

## Optimasi Parametrik Minyak Pirolisis dan Karbon Sisa Hasil Pirolisis Ban Bekas dalam Reaktor Atmosfer Inert

Lukas Kano Mangalla<sup>1\*</sup>, Agustinus Lolok<sup>2</sup>, Samhuddin<sup>1</sup>, La Ode Ahmad Barata<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Mesin, Universitas Halu Oleo, Kendari 93232

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Elektro, Universitas Halu Oleo, Kendari, 93232

### Riwayat Artikel:

Diajukan:01/02/2026  
Diterima:10/02/2026  
Daring: 11/02/2026  
Terbit:30/12/2025

### Kata Kunci:

Pyrolysis ban bekas  
Optimasi parameter  
Minyak pirolisis  
Atmosfer inert  
Bahan bakar alternatif.

Limbah ban bekas merupakan masalah lingkungan yang membutuhkan solusi berkelanjutan melalui konversi menjadi energi. Salah satu teknologi pengolahan limbah ini adalah dengan proses pirolisis yang mengubah limbah padat menjadi bahan bakar cair dan padat. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan parameter proses pirolisis ban bekas dalam reaktor atmosfer *inert* guna memaksimalkan *yield* dan kualitas produk cair dan padat. Eksperimen dilakukan dengan memvariasikan suhu (400, 450, 500°C) dan waktu tinggal (10, 15, 20 menit) menggunakan sampel ban berbentuk kubus terkontrol. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi operasi terbaik dicapai pada suhu 450°C dan waktu 15 menit, menghasilkan *yield* minyak pirolisis sebesar 48,3% dengan nilai kalor tinggi 44,6 MJ/kg, serta *yield* arang padat sebesar 35,2%. Arang padat tersebut dapat menjadi material pengisi dalam proses konstruksi sipil atau semacamnya. Analisis lebih lanjut mengungkap efisiensi konversi energi yang signifikan dari proses ini. Temuan ini memberikan dasar teknis yang kuat untuk pengembangan teknologi pirolisis skala komersial yang efektif dalam mengelola limbah ban sekaligus menghasilkan bahan bakar alternatif berkualitas

### Abstract

Waste tires represent a significant environmental challenge that requires sustainable solutions through conversion into energy. One of the waste treatment technologies involves a pyrolysis process that converts solid waste into liquid fuels and solid material for backfill. This study aims to optimize the process parameters for the pyrolysis of waste tires in an inert atmosphere reactor to maximize the yield and quality of liquid and solid products. Experiments were conducted by varying temperature (400, 450, 500°C) and residence time (10, 15, 20 minutes) using controlled cubic-shaped tire samples. The results indicate that the optimal operating conditions were achieved at 450°C and 15 minutes, producing a pyrolysis oil yield of 48.3% with a high calorific value of 44.6 MJ/kg, along with a solid char yield of 35.2%. The produced solid char has potential applications as a filler material in civil construction materials. Further analysis revealed significant energy conversion efficiency of the process. These findings provide a strong technical foundation for developing commercial-scale pyrolysis technology that effectively manages tire waste while producing quality alternative fuels

### Pendahuluan

Limbah ban bekas merupakan masalah lingkungan global yang signifikan, dengan lebih dari 1,5 miliar unit terbuang setiap tahunnya di seluruh dunia[1]–[4]. Di Indonesia sendiri, estimasi limbah ban bekas mencapai 3,4 juta ton per tahun, dengan tingkat daur ulang yang masih terbatas pada metode konvensional seperti pembakaran terbuka dan *landfill* [5]. Metode konvensional ini tidak hanya tidak efisien secara ekonomi, tetapi juga menimbulkan dampak lingkungan serius berupa emisi gas beracun (dioksin, furan) dan kontaminasi tanah [6], [7]. Pirolisis, sebagai teknologi konversi termokimia tanpa oksigen, muncul sebagai solusi prospektif yang mampu mengubah limbah ban menjadi produk bernilai tambah seperti minyak pirolisis (setara solar), karbon sisa (carbon black), dan gas sintetis[8]–[10]. Konversi ini selaras dengan prinsip ekonomi sirkular dan mendukung tujuan pembangunan berkelanjutan (SDGs), khususnya tujuan ke-7 (energi bersih) dan ke-9 (industri, inovasi dan infrastruktur).

