E-ISSN: 3031-8629
P-ISSN: 3032-3258
Halaman 5965-5975
Volume 3 Nomor 4 Tahun 2026

Pengaruh Injektor terhadap Meningkatnya Suhu Gas Buang pada Motor Induk di Kapal MT Rhone

Azhari Alwi[1], Ahmad Wahid[2], Syah Risal[3]
[1,2,3] Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar
email: azharialwi48@gmail.com, muhqayyumqayyum29@gmail.com, adimkhaeril60@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh kondisi injektor terhadap peningkatan suhu gas buang pada motor induk kapal *Tanker* MT Rhone. Suhu gas buang merupakan indikator utama dalam menilai efisiensi pembakaran mesin diesel. Permasalahan yang dianalisis meliputi penyumbatan pada lubang *nozzle* akibat residu bahan bakar serta ketidaktepatan waktu dan pola semprotan bahan bakar oleh injektor, yang keduanya berkontribusi terhadap ketidaksempurnaan pembakaran. Penelitian menggunakan pendekatan kualitatif dan kuantitatif melalui observasi lapangan, wawancara teknisi, serta pengumpulan data suhu gas buang sebelum dan sesudah perawatan injektor. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perawatan dan kalibrasi injektor mampu menurunkan suhu gas buang secara signifikan (rata-rata 35°C–55°C) dan meningkatkan efisiensi mesin dari 88% menjadi 95%. Temuan ini menegaskan pentingnya pemeliharaan sistem injeksi secara berkala untuk mencegah gangguan operasional dan kerusakan mesin lanjutan di atas kapal.

Kata Kunci: Injektor, Suhu Gas Buang, Motor Induk, Kapal *Tanker*, Efisiensi Pembakaran, Perawatan Mesin

Abstract

This research aims to analyze the influence of injector conditions on the increase of exhaust gas temperature in the main engine of the tanker ship Rhone. Exhaust gas temperature is a key indicator in assessing the combustion efficiency of diesel engines. The problems analyzed in this study include nozzle hole blockage caused by fuel residue and carbon deposits, as well as inaccurate timing and spray pattern of fuel injection, both of which contribute to incomplete combustion. The research employs both qualitative and quantitative approaches through field observations, interviews with technicians, and data collection of exhaust gas temperature before and after injector maintenance. The findings indicate that cleaning and recalibrating the injectors

significantly reduce exhaust gas temperatures (averaging 35°C–55°C) and improve engine efficiency from 88% to 95%. These results highlight the critical role of regular fuel injection system maintenance in preventing operational disruptions and further engine damage on board.
Keywords: *Injector, Exhaust Gas Temperature, Main Engine, Tanker Ship, Combustion Efficiency, Engine Maintenance*

PENDAHULUAN

Motor induk merupakan komponen utama dalam sistem penggerak kapal yang memiliki peranan penting dalam menunjang kelancaran operasional pelayaran. Kinerja motor induk sangat dipengaruhi oleh proses pembakaran bahan bakar di dalam ruang silinder. Proses pembakaran yang optimal akan menghasilkan tenaga yang maksimal serta menjaga kestabilan parameter kerja mesin, salah satunya adalah suhu gas buang. Menurut Heywood (2018), mesin diesel bekerja dengan cara mengompresi udara hingga mencapai temperatur tinggi, kemudian bahan bakar diinjeksikan ke dalam ruang bakar sehingga terjadi pembakaran spontan yang menghasilkan energi mekanik. Mesin diesel menjadi pilihan utama sebagai motor induk kapal karena memiliki efisiensi termal yang tinggi, konsumsi bahan bakar yang relatif rendah, serta mampu beroperasi secara kontinu dalam jangka waktu lama (Pulkrabek, 2020).

