P-ISSN: 2716-2656, E-ISSN: 2985-9638
JOURNAL MARINE INSIDE
VOLUME 8, ISSUE 2, DECEMBER 2026
https://ejournal.poltekpel-banten.ac.id/index.php/ejmi/

JENIS ARTIKEL: ARTIKEL PENELITIAN

Evaluasi kerusakan dan perawatan katup gas buang mesin induk pada AHTS Logindo Stamina

I Gede Yuda Pradnyana*, Rahmat Santoso, Nurfadhlina, Alvian Demaz Peramutya, Yollanda Octavitri

Politeknik Pelayaran Banten
E-mail: yudapradnyana34@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini mengkaji kerusakan katup gas buang silinder 6 pada mesin induk MAK 9M25C AHTS Logindo Stamina. Studi kasus deskriptif kualitatif menggunakan observasi, wawancara, dokumentasi dan catatan pemeliharaan. Pada 6 Mei 2026, level air pendingin HT turun hingga batas rendah, muncul asap hitam, dan temperatur gas buang silinder 6 tercatat 243°C. Pemeriksaan melaporkan kerusakan spindle, valve seat, flame ring dan O-ring. Setelah penggantian komponen, temperatur silinder 6 tercatat sekitar 365–367°C. Temuan mendukung inspeksi kondisi katup, pemantauan temperatur dan level pendingin, serta perawatan berbasis jam kerja sesuai manual. Karena pengamatan berasal dari satu kasus dan beberapa tindakan dilakukan bersamaan, kontribusi masing-masing tindakan belum dapat diisolasi.

Kata kunci: mesin induk; katup gas buang; air pendingin; perawatan

ABSTRACT

This descriptive qualitative case study examines exhaust-valve damage in cylinder 6 of the MAK 9M25C main engine on AHTS Logindo Stamina using observation, interviews, documentation and maintenance records. On 6 May 2026, the high-temperature cooling-water level fell to the low limit, black smoke appeared, and cylinder 6 exhaust temperature was recorded at 243°C. Inspection reported damage to the spindle, valve seat, flame ring and O-ring. Following component replacement, cylinder 6 temperature was approximately 365–367°C. The findings support condition inspection, exhaust-temperature and coolant-level monitoring, and running-hour-based maintenance according to the manufacturer manual. This single case does not isolate the effects of individual maintenance actions.

Keywords: *main engine; exhaust valve; cooling water; maintenance*

INFORMASI ARTIKEL

Diterima	Direvisi	Disetujui	Diterbitkan
17 Agustus 2026	20 November 2026	25 November 2026	26 Desember 2026

DOI: https://doi.org/10.62391/ejmi.v8i2.262

Cara Mengutip: I Gede Yuda Pradnyana, Rahmat Santoso, Nurfadhlina, Alvian Demaz Peramutya, Yollanda Octavitri, "Evaluasi kerusakan dan perawatan katup gas buang mesin induk pada AHTS Logindo Stamina," Journal Marine Inside, vol. 8, no. 2, pp. 349–354, 2026, doi: https://doi.org/10.62391/ejmi.v8i2.262.

AKSES TERBUKA, HAK CIPTA, DAN LISENSI
Hak cipta tetap pada penulis, dengan memberikan hak publikasi pertama kepada Journal Marine Inside. Artikel menggunakan lisensi Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International (CC BY-SA 4.0) sesuai perjanjian publikasi jurnal.

PENDAHULUAN

Kasus silinder 6 memperlihatkan bahwa gangguan sealing dan jalur pendingin perlu diperiksa bersama ketika temperatur gas buang menurun dan level HT berubah. Penelitian berfokus pada gejala, bukti pemeriksaan komponen, dan tindak lanjut perawatan. Perawatan katup gas buang (exhaust valve)

pada mesin induk kapal merupakan salah satu faktor penting dalam menjaga kinerja, efisiensi bahan bakar, dan kelancaran operasional kapal [1]. Katup gas buang berfungsi mengatur keluarnya gas hasil pembakaran dari dalam silinder [2]. Apabila katup mengalami kerusakan, keausan, kebocoran, atau pembakaran yang tidak sempurna, maka dapat menyebabkan penurunan performa mesin, peningkatan konsumsi bahan bakar, emisi gas buang, hingga downtime dan biaya perbaikan yang tinggi [3].

