

Analisis Tidak Sempurnanya Pengabutan Injektor pada Mesin Induk No 1 di TB Nisrina Riski Samudera

Reda Ardi Pradana^{1*}, Mursidi², Rodlitul Awwalin³

^{1,2,3} Fakultas Vokasi Pelayaran, Universitas Hang Tuah Surabaya

*e-mail korespondensi: redapradana9@gmail.com

Abstract

Uncomplete fuel atomization in the No. 1 main engine injector of TB Nisrina Riski Samudera VII was associated with reduced engine performance, elevated exhaust gas temperature, black smoke, and abnormal engine vibration during operation. This study aimed to identify the causes of incomplete injector atomization, describe its effects on main-engine performance, and determine corrective actions. A descriptive qualitative approach was applied during the sea-practice period on board the vessel. Data were obtained through direct observation, interviews with engine-room crew, documentation, and review of ship and engine references. The findings showed three dominant technical conditions: carbon deposits partially blocked the nozzle holes, injector-spring elasticity decreased so that opening pressure fell below the specified value, and the injector needle became dirty and stuck. The injector test recorded about 28 MPa (290 kg/cm²), whereas the manual-book value used in the study was 34 MPa (350 kg/cm²). The incomplete spray pattern contributed to incomplete combustion, exhaust-gas temperature of 550–600 °C, black smoke, unstable combustion, and a reduction of engine speed to around 1200 rpm under high towing load. Cleaning the nozzle and needle, replacing the weakened spring, periodically replacing the fuel filter, cleaning the fuel tank, and retesting injector pressure restored the spray pattern to normal at 34 MPa.

Keywords: *Injector, Atomization, Main Engine, Diesel Engine, Tugboat*

Abstrak

Tidak sempurnanya pengabutan bahan bakar pada injektor mesin induk No. 1 di TB Nisrina Riski Samudera VII ditandai dengan penurunan performa mesin, kenaikan temperatur gas buang, asap hitam pekat, dan getaran mesin yang tidak normal. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi penyebab tidak sempurnanya pengabutan injektor, mengetahui dampaknya terhadap kinerja mesin induk, dan menentukan upaya penanggulangannya. Penelitian menggunakan metode deskriptif kualitatif selama pelaksanaan praktik laut. Data diperoleh melalui observasi langsung, wawancara dengan crew kamar mesin, dokumentasi, serta studi terhadap dokumen dan referensi mesin. Hasil penelitian menunjukkan tiga kondisi teknis utama, yaitu adanya endapan karbon yang menyumbat sebagian lubang nozzle, menurunnya elastisitas pegas injektor sehingga tekanan pembukaan berada di bawah standar, serta jarum pengabut yang kotor dan macet. Hasil pengujian menunjukkan tekanan injektor sekitar 28 MPa (290 kg/cm²), sedangkan nilai yang digunakan sebagai standar pada penelitian adalah 34 MPa (350 kg/cm²). Kondisi tersebut menyebabkan pola penyemprotan tidak merata, pembakaran tidak sempurna, temperatur gas buang meningkat menjadi 550–600 °C, asap hitam menjadi lebih pekat, pembakaran tidak stabil, dan putaran mesin turun hingga sekitar 1200 rpm saat beban penarikan tongkang tinggi. Penanganan dilakukan dengan membersihkan nozzle dan jarum pengabut, mengganti pegas yang melemah, mengganti filter bahan bakar secara berkala, membersihkan tangki bahan bakar, serta melakukan pengujian ulang tekanan injektor hingga mencapai 34 MPa.

Kata Kunci: *Injektor, Pengabutan, Mesin Induk, Mesin Diesel, Tugboat.*

PENDAHULUAN

Kapal tugboat memerlukan sistem propulsi yang andal karena digunakan untuk membantu manuver dan menarik tongkang dalam kondisi operasi yang membutuhkan daya dorong. Mesin induk diesel menjadi sumber tenaga utama yang mengubah energi pembakaran bahan bakar menjadi energi mekanik. Dalam proses tersebut, injektor memiliki peranan penting karena bahan bakar harus disemprotkan dalam bentuk kabut yang sesuai agar bercampur dengan udara di ruang bakar. Pada praktik laut di TB Nisrina Riski Samudera VII ditemukan gangguan pengabutan injektor mesin induk No. 1. Gejalanya berupa penurunan daya dorong, temperatur gas buang 550–600 °C, asap hitam pekat, dan getaran mesin yang tidak normal saat kapal menarik tongkang. Kondisi tersebut terjadi pada 12 Desember 2024 di Pelabuhan Trisakti, Banjarmasin. Pemeriksaan lanjutan menemukan sumbatan karbon pada nozzle dan tekanan injektor sekitar 28 MPa, lebih rendah daripada 34 MPa yang tercantum sebagai nilai standar pada manual mesin.

