

ARTIKEL

**PENGARUH PENAMBAHAN ULTRA FINE BUBBLE PADA BAHAN
BAKAR DIESEL TERHADAP EMISI KENDARAAN ANGKUTAN
PERTANIAN**

Oleh :

Sam Herodian

Rafly Raihan Ramadhan

Riva Yudha Abriyant

**FAKULTAS TEKNIK DAN TEKNOLOGI
INSTITUT PERTANIAN BOGOR**

2026

PENGARUH PENAMBAHAN ULTRA FINE BUBBLE PADA BAHAN BAKAR DIESEL TERHADAP EMISI KENDARAAN ANGKUTAN PERTANIAN

EFFECT OF ULTRA FINE BUBBLE ADDITION IN DIESEL FUEL ON EMISSIONS OF AGRICULTURAL TRANSPORT VEHICLES

Rafly Raihan Ramadhan^{1*}, Sam Herodian¹, Riva Yudha Abriyant¹

¹Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB University, Bogor, Indonesia

*Penulis korespondensi: raflyrahan@apps.ipb.ac.id

ABSTRAK

Mesin diesel banyak digunakan pada kendaraan angkutan pertanian karena efisiensi termal dan torsi yang tinggi, tetapi menghasilkan emisi gas buang yang dapat mencemari lingkungan. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh penambahan *Ultra Fine Bubble* (UFB) pada bahan bakar diesel terhadap emisi gas buang kendaraan angkutan pertanian. Bahan bakar yang digunakan adalah Pertamina Dex dan Biosolar B40, masing-masing dengan dua perlakuan, yaitu tanpa UFB (normal) dan dengan UFB yang diproses melalui *bubbling* selama 50 menit menggunakan generator oksigen berdebit 1 liter per menit. Pengujian emisi dilakukan pada mesin diesel Toyota Hilux 2.4L *double cabin* yang ditempatkan pada *chassis dynamometer*, pada dua kondisi putaran mesin, yaitu *idle* (850 rpm) dan *full throttle* (4.500 rpm), dengan sepuluh kali ulangan untuk setiap kombinasi perlakuan. Parameter emisi yang diukur meliputi O₂, CO₂, CO, C_xH_y, NO_x, dan opasitas. Data dianalisis menggunakan uji-t untuk melihat perbedaan rata-rata antarperlakuan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan UFB memberikan pengaruh signifikan terhadap sebagian besar parameter emisi, meskipun tidak seluruhnya konsisten. Kandungan CO dan C_xH_y cenderung menurun pada penggunaan bahan bakar ber-UFB, terutama pada kondisi *idle*. Opasitas asap juga menurun pada kedua jenis bahan bakar, dengan penurunan terbesar pada Pertamina Dex (dari 8,10% menjadi 6,94%). Sebaliknya, kadar CO₂ dan NO_x cenderung meningkat setelah penambahan UFB, yang mengindikasikan pembakaran yang lebih sempurna namun disertai peningkatan suhu ruang bakar. Temuan ini menunjukkan bahwa teknologi UFB berpotensi meningkatkan efisiensi pembakaran dan menurunkan sebagian emisi gas buang berbahaya pada mesin diesel kendaraan pertanian.

Kata kunci: B40, emisi, mesin diesel, pertamina dex, *Ultra Fine Bubble*

ABSTRACT

Diesel engines are widely used in agricultural transport vehicles due to their high thermal efficiency and torque, but they generate exhaust emissions that can pollute the environment. This study aims to determine the effect of adding *Ultra Fine Bubble* (UFB) to diesel fuel on the exhaust emissions of agricultural transport vehicles. The fuels used were Pertamina Dex and Biosolar B40, each tested under two treatments: untreated (normal) and UFB-treated fuel processed through 50 minutes of bubbling using an oxygen generator at a flow rate of 1 liter per minute. Emission testing was conducted on a Toyota Hilux 2.4L double-cabin diesel engine mounted on a chassis dynamometer under two engine-speed conditions, *idle* (850 rpm) and *full throttle* (4,500 rpm), with ten repetitions for each treatment combination. The measured emission parameters included O₂, CO₂, CO, C_xH_y, NO_x, and opacity. Data were analyzed using a t-test to determine average differences between treatments. The results showed that UFB addition significantly affected most emission parameters, although not entirely consistently. CO and C_xH_y levels tended to

decrease with UFB-treated fuel, particularly under idle conditions. Smoke opacity also decreased for both fuel types, with the largest reduction observed in Pertamina Dex (from 8.10% to 6.94%). Conversely, CO₂ and NO_x levels tended to increase following UFB addition, indicating more complete combustion accompanied by higher combustion-chamber temperatures. These findings indicate that UFB technology has the potential to enhance combustion efficiency and reduce several harmful exhaust emissions in diesel engines used in agricultural vehicles.