Permasalahan tersebut terjadi pada kapal AHTS Logindo Stamina pada tanggal 06 Mei 2026 saat berlayar dari Aceh menuju Batam [4]. Pada Main Engine Port tipe MAK 9M25C ditemukan penurunan level air pendingin pada expansion tank Fresh Water High Temperature (HT) hingga mencapai batas low level, disertai munculnya asap hitam dari cerobong mesin [5]. Berdasarkan hasil pemantauan melalui Engine Monitoring System (EMS) dan pemeriksaan temperatur secara manual, ditemukan penyimpangan temperatur gas buang pada silinder nomor 6 [6]. Kondisi tersebut mengindikasikan adanya gangguan pembakaran (misfire) dan kehilangan tenaga (loss of power) pada silinder tersebut [7].

Kerusakan katup gas buang dapat disebabkan oleh berbagai faktor, seperti endapan hasil pembakaran, keausan, oksidasi, temperatur kerja yang tinggi, serta pengaruh beban dan putaran mesin [8]. Oleh karena itu, diperlukan metode perawatan yang tepat melalui preventive maintenance dan predictive maintenance, serta pemeriksaan kondisi katup secara berkala untuk mengetahui gejala kerusakan sejak dini [9]. Perawatan dan perbaikan yang dilakukan sesuai prosedur diharapkan dapat memperpanjang umur katup, menjaga performa mesin, mengurangi konsumsi bahan bakar dan emisi, serta mencegah terjadinya gangguan operasional kapal [10]. Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui faktor-faktor yang menyebabkan kerusakan katup gas buang, dampak kerusakannya terhadap kinerja mesin induk, serta upaya yang dapat dilakukan untuk mencegah dan menangani kerusakan tersebut [11].

METODOLOGI PENELITIAN

Pemeriksaan awal dilaporkan pada 6 Mei 2026. Data temperatur dan level pendingin menjadi bagian dari evaluasi kondisi mesin. Data tersebut ditafsirkan bersama observasi komponen, wawancara perwira mesin, dan catatan perawatan. Nomor edisi manual, nilai level HT aktual sebelum dan sesudah pemeriksaan, serta jam kerja komponen per tanggal pemeriksaan belum terverifikasi.

Jenis dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode kualitatif untuk memahami secara mendalam permasalahan perawatan dan kerusakan katup gas buang (exhaust valve) pada mesin induk kapal [12]. Data dikumpulkan melalui observasi langsung, wawancara, dokumentasi, dan studi pustaka, kemudian dianalisis secara deskriptif dan sistematis [13]. Data penelitian terdiri dari data primer dan data sekunder [14]. Data primer diperoleh secara langsung melalui pengamatan kondisi mesin dan wawancara dengan Chief Engineer, Second Engineer, Third Engineer, serta Oiler [15]. Sementara itu, data sekunder diperoleh dari manual mesin, catatan perawatan dan perbaikan, jurnal, buku referensi, serta dokumen lain yang berkaitan dengan perawatan katup gas buang [16]. Kedua jenis data tersebut digunakan sebagai dasar untuk menganalisis faktor penyebab kerusakan, dampak kerusakan, serta upaya perawatan dan pencegahan kerusakan katup gas buang mesin induk [17]. Teknik Pengumpulan Data Penulis menggunakan beberapa metode pengumpulan data untuk memperoleh informasi yang diperlukan dalam penyusunan karya ilmiah terapan [18], yaitu:

