

Pengaruh Variasi Temperatur Pirolisis Sampah Plastik Hdpe Terhadap Laju Pembakaran Produk Bahan Bakar

M. Fatih Al Mubarak ¹, Mokh Hairul Bahri ^{*2}, dan Asroful Abidin ³,

1. Universitas Muhammadiyah Jember; E-Mail : mfam11100@gmail.com

2. Universitas Muhammadiyah Jember; E-Mail : mhairulbahri.ac.id

3. Universitas Muhammadiyah Jember; E-Mail : mhairulbahri.ac.id

** Penulis Korespondensi : Mokh Hairul Bahri*

Abstract: High-Density Polyethylene (HDPE) plastic waste poses a serious environmental challenge due to its non-biodegradable nature and widespread use. One promising approach to address this issue is the conversion of plastic waste into liquid fuel through pyrolysis. This study aims to evaluate the effect of pyrolysis temperature variation on the combustion characteristics of HDPE pyrolysis oil, particularly focusing on burning rate and combustion duration. The pyrolysis process was carried out at temperatures of 250 °C, 350 °C, and 450 °C under oxygen-free conditions. The produced pyrolysis oil was then subjected to combustion tests by measuring flame burning rate and total burning time. The results indicate that higher pyrolysis temperatures lead to longer combustion durations of the resulting oil. The pyrolysis oil produced at 450 °C exhibited the longest burning time of 39,21 s/min, followed by oil produced at 350 °C with 36,68 s/min and at 250 °C with 32,23 s/min. This trend suggests that higher pyrolysis temperatures promote the formation of hydrocarbon fractions with greater thermal stability during combustion. Therefore, pyrolysis temperature plays a crucial role in determining the combustion performance of HDPE pyrolysis oil. These findings confirm the potential of HDPE pyrolysis as a sustainable approach for plastic waste management while producing alternative liquid fuels.

Keywords: *HDPE; Pyrolysis; Plastic Waste; Liquid Fuel; Burning Rate*

Abstrak: Limbah plastik High-Density Polyethylene (HDPE) menjadi permasalahan lingkungan serius akibat sifatnya yang non-biodegradable dan tingkat penggunaannya yang tinggi. Salah satu solusi yang berpotensi diterapkan adalah konversi limbah plastik menjadi bahan bakar cair melalui proses pirolisis. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi temperatur pirolisis terhadap karakteristik pembakaran minyak pirolisis HDPE, khususnya laju dan durasi pembakaran. Proses pirolisis dilakukan pada temperatur 250 °C, 350 °C, dan 450 °C dalam kondisi tanpa oksigen. Minyak pirolisis yang dihasilkan kemudian diuji karakteristik pembakarannya melalui pengukuran laju nyala api dan lama waktu pembakaran hingga bahan bakar habis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan temperatur pirolisis menyebabkan peningkatan durasi pembakaran minyak pirolisis. Minyak hasil pirolisis pada suhu 450 °C memiliki waktu pembakaran terpanjang sebesar 39,21 s, diikuti oleh suhu 350 °C sebesar 36,68 s, dan suhu 250 °C sebesar 32,23 s. Dengan demikian, temperatur pirolisis berpengaruh signifikan terhadap performa pembakaran minyak pirolisis HDPE, serta menegaskan potensi pirolisis sebagai solusi berkelanjutan dalam pengelolaan limbah plastik dan penyediaan bahan bakar alternatif.

Kata kunci: HDPE; Pirolisis; Limbah Plastik; Bahan Bakar Cair; Laju Pembakaran

Diterima: February 04, 2026

Direvisi: February 22, 2026

Diterima: February 24, 2026

Diterbitkan: March 2, 2026

Versi sekarang: March 3, 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

Limbah plastik menimbulkan masalah lingkungan akibat karakteristiknya yang bersifat *non-biodegradable* dengan waktu dekomposisi alami yang mencapai ratusan tahun, dari

sudut pandang termal meskipun plastik memiliki nilai yang signifikan, proses pembakarannya secara langsung justru menghasilkan senyawa berbahaya seperti dioksin akibat pembakaran yang tidak terkontrol [1]. Secara global, volume limbah plastik meningkat secara proporsional dengan tingkat konsumsinya, dimana plastik telah menjadi material dominan dalam alur limbah harian di berbagai negara, termasuk Indonesia, sebagai konsekuensi dari aplikasinya yang luas dalam sistem produksi dan konsumsi masyarakat modern.