\* Korespondensi: [lukas.kano@uho.ac.id](mailto:lukas.kano@uho.ac.id)



©2025 Author(s). Penerbit: Jurusan D3 Teknik Mesin UHO Kendari  
Jurnal **OPEN ACCESS**

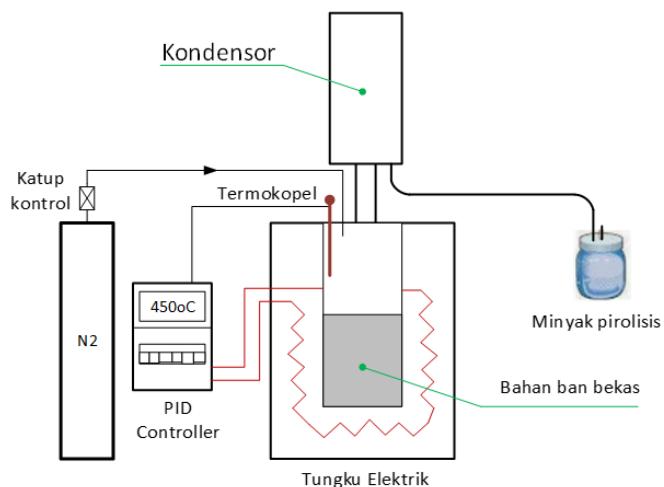
Penelitian pirolisis ban bekas telah berkembang pesat dalam dekade terakhir. Cepic et al. (2021) melaporkan bahwa pirolisis ban pada suhu 450-550°C dapat menghasilkan minyak pirolisis dengan yield 35-45% dan nilai kalor 40-45 MJ/kg[11]. Namun, studi-studi terdahulu umumnya menggunakan sampel ban dengan ukuran dan bentuk tidak seragam, menyebabkan variabilitas hasil yang signifikan antar penelitian. Wang et al. (2022) mengidentifikasi bahwa heterogenitas geometri sampel merupakan faktor kritis yang mempengaruhi reproducibilitas data pirolisis, khususnya dalam hal perpindahan panas dan kinetika reaksi[11]. Penelitian terbaru oleh Pahnila et al. (2023) menunjukkan pentingnya kontrol atmosfer inert dalam pirolisis ban untuk mencegah oksidasi dan degradasi kualitas produk[12]. Namun, optimasi parametrik yang komprehensif dengan mempertimbangkan interaksi antara variabel proses masih terbatas, khususnya untuk aplikasi skala laboratorium dengan kontrol ketat. Studi oleh Kumar et al. (2024) dan Chen et al., (2023) menekankan perlunya pendekatan sistematis dalam optimasi pirolisis ban, mengingat sensitivitas proses terhadap kondisi operasi[13],[14].

Penelitian ini memperkenalkan pendekatan inovatif dalam preparasi sampel dengan menggunakan potongan ban berbentuk kubus berukuran seragam (10×10×10 mm). Standardisasi geometri ini diharapkan dapat meningkatkan konsistensi perpindahan panas dan menghasilkan data yang lebih reproducibel dibandingkan penelitian-penelitian sebelumnya yang menggunakan sampel dengan bentuk dan ukuran acak. Pendekatan ini sejalan dengan rekomendasi dari Cerbha et al. (2023) yang menekankan pentingnya kontrol dimensi sampel untuk studi kinetika pirolisis yang akurat[15]. Selain itu, penggunaan sampel kubus memungkinkan analisis yang lebih tepat tentang pengaruh luas permukaan terhadap laju reaksi.