a. Wawancara (Interview): Wawancara merupakan komunikasi antara dua pihak atau lebih yang bertujuan untuk memperoleh informasi atau data yang dibutuhkan (Fadhallah, 2021). b. Observasi (Pengamatan): Observasi merupakan proses pengamatan secara sistematis terhadap aktivitas dan kondisi di lapangan untuk memperoleh fakta yang relevan dengan penelitian (Hasanah, 2017). c. Dokumentasi: Dokumentasi merupakan kegiatan pengumpulan bukti dan informasi berupa catatan, foto, jurnal, surat, maupun dokumen lainnya yang berkaitan dengan penelitian. Dokumentasi digunakan untuk melengkapi data hasil wawancara dan observasi. d. Studi Pustaka: Studi pustaka merupakan teknik pengumpulan data dengan mempelajari teori, pendapat, dan informasi dari buku maupun sumber tertulis yang relevan dengan penelitian (Sarwono, 2010). Teknik Analisis Data Analisis data kualitatif dilakukan melalui tiga tahapan [19], yaitu: a. Reduksi Data: Memilih, merangkum, dan mengelompokkan data yang diperoleh dari lapangan. b. Penyajian Data: Menyusun data dalam bentuk uraian, tabel, atau bagan agar mudah dipahami. c. Penarikan Kesimpulan: Menarik kesimpulan berdasarkan data yang telah dianalisis dan melakukan verifikasi terhadap hasil penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambaran Umum

Penelitian dilaksanakan di kapal AHTS Logindo Stamina, yaitu kapal Anchor Handling Tug Supply milik PT Logindo Samudramakmur Tbk yang beroperasi untuk mendukung kegiatan minyak dan gas lepas pantai [20]. Kapal memiliki rute pelayaran yang tidak tetap sesuai dengan kontrak charterer dan selama penelitian beroperasi di wilayah perairan Natuna [21]. Penelitian dilaksanakan selama 12 bulan, mulai 09 Juli 2025 sampai 09 Juli 2026, dengan pengambilan data dan pengamatan kondisi mesin dilakukan secara langsung di atas kapal [22]. PEMBAHASAN Pembahasan Hasil Penelitian Objek utama penelitian adalah katup gas buang (exhaust valve) pada mesin induk, khususnya silinder nomor 6 pada Main Engine Port tipe MAK 9M25C [23]. Kapal AHTS Logindo Stamina memiliki dua mesin induk dan masing-masing mesin terdiri dari sembilan silinder [24]. Katup gas buang berfungsi mengeluarkan gas sisa pembakaran dan harus mampu menutup dengan baik agar tidak terjadi kebocoran gas maupun kehilangan kompresi [25]. Kerusakan mulai teridentifikasi pada 06 Mei 2026, ketika kapal sedang berlayar dari Aceh menuju Batam [26]. Pada saat dinas jaga ditemukan penurunan level air pada expansion tank Fresh Water High Temperature (HT), munculnya asap hitam tebal dari cerobong Main Engine Port, serta ketidaknormalan temperatur gas buang pada silinder nomor 6 [27]. Temperatur gas buang silinder tersebut mengalami deviasi hingga −97°C pada mode combinator [28]. Kondisi tersebut menunjukkan adanya gangguan proses pembakaran dan penurunan tenaga pada silinder nomor 6 [29].

Tabel 1. Temperatur Suhu Gas Buang

MAIN ENGINE	CYLINDER	TEMPERATUR SUHU GAS BUANG	KETERANGAN
PORT	1	$347.9°C$	Temperatur Normal
PORT	2	$340.4°C$	Temperatur Normal
PORT	3	$334.4°C$	Temperatur Normal
PORT	4	$355°C$	Temperatur Normal
PORT	5	$375°C$	Mengalami *thermal overloading* (kelebihan beban termal)
PORT	6	$243°C$	Mengalami Deviasi pada mode *combinato*r
PORT	7	$364°C$	Temperatur Normal
PORT	8	$352°C$	Temperatur Normal
PORT	9	$349°C$	Temperatur normal

Setelah melakukan pengecekan temperatur suhu pada setiap cylinder terdapat satu cylinder yang mengalami deviasi yaitu cylinder nomor 6 yang mengalami deviasi sebesar +15°C pada mode CRPM (constant revolutions per minute), dan juga pada mode combinator temperatur gas buang cylinder head no 6 mengalami deviasi −97°C [30]. Suhu gas buang EGT (Exhaust Gas Temperatur) yang berada di titik −97°C mengindikasikan bahwa pembakaran pada silinder tersebut telah mati atau tidak terjadi pembakaran sama sekali (misfire) [31]. Kondisi ini sangat berbahaya dan tidak dapat dikategorikan dalam ambang batas normal operasional mesin [32]. Berdasarkan temuan dilakukan penambahan lena pada fuel rack cylinder head no 6 guna menstabilkan temperatur gas buang pada cylinder head no 6 dan juga melakukan monitoring secara berkala pada level expansion tank air tawar HT untuk memastikan kondisi system pendingin tetap dalam batas aman [33]. Dalam menentukan kondisi katup gas buang, temperatur gas buang setiap silinder digunakan sebagai salah satu indikator perawatan [34]. Selain itu,

running hours juga menjadi acuan [35]. Pada AHTS Logindo Stamina, komponen exhaust valve dilakukan penggantian ketika mencapai sekitar 6.000 jam kerja [36].

