



Penyebab Keterlambatan Penginjeksian Bahan Bakar pada Mesin Diesel Induk di Kapal MT. Samudera Biru 168

Muhammad Elham Banusaputro¹, Heri Sutanto², Sukur³, Paris Juvenalis Marino Senda Woda⁴, Yudi Satria⁵

^{1, 2, 3, 4, 5} Politeknik Pelayaran Barombong

Info Artikel :

Diterima 10 Januari 2026

Dipublikasikan 31 Maret 2026

Keyword:

*diesel engine,
injection delay,
preventive maintenance*

Kata Kunci:

mesin diesel,
keterlambatan penginjeksian,
perawatan preventif

ABSTRACT

This study aims to analyze the causes and impacts of fuel injection delay in the main diesel engine of MT Samudera Biru 168. The research used a qualitative approach, with data collected through direct observation, interviews with engine room personnel, and analysis of the ship's operational data. The findings reveal that the delay was caused by clogged injector nozzle holes due to carbon deposits, reducing injection pressure to 200 bar, below the normal specification of the B&W SSangyong engine (250–350 bar). The identified impacts include increased exhaust gas temperature in most cylinders, decreased temperature in one cylinder, higher exhaust emissions, and damage to injector components. Contributing factors were identified as poor fuel quality, suboptimal preventive maintenance schedules, and limited monitoring of injection pressure. Corrective actions taken included replacing the injector nozzle, cleaning the fuel system, recalibrating components, and conducting regular checks on the injection system. This study emphasizes the importance of implementing planned preventive maintenance, using high-quality fuel, and regularly monitoring engine operating parameters to maintain operational efficiency and prevent further damage. The results are expected to serve as a reference for ship diesel engine maintenance, supporting operational reliability and the sustainability of the maritime industry. In addition, this study is expected to inspire other researchers to conduct similar studies with a more in depth and comprehensive approach.

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penyebab dan dampak keterlambatan penginjeksian bahan bakar pada mesin diesel induk di kapal MT. Samudera Biru 168. Metode penelitian menggunakan pendekatan kualitatif dengan teknik pengumpulan data berupa observasi langsung, wawancara dengan personel kamar mesin, serta analisis data operasional kapal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa keterlambatan penginjeksian disebabkan oleh tersumbatnya lubang nozzle injektor akibat penumpukan kerak karbon, sehingga tekanan injeksi turun menjadi 200 bar, di bawah spesifikasi normal mesin B&W SsangYong (250–350 bar). Dampak yang diidentifikasi meliputi kenaikan temperatur gas buang pada sebagian besar silinder, penurunan temperatur pada salah satu silinder, peningkatan emisi gas buang, dan kerusakan komponen injektor. Faktor pendukung lainnya adalah kualitas bahan bakar yang kurang baik, kurang optimalnya jadwal perawatan preventif, dan minimnya

pengawasan terhadap tekanan injeksi. Upaya perbaikan yang dilakukan mencakup pergantian nozzle injektor, pembersihan sistem bahan bakar, kalibrasi ulang komponen, serta pengecekan berkala pada sistem injeksi. Penelitian ini menegaskan pentingnya penerapan perawatan preventif yang terencana, penggunaan bahan bakar berkualitas tinggi, serta pengawasan rutin terhadap parameter kerja mesin untuk menjaga efisiensi operasional dan mencegah kerusakan lebih lanjut. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi referensi bagi perawatan mesin diesel kapal guna mendukung keandalan operasional dan keberlanjutan industri pelayaran. Selain itu penelitian ini juga diharapkan dapat memberikan inspirasi kepada peneliti lain supaya dapat dilakukan penelitian dengan ide serupa namun lebih mendalam dan komprehensif.



This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. ©2019 by author.

