



Menurunkan Breakdown Unschedule Engine Low Power Fuel System Unit Big Loader

Djoko Prasodjo*, Vega Eka Wardana, Guntur Haryokusumo, Muhammad Noval

Muzaqi, Hari Sakti Aji, Ferry Fuji, Calvin Elsetia Asthabrata

PT Putra Perkasa Abadi, Indonesia

Email: djoko.pradsojo@ppa.co.id

Abstrak

Penggunaan bahan bakar B35 sebagai bagian dari kebijakan energi terbarukan di Indonesia memberikan tantangan baru terhadap keandalan sistem bahan bakar mesin diesel pada alat berat, khususnya big loader di sektor pertambangan. Pada triwulan akhir tahun 2023, operasional big loader di PT Putra Perkasa Abadi Site Bukit Asam mengalami peningkatan signifikan breakdown tidak terjadwal akibat engine low power, dengan total 126 kejadian dan durasi downtime mencapai 264,7 jam. Kondisi ini berdampak langsung terhadap penurunan produktivitas, rendahnya nilai Mean Time Between Failure (MTBF), serta meningkatnya biaya operasional. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi akar penyebab permasalahan engine low power pada sistem bahan bakar B35 dan mengevaluasi efektivitas solusi teknis yang diterapkan untuk menurunkan frekuensi breakdown. Metode penelitian menggunakan pendekatan studi kasus deskriptif-analitis dengan analisis data historis, pengukuran fuel cleanliness berdasarkan standar ISO 4406, analisis sebab-akibat, serta implementasi perbaikan berbasis Quality Control Circle (QCC). Solusi yang diterapkan meliputi penambahan filtrasi bahan bakar, flushing sistem bahan bakar secara berkala, pengurusan tangki fuel truck, penggunaan fuel additive, serta rebuild injector dengan vendor terpilih. Hasil penelitian menunjukkan penurunan frekuensi breakdown sebesar 71,4%, penurunan biaya injector per jam hingga 93%, serta potensi penghematan pendapatan mencapai Rp6,3 miliar per tahun. Temuan ini menegaskan bahwa pengelolaan sistem bahan bakar yang terintegrasi dan berbasis data merupakan kunci dalam meningkatkan keandalan alat berat yang menggunakan bahan bakar biodiesel.

Kata kunci: Daya Rendah; B35; Bahan Bakar; Injektor; Loader; Biodiesel

Abstract

The use of B35 fuel as part of Indonesia's renewable energy policy poses a new challenge to the reliability of diesel engine fuel systems on heavy equipment, especially big loaders in the mining sector. In the last quarter of 2023, the operation of the big loader at PT Putra Perkasa Abadi Site Bukit Asam experienced a significant increase in unscheduled breakdowns due to low power engines, with a total of 126 incidents and a duration of downtime of 264.7 hours. This condition has a direct impact on the decrease in productivity, the low Mean Time Between Failure (MTBF), and the increase in operational costs. This study aims to identify the root cause of the low power engine problem in the B35 fuel system and evaluate the effectiveness of technical solutions applied to reduce the frequency of breakdowns. The research method uses a descriptive-analytical case study approach with historical data analysis, fuel cleanliness measurement based on ISO 4406 standards, cause-and-effect analysis, and the implementation of Quality Control Circle (QCC)-based improvements. The solutions implemented include adding fuel filtration, flushing the fuel system periodically, draining the fuel truck tank, using fuel additives, and rebuilding injectors with selected vendors. The results showed a decrease in the frequency of breakdowns by 71.4%, a reduction in injector costs per hour by up to 93%, and the potential for revenue savings of up to Rp6.3 billion per year. These findings confirm that integrated and data-driven fuel system management is key in improving the reliability of heavy equipment using biodiesel fuel.

Keywords: Low Power; B35; Fuel; Injector; Loader; Biodiesel

PENDAHULUAN

Peningkatan keandalan dan efisiensi operasional alat berat merupakan faktor krusial dalam mendukung keberlanjutan kegiatan pertambangan, terutama di tengah tuntutan produktivitas tinggi dan pengendalian biaya yang ketat (Chountalas & Founti, 2023; Gautam & Ansari, 2019). Salah satu tantangan utama yang dihadapi industri pertambangan saat ini adalah adaptasi terhadap penggunaan bahan bakar alternatif berbasis biodiesel, seiring dengan kebijakan nasional transisi energi dan pengurangan emisi karbon. Implementasi bahan bakar

B35, yang merupakan campuran 65% solar B0 dan 35% biodiesel B100, telah diterapkan secara luas di berbagai sektor, termasuk operasional alat berat pertambangan (Alfiansyah & Nugraha, 2022; Alawi, 2023).

