

**STUDI EKSPERIMENTAL PEMBAKARAN DROPLET BIODIESEL MINYAK
JELANTAH BLENDING ETANOL YANG DIPENGARUHI MEDAN MAGNET****Ferdinand Bagas Pratama^{1*}, Khrisna Bayu Pratama¹, Mohammad Nur Sifa'uddin¹, Dony Perdana¹**¹Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Maarif Hasyim Latif
Jl. Ngelom Megare No. 30, Taman, Sidoarjo 61257.*Email: ferdinandbagas2002@gmail.com**Abstrak**

Tujuan dari penelitian ini untuk menyelidiki karakteristik nyala api dan emisi polusi di pembakaran droplet biodiesel minyak jelantah-etanol yang dipengaruhi oleh medan magnet. Semakin meningkat kebutuhan minyak bumi tidak sebanding dengan cadangan minyak bumi yang semakin menipis. Oleh karenanya, dibutuhkan sumber energi terbarukan seperti minyak nabati sebagai bahan bakar alternatif pengganti minyak bumi. Metode eksperimental langsung digunakan dalam penelitian ini untuk menyelidiki karakteristik pembakaran droplet biodiesel minyak jelantah yang dicampur dengan etanol pada konsentrasi bervariasi sebesar 5%, 10%, dan 15% berdasarkan volume. Eksperimen pembakaran dilakukan di bawah pengaruh medan magnet. Dua magnet permanen dengan medan tarik (N-S) dan medan tolak (S-S) dengan intensitas medan magnet sebesar 10.000 Gauss, ditempatkan di antara termokopel yang berdiameter 0,12 mm. Hasil penelitian menemukan bahwa campuran etanol 15% pada magnet tarik (N-S) menghasilkan waktu nyala api paling singkat yaitu 1408 milidetik. Campuran etanol 10% pada magnet tarik (N-S) menghasilkan emisi gas HC terendah yaitu 160 ppm. Campuran etanol 10% pada magnet tolak N-S menghasilkan emisi gas CO₂ terbesar yaitu 167 ppm. Campuran etanol 15% pada magnet tolak (S-S) menghasilkan emisi gas CO terendah yaitu 104 ppm, dan campuran etanol 5% pada magnet tolak (N-S) menghasilkan temperatur tertinggi yaitu 895,25 °C. Hal ini terjadi karena etanol memiliki titik nyala yang rendah dan kandungan oksigen yang besar, sehingga reaksi pembakaran berlangsung cepat. Daya tarik medan magnet (N-S) berperan dalam menarik oksigen di sekitar nyala api untuk masuk ke dalam reaksi pembakaran, sedangkan hasil pembakaran berupa H₂O didorong menjauh dari dalam nyala api.

Kata Kunci :biodiesel minyak jelantah, emisi, pembakaran droplet, etanol, medan magnet**PENDAHULUAN**

Peningkatan konsumsi bahan bakar fosil cair dan kenaikan harga bahan bakar, disertai dengan tuntutan yang berkelanjutan untuk menurunkan tingkat pencemaran lingkungan akibat gas buang dari mesin pembakaran dalam, mendorong upaya pencarian solusi alternatif yang semakin intensif. Upaya ini terutama difokuskan pada pencarian pengganti bahan bakar diesel, mengingat perannya yang sangat vital sebagai sumber energi bagi mesin diesel, baik pada kendaraan transportasi maupun berbagai peralatan bergerak di sektor konstruksi, pertanian, dan berbagai aktivitas industri lainnya. Hal ini mendorong para peneliti melakukan penelitian dalam pencarian sumber energi alternatif untuk memenuhi permintaan energi global secara berkelanjutan (Ayeni et al., 2021). Para peneliti telah mengidentifikasi biomassa sebagai sumber energi berkelanjutan, terbarukan, dan ramah lingkungan seperti sinar matahari, angin, air, dan biomassa (Ighalo & Adeniyi, 2020). Biomassa seperti minyak nabati memiliki banyak keunggulan dibandingkan dengan minyak bumi, termasuk rendah emisi dan tersedia melimpah di alam. Namun, ada beberapa kelemahan pada minyak nabati diantaranya densitas, tegangan permukaan, titik nyala, dan viskositas yang lebih tinggi, sementara volatilitasnya rendah dibanding solar. Sejumlah masalah yang dihadapi dalam penggunaannya secara langsung, seperti tersumbatnya filter, injector, pompa dan adanya endapan pada ring piston dalam ruang bakar (San José Alonso et al., 2012). Namun berbagai solusi diusulkan untuk mengatasi masalah tersebut antara lain: membuat minyak nabati dan turunannya; minyak nabati dicampur solar dalam rasio berlainan; pemanasan minyak nabati; mencampur dengan bahan aditive; gas buang diresirkulasi dan ruang bakar dimodifikasi (piston, nosel, dll).