Keywords: B40, diesel engine, emission, Pertamina Dex, *Ultra Fine Bubble*

I. PENDAHULUAN

Perkembangan sektor transportasi dan mekanisasi pertanian di Indonesia mendorong peningkatan penggunaan mesin diesel sebagai sumber tenaga utama karena memiliki efisiensi termal yang tinggi, mampu menghasilkan tenaga besar, dan konsumsi bahan bakarnya lebih hemat dibandingkan mesin bensin (Kristyadi et al. 2022). Penggunaan mesin diesel dalam kendaraan angkutan pertanian semakin meningkat seiring kebutuhan percepatan distribusi dan peningkatan produktivitas pertanian (Widjaya et al. 2021). Namun, mesin diesel juga menghasilkan emisi gas buang berbahaya seperti karbon monoksida (CO), hidrokarbon (HC), nitrogen oksida (NO_x), karbon dioksida (CO₂), dan partikulat yang dapat mencemari lingkungan serta mengganggu kesehatan manusia (Marsyaelina et al. 2020). Proses pembakaran yang tidak sempurna akibat pencampuran bahan bakar dan udara yang tidak homogen menjadi salah satu penyebab utama tingginya emisi gas buang serta rendahnya efisiensi energi mesin diesel.

Sebagai bagian dari upaya mendorong pemanfaatan energi terbarukan, pemerintah Indonesia menerapkan kebijakan mandatori penggunaan biodiesel, yaitu campuran 60% minyak solar dan 40% biodiesel yang dikenal sebagai B40. Meski layak secara teknis, B40 dilaporkan menghasilkan emisi CO, HC, dan partikulat yang lebih tinggi dibandingkan bahan bakar campuran yang mengandung hydrogenated vegetable oil (HVO) (Mokhtar et al. 2023), serta menunjukkan penurunan daya dan torsi dibandingkan bahan bakar diesel murni (Pramudito et al. 2022). Di sisi lain, Pertamina Dex sebagai bahan bakar diesel nonsubsidi memiliki angka setana lebih tinggi dan kandungan sulfur lebih rendah dibandingkan B40, sehingga menghasilkan pembakaran yang lebih sempurna, meski emisi gas buang tetap dihasilkan sehingga masih diperlukan inovasi lanjutan untuk menekan emisi tersebut.

Salah satu inovasi yang mulai banyak dikembangkan adalah penggunaan *Ultra Fine Bubble* (UFB), yaitu gelembung udara berukuran kurang dari 1 mikrometer yang mampu meningkatkan pencampuran udara dan bahan bakar di dalam ruang bakar sehingga proses pembakaran menjadi lebih homogen. Teknologi ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi pembakaran dan menurunkan emisi gas buang seperti CO dan HC (Maulana et al. 2025). Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penambahan UFB pada bahan bakar mampu meningkatkan homogenitas campuran dan menurunkan tingkat opasitas gas buang (Pramudito et al. 2022). Namun, kajian yang membandingkan pengaruh UFB pada B40 dan Pertamina Dex, baik dalam kondisi idle maupun full throttle, masih sangat terbatas.

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk (1) mendapatkan data teknis karakteristik bahan bakar diesel dengan dan tanpa UFB; (2) mendapatkan data teknis mengenai emisi gas buang dan opasitas kendaraan angkutan pertanian yang menggunakan kedua jenis bahan bakar tersebut; serta (3) menganalisis pengaruh penambahan UFB terhadap performa emisi bahan bakar Pertamina Dex dan B40 pada kendaraan angkutan pertanian tipe double cabin. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi referensi ilmiah bagi

pengembangan bahan bakar yang lebih ramah lingkungan serta mendukung upaya pengurangan emisi kendaraan diesel di sektor pertanian.

