

Efisiensi Dan Penggunaan Bio-Oil Pirolisis Pada Generator Diesel : Bibliometrik Scopus-Vosviewer

Agus Salim^{1*}, Muhammad Idris², dan Muhammad Hafiz Mubarak³

¹ Universitas Al-Azhar Medan ; email : agussalim0xl@gmail.com

² Universitas Al-Azhar Medan ; email : muhammadidris1309@gmail.com

³ Universitas Al-Azhar Medan ; email : muhammadhafizmubarak94@gmail.com

* Penulis Korespondensi: Agus Salim

Abstract: *This study critically examines the effectiveness of utilizing bio-oil derived from pyrolysis as a viable alternative fuel in diesel engine generator sets used for power generation facilities. Employing a bibliometric approach based on Scopus data and an analytical framework utilizing VOSviewer 1.6.20, this research provides a comprehensive overview of prevailing research trajectories, collaborative efforts among authors, and significant thematic clusters in the field. The findings indicate that investigations on bio-oil pyrolysis primarily focus on catalyst development, thermal property assessment, technological efficiency, and the application of artificial intelligence in modeling processes. From a technical perspective, bio-oil demonstrates stable engine performance with the potential to reduce exhaust emissions, although it exhibits a higher fuel consumption rate compared to conventional diesel. These results reinforce the potential of bio-oil pyrolysis as a proficient and ecologically sustainable renewable energy source.*

Keywords: bio-oil; pyrolysis; diesel engine; generator; energy efficiency; emissions

Abstrak: Upaya penelitian ini secara kritis meneliti kemandirian pemanfaatan bio-oil yang berasal dari pirolisis sebagai bahan bakar alternatif yang layak dalam genset mesin diesel yang digunakan di fasilitas pembangkit listrik. Menggunakan pendekatan bibliometrik yang didasarkan pada data dari Scopus dan kerangka analisis yang memanfaatkan VOSViewer 1.6.20, penelitian ini memberikan gambaran komprehensif tentang lintasan penelitian yang berlaku, upaya kolaboratif di antara penulis, dan cluster tematik yang signifikan di lapangan. Hasilnya menunjukkan bahwa penyelidikan mengenai pirolisis bio-minyak terutama berkonsentrasi pada kemajuan katalis, penilaian sifat termal, efisiensi teknologi, dan penerapan kecerdasan buatan dalam proses pemodelan. Dari perspektif teknis, bio-oil mengungkapkan kinerja mesin yang konsisten dengan kapasitas untuk mengurangi emisi gas buang, meskipun ditandai dengan tingkat konsumsi bahan bakar yang lebih tinggi dibandingkan dengan diesel tradisional. Hasil ini memperkuat potensi pirolisis bio-oil sebagai sumber energi terbarukan yang mahir dan berkelanjutan secara ekologis

Kata kunci: Bio-Oil; Pirolisis; Mesin Diesel; Generator; Efisiensi Energi; Emisi

Diterima: February 04, 2026
Direvisi: February 22, 2026
Diterima: February 24, 2026
Diterbitkan: March 2, 2026
Versi sekarang: March 2, 2026



Hak cipta: © 2025 oleh penulis.
Diserahkan untuk kemungkinan
publikasi akses terbuka
berdasarkan syarat dan ketentuan
lisensi Creative Commons
Attribution (CC BY SA) (
<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>)

1. Pendahuluan

permintaan energi listrik terus meningkat seiring pertumbuhan populasi, industrialisasi, dan kemajuan teknologi. di banyak wilayah, khususnya daerah terpencil dan pada kondisi operasional tertentu[1], penyediaan listrik masih sangat bergantung pada generator set mesin diesel. ketergantungan ini menimbulkan berbagai permasalahan, seperti konsumsi bahan bakar fosil yang tinggi, peningkatan biaya operasional, serta emisi gas buang yang berdampak negatif terhadap lingkungan dan berkontribusi terhadap perubahan iklim global [2]. sebagai