Biodiesel merupakan salah satu sumber daya yang menjanjikan untuk menggantikan minyak solar di masa depan. Biodiesel dapat dibuat dari jarak pagar (Silitonga et al., 2011), minyak jelantah (Sheet. 2011), minyak polanga (Sharma et al., 2018), minyak kelapa (Satyanarayana &

Muraleedharan, 2021), dan minyak *sterculia foetida* (Kusumo et al., 2017). Minyak solar merupakan salah satu penyumbang emisi berbahaya terbesar bagi lingkungan. Banyak penelitian dilakukan terkait penggunaan biodiesel dari minyak goreng bekas pada mesin diesel. Penggunaan biodiesel dari minyak goreng bekas, minyak goreng baru, maupun minyak mentah menghasilkan kinerja emisi yang berbeda-beda tergantung pada jenis mesin dan bahan baku yang digunakan. Emisi NO_x cenderung menurun pada penggunaan campuran biodiesel, yang dikaitkan dengan penurunan suhu pembakaran (Puškár et al., 2019). Namun, beberapa penelitian menunjukkan hasil yang berlawanan, di mana kandungan oksigen yang tinggi dan angka setana yang besar pada biodiesel justru meningkatkan efisiensi pembakaran dan menurunkan emisi HC, CO, serta jelaga, namun meningkatkan emisi NO_x (Nguyen et al., 2020). Selain itu, beberapa peneliti juga melaporkan hasil yang berbeda. Eksperimen berdasarkan standar ISO 8178-C1 menemukan penggunaan biodiesel umumnya menurunkan emisi jelaga dan NO_x, namun meningkatkan emisi CO dan HC (Ulusoy et al., 2018). Pengaruh rasio kompresi dan tekanan injeksi pada penggunaan campuran biodiesel dari minyak goreng bekas, hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan tekanan injeksi dan rasio kompresi dapat meningkatkan kinerja mesin dan menurunkan emisi jelaga, terutama saat waktu penyemprotan bahan bakar dipercepat (Hirkude et al., 2018).

Disamping penggunaan biodiesel untuk meningkatkan efisiensi bahan bakar adalah dengan penambahan medan magnet. Medan magnet menghasilkan perubahan secara signifikan dalam struktur nyala api dan menghasilkan variasi suhu yang menarik (Perdana et al., 2023). Arah medan magnet berperan untuk pengangkutan O₂ dan perpindahan panas yang dibawa oleh H₂O dalam produk reaksi akan menentukan kestabilan dan tercapainya pembakaran. Kombinasi yang tepat dari kekuatan medan dan arah medan magnet menentukan kualitas pembakaran (Winarko et al., 2022).

Dari berbagai penelitian terdahulu diatas, masih sedikit studi tentang berbagai campuran minyak nabati dengan zat aditif beroksigen dan penambahan variasi arah medan magnet. Perilaku nyala api memainkan peran penting pada stabilitas pembakaran. Peran arah medan magnet juga dibutuhkan dalam proses pembakaran. Penelitian pembakaran *droplet* ini bertujuan untuk mengetahui peran variasi arah medan magnet dan konsentrasi etanol-biodiesel minyak jelantah pada pembakaran *droplet* terhadap evolusi, emisi polusi dan temperatur nyala api. Informasi hasil penelitian ini dapat diimplementasikan pada ruang bakar dan transportasi dimasa akan datang sebagai metode pembakaran dalam dan luar yang efisien.

METODOLOGI

Biodiesel minyak jelantah dan etanol yang digunakan pada penelitian ini yang didapatkan dari produk komersial. Spesifikasi sifat fisika dan kimia bahan bakar tersebut ditunjukkan pada Tabel berikut :

Tabel 1. Sifat fisika kimia etanol dan biodiesel minyak jelantah

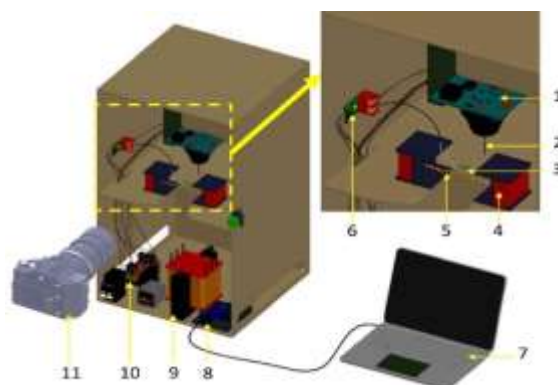
Properties	Unit	Etanol	Biodiesel Minyak Jelantah
Kinematic viscosity at 40 °C	m ² /s	1,2	4,498
Density at 40 °C	Kg/m ³	809,9	875
Caloric value	MJ/kg	26,8	40,047
Flash point	°C	12	98
Cetane number		8	52
Hydrogen	% wt	13	12,1
Oxygen	% wt	34,78	10,8
Carbon	% wt	52,2	77,1

Skema Alat Pengujian

Penelitian ini dilaksanakan dengan peralatan eksperimental yang terlihat pada gambar 1, bertujuan mengevaluasi pembakaran biodiesel minyak jelantah dengan variasi konsentrasi etanol 5%, 10%, dan 15% terhadap volume bahan bakar. Variasi medan magnet tarik (N-S) dan tolak (S-S). Magnet yang dilapisi nikel dengan kelas N45 memiliki kekuatan magnet 11000 gauss dengan dimensi 40 x 25 x 10 mm. Ukuran tetesan tetap konsisten pada 0,3 mm, yang diteteskan di sambungan *thermocouple type-K* yang berdiameter 0,1 mm, berfungsi sebagai pengukur suhu api yang terhubung

DOI: <https://doi.org/10.36499/jim.v21i1.13918>

pada *data logger*. Di atas nyala api yang terbentuk ditempatkan sensor MQ2 untuk mendeteksi emisi gas HC, MQ7 untuk CO, dan MQ135 untuk CO₂. Kawat pemanas Ni-Cr dengan diameter 0,7 mm dan panjang 30 mm digunakan untuk sumber pemanas, beroperasi pada 12 V dan 5 A, ditempatkan dibawah *thermocouple type-K* berjarak 3mm. Dua batang magnet *neodymium* ditempatkan diantara *thermocouple type-K* pada jarak 10 mm. Keduanya dipasang menggunakan sekrup, agar memudahkan proses pemasangan dan pelepasan. Setiap serangkaian pengukuran dilakukan sebanyak tujuh kali di bawah kondisi tetap. Bentuk nyala api diambil dari awal hingga mati menggunakan kamera kecepatan tinggi *Fuji ZR* yang diletakkan 20 cm di depan tetesan. Pengambilan gambar dilakukan dalam format video dengan kecepatan 120 fps. Parameter yang diteliti terdiri dari evolusi nyala api, suhu, serta emisi gas HC, CO, dan CO₂. Data yang diperoleh selanjutnya diproses memakai *free video to jpg* dan *Image J*, dan perangkat lunak *Photoshop 2019* dan *Auto Cad 2007* untuk menganalisis evolusi api dalam milidetik (ms).