High Density Polyethylene (HDPE) merupakan jenis polimer yang paling *prevalen* dalam aliran limbah plastik, secara material HDPE menawarkan kombinasi sifat mekanik dan kimia yang unggul antara lain rasio kekuatan terhadap berat yang tinggi, ketahanan kimia yang baik, dan kemudahan proses *forming* [2]. Karakteristik teknis HDPE yang unggul menjadikannya material utama dalam manufaktur berbagai produk konsumen, baik kemasan rigid maupun flexible packaging, sifat inert secara kimia serta efisiensi proses manufakturnya menempatkan HDPE sebagai material strategis dengan cakupan aplikasi lintas sektor industri [3]. Ekspansi aplikasi HDPE ini secara paralel memperburuk tantangan dalam tata kelola limbah polimer, kondisi ini menguatkan urgensi penerapan prinsip ekonomi sirkular dan praktik daur ulang secara sistematis dalam menangani limbah plastik di Indonesia, lebih lanjut, karakteristik intrinsik HDPE sebagai material dengan stabilitas kimia tinggi dan ketahanan terhadap degradasi biologis [4].

Sifat non-biodegradable HDPE menyebabkan residunya bertahan lama di lingkungan dan berpotensi menjadi kontaminan persisten, sehingga pengelolaan limbah HDPE menjadi tantangan kritis yang memerlukan solusi berkelanjutan melalui penerapan daur ulang yang bertanggung jawab [5]. Salah satu pendekatan rekayasa yang feasible adalah konversi termokimia limbah plastik melalui proses pirolisis untuk menghasilkan bahan bakar hidrokarbon alternatif [6]. Kelayakan teknis metode ini didukung oleh karakteristik plastik sebagai turunan petroleum dengan nilai energi setara bahan bakar fosil konvensional, serta kemampuannya dalam mereduksi volume limbah secara signifikan sekaligus menghasilkan produk energi bernilai ekonomis [7].

Pirolisis didefinisikan sebagai proses dekomposisi termal rantai polimer menjadi senyawa hidrokarbon bernilai lebih rendah, yang berlangsung dalam kondisi anaerob (tanpa oksigen) atau dengan oksigen terbatas [8]. Secara teknis, proses ini mengonversi limbah plastik menjadi tiga fasa produk: bahan bakar cair (pyrolysis oil), gas yang dapat terbakar (syngas), dan residu padatan karbon (char).

2. Tinjauan Literatur

2.1. Pirolisis

Pirolisis merepresentasikan suatu proses dekomposisi termokimiawi pada rentang suhu 300-1000°C yang mentransformasikan material polimer menjadi fasa gas, yang selanjutnya mengalami kondensasi dan fraksinasi distilatif untuk menghasilkan minyak pirolisis, dengan residu karbon padat (*char*) titik optimum proses tercapai pada kisaran suhu 420°C dengan efisiensi konversi maksimum, performa sistem pirolisis dikendalikan oleh multivariabel parameter meliputi karakteristik umpan (komposisi, kontaminan), dinamika profil termal, distribusi ukuran partikel, waktu tinggal reaktan, tekanan operasi, serta efektivitas sistem pendinginan [9]. Dalam konteks strategi ketahanan energi dan deplesi sumber daya alam, rekayasa teknologi pirolisis berkembang menjadi solusi *engineering* yang bersifat strategis. Fokus penelitian ini terletak pada pengembangan sistem pirolisis berkelanjutan untuk konversi *waste-to-energy* melalui transformasi termokimia limbah polimer menjadi bahan bakar alternatif, dilengkapi dengan karakterisasi kualitas produk dan analisis kelayakan implementasi, secara spesifik, studi ini mengkaji desain reaktor pirolisis skala pilot, evaluparameter kualitas minyak pirolisis (nilai kalor), dan seleksi material polimer optimal berdasarkan kompatibilitas proses. Melalui pendekatan integratif *waste management* dan *energy recovery*, teknologi ini memiliki potensi kontribusi strategis dalam menjaga sustainability pasokan energi masa depan melalui konversi limbah plastik menjadi sumber daya energi terbarukan [10].

2.2. Bahan Bakar Cair Dari Plastik HDPE

Berdasarkan hasil karakterisasi produk pirolisis terhadap berbagai jenis polimer plastik, pada dasarnya, berasal dari minyak bumi dan gas alam, sebagian besar jenis plastik, khususnya plastik yang termasuk dalam kelompok *polyolefin* seperti *High-Density Polyethylene* (HDPE), *Low-*

Density Polyethylene (LDPE), dan *Polypropylene* (PP), memiliki nilai kalor yang tinggi, berkisar antara 40-46 MJ/kg nilai ini setara atau bahkan melebihi nilai kalor dari bahan bakar fosil konvensional seperti bensin (44 MJ/kg) dan bensin (43 MJ/kg), kandungan hidrogen dan karbon yang tinggi dalam rantai polimer ini menjadikan plastik sebagai calon bahan baku yang potensial untuk dikonversi menjadi bahan bakar cair [11]. Minyak hasil pirolisis HDPE didominasi oleh hidrokarbon rantai panjang (C10–C20) yang menyerupai komposisi bensin, dengan kandungan parafin, olefin, dan aromatik. Keunggulan utamanya terletak pada kemurnian hidrokarbon akibat struktur kimia HDPE yang tersusun hanya dari karbon dan hidrogen, sehingga tidak menghasilkan senyawa oksigen bersifat korosif sebagaimana pada pirolisis jenis plastik lainnya [12].