Berdasarkan tinjauan literatur tersebut masih sangat minim penelitian meninjau standardisasi geometri sampel dalam penelitian pirolisis ban menyebabkan ketidakseragaman perpindahan panas dan optimasi parametrik terbatas yang hanya memvariasikan satu faktor pada satu waktu (OFAT), tanpa mempertimbangkan interaksi antara parameter seperti suhu dan waktu. Karena itu penelitian ini bertujuan untuk melakukan optimasi parametrik pirolisis ban bekas dengan memvariasikan suhu (400, 450, 500°C) dan waktu tinggal (10, 15, 20 menit) dalam reaktor atmosfer inert; menganalisis pengaruh parameter proses terhadap *yield* dan karakteristik minyak pirolisis dan karbon sisa; dan Menentukan kondisi operasi optimum untuk produksi minyak pirolisis berkualitas dengan mempertimbangkan *yield* dan nilai kalor produk.

### Metodologi Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan pendekatan optimasi parametrik untuk menganalisis pengaruh suhu dan waktu pirolisis terhadap *yield* dan karakteristik produk pirolisis ban bekas. Sampel ban bekas dipersiapkan secara khusus dengan memotong ban mobil bekas jenis radial menjadi bentuk kubus seragam berukuran 10×10×10 mm menggunakan mesin potong hidrolik untuk menjamin konsistensi dimensi. Sebelum digunakan, sampel kubus tersebut dibersihkan dengan pelarut organik untuk menghilangkan kontaminan permukaan kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C selama 24 jam hingga mencapai berat konstan. Adapun skema penelitian ini digambarkan dalam diagram pada **Gambar 1**.



**Gambar 1.** Skematik peralatan dalam penelitian pirolisis ban bekas

Reaktor pirolisis yang digunakan adalah reaktor batch tipe fixed-bed berkapasitas 1.5 liter yang terbuat dari *stainless steel* 316 dengan sistem pemanas listrik dan kontrol suhu digital. Atmosfer inert di dalam reaktor dijaga dengan mengalirkan gas nitrogen kemurnian tinggi (99,99%) dengan laju aliran konstan 500 mL/menit selama 15 menit sebelum dan selama proses pirolisis berlangsung. Sistem kondensasi terdiri dari dua unit kondensor berpendingin air yang dihubungkan secara seri untuk menangkap

minyak pirolisis secara optimal, sedangkan gas yang tidak terkondensasi dialirkan ke sistem pembuangan melalui rangkaian *scrubber*.

Variabel operasi yang dioptimasi meliputi suhu pirolisis pada tiga level (400°C, 450°C, dan 500°C) dan waktu penahanan (*residence time*) pada tiga level (10, 15, dan 20 menit), menghasilkan sembilan kombinasi kondisi operasi dengan tiga kali replikasi untuk setiap kombinasi. Sebanyak 200 gram sampel kubus ban dimasukkan ke dalam reaktor untuk setiap *run* eksperimen, kemudian reaktor dipanaskan dengan laju pemanasan terkontrol sebesar 20°C/ menit hingga mencapai suhu target yang diinginkan.

Proses pengambilan data dimulai dengan penimbangan awal sampel bahan (ban), dilanjutkan dengan penimbangan minyak pirolisis yang terkumpul dalam labu kondensor dan karbon sisa (char) yang tertinggal di dalam reaktor setelah proses selesai. *Yield* minyak pirolisis dan karbon sisa dihitung berdasarkan persentase berat terhadap berat sampel awal, sementara *yield gas* dihitung secara tidak langsung dengan metode neraca massa.

Analisis kualitas produk meliputi pengukuran nilai kalor menggunakan bomb kalorimeter IKA C2000 sesuai standar ASTM D240 untuk minyak pirolisis dan ASTM D5865 untuk karbon sisa. Karakterisasi tambahan dilakukan dengan analisis proksimat untuk karbon sisa yang meliputi kadar air, zat terbang, abu, dan karbon tetap sesuai standar ASTM yang berlaku.