Gambar 1. Peralatan eksperimen: 1. sensor emisi; 2. *thermocouple type K*; 3. Droplet; 4. Magnet; 5. kawat pemanas; 6. modul *thermocouple type K*; 7. Laptop; 8. *arduino data logger*; 9. *transformator step down*; 10. *DC step up*; 11. kamera



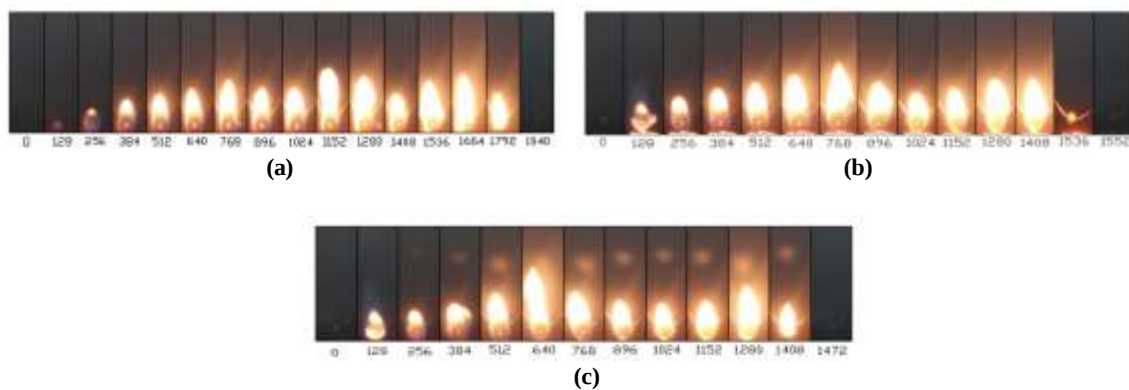
Gambar 2. Posisi arah medan magnet

HASIL DAN PEMBAHASAN

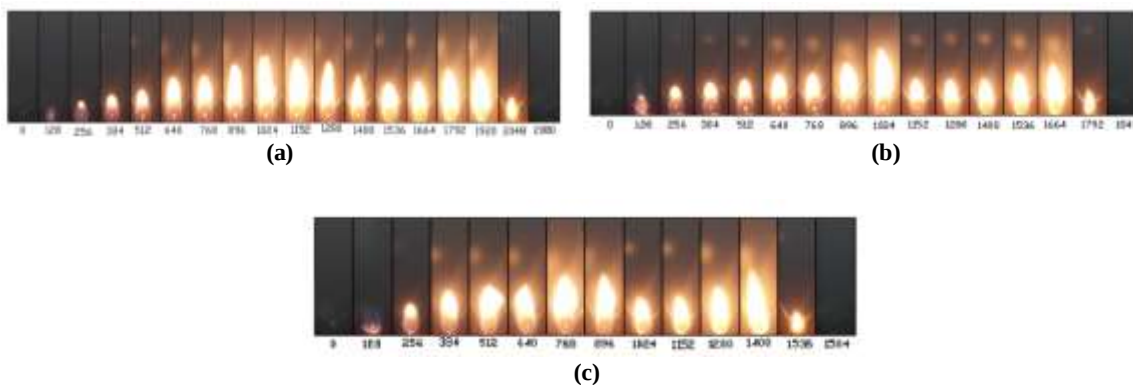
Pengaruh Variasi Etanol Terhadap Evolusi Api

Gambar 3 menunjukkan evolusi nyala api dari campuran biodiesel minyak jelantah dengan variasi konsentrasi etanol, yang diberi tambahan medan magnet tarik (N-S). Campuran biodiesel minyak jelantah yang dicampuri etanol 5% menghasilkan waktu evolusi nyala api paling lama, mulai nyala api terbentuk dari 128 milidetik sampai nyala api sebelum padam 1792 milidetik. Pada campuran etanol 10% nyala api terbentuk dimulai pada waktu evolusi 128 milidetik sampai 1536 milidetik kemudian nyala api padam. Waktu evolusi nyala api yang paling singkat pada campuran etanol 15% dari mulai nyala api terbentuk 128 milidetik hingga 1408 milidetik. Perbedaan waktu evolusi nyala api ini terjadi karena titik nyala etanol yang sangat rendah jika dibandingkan dengan biodiesel minyak jelantah, sehingga menurunkan titik nyala pada campuran bahan bakar dan mempercepat proses reaksi pembakaran droplet. Etanol memiliki kadar oksigen yang tinggi, sehingga menciptakan campuran tersebut lebih mudah berreaksi dengan bahan bakar, yang menyebabkan pemutusan rantai molekul dari biodiesel minyak jelantah, meningkatkan kecepatan pembakaran, sehingga pembakaran yang dihasilkan lebih sempurna.