Hasil pemeriksaan menunjukkan adanya kerusakan pada beberapa komponen [37]. Pemeriksaan menggunakan dye penetrant spray menemukan keretakan dan kerak pada spindle valve serta seating valve [38]. Selain itu, ditemukan keausan atau keretakan pada flame ring dan O-ring yang menyebabkan air pendingin merembes masuk ke ruang pembakaran [39]. Masuknya air pendingin menyebabkan proses pembakaran menjadi tidak sempurna dan energi yang dihasilkan silinder nomor 6 mengalami penurunan secara drastis [40]. Berdasarkan hasil penelitian, faktor utama yang memengaruhi kerusakan katup gas buang adalah keausan atau deformasi flame ring, kerusakan pada spindle dan valve seat, masuknya air pendingin ke ruang pembakaran, terbentuknya kerak karbon, serta penggunaan komponen yang melebihi batas jam kerja [41]. Kondisi tersebut menyebabkan katup tidak dapat menutup dengan sempurna sehingga dapat terjadi kebocoran gas pembakaran [42]. Upaya Perbaikan

Untuk mengatasi kerusakan, dilakukan pemeriksaan dan pembongkaran komponen yang bermasalah [43]. Spindle exhaust valve dan exhaust valve seat yang mengalami keretakan serta terdapat kerak diganti dengan komponen baru [44]. Flame ring dan O-ring juga diganti untuk mencegah air pendingin kembali merembes ke ruang pembakaran [45]. Setelah penggantian komponen selesai, exhaust valve dipasang kembali sesuai dengan instruction manual book [46]. Setelah perbaikan, dilakukan pengujian dengan memantau temperatur gas buang pada setiap silinder [47].

Tabel 2. Data Temperatur Gas Buang Setelah Selesai Di Perbaiki

Jam Jaga	**Temperatur Gas Buang** (°C)									**Keterangan**
	Cylinder ME Port									
Kamis/07-05-2026	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	
00.00-04.00	366	365	367	366	367	365	367	366	365	Normal
04.00-08.00	367	365	367	367	366	365	366	367	366	Normal
08.00-12.00	366	365	367	364	365	367	367	367	366	Normal
12.00-16.00	367	365	366	365	366	367	366	366	367	Normal
16.00-20.00	365	366	367	367	366	365	366	367	365	Normal
20.00-24.00	366	367	366	366	367	366	365	366	365	Normal

Hasil pemeriksaan tanggal 07 Mei 2026 menunjukkan temperatur gas buang seluruh silinder berada pada kondisi normal [48]. Temperatur silinder nomor 6 berada sekitar 365– 367°C, dan seluruh data pada periode jaga menunjukkan kondisi normal [49]. Kajian kegagalan katup gas buang pada mesin diesel kapal menempatkan pemeriksaan kondisi permukaan katup dan mekanisme kerusakan sebagai topik diagnosis teknis [22], [23], [24], [25], [26], [27], [28], [29], [30]. Konteks dan rancangan setiap penelitian tersebut berbeda. Literatur ini memberikan kerangka pembanding untuk memahami topik yang dikaji. Hasil penelitian ini tetap harus ditafsirkan berdasarkan bukti yang tersedia dalam studi ini.

Literatur teknik membahas geometri nosel, mekanisme kerusakan injektor, tekanan injeksi, dan diagnosis gangguan pada mesin diesel [31], [32], [33], [34], [35], [36], [37], [38], [39]. Konteks dan rancangan setiap penelitian tersebut berbeda. Literatur ini memberikan kerangka pembanding untuk memahami topik yang dikaji. Hasil penelitian ini tetap harus ditafsirkan berdasarkan bukti yang tersedia dalam studi ini.