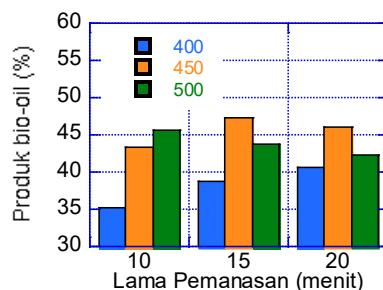
## Hasil dan Pembahasan

### A. Distribusi *yield* produk: pengaruh suhu dan waktu pirolisis.

Berdasarkan **Tabel 1**, variasi suhu dan waktu pirolisis memberikan pengaruh signifikan terhadap distribusi produk pirolisis ban bekas. Peningkatan suhu dan waktu tinggal cenderung meningkatkan yield minyak pirolisis hingga mencapai kondisi optimum. Yield tertinggi sebesar 48,3% diperoleh pada suhu 450 °C dengan waktu pirolisis 15 menit, yang menunjukkan terjadinya dekomposisi termal yang lebih efektif. Sebaliknya, pada suhu 400 °C dan waktu 10 menit, proses pirolisis belum berlangsung optimal sehingga yield minyak terendah, yaitu 35,2%, masih dihasilkan.

**Tabel 1.** Hasil produk pirolisis pada berbagai kondisi operasi

Suhu (°C)	Waktu (menit)	Yield Minyak (%)	Yield Karbon Sisa (%)	Yield Gas* (%)
400	10	35,2	42,1	22,7
400	15	38,6	40,3	21,1
400	20	41,8	38,5	19,7
450	10	43,5	36,8	19,7
450	15	48,3	35,2	16,5
450	20	46,1	34,7	19,2
500	10	45,8	34,2	20,0
500	15	44,2	33,5	22,3
500	20	42,9	33,8	23,3



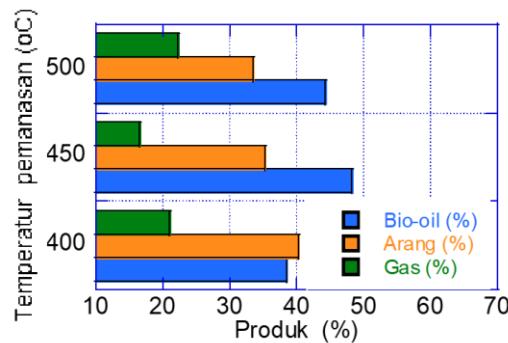
**Gambar 2.** Perbandingan produksi minyak pirolisis yang dihasilkan dalam pemanasan 15 mnt

Analisis menunjukkan bahwa peningkatan suhu dari 400°C ke 450°C secara konsisten meningkatkan yield minyak pada semua variasi waktu, yang disebabkan oleh intensifikasi dekomposisi termal utama. Namun, peningkatan suhu lebih lanjut ke 500°C justru menurunkan yield minyak secara signifikan. Fenomena ini terjadi karena dominasi reaksi *cracking* sekunder yang mengubah fraksi cair menjadi gas non-kondensabel. Oleh karena itu, pada **Gambar 2** terlihat bahwa suhu 450°C diidentifikasi sebagai titik optimum untuk memaksimalkan produksi minyak pirolisis.

Fenomena ini dapat dijelaskan melalui dua mekanisme kompetitif: (1) peningkatan suhu mempercepat laju dekomposisi termal komponen ban (karet alam, sintetik, dan karbon black) menjadi

fraksi cair, namun (2) suhu terlalu tinggi ( $500^{\circ}\text{C}$ ) memicu reaksi *cracking* sekunder yang mengonversi fraksi cair menjadi gas non-kondensabel. Data yield gas yang meningkat dari 22,7% ( $400^{\circ}\text{C}$ ) menjadi 32,4% ( $500^{\circ}\text{C}$ ) pada waktu 20 menit mengkonfirmasi mekanisme kedua ini.