Evolusi nyala api dari campuran biodiesel minyak jelantah dengan variasi konsentrasi etanol, yang diberi tambahan medan magnet tolak (S-S) ditunjukkan pada Gambar 4. Campuran biodiesel minyak jelantah yang dicampuri etanol 5% menghasilkan waktu evolusi nyala api paling lama, mulai nyala api terbentuk dari 128 milidetik sampai nyala api sebelum padam 2048 milidetik. Pada campuran etanol 10% nyala api terbentuk dimulai pada waktu evolusi 128 milidetik sampai 1792 milidetik kemudian nyala api padam. Waktu evolusi nyala api yang paling singkat pada campuran etanol 15% dari mulai nyala api terbentuk 128 milidetik hingga 1536 milidetik. Medan magnet tolak (S-S) menciptakan medan yang tidak seragam sehingga Pergerakan ion dalam nyala api terganggu, karena medan tolak menyebabkan partikel bermuatan menyebar tidak terarah.



Gambar 3. Bentuk evolusi api terhadap variasi etanol dengan penambahan magnet tarik N-S; (a) 5% (b) 10% (c) 15%



Gambar 4. Bentuk evolusi api terhadap variasi etanol dengan penambahan magnet tolak S-S; (a) 5% (b) 10% (c) 15%

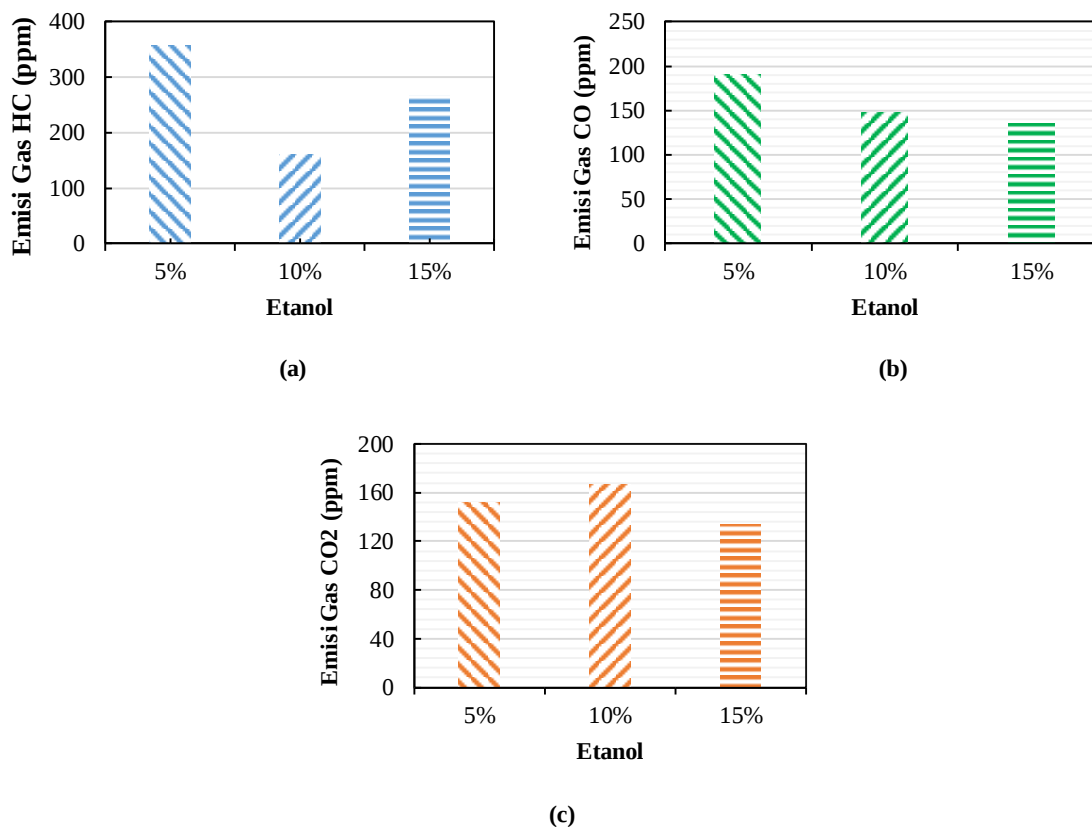
Bentuk nyala api dipengaruhi oleh medan magnet tarik (N-S) terlihat digambar 3a-3c yang menghasilkan nyala api terbentuk bulat, ini disebabkan oleh ledakan akibat dari perbedaan suhu antara droplet dan lingkungan sekitar. Adanya penambahan medan magnet menghasilkan ledakan semakin kuat karena tumbukan antara molekul H_2O dan O_2 menyebabkan molekul H_2O tersebut pecah lebih singkat, sehingga setiap molekul H_2O didorong keluar dari area reaksi pembakaran (Perdana et al., 2020). Ketika terjadi ledakan, uap bahan bakar didalam gelembung belum punya waktu yang cukup untuk tersebar, sehingga menghasilkan api yang berbentuk bulat. Dapat dilihat bahwa proses pembakaran yang singkat membuat ketinggian nyala api semakin rendah, ini disebabkan oleh intensitas medan magnet yang besar yang menciptakan gaya tolak antara molekul hidrokarbon, sehingga struktur molekul hidrokarbon dapat terpecah. Pemecahan hidrokarbon ini menciptakan celah yang maksimum untuk molekul oksigen untuk berinteraksi dengan molekul hidrokarbon. Akibatnya, molekul hidrokarbon menjadi sangat reaktif terhadap oksigen dan terbakar dengan lebih mudah. Medan magnet tolak (S-S) dalam pembakaran droplet minyak kelapa cenderung menurunkan kestabilan dan kecepatan nyala api dibandingkan dengan medan tarik. Ketika

DOI: <https://doi.org/10.36499/jim.v21i1.13918>

digabungkan dengan kadar etanol tinggi dalam campuran, efek evaporatif pendinginan serta ketidakhomogenan pencampuran bahan bakar menyebabkan penurunan temperatur maksimum nyala api yang makin signifikan (Perdana et al., 2024b).