Koresponden:

Heri Sutanto

Email: herisutanto@poltekpelbarombong.ac.id

Pendahuluan

Dalam era teknologi modern, mesin diesel menjadi tulang punggung berbagai sektor, menyediakan sumber daya utama untuk transportasi, industri, dan berbagai aplikasi lainnya. Pemahaman yang mendalam tentang motor diesel, bahan bakar yang digunakan, dan proses penginjeksian menjadi kunci untuk meningkatkan efisiensi, kinerja, dan keberlanjutan teknologi ini. Dalam latar belakang ini, kita akan membahas dengan rinci tiga komponen utama ini dan bagaimana mereka saling terkait.

Mesin diesel adalah tipe mesin pembakaran dalam yang mengandalkan panas yang dihasilkan oleh kompresi udara untuk menyulut bahan bakar. Kelebihan utamanya adalah efisiensi termal yang lebih tinggi dan konsumsi bahan bakar yang lebih rendah dibandingkan dengan mesin bensin sebanding. Motor diesel umumnya digunakan dalam kendaraan, kapal, dan berbagai aplikasi industri.

Komponen utama mesin diesel melibatkan silinder, piston, ruang bakar, klep, dan sistem pendingin. Proses kerjanya dimulai dengan hisapan udara ke dalam silinder melalui langkah kompresi, di mana udara terkompresi oleh piston yang bergerak naik-turun. Selanjutnya, bahan bakar disemprotkan ke dalam ruang bakar melalui sistem injeksi pada

waktu yang tepat. Pembakaran bahan bakar menghasilkan gas panas yang mendorong piston, yang selanjutnya menggerakkan *crankshaft* dan menghasilkan daya mekanis yang digunakan untuk melakukan kerja.

Bahan bakar adalah substansi yang dapat dibakar untuk menghasilkan energi. Dalam konteks mesin diesel, bahan bakar utama yang digunakan adalah solar atau diesel fuel. Solar memiliki sifat-sifat khusus yang membuatnya cocok untuk penggunaan dalam mesin diesel, termasuk titik nyala yang tinggi dan viskositas yang rendah. Keberagaman jenis bahan bakar juga mencakup biodiesel, yang dihasilkan dari bahan-bahan nabati, dan merupakan alternatif yang semakin populer sebagai bahan bakar ramah lingkungan.

Solar, atau diesel fuel, adalah bahan bakar utama dalam mesin diesel. Dikenal karena kandungan energi yang tinggi, solar memiliki sifat-sifat yang membuatnya sesuai untuk mesin diesel. Kandungan karbon yang rendah dalam solar menghasilkan emisi CO₂ yang lebih sedikit dibandingkan dengan bahan bakar fosil lainnya. Selain itu, biodiesel menjadi opsi alternatif yang semakin diminati karena sifatnya yang terbarukan.

Penginjeksian adalah proses kritis dalam siklus kerja mesin diesel yang menentukan seberapa efisien bahan bakar yang

disemprotkan ke ruang bakar. Fungsi utama dari sistem penginjeksian adalah untuk memberikan jumlah bahan bakar yang tepat, pada tekanan yang tepat, dan pada waktu yang tepat. Salah satu komponen utama dalam sistem ini adalah injektor, yang berperan dalam menyemprotkan bahan bakar ke dalam ruang bakar.

Keterlambatan penginjeksian menjadi tantangan utama dalam sistem ini. Kendala ini dapat disebabkan oleh ketidaksempurnaan bahan bakar, masalah pada sistem injeksi, atau kondisi lingkungan tertentu. Kualitas bahan bakar yang buruk, ketidakseimbangan tekanan pada sistem injeksi, atau kerusakan pada komponen injektor dapat menjadi penyebab keterlambatan penginjeksian.

Solusi untuk mengatasi keterlambatan penginjeksian melibatkan pemantauan dan perawatan rutin sistem injeksi. Penggunaan bahan bakar berkualitas tinggi, pemantauan tekanan dalam sistem, dan penerapan teknologi injeksi terkini menjadi kunci untuk mengoptimalkan kinerja sistem ini. Pemahaman mendalam terhadap proses penginjeksian, bersama dengan perawatan preventif yang efektif, akan membantu mengurangi risiko keterlambatan dan menjaga efisiensi mesin diesel.