Penelitian terdahulu yang dirujuk dalam tugas akhir menunjukkan bahwa gangguan pengabutan berkaitan dengan penyumbatan lubang nozzle, kualitas bahan bakar, dan kurang optimalnya pemeliharaan sistem bahan bakar. Wiranto (2022) melaporkan bahwa penyumbatan nozzle dan bahan bakar yang menetes dapat menyebabkan pembakaran tidak sempurna. Ilham (2019) juga menunjukkan hubungan antara kualitas bahan bakar, proses filtrasi dan purifikasi, dengan gangguan injektor pada auxiliary engine. Landasan teori dalam tugas akhir menjelaskan bahwa injektor harus mampu menyalurkan bahan bakar pada waktu dan jumlah yang sesuai serta membentuk kabut yang mendukung pembakaran. Dengan demikian, kondisi nozzle, jarum pengabut, pegas, dan kebersihan bahan bakar menjadi bagian penting yang perlu diperhatikan dalam menjaga kualitas pengabutan.

Temuan lapangan pada TB Nisrina Riski Samudera VII menunjukkan bahwa masalah tidak hanya berupa penyumbatan nozzle, tetapi juga penurunan tekanan pembukaan injektor dan kemacetan jarum pengabut. Ketiga kondisi tersebut saling berkaitan: kotoran dan karbon mengganggu gerak jarum serta aliran bahan bakar, sedangkan pegas yang melemah membuat tekanan kerja turun sehingga pola semprotan tidak terbentuk secara optimal. Keadaan tersebut selanjutnya mempengaruhi kualitas pembakaran dan tercermin pada kenaikan temperatur gas buang, asap hitam, ketidakstabilan putaran, serta berkurangnya daya dorong. Perbedaan penelitian ini adalah pemusatan analisis pada kasus aktual injektor mesin induk No. 1 di TB Nisrina Riski Samudera VII, termasuk perbandingan tekanan injektor sebelum dan sesudah tindakan perawatan.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk: (1) menganalisis faktor penyebab tidak sempurnanya pengabutan injektor pada mesin induk No. 1 di TB Nisrina Riski Samudera VII; (2) menganalisis dampak gangguan pengabutan terhadap kinerja mesin induk; dan (3) menjelaskan upaya perawatan dan perbaikan yang dilakukan untuk mengembalikan kondisi pengabutan injektor. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi masukan praktis bagi kegiatan pemeriksaan dan perawatan sistem bahan bakar mesin induk, terutama pada kondisi operasi tugboat dengan beban kerja tinggi.

METODE

Penelitian menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif. Penelitian dilaksanakan selama praktik laut (PRALA) selama satu tahun, mulai 30 Mei 2024 sampai 16 Juni 2025, di TB Nisrina Riski Samudera VII. Objek penelitian difokuskan pada sistem injeksi bahan bakar, khususnya injektor mesin induk No.1. Kapal yang menjadi lokasi penelitian merupakan tugboat milik PT NISIRINA RIZKI SAMUDERA dengan tanda panggilan YDC 6002, IMO 9926893, GT 194, LOA 25,20 m, breadth 7,55 m, depth 3,70 m, dan menggunakan mesin Yanmar 829 HP × 2.

Data primer diperoleh melalui observasi kondisi mesin dan injektor serta wawancara dengan crew kamar mesin. Data sekunder diperoleh dari dokumen kapal, buku referensi, manual mesin, catatan operasi, dan dokumentasi perawatan. Teknik pengumpulan data terdiri atas wawancara, observasi, dan dokumentasi. Analisis data dilakukan secara bertahap melalui reduksi data, penyajian data, serta penarikan dan verifikasi kesimpulan. Data hasil pemeriksaan komponen, tekanan injektor, temperatur gas buang, kondisi filter, dan gejala operasi dibandingkan dengan kondisi normal yang tercatat pada dokumen dan hasil pengamatan di kapal. proses analisis diarahkan pada hubungan antara kondisi komponen injektor dan gejala operasi mesin. Pemeriksaan dimulai dari identifikasi gejala, pembongkaran dan pemeriksaan visual injektor, pengujian tekanan menggunakan injector tester, pemeriksaan nozzle dan jarum pengabut, serta penelusuran kondisi filter dan tangki bahan bakar. Setelah tindakan perawatan dilakukan, injektor diuji kembali untuk melihat perubahan pola penyemprotan dan tekanan kerja. Pendekatan tersebut digunakan untuk memastikan bahwa kesimpulan penelitian didukung oleh observasi, wawancara, dokumentasi, dan hasil pengujian lapangan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Objek Penelitian