respons terhadap tantangan tersebut, pemanfaatan sumber energi terbarukan menjadi inisiatif strategis untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan mendukung transisi menuju sistem energi yang berkelanjutan[3]. bioenergi, yang berasal dari biomassa dan limbah organik, merupakan salah satu fokus utama penelitian energi terbarukan. salah satu metode konversi biomassa yang banyak dikaji adalah pirolisis, yaitu proses degradasi termal biomassa pada kondisi oksigen terbatas yang menghasilkan gas, bio-oil, dan bio-char[4]. bio-oil hasil pirolisis memiliki potensi sebagai bahan bakar alternatif karena kepadatan energinya yang relatif tinggi serta ketersediaan bahan baku yang melimpah[5]. meskipun berbagai penelitian telah membahas pengembangan energi dan efisiensi sistem konversi energi, kajian mengenai efisiensi dan penggunaan bio-oil pirolisis sebagai bahan bakar pada generator diesel masih tersebar dan belum terpetakan secara sistematis[6]. oleh karena itu[7], penelitian ini bertujuan untuk memetakan dan menganalisis tren penelitian terkait efisiensi dan penggunaan bio-oil pirolisis pada generator diesel melalui pendekatan bibliometrik berbasis literatur terindeks scopus guna mengidentifikasi fokus riset, celah penelitian, dan arah pengembangan teknologi di masa mendatang[8].

2. Tinjauan Literatur

Berbagai penelitian terdahulu telah mengevaluasi penggunaan bio-oil hasil pirolisis sebagai bahan bakar pada generator set mesin diesel melalui analisis komparatif terhadap metrik kinerja mesin, seperti daya keluaran, torsi, konsumsi bahan bakar, dan efisiensi termal, dibandingkan dengan bahan bakar fosil konvensional [9]. Selain itu, literatur juga melaporkan kajian mengenai potensi bio-oil sebagai alternatif energi terbarukan yang dapat mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan dampak lingkungan, dengan fokus pada perkembangan teknologi pirolisis biomassa serta penerapan bio-oil dan campuran bio-oil/biodiesel pada sistem pembangkit listrik dan berbagai konfigurasi mesin diesel lainnya[10].

3. Metode

a. Jenis dan rancangan penelitian

Studi ini menggunakan metodologi bibliometrik, menggabungkan pemeriksaan kuantitatif publikasi ilmiah yang dikatalogkan di scopus, kemudian diwakili melalui perangkat lunak vosviewer[11]. metodologi ini sering digunakan untuk menggambarkan tren, tema penelitian penting, dan kekurangan dalam penelitian yang berkaitan dengan biofuel, pirolisis biomassa, dan bio-oil dalam konteks teknik dan energi [12].

b. Sumber data dan strategi pencarian (scopus)

- 1) Database: Scopus, karena ruang lingkup interdisipliner yang luas dan kualitas pengindeksan yang unggul.
- 2) Kata kunci (ilustrasi, dapat disesuaikan):
“bio-oil” OR “pyrolysis” AND “diesel engine” AND “generator” OR “power generation”.

- 3) Filter pencarian :
 Dokumen : artikel dan review
 Bahasa : inggris
 Rentang tahun : misalnya, 2022-2026 (atau disesuaikan)
- 4) Hasil pengambilan diambil dari Scopus dalam format CSV/RIS, meliputi: judul, abstrak, kata kunci, penulis, afiliasi kelembagaan, tahun publikasi, jurnal, dan metrik kutipan.

c. Pengolahan data bibliografis

- 1) File CSV/RIS yang berasal dari scopus diimpor ke vosviewer untuk tujuan pemeriksaan analitis
- 2) Data dibersihkan: duplikasi dihapus, istilah kata kunci yang sama diseragamkan (misalnya, “bio-oil”, “pyrolysis”)

d. Analisis menggunakan VOSviewer

1) Co-occurrence (kata kunci) :

Kenali agregasi subjek yang mencakup pirolisis biomassa, produksi bio-oil, sintesis biodiesel, efisiensi operasional mesin, analisis emisi, dan metrik efisiensi energi.

2) Co-authorship (penulis) :

Identifikasi para sarjana, organisasi, dan negara paling produktif yang terlibat dalam penelitian bio-oil dan biofuel dalam sektor energi.

3) Analisis sitasi/ko-sitasi:

Kenali artikel terkemuka dan jurnal ilmiah (misalnya, Bahan Bakar, Energi, Energi Terbarukan) dalam disiplin terkait.