II. METODE PENELITIAN

2.1 Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan pada bulan Mei hingga Juli 2025. Pengambilan data dilakukan di Balai Besar Pengujian Minyak dan Gas Bumi (LEMIGAS), Kebayoran Lama, Jakarta Selatan.

2.2 Alat dan Bahan

Unit uji yang digunakan adalah mesin diesel Toyota Hilux Double Cabin 2019 (tipe 2GD-FTV, 4 silinder in-line, 16-valve DOHC dengan VNT intercooler, sistem bahan bakar common rail direct injection, kapasitas silinder 2.393 cc). Peralatan pendukung meliputi chassis dynamometer untuk mensimulasikan kondisi jalan, smokemeter Brainbee dan portable combustion analyzer Seitron S1500-P untuk mengukur konsentrasi O_2 , CO_2 , CO , C_xH_y , NO_x , dan opasitas gas buang, serta generator *Ultra Fine Bubble* yang terintegrasi dengan oksigen konsentrator (debit oksigen 1-5 liter per menit, konsentrasi 68%) untuk menghasilkan gelembung mikro pada bahan bakar. Karakteristik fisik dan kimia bahan bakar diuji menggunakan CFR F5 (angka setana), Anton Paar SVM 3001 (densitas dan viskositas), TSHR UV fluorescence sulfur analyzer (kandungan sulfur), OptiDist (distilasi atmosferik), Eralytics FAME analyzer (kandungan FAME), HFRR tester (lubrisitas), serta ARGO-HYTOS OPCom Portable Oil Lab (cleanliness). Bahan yang digunakan adalah dua jenis bahan bakar diesel komersial, yaitu Pertamina Dex dan Biosolar B40.

2.3 Persiapan Bahan Bakar Uji

Setiap jenis bahan bakar diuji dalam dua perlakuan, yaitu tanpa penambahan UFB (non-UFB) dan dengan penambahan UFB. Bahan bakar UFB dihasilkan dengan menuangkan 20 liter bahan bakar ke wadah generator, kemudian dialiri oksigen berdebit 1 liter per menit (mengacu pada Alfath 2023) melalui proses *bubbling* selama 50 menit. Setelah proses selesai, bahan bakar dipindahkan ke jeriken tertutup dan diberi label sesuai jenis dan perlakuannya, sedangkan bahan bakar non-UFB diambil langsung dari jeriken standar.

2.4 Prosedur Pengujian

Pengujian karakteristik bahan bakar dilakukan untuk memastikan kelayakan bahan bakar sesuai standar mutu Keputusan Direktur Jenderal Minyak dan Gas Bumi No. 447.K/MG.06/DJM/2023 (Pertamina Dex) dan No. 384.K/MG.06/DJM/2024 (Biosolar B40). Selanjutnya, kendaraan uji ditempatkan pada chassis dynamometer dan diuji pada dua kondisi kerja mesin, yaitu idle (850 rpm) dan full throttle (4.500 rpm). Probe alat ukur emisi dipasang pada saluran knalpot untuk mendeteksi konsentrasi gas buang. Setiap kombinasi bahan bakar (Pertamina Dex dan B40) dan perlakuan (UFB dan non-UFB) diukur sebanyak sepuluh kali ulangan pada masing-masing kondisi putaran mesin.

2.5 Analisis Data

Data dianalisis secara deskriptif dengan membandingkan nilai rata-rata parameter emisi (O_2 , CO_2 , CO , C_xH_y , NO_x , dan opasitas) antara bahan bakar normal dan bahan bakar ber-UFB. Uji-t digunakan untuk menentukan signifikansi perbedaan rata-rata antarperlakuan pada taraf kepercayaan tertentu. Peningkatan

CO₂ dan penurunan O₂ diinterpretasikan sebagai indikator pembakaran yang lebih sempurna, sementara penurunan CO, C_xH_y, dan opasitas menandakan berkurangnya emisi hasil pembakaran tidak sempurna.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Karakteristik Bahan Bakar

Pengujian karakteristik dilakukan untuk memastikan bahwa penambahan UFB tidak mengubah mutu bahan bakar di luar batas standar. Ringkasan parameter utama disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 Perbandingan karakteristik bahan bakar sebelum dan sesudah penambahan UFB