Meskipun B35 memiliki keunggulan dari sisi keberlanjutan energi, sejumlah penelitian menunjukkan bahwa karakteristik fisik dan kimia biodiesel berpotensi menimbulkan permasalahan teknis pada sistem bahan bakar mesin diesel (Wirawan et al., 2024; Singh et al., 2020). Kandungan ester yang lebih tinggi pada biodiesel dapat mempercepat pembentukan sludge, meningkatkan kecenderungan penyumbatan filter, serta memicu kegagalan injector, yang pada akhirnya menyebabkan penurunan performa mesin dan munculnya gejala engine low power (Paryanto et al., 2018; Wadkar et al., 2024). Selain itu, mutu bahan bakar yang tidak memenuhi standar kebersihan partikel juga dapat mempercepat degradasi komponen sistem bahan bakar (Palinggi et al., 2024; Rahman et al., 2023; Souza et al., 2022).

Permasalahan tersebut juga terjadi pada operasional big loader di PT Putra Perkasa Abadi Site Bukit Asam. Data triwulan akhir tahun 2023 menunjukkan tingginya angka breakdown tidak terjadwal akibat engine low power, dengan frekuensi mencapai 126 kejadian dan total downtime sebesar 264,7 jam. Kondisi ini berdampak signifikan terhadap penurunan produktivitas alat, rendahnya nilai MTBF, serta meningkatnya biaya perawatan dan kehilangan potensi pendapatan. Analisis awal menunjukkan bahwa permasalahan ini berkaitan erat dengan kualitas bahan bakar B35, ketidaksesuaian sistem filtrasi, serta kegagalan injector akibat fuel cleanliness yang tidak memenuhi standar ISO 4406 (Gadhavi et al., 2021; Gillard et al., 2019; Kumar et al., 2015)

Berbagai penelitian sebelumnya telah membahas pengaruh biodiesel terhadap performa mesin diesel, namun sebagian besar masih berfokus pada aspek eksperimental di laboratorium atau pengujian emisi dan performa mesin secara terpisah. Penelitian yang mengkaji permasalahan engine low power secara komprehensif dalam konteks operasional alat berat pertambangan, dengan pendekatan perbaikan sistem bahan bakar berbasis data lapangan dan evaluasi finansial, masih relatif terbatas.

Oleh karena itu, penelitian ini menjadi penting untuk mengisi kesenjangan tersebut dengan menganalisis secara mendalam akar penyebab breakdown engine low power pada big loader berbahan bakar B35 serta mengevaluasi efektivitas solusi teknis yang diterapkan. Penelitian ini tidak hanya berfokus pada aspek teknis sistem bahan bakar, tetapi juga mengaitkannya dengan dampak terhadap keandalan alat, produktivitas, dan efisiensi biaya operasional. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi referensi praktis bagi industri pertambangan dalam mengelola risiko penggunaan biodiesel pada alat berat serta mendukung implementasi energi terbarukan secara berkelanjutan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini mengadopsi pendekatan studi kasus dengan fokus pada upaya peningkatan kinerja alat berat jenis *big loader* di PT Putra Perkasa Abadi Site Bukit Asam, khususnya terkait masalah *engine low power* yang disebabkan oleh sistem bahan bakar B35. Metode penelitian yang digunakan bersifat deskriptif-analitis dengan langkah-langkah sebagai berikut:

Tahap awal melibatkan identifikasi masalah utama berdasarkan data historis performa alat berat. Data triwulan akhir tahun 2023, yang mencakup *achievement* produksi, produktivitas *loader*, serta indikator kinerja utama (KPI) seperti *Physical Availability* (PA), *Mean Time*

Between Failure (MTBF), *Mean Time To Repair* (MTTR), dan *Breakdown Schedule Percentage* (BS%), dianalisis untuk mengidentifikasi tren penurunan dan area kritis. Analisis Pareto digunakan untuk memprioritaskan masalah *breakdown* tak terjadwal tertinggi, yang menunjukkan sistem bahan bakar sebagai penyumbang terbesar.