Pengaruh Variasi Etanol Terhadap Emisi Gas Buang

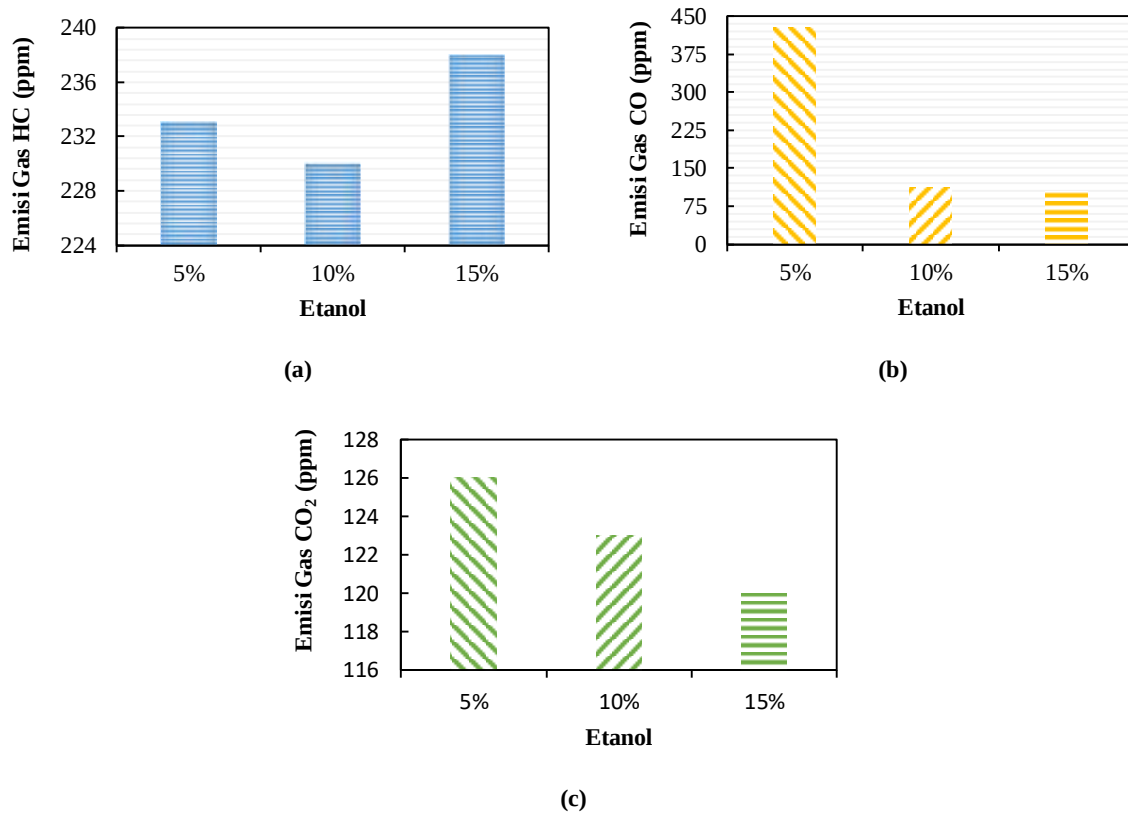
Perbandingan emisi gas dari proses pembakaran biodiesel minyak jelantah dengan variasi konsentrasi etanol dengan penambahan medan magnet tarik (N-S) ditunjukkan Gambar 5. Emisi gas hidrocarbon (HC) tertinggi terjadi pada campuran etanol 5% sebesar 357 ppm kemudian menurun diikuti oleh konsentrasi etanol 15% sebesar 267 ppm sedangkan terendah pada konsentrasi etanol 10% dengan nilai 160 ppm ditunjukkan pada Gambar 5a. Ditunjukkan pada Gambar 5b hasil emisi gas carbon monoksida (CO) terendah pada konsentrasi etanol 15% sebesar 138 ppm kemudian meningkat dengan semakin berkurang nilai konsentrasi 10% dan 5% masing-masing sebesar 147 ppm dan 191 ppm. Gambar 5c emisi gas carbon dioksida (CO₂) yang dihasilkan tertinggi pada konsentrasi etanol 10% sebesar 167 ppm, sedangkan terendah pada konsentrasi etanol 15% sebesar 134 ppm.



Gambar 5. Pengaruh variasi campuran terhadap emisi gas; (a) HC magnet tarik S-N (b) CO magnet tarik S-N (c) CO₂ magnet tarik S-N

Perbandingan emisi gas dari proses pembakaran biodiesel minyak jelantah dengan variasi konsentrasi etanol dengan penambahan medan magnet tolak (S-S) ditunjukkan pada Gambar 6. Gambar 6a Emisi gas hidrocarbon (HC) tertinggi terjadi pada campuran etanol 15% sebesar 238 ppm kemudian menurun diikuti oleh konsentrasi etanol 5% sebesar 233 ppm sedangkan terendah pada konsentrasi etanol 10% dengan nilai 230 ppm. Ditunjukkan pada Gambar 6b hasil emisi gas carbon monoksida (CO) terendah pada konsentrasi etanol 15% sebesar 104 ppm kemudian meningkat dengan semakin berkurang nilai konsentrasi 10% dan 5% masing-masing sebesar 111 ppm dan 407 ppm. Gambar 6c emisi gas carbon dioksida (CO₂) yang dihasilkan tertinggi pada konsentrasi etanol 5% sebesar 126 ppm, sedangkan terendah pada konsentrasi etanol 15% sebesar 120 ppm.