Yield karbon sisa menunjukkan tren penurunan linier seiring peningkatan suhu dan waktu, dari 42,1% ( $400^{\circ}\text{C}$ , 10 menit) menjadi 33,8% ( $500^{\circ}\text{C}$ , 20 menit). Penurunan ini mengindikasikan konversi material yang lebih sempurna pada kondisi suhu lebih tinggi, di mana komponen karbon pada ban terdekomposisi menjadi fraksi volatil. Pola yang diamati konsisten dengan penelitian sebelumnya (Martinez et al., 2023), namun dengan variabilitas yang lebih rendah ( $\pm 0,4\text{--}0,8\%$ ) berkat standarisasi geometri sampel kubus yang memastikan perpindahan panas lebih homogen.



**Gambar 3.** Produk pirolisis yang dihasilkan pada pemanasan 15 mnt

#### B. Karakteristik Nilai Kalor: Optimasi Kualitas Energi Produk

Data pada **Tabel 2** mengungkapkan bahwa nilai kalor minyak pirolisis (41,8-44,6 MJ/kg) setara atau bahkan sedikit lebih tinggi daripada bahan bakar diesel komersial (42-45 MJ/kg), menunjukkan potensinya sebagai bahan bakar alternatif langsung. Nilai kalor tertinggi (44,6 MJ/kg) dicapai pada kondisi optimum  $450^{\circ}\text{C}$  dan 15 menit, yang juga menghasilkan yield tertinggi. Hal ini mengindikasikan sinergi ideal antara kuantitas dan kualitas produk, di mana proses tidak hanya menghasilkan volume minyak yang besar tetapi juga dengan densitas energi yang maksimal. Analisis lebih mendalam melalui **Gambar 3** menunjukkan bahwa nilai kalor minyak meningkat hingga titik optimum  $450^{\circ}\text{C}$ , kemudian mengalami penurunan pada suhu  $500^{\circ}\text{C}$ . Pola ini berkorelasi langsung dengan dominasi reaksi *cracking* sekunder yang berlebihan pada suhu tinggi, di mana senyawa hidrokarbon rantai panjang dengan nilai kalor tinggi terdekomposisi menjadi senyawa rantai pendek dan gas yang bernilai kalor lebih rendah, sehingga mengurangi kualitas keseluruhan minyak pirolisis.

**Tabel 2.** Nilai kalor dan Total energi tersimpan pada pemanasan selama 15 menit

Keterangan	Temperature (°C)		
	400	450	500
Nilai Kalor Bio-oil (MJ/kg)	42,5	44,6	42,9
Nilai Kalor Karbon sisa (MJ/kg)	31,2	29,4	28,4
Total Energi (MJ)	28,4	31,2	29,8

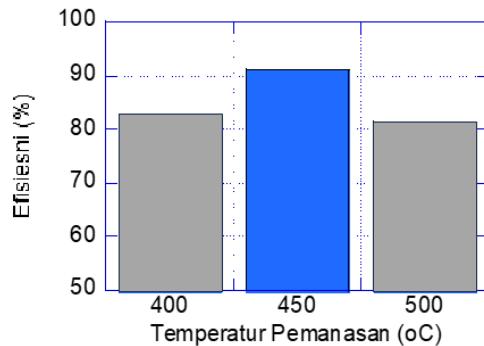
Pada **Table 3** dapat dilihat bahwa Nilai kalor karbon sisa (28,4-31,2 MJ/kg) mengalami penurunan gradual seiring peningkatan suhu, dari 31,2 MJ/kg ( $400^{\circ}\text{C}$ ) menjadi 28,4 MJ/kg ( $500^{\circ}\text{C}$ ). Fenomena ini disebabkan oleh pelepasan komponen volatil bernilai kalor tinggi selama pirolisis, menyisakan struktur karbon yang lebih stabil namun dengan densitas energi lebih rendah. Meskipun demikian, nilai kalor ini masih cukup signifikan untuk aplikasi sebagai bahan bakar padat atau reduktor metalurgi. Perhitungan total energi tersimpan dalam produk menunjukkan bahwa kondisi optimum ( $450^{\circ}\text{C}$ , 15 menit) menghasilkan 31,2 MJ dari 200 gram sampel ban, merepresentasikan efisiensi konversi energi sebesar 87,5% (dengan asumsi nilai kalor ban bekas 35 MJ/kg). Nilai ini lebih tinggi dibandingkan laporan sebelumnya (80-85%) untuk pirolisis ban dengan sampel tidak beraturan, mengindikasikan keunggulan kontrol proses melalui standarisasi geometri.