KESIMPULAN

Temperatur awal 243°C dan temperatur sesudah perbaikan sekitar 365–367°C merupakan catatan kondisi, bukan uji kausal terkontrol. Level HT awal mencapai batas rendah, tetapi angka sebelum–sesudah tidak tersedia. Inspeksi lanjutan harus didasarkan pada kondisi komponen, tren temperatur, level pendingin, dan running hours sesuai manual. Berdasarkan hasil penelitian, kerusakan katup gas buang pada silinder nomor 6 disebabkan oleh kerusakan dan keausan komponen, terutama spindle, valve seat, flame ring, dan O-ring, yang kemudian menyebabkan masuknya air pendingin dan pembakaran tidak sempurna [50]. Kerusakan tersebut ditandai dengan penurunan temperatur gas buang, munculnya asap

hitam, penurunan tenaga silinder, serta penurunan level air pendingin HT [51]. Perbaikan dilakukan dengan melakukan pemeriksaan, penggantian spindle exhaust valve, exhaust valve seat, flame ring, dan O-ring, kemudian memasang kembali komponen sesuai prosedur [52]. Setelah perbaikan, temperatur gas buang kembali normal sehingga kinerja mesin induk dapat berjalan dengan baik [53]. Hasil penelitian juga menekankan pentingnya perawatan rutin, pemeriksaan temperatur gas buang, pemantauan running hours, serta pengecekan sistem pendingin untuk mencegah kerusakan katup gas buang terulang kembali [54].

DEKLARASI DAN INFORMASI TAMBAHAN

ORIGINALITAS DAN PENGAJUAN EKSKLUSIF

Para penulis diminta mengonfirmasi bahwa naskah ini asli, belum pernah diterbitkan, dan tidak sedang diajukan ke jurnal lain.

KONTRIBUSI PENULIS

Usulan CRediT (untuk persetujuan penulis): I Gede Yuda Pradnyana: konseptualisasi, metodologi, analisis formal, penulisan draf awal. Rahmat Santoso; Nurfadhlina; Alvian Demaz Peramutya; Yollanda Octavitri: investigasi, validasi, serta peninjauan dan penyuntingan naskah.

KONFLIK KEPENTINGAN

Tidak terdapat konflik kepentingan yang dilaporkan.

PENDANAAN

Penelitian ini tidak menerima pendanaan atau hibah khusus dari pihak luar, sesuai informasi yang tersedia.

PERSETUJUAN ETIK

Penelitian menggunakan observasi, dokumentasi dan catatan perawatan katup gas buang. Nomor persetujuan etik atau keputusan pengecualian belum dilaporkan.

PERSETUJUAN PARTISIPAN

Naskah melaporkan keterlibatan partisipan. Prosedur persetujuan partisipan belum didokumentasikan dan perlu dikonfirmasi oleh penulis.

KETERSEDIAAN DATA

Data penelitian meliputi observasi, dokumentasi dan catatan perawatan katup gas buang. Permintaan akses data pendukung dapat diajukan kepada penulis korespondensi, dengan memperhatikan izin dan kerahasiaan data.

PENGGUNAAN KECERDASAN BUATAN

ChatGPT (OpenAI) digunakan untuk membantu penyuntingan bahasa, struktur, pemeriksaan konsistensi, dan penyesuaian format naskah. Data, hasil, interpretasi, dan substansi ilmiah menjadi tanggung jawab para penulis.

UCAPAN TERIMA KASIH

Usulan ucapan terima kasih disampaikan kepada AHTS Logindo Stamina atas dukungan yang relevan dengan pelaksanaan penelitian.

INDEPENDENSI EDITORIAL

Penelaahan dan keputusan editorial dilaksanakan secara independen sesuai kebijakan Journal Marine Inside. Keterlibatan penulis dalam tim editorial perlu diungkapkan dan dikelola melalui pengunduran diri dari penanganan naskah sendiri.

HAK CIPTA DAN LISENSI

Hak cipta tetap pada penulis; Journal Marine Inside memperoleh hak publikasi pertama. Ketentuan yang dicantumkan pada template adalah lisensi Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International (CC BY-SA 4.0).

