mesin. Kondisi ini juga menyebabkan konsumsi bahan bakar menjadi lebih boros dan efisiensi mesin menurun.

Untuk mengatasi hal tersebut, diperlukan perawatan injector secara berkala, seperti pengujian tekanan semprot, pembersihan nozzle, pemeriksaan pegas dan needle valve, serta penggantian komponen yang aus. Standar diameter lubang nozzle berkisar antara 0,15–0,2 mm, dan penyimpangan dari nilai tersebut dapat menurunkan kualitas pengabutan. Selain itu, inspeksi berkala terhadap sistem pendukung seperti pompa injeksi, turbocharger, dan katup juga diperlukan untuk menjaga kestabilan proses pembakaran.

Berdasarkan hasil observasi lapangan dan analisis logbook, ditemukan adanya penurunan tekanan injeksi pada beberapa silinder yang diikuti dengan perbedaan suhu gas buang. Kondisi ini menunjukkan terjadinya pembakaran tidak sempurna yang berdampak pada penurunan daya mesin sekitar 2–4% per silinder serta ketidakseimbangan beban termal pada mesin induk.

Singkatan dan Akronim

Singkatan dan akronim yang digunakan dalam penelitian ini bertujuan untuk mempermudah pemahaman terhadap istilah teknis yang berkaitan dengan sistem pembakaran dan pengabutan bahan bakar pada motor diesel kapal. Beberapa singkatan yang digunakan antara lain ME atau M/E (Main Engine) sebagai mesin induk, FO (Fuel Oil), DO (Diesel Oil), HFO (Heavy Fuel Oil), serta MDO (Marine Diesel Oil) yang merujuk pada jenis bahan bakar. Selain itu, digunakan pula satuan dan parameter teknis seperti HP (Horse Power), kW (Kilowatt), RPM (Revolution Per Minute), serta TMA dan TMB yang menunjukkan posisi piston. Dalam proses pembakaran, digunakan istilah O_2 (oksigen), CO_2 (karbon dioksida), NOx dan SOx sebagai gas buang. Parameter operasional mesin meliputi EGT (Exhaust Gas Temperature), TC (Turbocharger), IC (Intercooler), FIP (Fuel Injection Pump), IP (Injection Pressure), serta SFOC (Specific Fuel Oil Consumption). Selain itu, terdapat pula istilah pendukung seperti LO (Lubricating Oil), CW (Cooling Water), FW (Fresh Water), dan SW (Sea Water). Penggunaan singkatan ini diharapkan dapat memberikan kejelasan serta konsistensi dalam pembahasan teknis pada penelitian ini.

Satuan

Salah satu parameter utama adalah **tekanan injeksi bahan bakar (Injection Pressure/IP)** yang dinyatakan dalam satuan **bar**. Tekanan ini berperan penting dalam menghasilkan kualitas pengabutan. Secara umum, efisiensi pengabutan dapat dikaitkan secara kualitatif dengan tekanan injeksi, di mana semakin tinggi tekanan, maka ukuran droplet semakin kecil dan pencampuran dengan udara semakin baik.

Selain itu, digunakan parameter **penurunan tekanan injeksi (ΔP)** untuk melihat deviasi dari kondisi normal, yang dapat dirumuskan sebagai:

$$\Delta P = P_normal - P_aktual$$
dengan satuan **bar**

Untuk mengetahui persentase penurunan tekanan injeksi, digunakan rumus:

$$\% \text{ Penurunan} = \frac{P_{normal} - P_{aktual}}{P_{normal}} \times 100\%$$

Parameter berikutnya adalah **suhu gas buang (Exhaust Gas Temperature / EGT)** dengan satuan **°C**, yang digunakan untuk mengidentifikasi kualitas pembakaran.
Ketidakseimbangan suhu antar silinder dapat dihitung menggunakan selisih suhu:

$$\Delta T = T_maks - T_min$$
dengan satuan **°C**

Dalam analisis performa mesin, digunakan juga pendekatan kehilangan daya akibat penurunan tekanan injeksi. Secara empiris dapat dinyatakan:

$$\Delta \text{Power} \approx k \times \% \text{ PenurunanTekanan}$$

dengan:

- ΔPower dalam **% atau kW**
- k = konstanta empiris (berdasarkan data lapangan, sekitar 0,2–0,3)

Untuk daya mesin, digunakan satuan:

- **kW (Kilowatt)** sebagai satuan utama
- **HP (Horse Power)** dengan konversi:

$$1 \text{ HP} = 0{,}7457 \text{ kW}$$

Selanjutnya, untuk efisiensi bahan bakar digunakan **Specific Fuel Oil Consumption (SFOC)** dengan satuan:

$$\text{SFOC} = \frac{\dot{m}_{\text{bahan bakar}}}{\text{Power}}$$

dengan satuan **g/kWh**

Selain itu, dalam proses pembakaran dikenal parameter **rasio kompresi (Compression Ratio)** tanpa satuan, yang dirumuskan sebagai:

$$r = \frac{V_{total}}{V_{sisa}}$$

Terakhir, untuk mendukung analisis pembakaran digunakan konsep tekanan maksimum silinder (**Pmax**) dalam satuan **bar**, yang dipengaruhi oleh kualitas pengabutan dan waktu injeksi.”.

Persamaan

Persamaan yang digunakan dalam analisis kinerja sistem injeksi dan pembakaran pada mesin induk meliputi perhitungan penurunan tekanan injeksi, deviasi suhu gas buang, serta estimasi penurunan daya mesin.