TB Nisrina Riski Samudera VII digunakan untuk menarik tongkang dan beroperasi di beberapa wilayah perairan, antara lain Kalimantan, Batam, Papua, dan Jawa. Pada saat kejadian, kapal sedang menarik tongkang dengan beban kerja tinggi. Pemeriksaan di kamar mesin dilakukan setelah masinis melaporkan penurunan daya dorong dan temperatur gas buang yang tinggi. Kondisi aktual tersebut menjadi dasar dilakukannya pemeriksaan pada sistem injeksi bahan bakar, terutama injektor mesin induk No1.

Tabel 1. Data umum objek penelitian

Parameter	Data
Nama kapal	TB Nisrina Riski Samudera VII
IMO / Call sign	9926893 / YDC 6002
GT / LOA / Breadth	194 / 25,20 m / 7,55 m



Gambar 1. TB Nisrina Riski Samudera VII
Sumber: Dokumentasi/ship particular kapal

Temuan Kondisi Injektor

Pemeriksaan menunjukkan bahwa masalah pengabutan terutama terlihat pada injektor No. 1 dan No. 2, sedangkan injektor lainnya berada pada kondisi yang dinilai normal. Pada injektor

yang bermasalah ditemukan nozzle dengan kondisi tidak normal dan tekanan pengabutan lebih rendah daripada nilai standar. Hasil pengujian menunjukkan tekanan sekitar 28 MPa (290 kg/cm²), sedangkan nilai standar yang digunakan pada penelitian berdasarkan manual mesin Yanmar 6AYM-WET adalah 34 MPa (350 kg/cm²). Selisih tekanan tersebut menunjukkan penurunan tekanan sebesar 6 MPa atau sekitar 17,6% dari nilai standar.

Tabel 2. Ringkasan kondisi injektor dan parameter operasi

No.	Parameter	Kondisi ditemukan	Kondisi normal
1	Penyemprotan	Tidak sempurna	Sempurna
2	Kondisi nozzle	Tidak normal pada injektor No. 1–2	Normal pada injektor lainnya
3	Tekanan pengabutan	28 MPa (290 kg/cm ²)	34 MPa (350 kg/cm ²)
4	Temperatur gas buang	550–600 °C	430–460 °C

Sumber: Hasil observasi dan dokumentasi penelitian



Gambar 2. Pengujian tekanan injektor menggunakan injector tester
 Sumber: Dokumentasi penelitian di TB Nisrina Riski Samudera VII

Temperatur gas buang pada kondisi normal yang dicatat dalam penelitian berada pada kisaran 430–460 °C, sedangkan saat gangguan terjadi temperatur meningkat menjadi 550–600 °C. Kenaikan tersebut menunjukkan adanya perubahan kualitas pembakaran. Pengabutan yang tidak sempurna membuat pencampuran bahan bakar dan udara tidak berlangsung secara merata sehingga pembakaran menjadi kurang optimal dan temperatur gas buang meningkat. Parameter ini menjadi indikator penting yang dapat digunakan crew untuk mendeteksi lebih awal adanya gangguan pada injektor. Berikut adalah foto thermometer gas buang mengalami kenaikan. Supriatmana et al. (2026) – *International Journal of Science and Environment*. Hasil penelitian menunjukkan adanya hubungan signifikan antara kinerja injektor dan temperatur gas buang

Tabel 3. Perbandingan temperatur gas buang

Kondisi	Temperatur gas buang	Interpretasi
Normal	430–460 °C	Kondisi operasi normal
Gangguan pengabutan	550–600 °C	Temperatur meningkat/tidak normal

Sumber : TB Nisrina riski samudera VII



Gambar 3. Indikasi temperatur gas buang pada kondisi tidak normal
Sumber: Dokumentasi penelitian di TB Nisrina Riski Samudra VII