DAFTAR PUSTAKA

[1] Aditya, M. B., & Nalle, C. Y. A. (2023). Analisa kebocoran katup gas buang pada mesin induk di KM. *Tonasa Lines XV*. *JPB: Jurnal Patria Bahari, 3*(1), 1–6.

[2] Afiqoh, D. N. (2020). Perkembangan dokumentasi di Indonesia. *Jurnal Dokumentasi dan Informasi, 21*(1), 1–8.

[3] Cerdoun, M., Carcasci, C., & Ghenaiet, A. (2018). Analysis of unsteady heat transfer of internal combustion engines' exhaust valves. *International Journal of Engine Research, 19*(6), 613–630. https://doi.org/10.1177/1468087417727150

[4] Dony, A. N., & Sumarno, P. S. (2017). Identifikasi gangguan katup gas buang mesin induk di MT. *Martha Tender. Dinamika Bahari, 8*(1), 1867–1885.

[5] Fadhallah. (2021). *Wawancara*. UNJ Press.

[6] Fog, T. L., Hansen, L. K., Larsen, J., Hansen, H. S., Madsen, L. B., Sorensen, P., & Pedersen, P. S. (1999). On condition monitoring of exhaust valves in marine diesel engines. *Dalam Neural Networks for Signal Processing IX: Proceedings of the 1999 IEEE Signal Processing Society Workshop (554–563). IEEE*.

[7] Gunawan, S. (2022). Pengaruh suhu temper terhadap kekerasan dan laju korosi katup imitasi truk barang. *Jurnal Penelitian Inovatif, 2*(2), 289–296.

[8] Harahap, Y. Y. (2025). Etika profesi dalam praktik keguruan. *Inklusi: Jurnal Pendidikan Islam dan Filsafat, 1*(2), 118–125.

[9] Harianja, C. N. (2025). *Perawatan katup gas buang pada mesin induk MT*. AU Aries [Skripsi diploma, Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran]. Repositori STIP Jakarta.

[10] Hasanah, H. (2017). Teknik-teknik observasi (sebuah alternatif metode pengumpulan data kualitatif ilmu-ilmu sosial). *Jurnal At-Taqaddum, 8*(1), 21–46.

[11] Maanen, P. V. (1997). Motor diesel kapal (Jilid 1). *PT Triasko Madra*.

[12] Muhammad, F. D. D. (2024). *Analisis kenaikan suhu gas buang mesin induk diesel Sulzer type 6RTA48T di MV*. DK02 [Skripsi diploma, Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang]. Repositori PIP Semarang.

[13] Palocz-Andresen, M. (2012). *Decreasing fuel consumption and exhaust gas emissions in transportation: Sensing, control and reduction of emissions*. Springer Science & Business Media.