Penambahan etanol pada biodiesel, akan meningkatkan rasio oksigen terhadap bahan bakar didalam campuran. Hal ini bisa dipastikan adanya kecukupan tersedia oksigen selama pembakaran sebagai oksidasi karbon menjadi CO_2 dibandingkan CO (Taufik & Perdana, 2024).

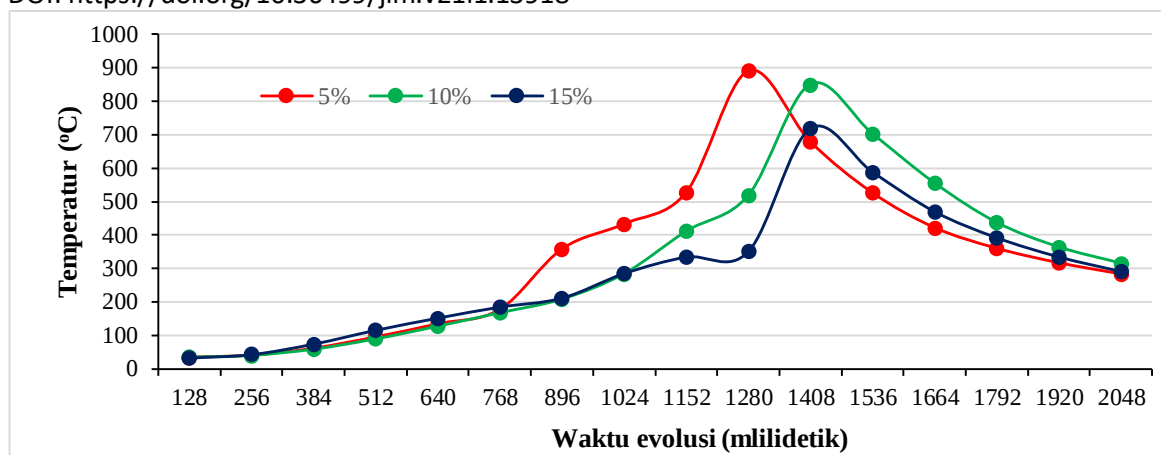


Gambar 6. Pengaruh variasi campuran terhadap emisi gas; (a) HC magnet tolak S-S (b) CO magnet tolak S-S (c) CO_2 magnet tolak S-S

Tingginya nilai emisi CO_2 adalah indikator utama pembakaran sempurna, karena menunjukkan bahwa karbon dalam bahan bakar berhasil teroksidasi sepenuhnya. Sebaliknya, jika emisi gas HC dan CO tinggi, hal itu menandakan pembakaran tidak sempurna dan efisiensi rendah.

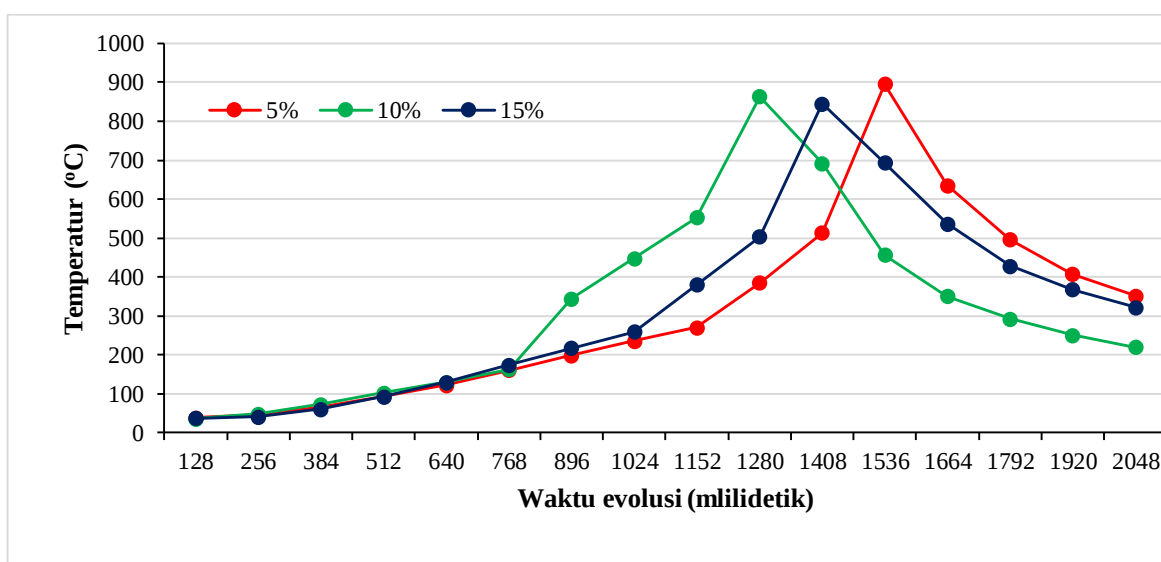
Pengaruh Variasi Etanol Terhadap Temperatur Api

Gambar 7 menunjukkan temperatur nyala api pada medan magnet tolak (S-S) untuk campuran bahan bakar biodiesel minyak jelantah dengan variasi konsentrasi etanol sebesar 5%, 10%, dan 15%. Pada campuran biodiesel minyak jelantah dengan konsentrasi etanol 5%, temperatur nyala api awal tercatat sebesar 35,25 °C pada waktu evolusi 128 milidetik. Seiring bertambahnya waktu evolusi, temperatur nyala api meningkat dan mencapai puncak tertinggi sebesar 890,5 °C pada 1280 milidetik. Setelah mencapai puncak, temperatur menurun secara bertahap hingga mencapai 283,5 °C pada waktu evolusi 2048 milidetik, sesaat sebelum nyala api padam.