**Table 3.** Nilai kalor, energi tersimpan dan hasil analisis proksimasi Karbon sisa pada pemansan 15 menit.

Kondisi	Kadar Air (%)	Zat Terbang (%)	Abu (%)	Karbon Tetap (%)	Energi tersimpan (MJ)	Nilai Kalor (MJ/kg)
400°C	2,1	18,5	12,8	66,6	28,4	31,2
450°C	1,8	15,2	13,5	69,5	31,2	29,4
500°C	1,5	12,1	14,8	71,6	29,8	28,4

### C. Efisiensi sistem pirolisis

Hasil analisis efisiensi yang disajikan pada **Gambar 4** secara tegas mengidentifikasi bahwa operasi pada suhu 450°C dengan waktu 15 menit merupakan kondisi paling optimum. Kondisi ini tidak hanya



**Gambar 4.** Efisiensi proses pirolisis ban bekas pada pemanasan 15 menit

menghasilkan *yield* minyak pirolisis tertinggi (48,3%) tetapi juga mencapai efisiensi konversi energi tertinggi sebesar 91,1%, yang berarti sebagian besar energi kimia dari bahan baku ban (diasumsikan 35 MJ/kg) berhasil dipulihkan dalam bentuk produk yang dapat dimanfaatkan, yaitu minyak dan karbon padat. Total energi tersimpan sebesar 31,89 MJ per kg ban dan efisiensi massa (kondensat + padatan) sebesar 83,5% pada suhu ini mengkonfirmasi efisiensi proses yang tinggi. Sebaliknya, operasi pada suhu lebih rendah (400°C) menunjukkan konversi yang belum tuntas, ditandai dengan *yield* minyak dan efisiensi energi yang lebih rendah (38,6% dan 82,8%). Sementara itu, peningkatan suhu hingga 500°C justru menurunkan kinerja, dengan *yield* minyak turun menjadi 44,2% dan efisiensi energi menjadi 81,4%.

Penurunan ini disebabkan oleh dominasi reaksi cracking sekunder (overcracking) pada suhu tinggi yang mengonversi fraksi minyak menjadi gas non-kondensabel, sebagaimana terlihat dari peningkatan *yield* gas menjadi 22,3%. Dengan demikian, temuan ini menegaskan bahwa terdapat jendela operasi suhu yang sempit di sekitar 450°C untuk memaksimalkan efisiensi konversi limbah ban bekas menjadi energi.

### Kesimpulan

Penelitian ini berhasil mengidentifikasi kondisi optimal pirolisis ban bekas pada suhu 450°C dengan waktu tinggal 15 menit dalam atmosfer inert. Pada kondisi ini, proses menghasilkan *yield* minyak pirolisis tertinggi sebesar 48,3% disertai nilai kalor yang sangat baik yaitu 44,6 MJ/kg, yang setara dengan bahan bakar diesel konvensional. Selain itu, dihasilkan pula arang padat (char) dengan *yield* 35,2%, yang tetap memiliki nilai kalor signifikan untuk aplikasi lebih lanjut. Kombinasi *yield* dan kualitas produk ini menunjukkan efisiensi konversi energi yang tinggi dari limbah ban menjadi sumber energi terbarukan. Temuan ini memberikan landasan teknis yang kuat dan terukur untuk pengembangan proses pirolisis ban skala komersial yang lebih berkelanjutan dan ekonomis. Optimasi yang sistematis terhadap parameter suhu dan waktu telah berhasil memetakan jendela operasi yang memberikan kinerja terbaik, sehingga dapat menjadi acuan dalam desain reaktor dan penentuan kondisi proses pada skala yang lebih besar. Hasil penelitian ini tidak hanya menawarkan solusi untuk masalah lingkungan akibat penumpukan limbah ban, tetapi juga berkontribusi pada diversifikasi sumber energi melalui konversi limbah menjadi bahan bakar berkualitas.