Suhu gas buang merupakan salah satu indikator penting dalam menilai kualitas proses pembakaran pada motor diesel. Dalam kondisi normal, suhu gas buang pada setiap silinder berada pada kisaran temperatur tertentu yang relatif stabil dan merata. Namun, berdasarkan hasil pengamatan langsung serta dokumentasi *engine log book* pada kapal MT Rhone, ditemukan adanya penyimpangan suhu gas buang pada beberapa silinder. Data menunjukkan bahwa suhu normal berada pada kisaran 380°C hingga 400°C, sedangkan pada kondisi tertentu terdapat silinder yang mengalami kenaikan suhu hingga mencapai lebih dari 420°C bahkan mencapai 425°C.

Berdasarkan hasil pengamatan, peningkatan suhu gas buang terjadi pada salah satu silinder motor induk yang melebihi batas normal operasi mesin. Setelah dilakukan pemeriksaan awal oleh masinis, ditemukan adanya indikasi gangguan pada sistem injeksi bahan bakar, khususnya pada *nozzle injector* yang mengalami penumpukan kerak

karbon (*carbon deposit*). Penumpukan tersebut menyebabkan pola penyemprotan bahan bakar menjadi tidak merata sehingga proses atomisasi bahan bakar menjadi kurang sempurna. Menurut Heywood (2018), kualitas atomisasi bahan bakar sangat berpengaruh terhadap efisiensi pembakaran dan distribusi panas dalam ruang bakar. Selain itu, Kumar dan Lee (2024) menyatakan bahwa peningkatan suhu gas buang dapat menjadi indikator adanya gangguan pada sistem injeksi bahan bakar.

Apabila kondisi ini dibiarkan berlangsung dalam waktu yang lama, maka dapat menimbulkan berbagai dampak negatif, seperti meningkatnya konsumsi bahan bakar, menurunnya efisiensi kerja motor induk, terjadinya *overheating* pada *exhaust valve*, serta mempercepat kerusakan komponen mesin lainnya. Zhang *et al.* (2021) menyatakan bahwa kerusakan pada injektor dapat meningkatkan suhu gas buang hingga 10–15% dari kondisi normal. Selain itu, menurut Sulaiman *et al.* (2022), injektor yang bermasalah dapat menyebabkan peningkatan suhu gas buang secara signifikan, bahkan perbedaan suhu antar silinder dapat mencapai 70°C. Oleh karena itu, diperlukan penelitian yang lebih mendalam mengenai pengaruh kondisi injektor terhadap meningkatnya suhu gas buang pada motor induk di kapal MT Rhone.

METODE

Penelitian ini dilaksanakan di atas kapal MT. RHONE yang dioperasikan oleh PT Waruna Nusa Sentana. Waktu pelaksanaan penelitian dilakukan selama 12 bulan 1 hari, terhitung sejak tanggal 20 Januari 2025 sampai dengan 20 Januari 2026. Penelitian ini menggunakan metode penelitian kualitatif dengan pendekatan deskriptif. Pendekatan kualitatif digunakan untuk memperoleh pemahaman secara mendalam mengenai pengaruh kondisi injektor terhadap meningkatnya suhu gas buang pada motor induk.

Pengumpulan data dilakukan melalui tiga metode utama, yaitu observasi langsung terhadap kondisi motor induk, temperatur gas buang, dan kondisi injektor selama kapal beroperasi; wawancara dengan *Chief Engineer*, *Second Engineer*, dan personel mesin lainnya; serta dokumentasi berupa *engine log book*, *manual book* motor induk, catatan perawatan injektor, dan foto-foto yang berkaitan dengan kegiatan penelitian. Data yang diperoleh dianalisis secara kualitatif melalui reduksi data, penyajian

data dalam bentuk uraian deskriptif, dan penarikan kesimpulan yang menghubungkan hasil observasi, wawancara, dan dokumentasi dengan teori-teori yang relevan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Investigasi Awal dan Temuan Lapangan