HASIL DAN PEMBAHASAN

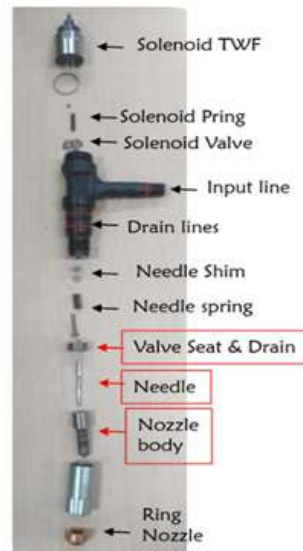
Tinjauan Objek Masalah: Dilakukan observasi terhadap kondisi *fuel filter* dan pengukuran kebersihan bahan bakar berdasarkan standar ISO 4406. ISO 4406 merupakan standar internasional yang digunakan untuk mengklasifikasikan tingkat kebersihan Fluida Fuel yang memiliki kode numerik untuk menunjukan jumlah partikel padat per milimeter dengan ukuran tertentu. Kode numerik 18/16/13, angka pertama (18) menunjukkan jumlah partikel > 4 micron, angka kedua (16) menunjukkan jumlah partikel > 6 micron, angka ketiga (13) menunjukkan jumlah partikel > 14 micron. Angka Studi menunjukkan bahwa *fuel cleanliness* tidak sesuai standar (standard 18/16/13), mengindikasikan ancaman serius terhadap sistem bahan bakar.

Analisis Sebab Akibat *Relationship Diagram*: Identifikasi faktor-faktor yang berkontribusi terhadap masalah, meliputi Man, Machine, Methode, Material, dan Environment. Ditemukan bahwa *fuel filter* buntu sebelum *lifetime* mencapai 250 jam dan *injector malfunction* merupakan masalah utama pada aspek Machine, sementara *Fuel Cleanliness* yang tidak sesuai standar menjadi masalah pada aspek Material.



Gambar 1. Filter buntu akibat Gel

- 1) **Analisis Dampak B35:** Evaluasi dampak penggunaan bahan bakar B35 terhadap degradasi *fuel filter*, pembentukan *sludge*, dan masalah *injector needle stuck* akibat kualitas solar yang tidak memenuhi standar ISO 4406, serta efek domino kegagalan *injector* terhadap daya mesin.



Gambar 2. Inner Part Injector

Untuk bagian yang ada di kotak merah merupakan bagian yang terdampak penggunaan fuel B35. Valve Seat dan Drain berfungsi untuk memasukan fuel yang akan di injeksi dan mengembalikan sisa fuel yang tidak ter-injeksi kembali ke tanki, untuk needle atau jarum berfungsi untuk menentukan seberapa banyak bahan bakar yang akan disemprotkan. *Nozzle body* untuk menyemprotkan bahan bakar ke ruang bakar melalui lubang kecil dengan tekanan yang tinggi memaksa bahan bakar keluar sehingga menimbulkan atomisasi (kabut halus) dan secara langsung lubang kecil mempengaruhi efisiensi pembakaran dan emisi gas buang (Tat, 2011; Ali et al., 2016; Ribeiro et al., 2022).

A. Penentuan dan Implementasi Solusi:

Berdasarkan akar masalah yang teridentifikasi, beberapa alternatif solusi ditetapkan dan dievaluasi. Solusi yang dipilih dan diimplementasikan meliputi: Penambahan filtrasi tambahan. Dengan metode *trial & error* pada penentuan jenis filtrasi, didapatkan beberapa jenis filter.



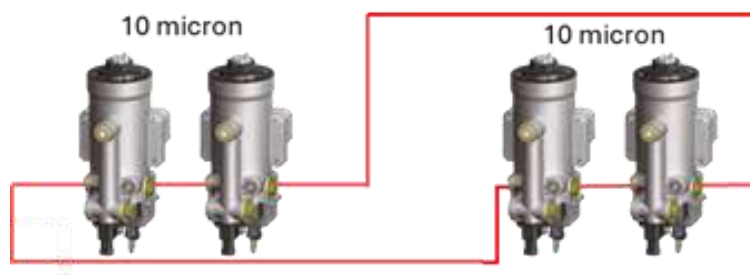
Gambar 3. Filter After Market 1A Seri Line

Percobaan pertama menggunakan Filter After Market 1A ukuran 30 micron & 10 micron dengan lifetime hanya di dapat 112 jam.