4) Analisis tren temporal(overlay visualization) :

Amati transisi dalam penekanan penyelidikan ilmiah, misalnya dari proses pirolisis mendasar ke pemanfaatan bio-oil dalam mesin dan fasilitas pembangkit energi.

e. Analisis dan Interpretasi Hasil

Menafsirkan cluster kata kunci dan jaringan kutipan untuk:

- 1) menggambarkan keadaan efisiensi penelitian lanjutan saat ini mengenai pemanfaatan bio-oil dan biofuel dalam mesin diesel dan sistem pembangkit.
- 2) Identifikasi kekurangan penelitian yang ada (misalnya, masih ada kekurangan investigasi yang ditargetkan mengenai generator diesel skala kecil, pertimbangan efisiensi sistemik, atau peraturan emisi khusus).
- 3) Hasilnya tunduk pada analisis deskriptif kualitatif untuk menjelaskan signifikansi dan kedekatan topik yang ditunjuk dalam kaitannya dengan tren penelitian global.

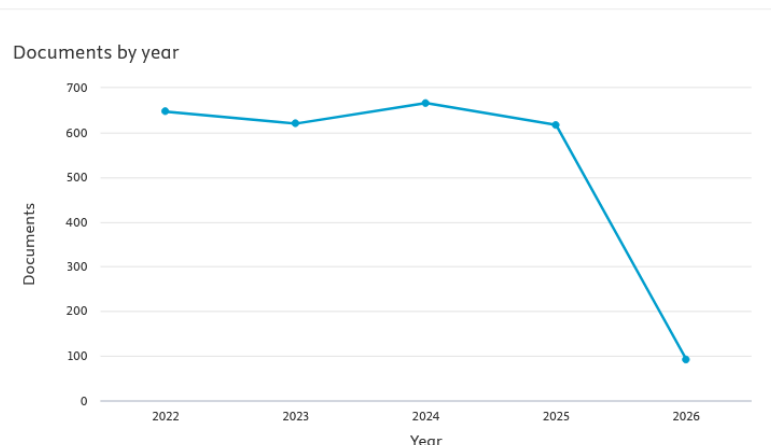
4. Hasil dan Pembahasan

Bagian ini menjelaskan temuan penyelidikan kemandirian pemanfaatan bio-oil pirolisis sebagai sumber bahan bakar dalam generator yang digerakkan mesin diesel untuk fasilitas pembangkit listrik[13], dengan menyajikan data kinerja komparatif antara bio-oil dan bahan bakar

diesel tradisional melalui analisis efisiensi energi, konsumsi bahan bakar, daya keluaran[1], dan emisi gas buang, yang kemudian diperiksa untuk mengevaluasi kelangsungan hidup bio-oil sebagai alternatif energi terbarukan yang berkelanjutan dan menguntungkan secara ekologis[14].

4.1 . Jumlah penelitian

Menurut temuan yang berasal dari database Scopus, kemajuan ilmiah yang berkaitan dengan bio-oil pirolisis sepanjang jangka waktu 2022 hingga 2026 menunjukkan tren variabel. jumlah publikasi akademik bervariasi setiap tahun, seperti yang diilustrasikan pada gambar 1 dan table 1.



Gambar 1. Tren jumlah publikasi riset bio-oil pirolisis berdasarkan data scopus periode 2022-2026

No	Tahun	Jumlah Dokumen
1	2022	650
2	2023	620
3	2024	670
4	2025	620
5	2026	90

Tabel 1. Jumlah publikasi ilmiah bidang bio-oil pirolisis yang terindeks dalam database scopus selama periode 2022-2026

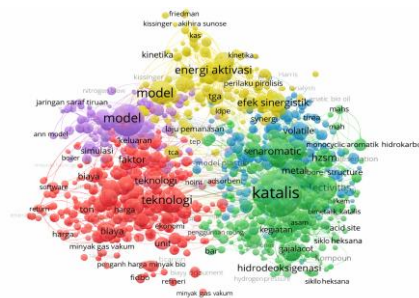
Pada tahun 2022, volume publikasi ilmiah didokumentasikan sekitar 650 artikel, kemudian mengalami penurunan marjinal pada tahun 2023 menjadi sekitar 620 artikel. Pola ini sekali lagi naik pada tahun 2024[15], mencapai puncaknya dengan perkiraan 670 artikel yang diterbitkan. Namun demikian, pada tahun 2025, jumlahnya sekali lagi berkurang menjadi sekitar 620 artikel[16]. Penurunan yang nyata terjadi pada tahun 2026, di mana jumlah publikasi ilmiah berkurang menjadi sekitar 90 dokumen[17]. Fenomena ini menandakan perlambatan yang cukup besar dalam upaya penelitian dan penyebaran literatur ilmiah dalam domain bio-oil pirolisis selama tahun ini. Interval dari 2022 hingga 2025 menggambarkan tingkat produktivitas yang konsisten dalam penelitian bio-oil pirolisis, dengan perkiraan output tahunan 640 publikasi ilmiah. Fenomena ini menandakan minat