Karakteristik	Satuan	Dex Non-UFB	Dex UFB	B40 Non-UFB	B40 UFB	Batasan Mutu
Angka Setana	-	53,3	54,1	54,7	55,5	Min. 51
Berat Jenis (15°C)	kg/m ³	830,3	831,4	853,3	853,4	Dex: 810-850 B40: 815-880
Viskositas (40°C)	mm ² /s	3,079	3,107	3,375	3,356	2,0-4,5 / 2,0-5,0
Kandungan Sulfur	%m/m	0,00176	0,00171	0,0511	0,0475	Dex: maks 0,005 B40: maks 0,2
Lubrisitas	micron	372,5	347	266	245	Maks. 460

Hasil pengujian menunjukkan bahwa penambahan UFB meningkatkan angka setana pada kedua jenis bahan bakar (Pertamina Dex dari 53,3 menjadi 54,1; B40 dari 54,7 menjadi 55,5) dan memperbaiki lubrisitas (penurunan diameter keausan), sementara viskositas B40 menurun sedikit dan viskositas Pertamina Dex meningkat sedikit. Seluruh parameter tetap berada dalam batas mutu yang ditetapkan Kepdirjen Migas, sehingga penambahan UFB tidak menyebabkan bahan bakar menyimpang dari standar. Peningkatan angka setana berkaitan dengan tambahan oksigen dalam bahan bakar yang memperpendek waktu tunda pembakaran (ignition delay), sehingga proses pembakaran berlangsung lebih cepat dan merata di dalam ruang bakar.

3.2 Pengaruh UFB terhadap Kandungan O₂ dan CO₂

Kadar O₂ sisa dan CO₂ pada gas buang mencerminkan tingkat kesempurnaan pembakaran. Perbandingan rata-rata kedua parameter disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2 Rata-rata kadar O₂ dan CO₂ (%) pada kondisi idle dan full throttle

Bahan Bakar	Kondisi	O ₂ Normal	O ₂ UFB	CO ₂ Normal	CO ₂ UFB
Pertamina Dex	Idle	17,50	16,96	2,52	2,93
Pertamina Dex	Full Throttle	19,17	19,07	1,28	1,34
B40	Idle	17,07	17,77	2,21	2,85

Bahan Bakar	Kondisi	O ₂ Normal	O ₂ UFB	CO ₂ Normal	CO ₂ UFB
B40	Full Throttle	19,72	19,48	0,88	1,03

Pada bahan bakar Pertamina Dex, penambahan UFB menurunkan kadar O₂ pada kondisi idle secara signifikan (17,50% menjadi 16,96%), menandakan lebih banyak oksigen yang bereaksi dalam proses pembakaran. Pada bahan bakar B40, pola sebaliknya terjadi pada kondisi idle, yaitu kadar O₂ meningkat, sementara pada full throttle kadar O₂ menurun signifikan. Secara konsisten, kadar CO₂ meningkat pada kedua bahan bakar dan kedua kondisi operasi setelah penambahan UFB, dengan peningkatan yang signifikan terutama pada kondisi idle. Peningkatan CO₂ menunjukkan bahwa lebih banyak karbon dalam bahan bakar teroksidasi sempurna menjadi CO₂, yang sejalan dengan teori pembakaran stoikiometri bahwa semakin lengkap proses pembakaran, semakin tinggi produksi CO₂ dan semakin rendah gas sisa tak terbakar seperti CO dan HC.

3.3 Pengaruh UFB terhadap Kandungan CO dan C_xH_y

Kadar CO dan C_xH_y mencerminkan sisa hasil pembakaran tidak sempurna. Ringkasan hasil pengujian disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3 Rata-rata kadar CO (ppm) dan C_xH_y (ppm) pada kondisi idle dan full throttle

Bahan Bakar	Kondisi	CO Normal	CO UFB	C _x H _y Normal	C _x H _y UFB
Pertamina Dex	Idle	183,3	159,8	280	250
Pertamina Dex	Full Throttle	79,7	73,3	160	200
B40	Idle	171,4	118,8	140	70
B40	Full Throttle	72,4	67,3	100	100

Kadar CO menurun secara konsisten pada kedua bahan bakar dan kedua kondisi operasi setelah penambahan UFB, dengan penurunan paling nyata pada B40 kondisi idle (171,4 ppm menjadi 118,8 ppm, turun 52,6 ppm). Penurunan CO ini mengindikasikan bahwa teknologi UFB membantu meningkatkan kualitas pembakaran, mengingat CO merupakan produk dari pembakaran tidak sempurna. Pada parameter C_xH_y, pola penurunan konsisten terjadi pada B40 (kedua kondisi) dan Pertamina Dex kondisi idle, namun pada Pertamina Dex kondisi full throttle kadar C_xH_y justru meningkat (160 ppm menjadi 200 ppm), yang diduga disebabkan oleh distribusi gelembung mikro yang tidak merata pada beban tinggi. Secara umum, UFB lebih efektif menurunkan CO dan C_xH_y pada kondisi idle dibandingkan full throttle.