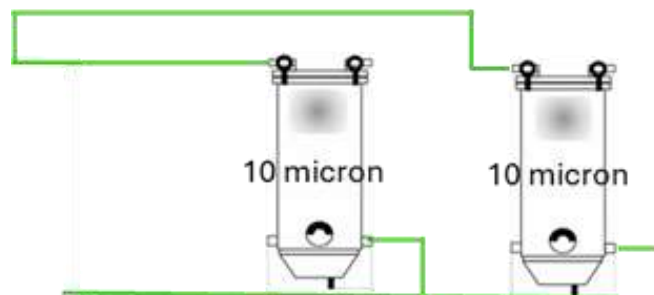
Gambar 4. Filter After Market 1B Seri Inline

Percobaan kedua menggunakan Filter After Market 1B dengan lifetime 150 jam



Gambar 5. Filter After Market 1B Seri Pararel

Percobaan ketiga menggunakan filter After Market 1B dengan metode paralel. Dengan hasil secara konstan lifetime 194 jam.



Gambar 6. Filter After Market 1C Seri Inline

Percobaan keempat menggunakan After Market 1C dengan menempatkan di tiap sisi (kanan & kiri) dengan hasil tercapai lifetime di 321 jam. *Flushing fuel system* setiap interval service 250 jam. Pengurusan tangki *fuel truck* setiap 3 bulan. Penambahan *fuel additive* (EON Fuel 708). *Rebuild injector* dengan vendor terbaik hasil evaluasi. Analisis risiko terhadap setiap solusi terpilih juga dilakukan untuk memastikan keberlanjutan. Penelitian ini menerapkan metode QCC berbasis data lapangan dan *trial-error* terstruktur untuk mengatasi dampak negatif B35. Solusi bersifat berkelanjutan (*sustainable*) melalui integrasi prosedur standar dan *real-time monitoring* (Mwesigye & Yilmaz, 2020; Thakur et al., 2022; Yusuf et al., 2020).

Hasil *Flushing Fuel System* setiap PMS 250 *Fuel cleanliness* meningkat signifikan.

Sebelum dilakukan flushing hasil yang didapat dari observasi pengukuran *Fuel cleanliness* salah satu unit *Big Loader* 22/21/18 dan 22/19/15 dimana hasil ini jauh dari standard ISO 4406 18/16/13.



Gambar 7. Pengukuran *Fuel Cleanliness Loader*

Setelah dilakukan *flushing* secara rata – rata turun menjadi 18/16/11 - 19/18/15 (memenuhi / mendekati standar ISO 4406).

Tabel 1. Pengukuran *Cleanliness Hasil Flushing fuel*

Code Unit	Sampled Date	Output Fuel Tank	After Main Filter	Standard Cleanliness
E1226	12 Jun 2024	23/20/15	18/16/11	18/16/13
E1227	15 Jun 2024	21/19/15	18/16/12	18/16/13
E1228	26 Jun 2024	21/19/13	19/16/12	18/16/13
E1229	25 Jun 2024	24/23/22	18/16/17	18/16/13
E1230	16 Jun 2024	21/20/15	19/18/15	18/16/13

Hasil Pengurasan Tangki *Fuel Truck* Setiap 3 Bulan



Gambar 8. Kondisi *Before* Kuras Tangki

Temuan saat pengurasan tangki menunjukkan akumulasi endapan gel dan kerak.



Gambar 9. Kondisi After Kuras Tangki

Berdasarkan pengukuran menggunakan *Particle Counter* kebersihan *fuel* setelah melewati filtrasi 18.2/16.6/12.7 (mendekati standard ISO 4406), setelah dilakukan pengurasan *flow* lebih cepat.

Hasil Penambahan Zat Aditif (EON Fuel)

EON 704 >> Tidak terjadi perubahan signifikan pada performa mesin, cenderung mengalami trend penurunan trend boost pressure sehingga tidak menunjukkan peningkatan atau kestabilan performa. SOLADDEX >> Tidak ada perubahan, Indikasi low boost pressure tetap terjadi dan performa unit tetap tidak membaik. EON 708 >> Terjadi peningkatan signifikan dalam kestabilan tekanan boost pressure. Hal ini mengindikasikan bahwa additive EON 708 **efektif** dalam meningkatkan cetane number dan membantu proses atomisasi bahan bakar, sehingga pembakaran menjadi lebih sempurna. Selain mencampurkan pada unit secara langsung, EON 708 dituangkan ke *Fuel Truck*. Sehingga Efek positif dari penggunaan additive ini mulai dirasakan secara menyeluruh di berbagai unit setelah dilakukan bulk treatment melalui sistem distribusi fuel (Yuliarita, 2016).