Oleh karena itu, pemahaman mendalam mengenai faktor-faktor yang dapat mempengaruhi keterlambatan timing penginjeksian menjadi sangat penting. Melalui penelitian ini, diharapkan dapat ditemukan solusi praktis lainnya yang dapat diterapkan dalam industri perkapalan untuk meningkatkan efisiensi energi, mengurangi emisi gas buang, dan secara keseluruhan memberikan dampak positif terhadap keberlanjutan industri ini.

Metode

Penelitian ini menggunakan pendekatan penelitian kualitatif. Pendekatan kualitatif dipilih karena penelitian ini bertujuan untuk memahami dan menjelaskan perspektif, pengalaman, dan sudut pandang individu terkait dengan tema penelitian. Metode ini memungkinkan penulis untuk menggali makna yang lebih mendalam dari data yang dikumpulkan, dan memungkinkan responden

untuk mengungkapkan pemahaman mereka secara lebih bebas.

Penelitian ini dilaksanakan di kapal MT. Samudera Biru 168 yang dilaksanakan saat praktek lapangan (PRALA) dari tanggal naik kapal 26 Juli 2024 hingga 31 Juli 2025.

Data dalam penelitian ini diperoleh dengan menggunakan teknik wawancara, observasi dan dokumentasi. Data yang telah diperoleh kemudian dianalisis melalui reduksi data, penyajian data, serta penarikan kesimpulan dan verifikasi data yang dilakukan secara metodologis dan sistematis.

Hasil dan Pembahasan

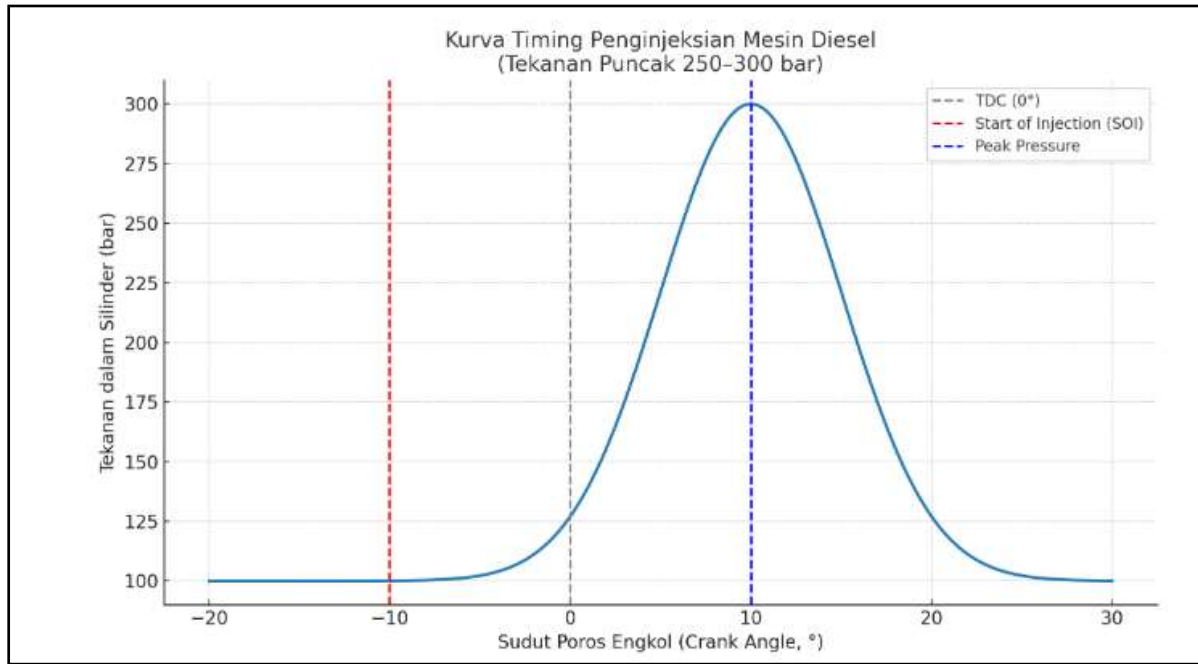
Kapal MT. Samudera Biru 168 merupakan kapal Motor Tangker atau biasa disebut kapal Tangker yang digunakan untuk mengangkut muatan atau kargo berbentuk cair. Kapal ini dibuat pada tahun 1996 di Changwon, Korea Selatan dan bisa memuat muatan cair 3.200 KL. Kapal ini dimiliki oleh PT. Bahtera Arung Samudera yang berkantor pusat di Jakarta. Kapal MT. Samudera Biru 168 memiliki rute yang berubah-ubah/tramper dan pada rute terakhir kapal ini berada di rute Merak-Bengkulu.