dan dedikasi yang nyata dari komunitas ilmiah terhadap kemajuan teknologi konversi biomassa menjadi bio-oil melalui metodologi pirolisis[18]. Namun, penurunan signifikan yang diamati pada tahun 2026 memerlukan penyelidikan lebih lanjut untuk memastikan apakah penurunan ini adalah kejadian sementara karena indeksasi yang tertunda atau apakah itu mencerminkan pergeseran yang lebih luas dalam paradigma penelitian global dalam domain energi biomassa[19].

4.2 . Peta perkembangan riset

Pemanfaatan VOSViewer versi 1.6.20 untuk memetakan kemajuan dalam domain efisiensi yang berkaitan dengan penerapan bio-oil pirolisis sebagai sumber bahan bakar dalam genset mesin diesel untuk operasi pembangkit listrik mengungkapkan penekanan terkonsentrasi pada peningkatan kemandirian pembakaran [20], mengoptimalkan sifat bahan bakar, melakukan analisis emisi gas buang, dan berinovasi metodologi konversi energi berkelanjutan[21].

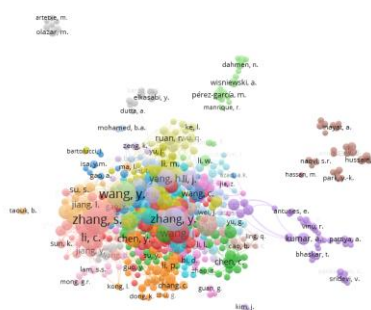
Co-occurrence (kata kunci)



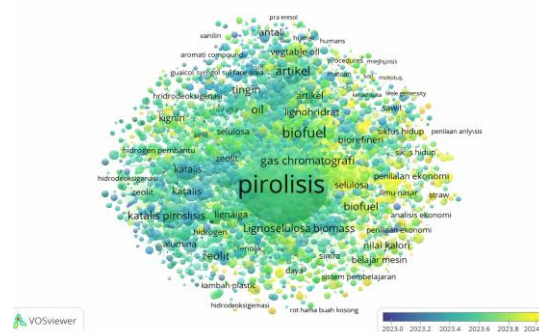
Gambar 2. Peta visualisasi kata kunci riset bio-oil pirolisis berdasarkan data Scopus menggunakan VOSviewer

Ilustrasi ini menggambarkan representasi skematis dari keterkaitan kata kunci dalam wacana ilmiah seputar bio-oil yang dihasilkan dari metodologi pirolisis. Setiap titik pada peta melambangkan kata kunci yang berulang kali direferensikan dalam literatur akademis, sedangkan garis penghubung menunjukkan interkoneksi di antara berbagai tema penelitian. Dimensi poin mencerminkan signifikansi relatif dari kata kunci tersebut, dan warna yang berbeda mengkategorikan domain tematik penyelidikan. Dari representasi grafis ini, terbukti bahwa penyelidikan pirolisis bio-oil dibagi menjadi beberapa bidang fokus utama, khususnya kemajuan dan penyempurnaan agen katalitik (diilustrasikan dengan istilah seperti “katalis,” “aktivitas,” dan “selektivitas”), pemeriksaan kinetika reaksi dan karakteristik termal (misalnya, “energi aktivasi” dan “laju pemanasan”), penilaian kerangka kerja teknologi dan ekonomi proses (“teknologi,” “model,” “biaya”), dan pemanfaatan teknik pemodelan atau buatan kecerdasan untuk meramalkan hasil pirolisis (“jaringan saraf buatan,” “simulasi”). Akibatnya, peta ini menjelaskan interkoneksi rumit antara domain katalisis, kinetika, teknologi, dan pemodelan dalam perkembangan teknik pirolisis yang ditujukan untuk produksi bio-oil yang efisien dan berkelanjutan.