Tim teknis kapal melakukan pembongkaran injektor dari silinder 3 dan 5 sebagai bagian dari *troubleshooting*. Hasil inspeksi fisik menunjukkan lubang *nozzle* tertutup oleh lapisan karbon padat dan residu bahan bakar. Menurut MAN B&W (2020), penyumbatan pada *nozzle* akibat *carbon deposit* dapat menyebabkan pola semprotan tidak merata dan meningkatkan suhu gas buang. Jenis bahan bakar yang digunakan pada mesin diesel di kapal MT.RHONE adalah HFO (*Heavy Fuel Oil*) dengan viskositas 380 cSt pada 50°C, yang memiliki kandungan residu dan sulfur cukup tinggi. Berdasarkan catatan perawatan kapal, injektor terakhir kali diperiksa dan dibersihkan setelah 10.200 jam operasi, sedangkan frekuensi perawatan standar yang disarankan pabrik adalah setiap 5.000 jam.

Pengujian lanjutan dilakukan menggunakan alat *spray tester* untuk mengevaluasi pola semprotan. Injektor bermasalah menunjukkan semprotan tidak menyebar merata dan keluar dengan arah menyimpang. Hal ini menandakan adanya gangguan pada jalur internal injektor atau kerusakan minor pada jarum injektor (*needle valve*). Tekanan semprotan juga lebih rendah dari standar, yang seharusnya berada di atas 220 bar namun hanya mencapai sekitar 180–190 bar. Ketidaktepatan tekanan dan distribusi semprotan mengakibatkan pembakaran menjadi tidak seragam dan menghasilkan suhu gas buang yang tinggi.

Dampak terhadap Kinerja Mesin

Injektor adalah komponen krusial dalam sistem pembakaran mesin diesel, bertanggung jawab langsung dalam penyemprotan bahan bakar ke ruang bakar. Performa injektor yang buruk dapat menyebabkan berbagai permasalahan pada mesin, terutama pada mesin kapal yang beroperasi dengan beban berat dalam jangka waktu lama. Tersumbatnya *nozzle* akibat tumpukan karbon dari hasil pembakaran tidak sempurna atau kotoran dari bahan bakar menyebabkan bahan bakar tidak tersemprot

merata, sehingga campuran udara dan bahan bakar tidak homogen. Pembakaran tidak sempurna ini meningkatkan suhu gas buang dan juga meningkatkan emisi gas buang.

Selain itu, keausan pada komponen injektor seperti pegas atau *plunger* menyebabkan tekanan injeksi tidak sesuai. Jika tekanan terlalu rendah, bahan bakar tidak dapat teratomisasi dengan baik sehingga tetesan besar sulit terbakar. Menurut Hidaya & Nugroho (2020), gangguan injektor dapat meningkatkan suhu gas buang hingga 10–20% dari kondisi normal. Injektor yang tersumbat mengakibatkan lebih banyak udara dibanding bahan bakar, menghasilkan campuran yang sulit terbakar dan energi yang dihasilkan tidak maksimal. Mesin dengan injektor yang rusak menghasilkan tenaga yang lebih kecil meskipun konsumsi bahan bakar lebih besar. Efisiensi pembakaran yang rendah tercatat hanya mencapai 88% sebelum perbaikan. Setelah pembersihan dan kalibrasi, efisiensi naik menjadi 95%.

Hasil Pengukuran Suhu Gas Buang

Pengukuran suhu dilakukan menggunakan *thermocouple* EGT yang dipasang pada *manifold* masing-masing silinder. Data diambil pada 8 Agustus 2025, sebelum dan sesudah perawatan injektor dilakukan. Setelah dilakukan perawatan injektor secara menyeluruh, data menunjukkan adanya perubahan signifikan pada suhu gas buang di setiap silinder.