Gambar 7. Temperatur api medan magnet S-S

Untuk campuran dengan konsentrasi etanol 10%, temperatur awal nyala api tercatat sebesar 35,75 °C pada 128 milidetik. Temperatur mengalami peningkatan signifikan dan mencapai nilai maksimum sebesar 849,75 °C pada 1408 milidetik, sebelum kembali menurun hingga 316,25 °C pada 2048 milidetik, menjelang padamnya nyala api. Sementara itu, pada campuran dengan konsentrasi etanol 15%, temperatur awal yang dihasilkan pada 128 milidetik adalah yang paling rendah di antara semua variasi, yakni sebesar 34 °C. Temperatur maksimum yang dicapai terjadi pada 1408 milidetik dengan nilai sebesar 718,75 °C. Perbedaan temperatur ini, disebabkan pertama oleh meningkatnya kandungan etanol dalam campuran bahan bakar yang memengaruhi karakteristik pembakaran. Etanol memiliki volatilitas lebih tinggi dan titik didih lebih rendah, serta kalor laten penguapan yang besar, sehingga pada konsentrasi tinggi cenderung menyebabkan efek pendinginan evaporatif. Fenomena ini memperpanjang *ignition delay*, sehingga efisiensi pembakaran menurun dan temperatur maksimum nyala api menjadi lebih rendah dibandingkan campuran dengan kadar etanol lebih rendah (Murray, 2023). Kedua, medan magnet tolak pada pembakaran droplet biodiesel minyak jelantah cenderung menurunkan kestabilan dan kecepatan nyala api dibandingkan dengan medan tarik (Perdana et al., 2024a). Ketika digabungkan dengan konsentrasi etanol tinggi pada campuran, berpengaruh pada evaporatif pendinginan serta ketidakhomogenan pencampuran bahan bakar menyebabkan penurunan temperatur maksimum nyala api yang makin signifikan.



Gambar 8. Temperatur api medan magnet N-S

Temperatur nyala api pada medan magnet tarik (N–S) untuk campuran bahan bakar biodiesel minyak jelantah dengan variasi konsentrasi etanol sebesar 5%, 10%, dan 15% ditunjukkan pada

www.publikasiilmiah.unwahas.ac.id

Gambar 8. Untuk campuran dengan konsentrasi etanol 5%, temperatur awal nyala api tercatat sebesar 38,25 °C pada 128 milidetik. Temperatur trendnya mengalami peningkatan sampai mencapai nilai maksimum sebesar 895,25 °C pada 1536 milidetik, kemudian menurun hingga 352 °C pada 2048 milidetik, menjelang padamnya nyala api. Sementara itu, pada campuran dengan konsentrasi etanol 10%, temperatur awal yang dihasilkan pada 128 milidetik sebesar 35,75 °C, semakin meningkatnya waktu evolusi nyala api, temperatur maksimum yang dicapai terjadi pada 1280 milidetik dengan nilai sebesar 863,75 °C, kemudian temperatur semakin menurun sebelum nyala api padam. Pada campuran biodiesel minyak jelantah dengan konsentrasi etanol 15%, temperatur nyala api awal sebesar 36,5 °C pada waktu evolusi 128 milidetik. Seiring bertambahnya waktu evolusi, temperatur nyala api meningkat dan mencapai puncak tertinggi sebesar 844,75 °C pada 1408 milidetik. Setelah mencapai puncak, temperatur menurun secara bertahap hingga mencapai 322 °C pada waktu evolusi 2048 milidetik, sesaat sebelum nyala api padam.

Pengaruh variasi arah medan magnet mempengaruhi temperatur yang dihasilkan. medan magnet jenis tolak cenderung mengurangi kestabilan api dan laju pembakaran dibanding medan tarik. Dalam konteks campuran dengan etanol tinggi, efek pendinginan etanol diperparah oleh pengaruh medan magnet tolak yang mengurangi akumulasi H₂O sebagai diamagnetik di zona pembakaran, sehingga temperatur puncak api menjadi lebih rendah dibandingkan pada konsentrasi etanol rendah maupun konfigurasi magnet tarik (Perdana & Fiyanto, 2024a).