Berdasarkan hasil penelitian mengenai analisis penyebab tidak sempurnanya pengabutan injektor pada mesin induk di TB Nisrina Riski Samudra VII, diketahui bahwa gangguan tersebut disebabkan oleh penyumbatan karbon pada lubang nozzle, pegas penekan jarum injektor yang tidak bekerja optimal, serta jarum pengabut yang diam dan tidak dapat bergerak normal. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa masalah pengabutan tidak dapat dipandang sebagai satu kerusakan tunggal. Data lapangan menunjukkan adanya tiga gangguan utama pada injektor, yaitu kerak karbon pada lubang nozzle, pegas injektor yang tidak bekerja optimal, dan jarum pengabut yang tidak bergerak normal. Ketiganya berhubungan langsung dengan proses pembentukan semprotan bahan bakar. Selain itu, filter yang kotor dan endapan pada tangki bahan bakar menjadi faktor pendukung yang memungkinkan kontaminan masuk kembali ke sistem injeksi.

Kondisi Nozzle dan Penyumbatan Karbon

Pada saat pembongkaran injektor ditemukan kerak karbon pada ujung nozzle yang menutupi sebagian lubang penyemprotan. Penutupan lubang tersebut mempersempit saluran bahan bakar sehingga aliran tidak keluar secara normal. Secara operasional, kondisi ini menghasilkan pola penyemprotan yang tidak merata dan sebagian bahan bakar keluar dalam bentuk tetesan. Kondisi lapangan tersebut sesuai dengan hasil wawancara crew yang menyebutkan bahwa penyumbatan lubang nozzle merupakan salah satu penyebab utama pengabutan tidak sempurna. Temuan ini juga sejalan dengan penelitian Wiranto (2022) yang mengaitkan penyumbatan nozzle dengan pembakaran yang tidak sempurna.



Gambar 4. Kondisi nozzle dan jarum pengabut yang kotor
Sumber: Dokumentasi penelitian di TB Nisrina Riski Samudera VI

Penurunan Tekanan Injeksi dan Kondisi Pegas

Hasil injector tester menunjukkan tekanan pembukaan injektor berada pada 28 MPa (290 kg/cm²), sedangkan nilai pada manual mesin adalah 34 MPa (350 kg/cm²). Selisih tekanan tersebut menunjukkan bahwa injektor tidak mencapai tekanan kerja yang dipersyaratkan. Pemeriksaan selanjutnya menemukan pegas injektor mengalami penurunan elastisitas akibat pemakaian dalam jangka waktu lama. Pegas yang melemah tidak mampu mempertahankan gaya penekan yang sesuai terhadap nozzle needle sehingga karakteristik pembukaan dan penutupan injektor berubah. Penurunan tekanan tidak hanya berarti angka tekanan menjadi lebih rendah, tetapi juga memengaruhi kualitas atomisasi. Tekanan yang kurang akan mengurangi kemampuan bahan bakar untuk membentuk semprotan halus dan penetrasi yang sesuai di dalam ruang bakar. Karena itu, tekanan injektor merupakan parameter penting yang perlu diverifikasi dengan alat uji, bukan hanya dinilai berdasarkan suara atau kondisi visual mesin. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa setelah pegas diganti dan injektor dibersihkan, pengujian ulang menunjukkan pola penyemprotan lebih merata dan tekanan kembali 34 MPa. An et al. (2017) → untuk hubungan *opening pressure* dengan *atomisasi*

Gangguan Jarum Pengabut

Jarum pengabut berfungsi membuka dan menutup jalur penyemprotan secara presisi. Dalam penelitian ditemukan jarum pengabut tidak bergerak normal. Kondisi ini mengganggu kontinuitas pembukaan nozzle dan menyebabkan bahan bakar tidak keluar dalam karakter semprotan yang diharapkan. Wawancara dengan personel kamar mesin juga menunjukkan bahwa pegas yang aus dapat menyebabkan jarum tidak menutup sempurna, sehingga proses pengabutan menjadi tidak baik. Jika jarum tidak bergerak bebas atau tidak kembali menutup secara tepat, maka proses injeksi kehilangan ketepatan mekanisnya. Gangguan ini dapat memperburuk efek penyumbatan nozzle dan tekanan yang rendah karena ketiga faktor bekerja pada rangkaian yang sama. Oleh sebab itu, pemeriksaan injektor sebaiknya tidak berhenti pada pemeriksaan tekanan, tetapi mencakup kebersihan nozzle, kondisi jarum, pegas,udukan, dan pola penyemprotan. (Kowalski-marine diesel engine) membahas hubungan kerusakan/gangguan sistem injeksi dengan karakteristik pembakaran dan parameter gas buang pada mesin diesel kapal.