Saat penulis melaksanakan praktek di Kapal MT. Samudera Biru 168 dalam kurun waktu Juli 2024 hingga Juli 2025 terjadi kasus keterlambatan penginjeksian bahan bakar pada mesin diesel. Keterlambatan penginjeksian bahan bakar pada mesin diesel merupakan salah satu masalah teknis yang dapat memengaruhi efisiensi dan performa mesin. Dalam proses pembakaran internal, penginjeksian bahan bakar yang tepat waktu adalah kunci untuk memastikan pembakaran berlangsung optimal. penyebab keterlambatan penginjeksian bahan bakar diesel dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain sistem bahan bakar, injektor, timing gear (Heywood, 1988).

Berdasarkan hasil penelitian ditemukan penyebab keterlambatan penginjeksian bahan bakar di kapal MT. Samudera Biru 168 disebabkan oleh tersumbatnya Nozzle injektor. Hal ini didasarkan dari hasil observasi pada tanggal 16 Desember 2024 yang telah menemukan kerusakan injektor yang disebabkan oleh tersumbatnya lubang Nozzle

oleh kerak. Hal ini mengakibatkan tekanan injektor hanya bernilai 200 bar, nilai ini dibawah spesifikasi normal mesin B&W Ssangyong tahun 1996, yang memiliki tekanan injeksi normal berkisar antara 250 – 350 bar. Hal ini mengakibatkan tidak terjadinya penginjeksian bahan bakar. Hal ini sesuai

dengan data wawancara dengan Chief Engineer yang menyatakan bahwa penyebab kerusakan yang sering terjadi adalah karena injektor yang aus atau tersumbat oleh kerak karbon (wawancara dengan bapak Fandy Muarif, Maret 2025).



Gambar 1. Diagram Garis Timing dan Tekanan Penginjeksian

Dari diagram di atas dapat dijelaskan beberapa hal berikut:

1. *Start of Injection (SOI)*
Terjadi sekitar -10° sampai -15° sebelum TMA (BTDC). Pada titik ini, pompa injeksi mulai mengirim bahan bakar bertekanan tinggi ke injektor. Tekanan mulai naik tajam seiring jarum Nozzle terbuka.
2. *Ignition Delay*
Waktu tunda antara awal injeksi dan awal pembakaran (sekitar $1-3^{\circ}$ CA untuk mesin besar). Selama fase ini, bahan bakar menguap dan bercampur dengan udara panas di ruang bakar.
3. *Rapid Combustion Phase*
Dimulai tepat setelah campuran udara-bahan bakar mencapai suhu nyala. Tekanan dalam silinder meningkat sangat cepat hingga puncaknya, pada $+5^{\circ}$ sampai $+10^{\circ}$ sesudah TMA (ATDC). Tekanan puncak di grafik ini adalah 300 bar.
4. *Controlled Combustion Phase*

Setelah puncak, pembakaran berlangsung lebih terkendali karena bahan bakar diinjeksikan secara terus-menerus. Tekanan mulai turun perlahan tetapi tetap tinggi untuk mendorong piston.