KESIMPULAN

Karakteristik fisika dan kimia dari campuran biodiesel minyak jelantah dan etanol menghasilkan variasi dalam evolusi api, suhu dan emisi gas buang. Situasi tersebut disebabkan oleh etanol yang memiliki titik nyala rendah serta kandungan oksigen yang tinggi, yang mempercepat reaksi pembakaran. Medan magnet tarik (N-S) pada campuran biodiesel minyak jelantah dan etanol 15% yang dihasilkan menunjukkan evolusi nyala api yang paling singkat. Untuk campuran 10% etanol dengan medan magnet tarik N-S, emisi gas CO₂ yang dihasilkan CO₂ tertinggi, mencapai 167 ppm, dan campuran 5% etanol yang diberi medan magnet tarik (N-S) menghasilkan temperatur tertinggi sebesar 895,25 °C. Hal ini menunjukkan bahwa medan magnet tarik (N-S) berpengaruh terhadap intensitas ledakan pada tetesan, karena oksigen di sekitar nyala api ditarik ke dalam reaksi pembakaran, sementara H₂O yang dihasilkan dari pembakaran terpompa keluar dari nyala api. Hal ini menyebabkan molekul H₂O dan O₂ bertabrakan, sehingga molekul H₂O terurai lebih cepat. Penerapan medan magnet dan etanol dalam pembakaran biodiesel dari minyak jelantah terbukti mampu meningkatkan kualitas pembakaran yang optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Ayeni, A. O., Agboola, O., Daramola, M. O., Grabner, B., Oni, B. A., Babatunde, D. E., & Ewudere, J. (2021). Kinetic Study of Activation and Deactivation of Adsorbed Cellulase During Enzymatic Conversion of Alkaline Peroxide Oxidation-Pretreated Corn Cob to Sugar. *Korean Journal of Chemical Engineering*, 38(1), 81–89.
- Ighalo, J. O., & Adeniyi, A. G. (2020). Factor Effects and Interactions in Steam Reforming of Biomass Bio-Oil. *Chemical Papers*, 74(5), 1459–1470.
- Hirkude, J., Belokar, V., & Randhir, J. (2018). Effect of Compression Ratio, Injection Pressure and Injection Timing on Performance and Smoke Emissions of CI Engine Fuelled with Waste Fried Oil Methyl Esters–Diesel Blend. *Materials Today: Proceedings*, 5, 1563–1570.
- Kusumo, F., A. S. Silitonga, H. C. Ong, H. H. Masjuki, and T. M. I. Mahlia. (2017). A Comparative Study of Ultrasound and Infrared Transesterification of Sterculia Foetida Oil for Biodiesel Production. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 39 (13), 1339–1346.
- Murray, R. J. (2023). Energy, Emissions and Exergy Analyses of Ethanol-Biodiesel-Coconut Oil Ternary Fuel Blends and Comparative Assessment of Their Performance in Compression Ignition Engines. *West Indian Journal of Engineering*, 45(2), 57–67.
- Nguyen, T., M. H. Pham, and T. Le Anh. 2020. Spray, combustion, performance and emission characteristics of a common rail diesel engine fueled by fish-oil biodiesel blends. *Fuel* 269.
- Perdana, D., Yuliati, L., Hamidi, N., & Wardana, I. N. G. (2020). The role of magnetic field orientation in vegetable oil premixed combustion. *Journal of Combustion*, 2020, 1–11.

DOI: <https://doi.org/10.36499/jim.v21i1.13918>

- Perdana, D., Asrori, A., Hanifudin, M., & Dinata, N. I. (2023). Effect of Magnetic Field on the Flame Characteristics of Droplet Combustion of Coconut and Palm Oil. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung (Journal of Agricultural Engineering)*, 12(2), 326–337.
- Perdana, D., & Fiyanto, S. F. W. A. (2024a). Peranan Medan Magnet dan Campuran Etanol-Biodiesel Minyak Jelantah pada Pembakaran Droplet terhadap Perilaku Api Dan Emisi Gas Buang. *Dinamika Teknik Mesin*, 11(1), 1–8.
- Perdana, D., & Moh. Aris, T. (2024b). Effect of Mixture Eucalyptus Oil and Magnetic Fields on Droplets Combustion Palm Oil on Flame Behaviours and Flue Gas Emissions. *Journal of Renewable Energy and Mechanics*, 7(01), 1–11.
- Puškar, M., Kopas, M., Puškar, D., Lumnitzer, D., & Faltinova, E. (2018). Method for Reduction of the Nox Emissions in Marine Auxiliary Diesel Engine using the Fuel Mixtures Containing Biodiesel using HCCI Combustion. *Marine Pollution Bulletin*, 127, 752–760.
- Putra, F. S., & Perdana, D. (2025). Perilaku Api Dan Emisi Pada Pembakaran Droplet Biodiesel Dicampur Diethyl Ether Yang Dipengaruhi Medan Magnet. *SJME Kinematika*, 10(1), 81–90.
- Satyanarayana, M., and C. Muraleedharan. (2011). Comparative Studies of Biodiesel Production from Rubber Seed Oil, Coconut Oil, and Palm Oil Including Thermogravimetric Analysis. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 33(10), 925–937.
- Sharma, A., M. Muqem, A. F. Sherwani, and M. Ahmad. (2018). Optimization of Diesel Engine input Parameters Running on Polanga Biodiesel to Improve Performance and Exhaust Emission using MOORA Technique with Standard Deviation. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 40(22), 2753–2770.
- Sheet, E. A. E. (2018). Effect of Preheating Waste Cooking Oil on Biodieselproduction and Properties. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 40(2), 207–213.
- Silitonga, A., A. E. Atabani, T. M. I. Mahlia, H. H. Masjuki, I. A. Badruddin, and S. Mekhilef. (2011). A review on prospect of Jatropha Curcas for biodiesel in Indonesia. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 15(8), 3733–3756.
- Taufik, M., & Perdana, D. (2024). Effect of Mixture Eucalyptus Oil and Magnetic Fields on Droplets Combustion Palm Oil on Flame Behaviours and Flue Gas Emissions. *Journal of Renewable Energy and Mechanics*, 7(01), 1–11.
- Ulusoy, Y., Arslan, R., Tekin, Y., Surmen, A., Bolat, A., & Şahin, R. (2018). Investigation of Performance and Emission Characteristics of Waste Cooking Oil as Biodiesel in A Diesel Engine. *Petroleum Science*, 15, 396–404.
- Winarko, W. ardi, Ilminnafik, N., Kustanto, M. N., & Perdana, D. (2022). Peran Orientasi Medan Magnet Pada Karakteristik Nyala Api Droplet Calophyllum Inophyllum. *Jurnal Keteknikan Pertanian*, 10(3), 215–225.