Hasil Penambahan Filtrasi Tambahan (BP Filter WS60-10)

Type Filter	Lifetime (jam)	Weakness
Fuel Pro	112	Cepat Tersumbat
Hydac	137-459	Desain Rentan Rusak
BP Filter WS60	> 250	Aliran Top – Down minim endapan

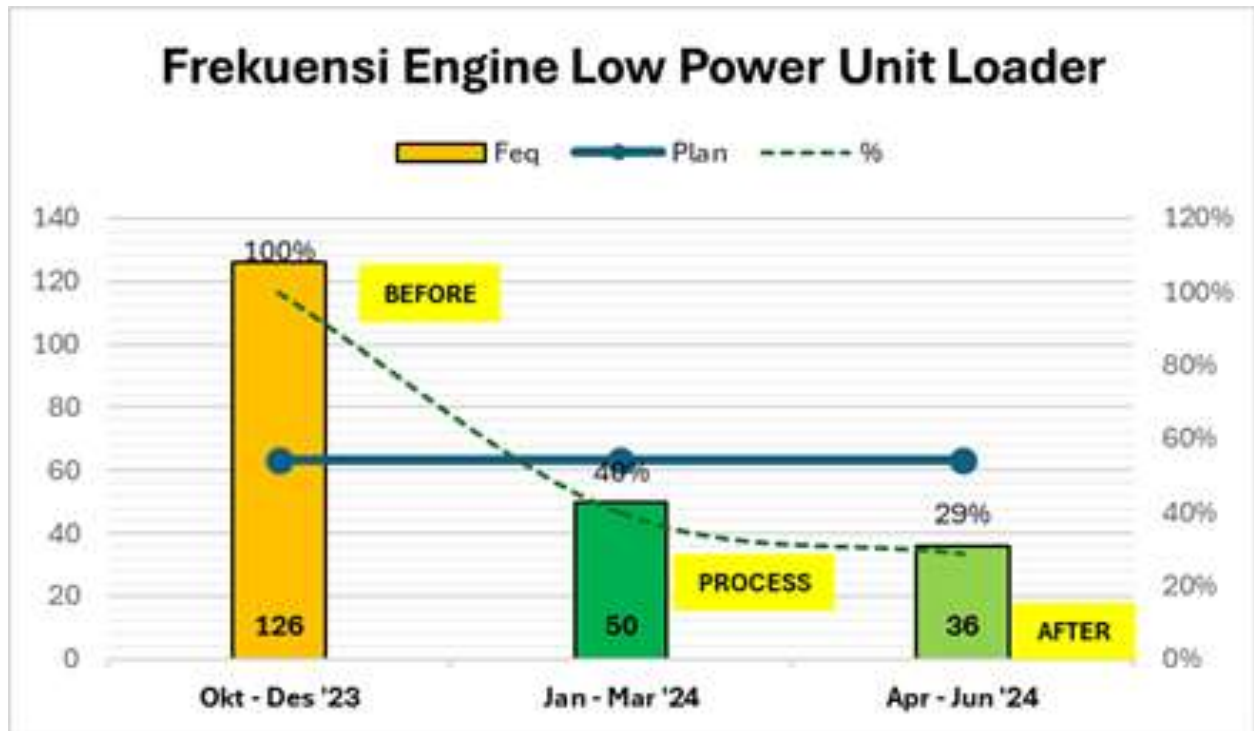
BP Filter WS60-10 terbukti memberikan konsisten pada berbagai model loader, dan dapat direkomendasikan sebagai solusi standard perbaikan sistem bahan bakar untuk lingkungan kerja dengan bahan bakar biodiesel.

Hasil Rebuild Injector

Vendor	Lifetime	Fuel Consumption	Remarks
Jagad	1.783	135	Pembakaran tidak sempurna
Bap	2.510	122	Low Lifetime
Multindo	10.000	121	Optimal

Injector rebuild Multindo bertahan 542% lebih lama dibanding dengan injektor *genuine*. Tekanan boost stabil dan biaya per jam turun 93% (dari Rp 63.205 ke Rp 4.214).