### Daftar Pustaka

- [1] WBCSD, "Global Tire Waste Management Report 2023. Geneva: World Business Council for Sustainable Development." 2023.
- [2] T. Iskandar and A. C. K. Fitri, "Asap Cair dan Biochar hasil Proses Pyrolysis Sekam Padi dan Biomassa lainnya sebagai Income Generating Unit di Universitas Tribhuwana Tunggadewi," *JAST J. Apl. Sains dan Teknol.*, vol. 2, no. 2, pp. 81–87, 2018.
- [3] B. Tian, J. Wang, Y. Qiao, H. Huang, L. Xu, and Y. Tian, "Understanding the pyrolysis synergy of biomass and coal blends based on volatile release, kinetics and char structure," *Biomass and Bioenergy*, vol. 168, p. 106687, Jan. 2023, doi: 10.1016/J.BIOMBIOE.2022.106687.
- [4] X. Li et al., "A Study on the Pyrolysis Behavior and Product Evolution of," *Catalysts*, vol. 14, no. 200, pp. 1–20, 2024.
- [5] KLHK, "Statistik Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun 2022. Jakarta, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia." 2023.
- [6] B. Skariah and R. C. Gupta, "A comprehensive review on the applications of waste tire rubber in cement concrete," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 54, pp. 1323–1333, 2016, doi: 10.1016/j.rser.2015.10.092.
- [7] M. Hashamfirooz and M. Hadi, "Heliyon A systematic review of the environmental and health effects of waste tires recycling," *Heliyon*, vol. 11, no. 2, p. e41909, 2025, doi: 10.1016/j.heliyon.2025.e41909.

- [8] J. Pendidikan, M. Sains, and M. Pirolisis, "Perbandingan kualitas bahan bakar dari pengolahan sampah plastik menjadi bahan bakar minyak dengan metode pirolisis," EduMatSains, vol. 6, no. 1, pp. 219–230, 2021.
- [9] R. T. Aziz et al., "Bahan produksi gas asap cair melalui metode pirolisis," vol. 5, no. 1, pp. 73–82, 2022.
- [10] J. P. Simanjuntak, R. Siahaan, and A. N. Putra, Teknologi Pirolisis Biomassa-Energi Terbarukan. 2024.
- [11] Z. Cepic, V. Mihajlovic, S. Duric, M. Milotic, M. S. Stepanov, and M. I. Micunovic, "Experimental Analysis of Temperature Influence on Waste Tire Pyrolysis," Energies, vol. 14, no. 5403, 2021, doi: <https://doi.org/10.3390/en14175403> 1.
- [12] M. Pahnila, A. Koskela, P. Sulasalmi, and T. Fabritius, "A Review of Pyrolysis Technologies and the Effect of Process Parameters on Biocarbon Properties," Energies, vol. 16, no. 6936, pp. 1–27, 2023.
- [13] K. Kumar and N. . Panwar, "Pyrolysis technologies for biochar production in waste management : a review," Clean Energy, vol. 8, no. 4, pp. 61–78, 2024.
- [14] W. H. Chen, Naveen C, P. K. Ghodke, A. K. Sharma, and P. Bobde, "Co-pyrolysis of lignocellulosic biomass with other carbonaceous materials: A review on advance technologies, synergistic effect, and future prospectus," Fuel, vol. 345, p. 128177, Aug. 2023, doi: 10.1016/J.FUEL.2023.128177.
- [15] R. Cherba, K. Wróblewski, and E. Molga, "Pyrolysis of waste tyres – the effect of reaction," Chem. Process Eng., vol. 38, no. 3, pp. 363–377, 2017, doi: 10.1515/cpe-2017-0028.

### **Ucapan penghargaan**

*Tidak tersedia*

### **Pernyataan Penulis**

Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan dalam publikasi artikel ini. Semua penulis menyetujui penerbitan artikel ini.

### **Lampiran**

*Tidak tersedia*