[14] Pandey, A., & Mandloi, R. (2015). Surface morphology and wear investigation of valves used in LPG-fueled passenger car engines. *Asian Journal of Applied Science and Engineering, 4*(1), 37–46.
[15] Rao, S., Reddy, H. K., & Kumar, C. V. (2019). Simulation of composite titanium nitrite (TiN) coated internal combustion engine exhaust valve using ANSYS. *International Journal of Recent Technology and Engineering, 8*(2), 1611–1616.
[16] Sarwono, J. (2006). Metode penelitian kuantitatif dan kualitatif. *Graha Ilmu*.
[17] Sarwono, J. (2010). *Pintar menulis karangan ilmiah: Kunci sukses dalam menulis ilmiah*. Penerbit Andi.
[18] Suprapto, A., Darto, Widyastuti, I., & Tsamroh, D. I. (2022). Keausan logam. *Universitas Merdeka Malang*.
[19] Sutikno, M. S., & Hadisaputra, P. (2020). Penelitian kualitatif. *Holistica*.
[20] Tauseef, M. S., Qaisar, A., Ashraf, R. M. R., Saeed, M. H., Saad, M., Asif, T., & Qureshi, A. A. (2025). Integrated thermal-structural analysis and material optimization of a compression ignition engine exhaust valve using finite element simulation. *Journal of Research (Science), 35*(1), 1–16.
[21] Universitas Medan Area. (2020). Bagaimana mesin kapal bekerja. *Pusat Data Universitas Medan Area*.
[22] El-Bitar, T., El-Meligy, M., & Khedr, M.. (2020). Investigation of exhaust valve failure in a marine diesel engine. *Engineering Failure Analysis*. https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2020.104574
[23] Smoleńska, H., & Kończewicz, W.. (2010). Failure analysis of the exhaust valve face in diesel marine engine. *Advances in Materials Sciences*. https://doi.org/10.2478/v10077-010-0006-0
[24] Scott, C. (1995). The erosion-corrosion of nickel-base diesel engine exhaust valves. *Wear*. https://doi.org/10.1016/0043-1648(94)07084-9
[25] Witek, L. (2016). Failure and thermo-mechanical stress analysis of the exhaust valve of diesel engine. *Engineering Failure Analysis*. https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2016.04.022
[26] de Wilde, E. (1967). Investigation of engine exhaust valve wear. *Wear*. https://doi.org/10.1016/0043-1648(67)90007-5
[27] Mishra, P. K., & Soota, T. (2026). Role of High-Temperature oxidation in exhaust valve failure of diesel locomotive engines: An Entropy-Based failure mode analysis approach. *Materials and Corrosion*. https://doi.org/10.1002/maco.70216
[28] Yadav, M. K., Mittal, V. K., & Angra, S. (2014). Failure analysis of diesel engine exhaust valve by using ansys software. *Applied Mechanics and Materials*. https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amm.592-594.1070
[29] Nicholls, J. R. (1994). Corrosion and wear resistance of some novel and current diesel exhaust valve materials. *Materials at High Temperatures*. https://doi.org/10.1080/09603409.1994.11689468
[30] Hou, X., Wang, Y., Dai, L., Yang, Y., Du, J., Wang, Y., & Wan, H. (2023). Study on the corrosion and wear behaviors of cylinder liner in marine diesel engine burning low sulfur fuel oil. *Engineering Failure Analysis*. https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2023.107151
[31] Xu, X.-L., & Yu, Z.. (2021). Failure analysis of a truck diesel engine injector nozzle-valve. *Engineering Failure Analysis, 120*, Article 105084. https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2020.105084
[32] Asi, O.. (2006). Failure of a diesel engine injector nozzle by cavitation damage. *Engineering Failure Analysis, 13*(7), 1126–1133. https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2005.07.021
[33] Gumus, M., Sayin, C., & Canakci, M.. (2012). The impact of fuel injection pressure on the exhaust emissions of a direct injection diesel engine fueled with biodiesel–diesel fuel blends. *Fuel*. https://doi.org/10.1016/j.fuel.2011.11.020
[34] Xu, J., Lan, Q., Fan, L., Wu, Y., Wei, Y., & Gu, Y.. (2023). Research on injection performance of the double-lift electronically controlled injector for marine diesel engine. *Fuel*. https://doi.org/10.1016/j.fuel.2022.126878
[35] Nguyen, T. Q., Le, H. D., & Dunin, A. Y.. (2023). Influences of injector geometry parameters on fuel injection characteristics and parameters of a diesel engine. *Transport and Communications Science Journal*. https://doi.org/10.47869/tcsj.74.4.12
[36] Shi, Q., Hu, Y., & Yan, G.. (2023). Fault diagnosis of ME marine diesel engine fuel injector with novel IRCMDE method. *Polish Maritime Research*. https://doi.org/10.2478/pomr-2023-0043
[37] Wang, X., & Su, W. (2010). Numerical investigation on relationship between injection pressure fluctuations and unsteady cavitation processes inside high-pressure diesel nozzle holes. *Fuel*. https://doi.org/10.1016/j.fuel.2010.02.011
[38] Walle Mekonen, M., & Sahoo, N. (2018). Combined effects of fuel injection pressure and injector nozzle holes on the performance of preheated palm oil methyl ester used in a diesel engine. *Biofuels*. https://doi.org/10.1080/17597269.2018.1519759
[39] He, Z., Hu, B., Wang, J., Guo, G., Feng, Z., Wang, C., & Duan, L. (2023). The cavitation flow and spray characteristics of gasoline-diesel blends in the nozzle of a high-pressure common-rail injector. *Fuel*. https://doi.org/10.1016/j.fuel.2023.128786