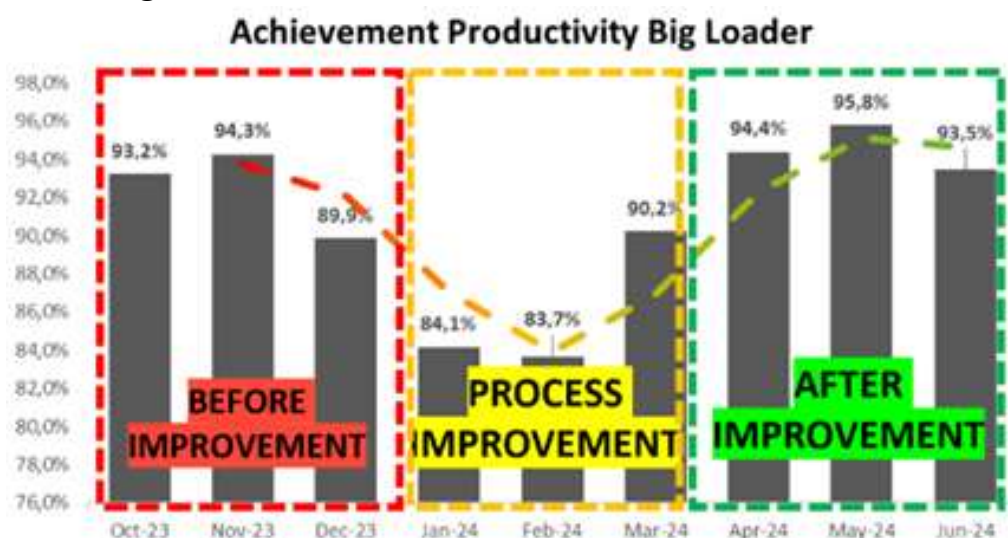
Penurunan Frekuensi Breakdown



Gambar 10. Grafik Evaluasi Improvement

Q4 2023: 126 kali → Q2 2024: 36 kali (reduksi 71%), melampaui target 50%. Sehingga perbaikan ini berpengaruh terhadap pada finansial perusahaan.

Produktivitas Big Loader



Gambar 11. Grafik Evaluasi Productivity Big Loader

Produktivitas alat berat *Big Loader* meningkat menjadi 94,6% pada periode April-Juni 2024. Hal ini menunjukkan peningkatan performa dan ketersediaan alat.

KESIMPULAN

Permasalahan *low power* pada *big loader* yang disebabkan oleh kualitas bahan bakar B35 yang kurang memadai, filter yang tidak kompatibel, dan *injector* yang macet, berhasil diatasi melalui serangkaian tindakan perbaikan. Solusi yang berfokus pada peningkatan kualitas bahan bakar (filtrasi tambahan, *flushing*, kuras tangki, aditif) dan pemeliharaan komponen kritis (*rebuild injector*) terbukti sangat efektif. Standarisasi dan monitoring berkala juga berperan penting dalam menjaga keberlanjutan hasil perbaikan ini.