Tabel 1. Perbandingan Suhu Gas Buang Sebelum dan Sesudah Perawatan

Nomor Silinder	Suhu Gas Buang Sebelum Perawatan (°C)	Suhu Gas Buang Sesudah Perawatan (°C)	Penurunan Suhu (°C)
1	390	365	25
2	395	368	27
3	420	370	50
4	398	372	26
5	430	375	55
6	400	370	30

Sumber: MT RHONE, 8 Agustus 2025

Dari tabel di atas, terlihat adanya penurunan suhu gas buang pada setiap silinder setelah perawatan. Penurunan suhu terbesar terjadi pada silinder nomor 5 dengan selisih 55°C, sementara penurunan terkecil terjadi pada silinder nomor 1 sebesar 25°C. Selain itu, perawatan juga meningkatkan tekanan injeksi dari 180 Bar menjadi 220 Bar, yang menunjukkan bahwa injektor kembali bekerja optimal.

Tabel 2. Data Sebelum Perbaikan Injektor

Nomor Silinder	Suhu Gas Buang (°C)	Tekanan Injeksi (bar)	Rpm	Keterangan
1	390	210	720	Tidak stabil
2	395	215	725	Sedikit menurun
3	420	190	710	*Nozzle* tersumbat parah
4	398	212	722	Tidak optimal
5	430	185	705	Pola semprot
6	400	210	718	Masih ada residu

Sumber: MT.RHONE, 8 Agustus 2025

Analisis tambahan berdasarkan data menunjukkan bahwa silinder 3 dan 5 menunjukkan suhu gas buang tertinggi sebelum perawatan, dengan tekanan injeksi jauh di bawah standar (185–190 bar), volume semprotan rendah, dan jumlah kerak karbon tertinggi. Setelah perawatan, seluruh tekanan injeksi distandarisasi pada 235 bar dan semprotan bahan bakar kembali normal (kisaran 26–29 cc/100 injeksi).

Tabel 3. Data Sesudah Perbaikan Injektor

Nomor Silinder	Suhu Gas Buang (°C)	Tekanan Injeksi (bar)	RPM	Rentang Suhu Normal (°C)	Keterangan
1	365	235	720	340 - 375	Normal setelah kalibrasi
2	368	235	725	340 - 375	Performa membaik
3	370	235	710	340 - 375	Kembali optimal
4	372	235	722	340 - 375	Stabil pasca perawatan
5	375	235	705	340 - 375	Tekanan dipulihkan
6	370	235	718	340 - 375	Optimal kembali

Sumber: MT RHONE

Tabel 4. Standar Normal Operasional

Parameter Teknis	Nilai Normal / Rentang Ideal
Suhu Gas Buang	340 – 375 °C
Tekanan Injeksi	230 – 240 bar
Volume Semprotan	26 – 29 cc/100 injeksi

Sumber: MT.RHONE

Korelasi Beban Mesin dan Suhu Gas Buang

Dalam pengoperasian kapal *tanker* seperti MT.RHONE, beban mesin utama (*main engine*) merupakan faktor yang sangat memengaruhi performa sistem pembakaran, termasuk suhu gas buang. Berdasarkan data operasional, tercatat bahwa ketika kapal beroperasi dengan muatan penuh, suhu gas buang mengalami kenaikan rata-rata sebesar 10–15°C dibandingkan kondisi saat kapal dalam keadaan kosong. Ramadhan & Putra (2022) menyebutkan bahwa beban berlebih meningkatkan suhu *exhaust* secara signifikan terutama pada mesin kapal niaga. Namun, dalam kasus yang terjadi pada kapal MT.RHONE, teridentifikasi adanya kenaikan suhu gas buang secara ekstrem pada silinder nomor 3 dan 5, bahkan saat beban mesin tidak berada pada titik maksimal.