Co-authorship (penulis)



Analisis tren temporal(overlay visualization)



Gambar 5. Peta overlay kata kunci penelitian bio-oil pirolisis berdasarkan tahun publikasi menggunakan VOSviewer

Ilustrasi menyajikan peta visualisasi bibliometrik yang berkaitan dengan penelitian tentang piro. Analisis besarnya dan interkoneksi kata kunci menunjukkan bahwa konsep “pirolisis,” “biofuel,” “katalis,” dan “lignin” mewakili bidang utama penyelidikan ilmiah. Warna yang digambarkan pada peta menandakan evolusi temporal publikasi, di mana tren kontemporer (diwakili dalam warna kuning) menunjukkan fokus ilmiah yang tinggi pada mata pelajaran seperti pembelajaran mesin, teknoekonomi, dan analisis siklus hidup dalam kerangka mengoptimalkan metodologi pirolisis untuk produksi bio-oil yang berkelanjutan[22].

6. Kesimpulan

Secara umum, penggabungan bio-oil atau pirolisis dengan diesel kontemporer atau diesel konvensional telah menunjukkan kemampuan untuk mengoperasikan mesin diesel atau generator dengan cara yang stabil, dengan metrik kinerja (termasuk output daya dan efisiensi termal) yang sebanding dengan atau, dalam kondisi tertentu[23], bahkan dapat melebihi diesel murni, terutama setelah peningkatan bahan bakar atau penggabungan pelarut, alkohol, atau aditif yang sesuai [24]. Namun demikian, telah diamati bahwa konsumsi bahan bakar spesifik umumnya meningkat dibandingkan dengan diesel murni, disebabkan oleh nilai kalor bio-oil yang lebih rendah dan karakteristik fisikokimia yang kurang optimal [25]. Akibatnya, sangat penting untuk mengoptimalkan komposisi campuran serta parameter operasional mesin, yang meliputi rasio campuran, tekanan injeksi, waktu injeksi, rasio kompresi, dan beban, untuk mempertahankan efisiensi kompetitif dari sistem pembangkit. [26]. Dari perspektif lingkungan, pemanfaatan minyak bio-minyak/pirolisis dalam pengoperasian mesin diesel secara konsisten menunjukkan pengurangan nitrogen oksida (NO_x), partikel (PM), asap, dan sering emisi karbon dioksida (CO₂); namun, dalam formulasi campuran tertentu, mungkin ada peningkatan emisi karbon monoksida (CO) atau hidrokarbon (HC)[27], sehingga menggarisbawahi pentingnya menerapkan strategi pengayaan oksigen dalam formulasi bahan bakar yang bijaksana, pelarut, dan optimalisasi atomisasi dan pembakaran metodologi[28]. Akibatnya, bio-oil pirolisis memiliki potensi yang signifikan sebagai bahan bakar pengganti generator diesel yang digunakan di pembangkit listrik[29]; Namun, tetap penting untuk menyempurnakan metodologi produksi, meningkatkan kualitas bahan bakar, dan mengoptimalkan

konfigurasi operasional mesin untuk mencapai keseimbangan optimal antara efisiensi energi, keandalan operasional jangka panjang, dan mitigasi emisi dengan cara yang layak dan hemat biaya[30].