5. *Afterburning Phase*

Sisa bahan bakar yang belum terbakar di akhir langkah ekspansi. Tekanan turun lebih cepat, energi panas tersisa diubah menjadi kerja mekanik.

Berdasarkan data di atas dapat disimpulkan bahwa penyebab keterlambatan penginjeksian bahan bakar di kapal MT. Samudera Biru 168 adalah karena tersumbatnya nozzle injektor sebagaimana tampak pada gambar di bawah.



Gambar 2. Injektor bermasalah

Akibat keterlambatan penginjeksian bahan bakar pada Kapal MT. Samudera Biru 168 menyebabkan emisi gas buang menjadi lebih tinggi. Hal ini disebabkan oleh pembakaran

yang tidak optimal sehingga menghasilkan emisi seperti karbon monoksida (CO) yang lebih tinggi. Hal ini dibuktikan dengan hasil observasi terjadi kenaikan temperatur gas buang dan pekatnya asap gas buang, selain itu berdasarkan hasil wawancara dengan *Chief Engineer* menyatakan bahwa kenaikan emisi gas buang pasti terjadi ketika ada sumbatan terhadap lubang *Nozzle* yang akan terdeteksi oleh Oksigen sensor yang ada di cerobong, namun karena adanya masalah pada sensor sehingga lampu alarm tidak menyala (wawancara Bapak Fandy Muarif Maret 2025). Kenaikan ini sesuai dengan observasi perbandingan data tabel gas buang berikut, yang diambil pada tanggal 16 Desember 2024 yang ditemukan adanya kenaikan temperatur gas buang dan *jacket cooling*.

Tabel 1. Temperatur *Main Engine* Normal

No	Data Temperatur	Cylinder								Ket
		1	2	3	4	5	6	7	8	
1	Gas Buang (°C)	345	340	345	340	345	340	340	345	Normal
2	Fresh Water (<i>Jacket Cooling</i>) (°C)	82	81	82	80	83	82	80	82	Normal
3	Frash Water Cooler (in/out) (°C)	80/70								Normal
4	LO Cooler (in/out) (°C)	62/59								Normal
5	RPM Turbo Charger	32.500								Normal
6	RPM ME	500								Normal

Tabel di atas merupakan tabel gas buang yang diambil dari *logbook* Kapal MT. Samudera Biru 168, pada tanggal 20 November 2025. Berdasarkan tabel diatas temperatur normal dari gas buang adalah 340-345°C kemudian, temperatur *jacket Cooling* adalah

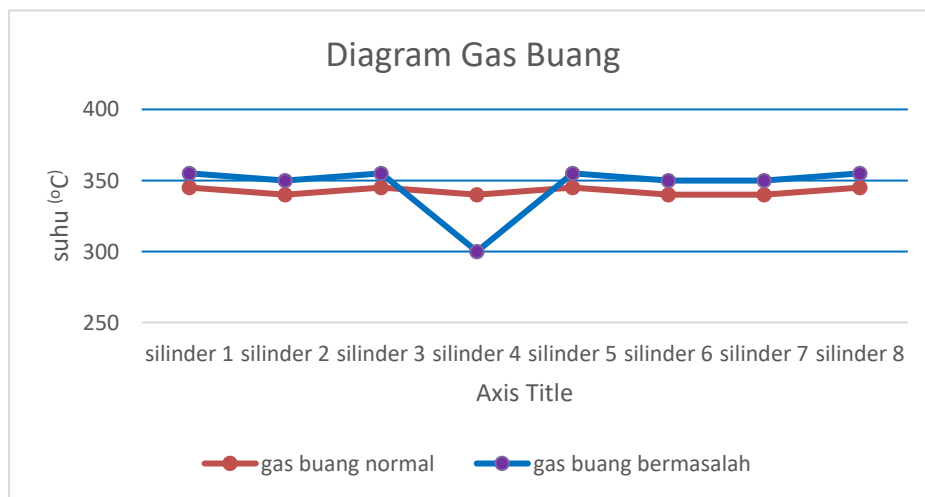
80-83°C. Kemudian, temperatur *Fresh Water Cooler* in dan out adalah 80°C dan 70°C kemudian temperatur LO Cooler in dan out adalah 62°C dan 59°C, semua temperatur ini adalah temperatur normal saat mesin 500 RPM.