Dampak terhadap Temperatur Gas Buang, Asap, Getaran, dan Performa

Dampak paling nyata adalah kenaikan temperatur gas buang dari kondisi normal 430–460 °C menjadi 550–600 °C. Data penelitian mengaitkan kenaikan temperatur tersebut dengan pengabutan yang tidak sempurna. Ketika bahan bakar tidak teratomisasi dan bercampur dengan udara secara optimal, proses pembakaran menjadi tidak sempurna dan karakter pelepasan panas berubah. Kondisi tersebut tercermin pada kenaikan temperatur gas buang dan munculnya asap hitam pekat. Asap hitam menunjukkan bahwa proses pembakaran tidak mampu mengoksidasi seluruh bahan bakar secara optimal. Dalam konteks penelitian ini, gejala tersebut muncul bersamaan dengan kenaikan temperatur gas buang, sehingga keduanya menjadi indikator lapangan yang penting untuk mengarahkan pemeriksaan ke sistem injeksi. Getaran mesin yang meningkat dan suara pembakaran yang tidak stabil juga menunjukkan bahwa kontribusi pembakaran antar-siklus atau antar-silinder tidak seragam. dari sisi performa, putaran mesin dilaporkan turun hingga sekitar 1200 rpm saat kapal menarik tongkang dengan beban kerja tinggi. Mesin terasa berat ketika putaran dinaikkan dan daya dorong berkurang. Temuan tersebut menunjukkan bahwa gangguan pengabutan tidak hanya menghasilkan gejala pada gas buang, tetapi juga berdampak langsung terhadap kemampuan mesin menghasilkan daya mekanis. Kowalski (2016) — Polish Maritime Research Penelitian ini memang menguji kerusakan injector pada mesin diesel kapal, termasuk perubahan tekanan pembukaan injector, kalibrasi lubang injector, dan penyumbatan lubang nozzle.

Peran Filter dan Kebersihan Tangki Bahan Bakar

Kondisi filter bahan bakar yang kotor ditemukan sebagai faktor pendukung. Kotoran yang terbawa bahan bakar dapat menempel pada nozzle dan jarum, sehingga mempercepat penyumbatan dan mengganggu proses pengabutan. Pada kapal, pergantian filter dilakukan sekitar setiap 500 jam kerja mesin atau lebih cepat apabila filter terlihat kotor, putaran mesin naik turun, atau aliran bahan bakar mulai terganggu. kebersihan tangki juga berpengaruh karena ditemukan endapan lumpur, air, dan kotoran pada dasar tangki. Endapan tersebut berpotensi terbawa menuju filter dan injektor, sehingga walaupun injektor sudah dibersihkan, sumber kontaminasinya tetap ada apabila tangki tidak ditangani. Dengan demikian, perawatan injektor harus ditempatkan sebagai bagian dari pemeliharaan sistem bahan bakar secara menyeluruh, bukan tindakan terpisah. (*Fuel System Contamination Affecting Injection Equipment of Diesel Engines*) Studi tersebut membahas kasus pada mesin diesel kapal dan menemukan bahwa sedimentasi tangki dapat menyumbat filter.

Efektivitas Tindakan Perbaikan

Tindakan korektif dilakukan secara berurutan dengan membersihkan nozzle dan jarum menggunakan cairan pembersih, mengganti pegas yang elastisitasnya menurun, mengganti filter secara berkala, membersihkan tangki bahan bakar, dan melakukan pengujian ulang menggunakan injector tester. Setelah pembersihan dan penggantian pegas, pola penyemprotan menjadi lebih merata dan tekanan injektor kembali mencapai 34 MPa (350 kg/cm²). Hasil ini memberikan bukti lapangan pentingnya bahwa tindakan perbaikan berhasil mengembalikan parameter injeksi ke nilai yang dipersyaratkan dalam penelitian. dari sudut pandang pemeliharaan, hasil tersebut menunjukkan pendekatan preventif. Pembersihan nozzle menangani deposit yang sudah terbentuk, penggantian pegas memulihkan kemampuan mekanis pembukaan/penutupan, sedangkan penggantian filter dan pembersihan tangki mengurangi peluang kontaminasi berulang. Kombinasi tindakan tersebut lebih tepat dibandingkan hanya mengganti satu komponen karena sumber gangguan berada pada rangkaian sistem bahan bakar. Kesimpulan tugas akhir juga menegaskan perlunya pemeriksaan injektor, penggantian komponen aus, pengujian tekanan sesuai standar, dan pemeliharaan sistem bahan bakar