Persentase penurunan tekanan injeksi dirumuskan sebagai:

% Penurunan=Pnormal−PaktualPnormal×100%\%\,Penurunan = \frac{P_{normal} - P_{aktual}}{P_{normal}} \times 100\%%Penurunan=PnormalPnormal−Paktual×100%

dengan:

- PnormalP_{normal}Pnormal = tekanan injeksi standar (bar)
- PaktualP_{aktual}Paktual = tekanan injeksi hasil pengukuran (bar)

Untuk mengetahui ketidakseimbangan pembakaran antar silinder digunakan persamaan selisih suhu gas buang:

$$\Delta T = T_{maks} - T_{min} \quad \Delta T = Tmaks - Tmin$$

dengan:

- TmaksT_{maks}Tmaks = suhu gas buang tertinggi (°C)
- TminT_{min}Tmin = suhu gas buang terendah (°C)

Estimasi penurunan daya mesin akibat penurunan tekanan injeksi dapat dinyatakan secara empiris:

$$\Delta P_{daya} \approx k \times \%\,Penurunan \quad \Delta Pdaya \approx k \times \%Penurunan$$

dengan:

- ΔPdaya\Delta P_{daya}ΔPdaya = penurunan daya (%)
- kkk = konstanta empiris (0,2–0,3)

Untuk konsumsi bahan bakar spesifik (efisiensi mesin), digunakan persamaan:

SFOC=m˙bahan bakarPowerSFOC = \frac{\dot{m}_{bahan\ bakar}}{Power}SFOC=Powerm˙bahan bakar

dengan:

- m˙bahan bakar\dot{m}_{bahan\ bakar}m˙bahan bakar = laju aliran bahan bakar (g/jam)
- PowerPowerPower = daya mesin (kW)

Sedangkan rasio kompresi mesin dinyatakan dengan:

$$r = \frac{V_{total}}{V_{sisa}}$$

dengan:

- rrr = rasio kompresi
- VtotalV_{total}Vtotal = volume total silinder
- VsisaV_{sisa}Vsisa = volume ruang bakar

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa kualitas pengabutan bahan bakar memiliki pengaruh yang sangat signifikan terhadap proses pembakaran di dalam silinder mesin diesel. Pengabutan yang optimal mampu menghasilkan campuran bahan bakar dan udara yang homogen, sehingga proses pembakaran berlangsung lebih sempurna dan efisien. Sebaliknya, kondisi injector atau nozzle yang tidak baik, seperti mengalami keausan atau penyumbatan akibat kotoran dan endapan karbon, dapat menyebabkan pola penyemprotan bahan bakar menjadi tidak merata. Hal ini mengakibatkan pembakaran tidak sempurna yang berdampak pada penurunan kinerja mesin, meningkatnya konsumsi bahan bakar, serta potensi timbulnya gangguan operasional.

Oleh karena itu, perawatan dan pemeriksaan injector secara berkala menjadi hal yang sangat penting untuk menjaga kualitas pengabutan bahan bakar. Kegiatan seperti pengujian tekanan injeksi, pemeriksaan pola semprotan, serta pembersihan dan penggantian komponen yang aus harus dilakukan secara rutin sesuai dengan jam kerja mesin. Dengan perawatan yang tepat, performa mesin diesel induk dapat tetap optimal, efisiensi pembakaran terjaga, serta risiko kerusakan dapat diminimalkan selama operasional kapal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala Kamar Mesin beserta seluruh perwira dan awak kamar mesin kapal atas bantuan, bimbingan, serta akses yang diberikan selama proses pengumpulan data. Terima kasih juga disampaikan kepada dosen pembimbing dan staf pengajar yang telah memberikan arahan metodologis, serta kepada pihak perusahaan pelayaran yang telah mengizinkan pelaksanaan penelitian ini. Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada keluarga dan rekan-rekan atas dukungan moral dan doa yang terus mengalir. Semoga penelitian ini bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan di bidang permesinan kapal.

DAFTAR PUSTAKA

Arfah, M. (2021). Analisis penyumbatan nozzle pada bowl body akibat endapan kerak dari air sumber tanah pegunungan. *Jurnal Maritim Dan Manajemen*, *1*(2), 128–135.

Arikunto, S. (2019). *Prosedur Penelitian: Suatu Pendekatan Praktik*. Rineka Cipta.

Heywood, J. B. (2018). *Internal Combustion Engine Fundamentals* (2nd ed.). McGraw-Hill Education.

Laval, A. (2021). *Marine Diesel Engine Fuel Injection and Combustion System Manual*. Alfa Laval Marine Division.

Laval, A., Arikunto, S., Marine, B., Marine, C., AG, C., Denzin, N. K., DNV, Heywood, J. B., Organization, I. M., Solutions, M. A. N. E., Moleong, L. J., Nazir, M., Sugiyono, Wärtsilä, & Pulkrabek, W. W. (2023). *Engineering Fundamentals of the Internal Combustion Engine* (2nd ed.). Pearson.

Marine, B. (2025a). *Advanced Fuel Injection Systems for Marine Diesel Engines: Performance and Maintenance Guidelines*.

Marine, B. (2025b). *Diesel Engine Injector Technical Manual*.

Moleong, L. J. (2019). *Metodologi Penelitian Kualitatif*. Remaja Rosdakarya.

Nazir, M. (2020). *Metode Penelitian*. Ghalia Indonesia.

Organization, I. M. (2023a). *Marine Environment Protection Committee Report: Emission Reduction and Energy Efficiency in Diesel Engines*.

Organization, I. M. (2023b). *MARPOL Annex VI: Regulations for the Prevention of Air Pollution from Ships*.

Pulkrabek, W. W. (2020a). *Engineering Fundamentals of the Internal Combustion Engine*. Pearson.

Pulkrabek, W. W. (2020b). *Engineering Fundamentals of the Internal Combustion Engine*. Pearson.

Sugiyono. (2018). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R\&D*. Alfabeta