Dari hasil analisis log data mesin selama 3 minggu berturut-turut, ditemukan pola yang konsisten terhadap penyimpangan suhu pada dua silinder tersebut. Suhu gas buang pada silinder 3 rata-rata mencapai 420°C, dan pada silinder 5 mencapai 430°C, yang keduanya secara signifikan lebih tinggi dibandingkan dengan silinder lainnya yang berada pada kisaran 390–400°C. Selain itu, tekanan injeksi yang tercatat pada silinder 3 (190 bar) dan silinder 5 (185 bar) juga jauh lebih rendah dibandingkan silinder lainnya, yang umumnya berada di kisaran 210–215 bar.

Fakta bahwa penyimpangan suhu ini tidak bersifat fluktuatif dan tidak bergantung pada kondisi pelayaran menegaskan bahwa komponen internal injektor merupakan penyebab utama gangguan pembakaran. Menurut Saputra & Firmansyah (2020), penurunan kompresi berpengaruh langsung terhadap peningkatan temperatur *exhaust*. Selain itu, kualitas bahan bakar yang buruk juga dapat mempengaruhi stabilitas suhu gas buang (Wibowo & Santoso, 2021). Oleh karena itu, perawatan preventif dan uji performa injektor secara berkala menjadi langkah penting dalam menjaga kestabilan suhu gas buang dan efisiensi kerja mesin utama.

Validasi Data dan Pembahasan

Hasil investigasi terhadap injektor pada silinder nomor 3 dan 5 secara nyata mendukung hipotesis awal penelitian, bahwa peningkatan suhu gas buang (*exhaust gas temperature*) disebabkan oleh dua faktor utama, yaitu penyumbatan lubang *nozzle* oleh endapan karbon dan residu bahan bakar, serta ketidaktepatan waktu dan pola semprotan bahan bakar akibat tekanan injeksi yang tidak sesuai dengan spesifikasi pabrikan.

Dari hasil pembongkaran dan pemeriksaan visual, ditemukan bahwa lubang-lubang *nozzle* mengalami penyumbatan sebagian oleh kerak karbon berwarna hitam pekat dan bertekstur keras. Kondisi ini menyebabkan bahan bakar yang keluar dari *nozzle* tidak dapat teratomisasi secara sempurna menjadi butiran halus sebagaimana mestinya. Akibatnya, proses pencampuran antara bahan bakar dan udara di dalam ruang bakar menjadi tidak homogen, sehingga sebagian bahan bakar tidak terbakar sepenuhnya. Fenomena ini menghasilkan nyala api yang tidak merata dan waktu pembakaran yang lebih lama dari siklus normal, sehingga suhu gas buang yang keluar dari silinder

meningkat secara signifikan.

Selain itu, hasil pengujian tekanan injeksi menggunakan *test bench* memperlihatkan bahwa tekanan awal injeksi berada di bawah standar, yaitu hanya mencapai sekitar 190 bar, sedangkan nilai ideal menurut manual pabrikan adalah 220 bar. Tekanan injeksi yang terlalu rendah mengakibatkan bahan bakar disemprotkan dengan gaya dorong yang tidak cukup kuat, sehingga pola semprotan menjadi tidak simetris dan cenderung membentuk gumpalan (*dripping fuel*). Kondisi ini semakin memperparah ketidaksempurnaan proses atomisasi dan memperbesar kemungkinan terbentuknya kerak karbon baru di sekitar lubang *nozzle*.