Tabel 2. Temperatur *Main Engine* ketika Injektor Tersumbat

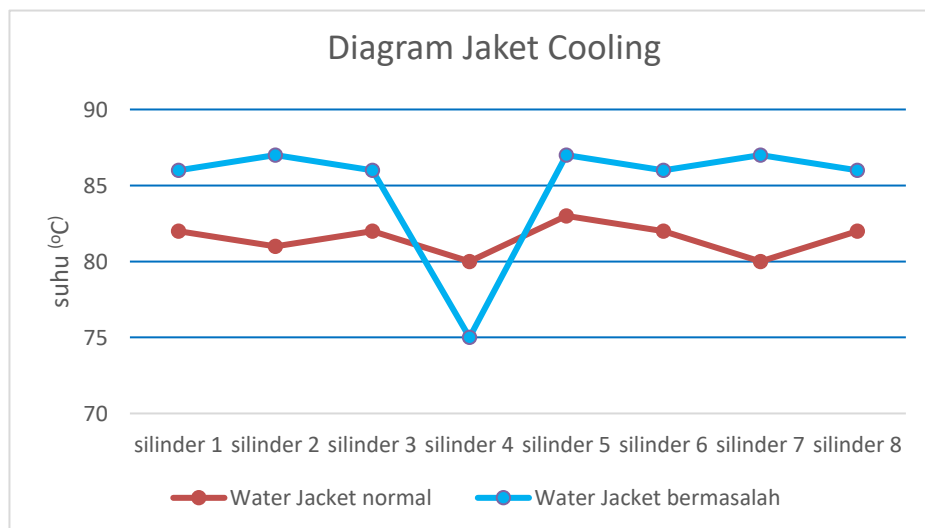
No	Data Temperatur	Cylinder								Ket
		1	2	3	4	5	6	7	8	
1	Gas Buang (°C)	355	350	355	300	355	350	350	355	Cyl no 4 suhunya kurang
2	Fresh Water (<i>Jacket Cooling</i>) (°C)	86	87	86	75	87	86	87	86	Cyl no 4 suhunya kurang
3	Frash Water Cooler (in/out) (°C)	88/78								Panas
4	LO Cooler (in/out) (°C)	65/62								Panas
5	RPM Turbo Charger	32.500								Normal
6	RPM ME	500								Normal

Sedangkan data di atas diambil pada 16 Desember 2024 adalah data hasil observasi yang menunjukkan temperatur gas buang adalah 300-355°C. Kemudian, temperatur jacket Cooling adalah 75-87°C kemudian, temperatur Fresh Water Cooler in dan out adalah 88°C dan 78°C kemudian temperatur LO Cooler in dan out adalah 65°C dan 62°C, semua temperatur ini adalah temperatur normal saat mesin 500 RPM.

Berdasarkan data di atas ditemukan bahwa ada peningkatan temperatur pada beberapa silinder dan cooler namun terjadi penurunan temperatur pada silinder no 4. Temuan di atas juga semakin diperjelas oleh diagram garis dari gas buang dan jacket Cooling di bawah:



Gambar 3. Diagram Gas Buang



Gambar 4. Diagram Jacket Cooling

Berdasarkan kedua diagram di atas telah memperjelas data dari tabel sebelumnya yang ditemukan terjadinya kenaikan temperatur pada gas buang dan jacket Cooling pada silinder no 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8 namun, silinder no 4 justru mengalami penurunan temperatur yang cukup signifikan.

Hal ini dapat menjadi indikator bahwa tidak adanya pembakaran di silinder 4 yang disebabkan karena tersumbatnya injektor no 4. Hal ini sebagaimana yang disampaikan *Chief Engineer*, bahwa kenaikan emisi gas buang pasti terjadi ketika ada sumbatan terhadap lubang nozzle (wawancara bapak Fandy Muarif Maret 2025).