3.4 Pengaruh UFB terhadap Kandungan NO_x dan Opasitas

Kadar NO_x terbentuk pada suhu pembakaran tinggi dan kondisi kaya oksigen, sedangkan opasitas mencerminkan tingkat kepekatan asap hasil pembakaran. Data disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4 Rata-rata kadar NO_x (ppm) dan opasitas (%) pada kondisi full throttle

Bahan Bakar	Kondisi	NO _x Normal	NO _x UFB	Opasitas Normal	Opasitas UFB
Pertamina Dex	Idle	45,1	128,9	-	-
Pertamina Dex	Full Throttle	109,5	114,3	8,10	6,94
B40	Idle	118,4	121,9	-	-

Bahan Bakar	Kondisi	NO _x Normal	NO _x UFB	Opasitas Normal	Opasitas UFB
B40	Full Throttle	222,6	225,1	4,03	3,60

Kadar NO_x cenderung meningkat pada seluruh kombinasi bahan bakar dan kondisi operasi setelah penambahan UFB, dengan peningkatan paling besar pada Pertamina Dex kondisi idle (45,1 ppm menjadi 128,9 ppm). Peningkatan ini terjadi karena UFB memperbaiki homogenitas campuran bahan bakar dan udara sehingga suhu pembakaran meningkat, dan pada suhu tinggi tersebut nitrogen di udara lebih mudah bereaksi membentuk NO_x. Sebaliknya, opasitas menurun secara konsisten pada kedua bahan bakar, dengan penurunan terbesar pada Pertamina Dex (dari 8,10% menjadi 6,94%, turun 1,16%) dan B40 (dari 4,03% menjadi 3,60%, turun 0,43%). Penurunan opasitas ini menunjukkan bahwa gelembung mikro UFB membantu meningkatkan distribusi oksigen ke partikel bahan bakar, sehingga oksidasi karbon menjadi lebih lengkap dan partikel jelaga yang terbentuk berkurang.

3.5 Pembahasan Umum

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa teknologi Ultra Fine Bubble memberikan dua kecenderungan utama pada emisi gas buang mesin diesel: pertama, perbaikan efisiensi pembakaran yang ditandai dengan penurunan CO, C_xH_y, dan opasitas, terutama pada kondisi idle; kedua, peningkatan suhu pembakaran yang berimplikasi pada naiknya kadar CO₂ dan NO_x. Pola ini konsisten dengan mekanisme kerja UFB yang meningkatkan homogenitas campuran udara-bahan bakar melalui gelembung oksigen berukuran submikron, sehingga oksidasi karbon lebih lengkap namun suhu ruang bakar turut meningkat, yang secara termodinamika mendorong pembentukan NO_x (Fayad et al. 2022). Temuan ini sejalan dengan penelitian Pramudito et al. (2022) yang melaporkan peningkatan homogenitas campuran dan penurunan opasitas akibat penambahan UFB, serta memperkuat potensi penerapan teknologi ini sebagai solusi pengurangan emisi partikulat dan gas CO/HC pada kendaraan angkutan pertanian berbasis diesel. Namun demikian, karena efek UFB terhadap NO_x dan C_xH_y pada kondisi full throttle belum sepenuhnya konsisten, jumlah ulangan yang lebih banyak, variasi durasi bubbling, serta pengendalian distribusi gelembung mikro dalam bahan bakar diperlukan pada penelitian lanjutan.