berdasarkan jadwal. Kowalski (*malfunction injector pada marine diesel engine*) Penelitian pada mesin diesel kapal menunjukkan bahwa gangguan injector dapat memengaruhi proses pembakaran dan parameter operasi mesin. Ini dapat memperkuat alasan bahwa setelah dilakukan perbaikan injector, parameter injeksi perlu diperiksa kembali untuk memastikan kondisi kerja kembali normal.

SIMPULAN

Tidak sempurnanya pengabutan injektor mesin induk No. 1 pada TB Nisrina Riski Samudera VII terutama disebabkan oleh penyumbatan karbon pada lubang nozzle, penurunan kemampuan pegas injektor, dan gangguan gerak jarum pengabut. Faktor pendukungnya adalah kondisi filter bahan bakar yang kotor serta adanya endapan pada tangki bahan bakar. Kondisi injektor yang bermasalah ditunjukkan oleh tekanan pengabutan 28 MPa, lebih rendah daripada nilai 34 MPa pada manual mesin.

Gangguan tersebut berdampak pada kualitas pembakaran dan kinerja mesin, yang ditunjukkan oleh temperatur gas buang 550–600 °C, asap hitam pekat, getaran mesin tidak normal, penurunan putaran dan daya dorong. Perbaikan berupa pembersihan nozzle dan jarum, penggantian pegas, penggantian filter, pembersihan tangki, serta pengujian injector tester berhasil mengembalikan pola penyemprotan dan tekanan injektor menjadi 34 MPa.

Berdasarkan hasil tersebut, perawatan injektor perlu dilaksanakan secara berkala dan terintegrasi dengan Planned Maintenance System (PMS). Pemeriksaan tekanan dan pola penyemprotan perlu dilakukan sebagai verifikasi kondisi aktual, sementara kebersihan filter dan tangki perlu dijaga untuk mencegah kontaminasi berulang. Saran ini sejalan dengan rekomendasi tugas akhir untuk melakukan pemeriksaan injektor, penggantian filter sesuai jam kerja/PMS, dan pembersihan tangki secara berkala.

DAFTAR PUSTAKA

- Fuel System Contamination Affecting Injection Equipment of Diesel Engines*) Studi tersebut membahas kasus pada mesin diesel kapal dan menemukan bahwa sedimentasi tangki dapat menyumbat filter
- Ilham, B. (2019). Analisis tidak sempurnanya pengabutan injektor pada auxiliary engine di MV Shanthi Indah. *Jurnal Teknik Perkapalan*
- Kowalski-(*marine diesel engine*) membahas hubungan kerusakan/gangguan sistem injeksi dengan karakteristik pembakaran dan parameter gas buang pada mesin diesel kapal.
- Kowalski (2016) - *Polish Maritime Research* Penelitian ini memang menguji kerusakan injector pada mesin diesel kapal, termasuk perubahan tekanan pembukaan injector, kalibrasi lubang injector, dan penyumbatan lubang nozzle.
- Kowalski (*malfunction injector pada marine diesel engine*) Penelitian pada mesin diesel kapal menunjukkan bahwa gangguan injector dapat memengaruhi proses pembakaran dan parameter operasi mesin. Ini dapat memperkuat alasan bahwa setelah dilakukan perbaikan injector, parameter injeksi perlu diperiksa kembali untuk memastikan kondisi kerja kembali normal.
- Supriatmana et al. (2026) – *International Journal of Science and Environment*. Hasil penelitian menunjukkan adanya hubungan signifikan antara kinerja injector dan temperatur gas buang
- Wiranto, A. (2022). Analisis kurang optimalnya pengabutan injektor pada mesin induk di atas kapal SPOB Buana Energy. *Jurnal Teknologi Perkapalan*
- Wiranto (2022) yang mengaitkan penyumbatan nozzle dengan pembakaran yang tidak sempurna.