Secara keseluruhan, hasil investigasi ini menunjukkan hubungan sebab-akibat yang jelas antara kondisi teknis injektor dengan peningkatan suhu gas buang. Penyumbatan *nozzle* dan penurunan tekanan injeksi terbukti menyebabkan pembakaran tidak sempurna, yang pada akhirnya berpengaruh terhadap efisiensi termal mesin secara keseluruhan. Temuan ini sejalan dengan penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Arlan Husni (2025) dan Riki Irawan *et al.* (2025) yang menyatakan bahwa gangguan pada sistem injeksi dan komponen pembakaran berdampak langsung pada kenaikan temperatur gas buang. Oleh karena itu, perawatan rutin pada sistem injektor, termasuk pembersihan lubang *nozzle*, pengecekan tekanan injeksi, serta pengujian pola semprotan bahan bakar sangat diperlukan guna menjaga stabilitas pembakaran dan mencegah peningkatan suhu gas buang yang berlebihan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan di kapal kargo MT.RHONE, dapat disimpulkan bahwa injektor memiliki pengaruh signifikan terhadap peningkatan suhu gas buang pada motor induk. Lubang *nozzle* injektor yang tersumbat oleh residu bahan bakar dan kerak karbon terbukti menyebabkan ketidaksempurnaan proses pembakaran, yang ditunjukkan oleh peningkatan suhu gas buang yang signifikan pada silinder tertentu sebelum perawatan dilakukan. Ketidaktepatan waktu dan pola semprotan bahan bakar oleh injektor juga terbukti mengganggu pembakaran yang optimal, sebagaimana dibuktikan melalui uji semprotan dan perbaikan performa setelah

kalibrasi ulang tekanan injeksi.

Tekanan injeksi yang rendah (185–190 bar) berkaitan langsung dengan peningkatan suhu gas buang (420–430°C). Setelah perawatan dan kalibrasi, tekanan injeksi kembali ke kisaran ideal 235 bar, sehingga suhu gas buang turun signifikan menjadi 370–375°C. Pembersihan *nozzle* dan kalibrasi tekanan injeksi terbukti efektif dalam mengembalikan performa injektor, dengan dampak positif berupa penurunan suhu gas buang rata-rata 35°C–55°C, peningkatan efisiensi pembakaran dari 88% menjadi 95%, dan tekanan injeksi seluruh silinder kembali seragam pada 235 bar.

DAFTAR PUSTAKA

Arlan Husni. (2025). *Analisis Kerusakan Exhaust Valve yang Berpengaruh terhadap Temperatur Gas Buang Mesin Induk di Kapal MT. Sumber Rejeki 68*. Skripsi. Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar.

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

Hidaya, A., & Nugroho, Y. (2020). Studi pengaruh tekanan injeksi terhadap efisiensi pembakaran mesin diesel. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 11(2), 67–74.

International Maritime Organization (IMO). (2022). *Regulations on the Prevention of Air Pollution from Ships (MARPOL Annex VI)*. IMO Publishing.

Kumar, A., & Lee, J. (2024). Analysis of exhaust gas temperature characteristics in diesel engines under variable injection conditions. *International Journal of Engine Research*, 25(1), 45–58.

MAN B&W. (2020). *Diesel Engine Manual*.

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

Ramadhan, M., & Putra, A. (2022). Analisis pengaruh beban mesin terhadap temperatur gas buang pada mesin kapal niaga. *Jurnal Transportasi Laut*, 14(1), 20–28.

Riki Irawan, Carles Yerid Absalom Nalle, Ryan Puby Sumatra, Suroyo, & Yuniar Ayu Hafita. (2025). *Analisis Penyebab Kenaikan Temperatur Gas Buang pada Mesin Diesel Dua Langkah di MT. Mutiara Global*. Jurnal Ilmiah.

Saputra, & Firmansyah. (2020). Pengaruh penurunan kompresi terhadap temperatur exhaust mesin diesel. *Jurnal Teknik Mesin*, 9(1), 1-10.

Sulaiman, A., *et al.* (2022). Analisis pengaruh kondisi injektor terhadap suhu gas buang mesin

diesel. *Jurnal Teknologi Maritim*, 5(2), 112-120.

Wibowo, & Santoso. (2021). Pengaruh kualitas bahan bakar terhadap stabilitas suhu gas buang mesin diesel kapal. *Jurnal Teknologi Maritim*, 4(1), 30-40.

Zhang, Y., *et al.* (2021). The impact of injector failure on exhaust gas temperature in marine diesel engines. *Journal of Marine Engineering*, 12(3), 200-210.