Referensi

- [1] V. Moutinho, A. Carrizo, and J. Mota, "ScienceDirect Examining the effect of quantities offered by hydraulic , renewable , non-renewable sources and thermal technologies on electricity prices in the MIBEL market through an ADRL approach," *Energy Reports*, vol. 8, pp. 508–513, 2022, doi: 10.1016/j.egy.2022.02.102.
- [2] D. H. Madu *et al.*, "Analisis Bibliometrik Tren Kolaborasi Penelitian antar Peneliti terkait dengan Audit Eksternal suatu Bisnis serta Instansi Pemerintah di Indonesia (Tahun 2018-2023)," vol. 6, no. 1, pp. 10–16, 2023, [Online]. Available: <https://doi.org/10.52005/aktiva.v6i1.223>
- [3] T. B. Sitorus, B. H. Tambunan, H. V. Sihombing, and H. Ambarita, "PERFORMANSI MESIN DIESEL MENGGUNAKAN BIODIESEL DARI CAMPURAN BIJI KARET-MINYAK PIROLISIS LIMBAH PLASTIK-MINYAK SOLAR," vol. 16, no. 1, pp. 489–506, 2025, doi: 10.21776/jrm.v16i1.1765.
- [4] R. Cao *et al.*, "Knowledge mapping of osteoporotic fractures : a bibliometric analysis from 2014 to 2024," pp. 1–16, 2026.
- [5] A. Info, "THE IMPACT OF MIXED FUELS CONTAINING PYROLYSIS OIL , DIESEL , N-BUTANOL AND 2-EHN ON EMISSIONS AND PERFORMANCE OF DIESEL ENGINE," vol. 14, no. December, pp. 59–66, 2024, [Online]. Available: doi: <https://doi.org/10.29047/01225383.749>
- [6] P. R. Nithiasri, J. Aarthi, and B. Karthikeyan, "Bioprospecting of seaweed: Au nanocluster synthesis, characterization and theoretical studies," *Next Nanotechnol.*, vol. 9, no. December 2025, p. 100324, 2026, doi: 10.1016/j.nxnano.2025.100324.
- [7] N. Bergvall, O. Reinsdorf, O. G. W. Ohrman, and L. Sandstr, "Pretreatment of fast pyrolysis bio-oil by slurry hydroprocessing," vol. 281, no. December 2025, 2026, doi: 10.1016/j.fuproc.2025.108384.
- [8] H. Liu, Z. Mi, M. Wu, J. Shen, and P. Jiang, "The Innovation Energy : An international journal of energy science and engineering," vol. 1, no. 1, p. 100001, 2024, doi: 10.59717/j.xinn-energy.2024.100001.
- [9] F. G. Souza, K. Pal, J. D. Ampah, M. C. Dantas, A. Ara, and P. Domingues, "Biofuels and Nanocatalysts : Python Boosting Visualization of Similarities," 2023, doi: 10.3390/ma16031175.
- [10] R. Ananda and N. P. Miefthawati, "Analisis Pemanfaatan Jerami Padi Sebagai Bahan Bakar Pembangkit Listrik Tenaga Biogas," vol. 9, no. 2, pp. 136–143, 2024, doi: 10.36722/sst.v9i2.2749 Analisis.
- [11] N. Novas, A. Alcayde, F. G. Montoya, I. Robalo, and F. Manzano-agugliaro, "Energies and Its Worldwide Research," 2020, doi: 10.3390/en13246700.
- [12] A. Rahim and M. Awaliyah, "Tren Manajemen Pendidikan : Analisis Bibliometrik Menggunakan Aplikasi Vosviewer," no. April, 2023, doi: 10.47709/educendikia.v3i1.2281.
- [13] D. Hari, T. Prasetyo, R. Sidartawan, and A. Sanata, "Analisis Biodiesel Sebagai Aditif Bahan Bakar Diesel Terhadap Kinerja dan Konsumsi Bahan Bakar Mesin Pembangkit Listrik," vol. 13, no. 02, pp. 423–430, 2024, doi: 10.24127/trb.v13i2.3688.
- [14] G. Gowtham, G. Arkin, K. B. Sasidhar, S. Balasubramanian, M. Somasundaram, and E. Antunes, "Results in Engineering Sailing towards sustainability : Waste ship oil sludge as diesel alternative," *Results Eng.*, vol. 28, no. August, p. 107960, 2025, doi: 10.1016/j.rineng.2025.107960.
- [15] G. F. Ferreira, J. S. Hayward, M. Nelson, D. R. Slocombe, and J. K. Bartley, "Bioresource Technology Optimised