IV. SIMPULAN

Penambahan Ultra Fine Bubble (UFB) pada bahan bakar Pertamina Dex dan B40 berpengaruh terhadap sebagian besar parameter emisi gas buang kendaraan angkutan pertanian tipe double cabin, meskipun tidak seluruh parameter menunjukkan perbedaan yang signifikan. Kadar CO dan opasitas menunjukkan tren penurunan yang konsisten pada kedua bahan bakar, terutama pada kondisi idle, yang menandakan perbaikan efisiensi pembakaran. Sebaliknya, kadar CO₂ dan NO_x cenderung meningkat setelah perlakuan UFB, mengindikasikan bahwa lebih banyak oksigen digunakan dalam pembakaran namun disertai peningkatan suhu ruang bakar. Secara keseluruhan, teknologi UFB berpotensi diterapkan sebagai salah satu metode pendukung untuk meningkatkan efisiensi pembakaran dan menurunkan sebagian emisi berbahaya pada mesin diesel kendaraan pertanian, dengan catatan diperlukan optimasi lebih lanjut terkait durasi bubbling dan distribusi gelembung mikro agar dampak terhadap NO_x dapat dikendalikan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dr. Ir. Sam Herodian, M.S., IPU, APEC Eng. dan Riva Yudha Abriyant, S.T. atas bimbingan selama penelitian, serta kepada seluruh staf Balai Besar Pengujian Minyak dan Gas Bumi (LEMIGAS) atas dukungan teknis dan fasilitas pengujian yang diberikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfath SF. 2023. Analisis pengaruh penambahan ultra fine bubble pada bahan bakar biosolar b30 terhadap kinerja motor diesel traktor roda dua [Skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Fayad MA, Al-Ghezi MK, Hafad SA, Ibrahim SI, Abood MK, Al-Salihi HA, Dhahad HA. 2022. Emissions characteristics and engine performance from the interaction effect of egr and diesel-ethanol blends in diesel engine. *International Journal of Renewable Energy Development*. 11(4):994-998. doi:10.14710/ijred.2022.45051.
- Kristyadi T, Permana D, Sirodz MPN, Saefudin E, Farkas I. 2022. Performance and emission of diesel engine fuelled by commercial bio-diesel fuels in Indonesia. *Acta Technologica Agriculturae*. 25(4):221-228. doi:10.2478/ata-2022-0032.
- Marsyaelina A, Arifin Z, Sutiman, Solikin M, Iskandar R. 2020. Analysis of exhaust gas emission from gasoline and diesel powered vehicles in Sleman Regency, Indonesia 2019. *American Journal of Mechanical Engineering*. 7(4):195-200. doi:10.12691/ajme-7-4-6.
- Maulana MB, Tanjung DIY, Pratama M, Arifin I, Dongoran MRR. 2025. Efisiensi penggunaan bahan bakar biodiesel B40 untuk kebutuhan dunia industri dan transportasi. *Mars: Jurnal Teknik Mesin, Industri, Elektro dan Ilmu Komputer*. 3(1):1-10. doi:10.61132/mars.v3i1.601.
- Mokhtar M, Sukmono A, Setiaprada H, Ma'ruf M, Yubaidah S, Haryono I, Rochmanto B, Soewono RT. 2023. Towards nationwide implementation of 40% biodiesel blend fuel in Indonesia: a comprehensive road test and laboratory evaluation. *Biofuel Research Journal*. 10(3):2. doi:10.18331/brj2023.10.3.2.
- Pramudito Y, Wirahadi D, Faturrahman NA, Supriadi F, Bethari S, Rulianto D, Widodo S, Respatiningsih CY. 2022. Comparison performance CI engine of using high-speed diesel fuel-biodiesel blend (B30) and (B40) on diesel engine dyno test. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 1034(1):012058. doi:10.1088/1755-1315/1034/1/012058.
- [SK Dirjen Migas] Keputusan Direktur Jenderal Minyak dan Gas Bumi Nomor 384.K/MG.06/DJM/2024 tentang Standar dan Mutu (Spesifikasi) Bahan Bakar Minyak Jenis Solar yang Dipasarkan di Dalam Negeri. 2024.
- [SK Dirjen Migas] Keputusan Direktur Jenderal Minyak dan Gas Bumi Nomor 447.K/MG.06/DJM/2023 tentang Standar dan Mutu (Spesifikasi) Bahan Bakar Minyak Jenis Minyak Solar yang Dipasarkan di Dalam Negeri. 2023.
- Widjaya ER, Budiharti U, Prabowo A. 2021. An energy needs analysis for agricultural sector in Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 686(1):012007. doi:10.1088/1755-1315/686/1/012007.