Selain emisi gas buang menjadi tinggi, keterlambatan penginjeksian bahan bakar pada Kapal MT. Samudera Biru 168 juga mengakibatkan terjadinya kerusakan komponen mesin. Kerusakan tersebut diketahui saat observasi dilakukan pada tanggal 16 Desember 2024. Kerusakan ini terjadi pada nozzle sehingga perlu dilakukan pergantian, sebagaimana hasil wawancara dengan *2nd Engineer* juga yang menyatakan bahwa injektor bisa dibersihkan namun jika tidak memungkinkan untuk digunakan kembali maka sebaiknya diganti dengan yang baru dan dikalibrasi ulang (wawancara Bapak Andika Ultra Indra, Maret 2025). Pergantian ini sangat penting untuk dilakukan karena dapat memicu kerusakan komponen lainnya. Sebagaimana hasil wawancara dengan *Chief Engineer* yang menyatakan bahwa apabila nozzle yang tersumbat terlambat terdeteksi akan meningkatkan resiko kerusakan jangka panjang pada komponen silinder (wawancara Bapak Fandy Muarif, Maret 2025).

Berdasarkan data di atas dapat ditarik kesimpulan bahwa Nozzle yang tersumbat bisa mengakibatkan kerusakan komponen mesin salah satunya injektor.



Gambar 5. Nozzle yang berkerak



Gambar 6. Pengecekan Injektor

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dibahas sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa penyebab keterlambatan penginjeksian bahan bakar disebabkan oleh berbagai hal salah satunya tersumbatnya lubang nozzle injektor oleh jelaga atau kerak, yang menurunkan tekanan injektor.

Selanjutnya dampak yang ditimbulkan juga beragam, beberapa diantaranya adalah kenaikan temperatur gas buang dan kerusakan komponen. Namun karena baiknya penanganan mesin di MT. Samudera Biru 168 mengakibatkan tidak terjadinya dampak kerusakan lainnya.

Referensi

- Cahyono, D. (2017). *Firing Order of Diesel Engines*. Diambil kembali dari blog pelaut: <https://www.pelaut.xyz/2017/11/firing-order-motor-diesel->
- Doe, J. (2020). An Analysis of Combustion in Marine Diesel Engines. *Journal of Marine Engineering*, 123-134.
- Herlina, Y., Pratama, G. D., & Waspodo, F. (2019). Inspeksi Rutin Injector Bahan Bakar pada Mesin Penggerak Utama. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 5(2), 45-58.
- Heywood, J. B. (1988). *Internal Combustion Engine Fundamentals*. McGraw-Hill.
- Julia, L., Martias, & Basri, I. Y. . (2014). Pengaruh Perubahan Waktu Penginjeksian terhadap Konsumsi Bahan Bakar. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Mesin*, (hal. 10-20.).
- Klaus, M., & Tschöke, H. (2010). *Internal Combustion Engine Handbook: Basics, Components, Systems, and Perspectives*. Springer.
- Pulkrabek. (2004). *Engineering Fundamentals of the internal combustion Engine*. New Jersey: Person Education.
- Schobert, H. (2017). *Chemistry of Fossil Fuels and Biofuels*. CRC Press.
- Smith, J. (2018). The Function and Design of Diesel Fuel Injection Systems. *Journal of Automotive Engineering*, 37(4). 200-215.

Sugiyono. (2015). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.

Wärtsilä Corporation. (2015). *Marine Diesel Engines Handbook*. Helsinki: Wärtsilä Corporation.

Xin, Q. (2013). *Diesel Engine System Design*. Massachusetts: Elsevier.

Yeyen, H., & Pratama, G. D. (2019). Optimizing Fuel Injection Timing for Diesel Engines. *International Journal of Mechanical Engineering*. 11(4), 98-112.