Dampak positif dari implementasi solusi ini tidak hanya terbatas pada penurunan angka *breakdown* dan peningkatan produktivitas, tetapi juga pada penghematan biaya yang signifikan dan peningkatan moral tim. Keberhasilan proyek ini menekankan pentingnya manajemen bahan bakar yang komprehensif dan pemeliharaan prediktif untuk menjaga performa alat berat, terutama dengan penggunaan bahan bakar alternatif seperti B35. Hasil ini dapat menjadi referensi bagi industri yang menggunakan bahan bakar sejenis dalam operasional alat berat.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfiansyah, Ryan Nugraha (2022). Studi Eksperimen Pengaruh Penambahan Zat Aditif Eco Diesel Pada Bahan Bakar Biodiesel B30 Terhadap Performa dan Emisi Mesin Diesel. Other thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Yuliarita, Emi. Efek Penggunaan Aditif Biodispersan pada Bahan Bakar Biosolar (B-20) Terhadap Komponen Ruang Bakar Mesin Diesel. Vol 50 No 2 (2016)
- Alawi, Ridwan., (2023) Pengaruh Variasi Ukuran Celah Katup dengan Bahan Bakar Biodiesel (B35) Terhadap Emisi Gas Buang pada Mesin Diesel Tipe FE71PS 3908 cc. Vol. 13 No. 3 (2023): Teknobiz
- Wirawan, S. S., Solikhah, M. D., Setiaprja, H., & Sugiyono, A. (2024). Biodiesel implementation in Indonesia: Experiences and future perspectives. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 189, 113911.
- M. E. Tat, 2011. Cetane number effect on the energetic and exergetic efficiency of a diesel engine fuelled with biodiesel. *Fuel Process. Technol.*, vol. 92, no. 7, pp. 1311-1321.
- O. M. Ali, R. Mamat, N. R. Abdullah, and A. Adam, 2016. Analysis of blended fuel properties and engine performance with palm biodiesel e diesel blended fuel. *Renew. Energy*, vol. 86, pp. 59-67.
- Chountalas, T., & Founti, M. (2023). Evaluation of biofuel effect on performance & emissions of a 2-stroke marine diesel engine using on-board measurements. *Energy*, 275, 127447. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2023.127447>
- Gadhavi, M., Srinivasan, S., & Murugan, S. (2021). Impact of biodiesel and diesel blends on the fuel filter: A combined experimental and simulation study. *Energy*, 232, 121063. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.121063>
- Gautam, R., & Ansari, N. A. (2019). Effect of different percentages of biodiesel–diesel blends on injection, spray, combustion, performance, and emission characteristics of a diesel engine. *Fuel*, 152, 652–664. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2015.02.064>
- Gillard, M., Morris, D., & Sekar, R. (2019). Solving premature fuel filter plugging in modern diesel engines. *Filtration + Separation*, 56(2), 28–31.
- Kumar, M. S., Kerihuel, A., Bellettre, J., & Tazerout, M. (2015). The downside of biodiesel fuel: Oxidation and filter clogging issues in cold climates. *Fuel Processing Technology*,

128, 406–411.

- Mwesigye, A., & Yilmaz, I. H. (2020). Optimal thermal and thermodynamic performance of a solar parabolic trough receiver with different nanofluids and at different concentration ratios. *Applied Energy*, 193, 393–413.
- Palinggi, A., Lantang, L., & Bernandus, B. (2024). Use of biodiesel B35 in direct injection diesel engine with load variation. *Proceedings of the International Conference on Applied Science and Technology on Engineering Science 2023 (iCAST-ES 2023)*, 564–570. https://doi.org/10.2991/978-94-6463-364-1_52
- Paryanto, P., Jamasri, J., Rochman, N. T., & Gozan, M. (2018). Biodiesel effects on fuel filter: Assessment of clogging characteristics. *Journal of Physics: Conference Series*, 1095(1), 012017. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1095/1/012017>
- Rahman, M. M., Hassan, M. H., Kalam, M. A., Atabani, A. E., Memon, L. A., & Rahman, S. M. A. (2023). Engine performance and emissions evaluation of surfactant-free B30 biodiesel–diesel/water emulsion as alternative fuel. *Scientific Reports*, 13(1), 10410. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-37662-4>
- Ribeiro, N. M., Pinto, A. C., Quintella, C. M., da Rocha, G. O., Teixeira, L. S., Guarieiro, L. L., Rangel, M. C., Veloso, M. C., Rezende, M. J., Serpa da Cruz, R., de Oliveira, A. M., Torres, E. A., & de Andrade, J. B. (2022). Effects of high cetane diesel on combustion, performance, and emissions of heavy-duty diesel engine. *Energy Conversion and Management*, 251, 114975.
- Singh, D., Sharma, D., Soni, S. L., Sharma, S., Sharma, P. K., & Jhalani, A. (2020). A review on feedstocks, production processes, and yield for different generations of biodiesel. *Fuel*, 262, 116553.
- Souza, L. S., Lora, E. E. S., & Palacio, J. C. E. (2022). Performance of a diesel engine using different biodiesel blends and injection configurations. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 26(11), 839–847. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v26n11p839-847>
- Thakur, A. K., Kaviti, A. K., Mehra, R., Mer, K. K. S., & Singh, N. K. (2022). A review of reliability and fault analysis methods for heavy equipment and their components used in mining. *Energies*, 15(17), 6263. <https://doi.org/10.3390/en15176263>
- Wadkar, D., Patel, V., & Sali, S. (2024). Understanding diesel fuel cleanliness standards: ISO 4406 and its implications for engine reliability. *Journal of Petroleum Technology*, 76(4), 42–48.
- Yusuf, A. A., Inambao, F. L., & Farooq, A. A. (2020). Impact of n-butanol-gasoline-biodiesel blends on combustion reactivity, performance and tailpipe emissions using HCCI engine. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 40, 100810.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License