- pyrolysis strategies for energy-dense bio-oil from *Chlorella* sp,” *Bioresour. Technol.*, vol. 441, no. July 2025, p. 133628, 2026, doi: 10.1016/j.biortech.2025.133628.
- [16] H. Panchasara, “Effects of Pyrolysis Bio-Oils on Fuel Atomisation—A Review,” pp. 1–22, 2021, [Online]. Available: <https://doi.org/10.3390/en14040794%0AAcademic>
- [17] B. Juli, “PEMANFAATAN AIR HUJAN DAN MINYAKJELANTAHH SEBAGAI KEPEDULIAN LINGKUNGAN DI IKATAN KELUARGA BESAR ISTRI (IKBI) PTPN-III DESA SEI MANGKEI,” vol. 3, no. 2, pp. 219–225, 2023, doi: 10.54123/deputi.v3i2.276.
- [18] J. Bullermann, N. Meyer, A. Krafft, and F. Wirz, “Comparison of fuel properties of alternative drop-in fuels with standard marine diesel and the effects of their blends,” *Fuel*, vol. 357, no. PC, p. 129937, 2024, doi: 10.1016/j.fuel.2023.129937.
- [19] M. Terapan, D. Google, A. Karim, J. Soebagyo, R. P. Nuranti, and A. L. Uljanah, “Analisis Bibliometrik Menggunakan Vosviewer Terhadap Trend Riset,” vol. 3, no. 2, pp. 23–33, 2021, [Online]. Available: <https://doi.org/10.21009/jrpmj.v3i2.222643>
- [20] G. Tsafnat, P. Glasziou, G. Karystianis, and E. Coiera, “Automated screening of research studies for systematic reviews using study characteristics,” pp. 1–9, 2018, [Online]. Available: <https://doi.org/10.1186/s13643-018-0724-7>
- [21] X. Shi, L. Cai, and J. Jia, “The Evolution of International Scientific Collaboration in Fuel Cells during 1998 – 2017 : A Social Network Perspective,” 2018, doi: 10.3390/su10124790.
- [22] E. D. A. N. Sipil, Z. H. Siregar, A. F. Nasution, M. Fazri, and R. Puspita, “THE EFFECT OF FUEL MIXTURE COMPOSITION ON GASOLINE,” vol. 05, no. 02, pp. 394–402, 2024, doi: 10.54123/vorteks.v5i2.389.
- [23] N. Unsomsri, P. Koedthong, S. Tawkaew, and S. Wiriyasart, “Case Studies in Chemical and Environmental Engineering Continuous gasification-pyrolysis of fresh palm fruit bunches for biochar production and carbon sequestration,” *Case Stud. Chem. Environ. Eng.*, vol. 13, no. August 2025, p. 101309, 2026, doi: 10.1016/j.cseee.2025.101309.
- [24] “Resumen Applied and Analytical Chemistry Obtaining bioproducts by slow pyrolysis of coffee and cocoa husks as suitable cascarillas de café y cacao fuentes de energía y Obtenção de bioprodutos uso como fontes de energia e Materials and methods”, [Online]. Available: <https://doi.org/10.22507/pml.v18n1a4>
- [25] F. D. F. Chuahy, C. E. A. Finney, B. C. Kaul, and M. D. Kass, “Computational exploration of bio-oil blend effects on large two-stroke marine engines ☆,” vol. 322, no. January, 2022, [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2022.123977>
- [26] L. S. Taborda and N. Montes, “Bioaceite obtenido mediante pirólisis de bagazo de caña con clinoptilolita: análisis de su poder calorífico 1,” vol. 18, no. 1, pp. 49–63, 2023, doi: 10.22507/pml.v18n1a4.
- [27] Y. Liu, H. Wang, and L. Li, “Research trends and clustering analysis of postoperative infections following lumbar interbody fusion : a bibliometric study,” pp. 1–12, 2026, [Online]. Available: <https://doi.org/10.1007/s10143-025-03941-z>
- [28] A. Knapczyk, S. Francik, N. Pedryc, and T. Hebda, “Bibliometric analysis of research trends in engineering for rural development,” pp. 700–707, 2018, doi: 10.22616/ERDev2018.17.N389.
- [29] W. Johan *et al.*, “Applied Catalysis B : Environment and Energy Isoeugenol hydrodeoxygenation over sustainable biochar-supported cobalt catalysts : Synergistic Co⁰ / Co²⁺ sites and mechanistic insights ” *ivi M a s*,” vol. 384, no. November 2025, 2026, doi: 10.1016/j.apcatb.2025.126194.
- [30] P. Etanol and D. A. N. Metanol, “KARAKTERISTIK BAHAN BAKAR DIESEL DENGAN PENAMBAHAN ETANOL, DAN METANOL,” vol. 4, no. 2, pp. 66–70, [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.apcatb.2025.126194>

-
- [31] Yasir, M. ., Siregar, Z. H. ., & Mawardi, M. (2024). Desain dan Konsep Alat Pirolisis Sampah Rumah Tangga dengan Kajian Kelayakan Ekonomi. *Abdimas Indonesian Journal*, 4(2), 135–142. <https://doi.org/10.59525/aij.v4i2.405>