2.3. Pengaruh Variasi Temperatur Suhu Pada Volume Hasil

Dalam sistem pirolisis, parameter temperatur menunjukkan korelasi determinan terhadap efisiensi konversi material, variasi temperatur operasi memberikan pengaruh yang signifikan dan sistematis terhadap *yield* minyak pirolisis dari HDPE pada suhu relatif rendah (sekitar 400-450°C), proses *cracking thermal* rantai polimer HDPE belum berlangsung sempurna, sehingga menghasilkan *yield* minyak yang lebih rendah dan produk dominan berupa lilin (*wax*) yang berwujud padat pada suhu ruang [13]. *Yield* minyak pirolisis HDPE mencapai nilai maksimum pada kisaran suhu 500 ± 20 °C, di mana energi termal yang diberikan cukup untuk memutus rantai polimer panjang menjadi fragmen hidrokarbon dengan rentang molekul yang sesuai untuk fase cair. Peningkatan suhu di atas kondisi optimal tersebut (≥ 550 °C) justru menurunkan *yield* minyak akibat terjadinya *secondary cracking*, yang menyebabkan fraksi hidrokarbon cair terdegradasi menjadi gas ringan non-kondensabel seperti metana, etana, dan propilena [14].

2.4. Laju Pembakaran (*Burning Rate*)

Laju Pembakaran (*Burning Rate*) berperan sebagai parameter kunci yang menentukan efisiensi konversi dan produk hasil pirolisis, variasi pada kecepatan pemanasan akan memicu mekanisme pemutusan rantai polimer yang berbeda pirolisis lambat (1-10°C/menit) mendorong dekomposisi bertahap yang menghasilkan senyawa hidrokarbon berat seperti lilin [15]. Pirolisis cepat dengan laju pemanasan 100–1000 °C/menit memungkinkan transfer energi termal yang intensif sehingga memicu pemutusan rantai polimer secara cepat dan acak, menghasilkan fraksi cair ringan dengan rendemen minyak yang lebih tinggi. Namun, kondisi ini juga berpotensi meningkatkan pembentukan gas akibat mekanisme *secondary cracking*, sehingga pemilihan laju pemanasan perlu disesuaikan dengan target produk. Secara umum, laju pemanasan menengah hingga tinggi direkomendasikan untuk memaksimalkan produksi bahan bakar cair dari HDPE [16].

3. Metode

3.1. Rancangan Penelitian

Penelitian ini secara komprehensif mengkaji proses konversi sampah plastik HDPE (*High-Density Polyethylene*) menjadi bahan bakar cair melalui metode pirolisis dengan menerapkan variasi suhu sebagai parameter utama, dimana proses dekomposisi termokimia tanpa oksigen pada rentang suhu 250°C, 350°C, 450°C, ini bertujuan untuk mengubah rantai polimer panjang menjadi fraksi hidrokarbon cair yang kemudian dikarakterisasi secara mendalam melalui empat aspek kritis yaitu volume hasil yang menunjukkan efisiensi konversi *burning rate* yang menganalisis karakteristik pembakaran..

3.2. Alat dan Bahan

Alat :

- a. Reaktor Pirolisis
- b. Gas Regulator
- c. *Fuel* Gas Tank
- d. *Thermocouple*
- e. Gas *Furnance*
- f. Kondensor
- g. Pipa Penghubung

- h. Saluran Gas Buang
- i. Katup Pembuangan
- j. Erlenmeyer
- k. Timbangan Digital
- l. Alat Uji Laju Pembakaran

Bahan :

- a. Sampah Plastik *HDPE*
- b. Aquade
- c. Etanol

3.3. Prosedur Penelitian

3.5.1 Persiapan Sampel Sampah Plastik *HDPE*

- a. Siapkan sampah plastik *HDPE* yang sudah dipilah.
Cuci sampah plastik *HDPE* untuk menghilangkan kotoran, pasir, dan label untuk menghasilkan produk pirolisis yang berkualitas dan mengurangi kausan pada reaktor.
Keringkan sampah plastik dengan akuades untuk menghilangkan kandungan air agar tidak mengurangi efisiensi energi dan mempengaruhi kualitas bahan bakar.
Potong atau cacah menjadi ukuran kecil dan seragam untuk memastikan perpindahan panas yang merata dan waktu pirolisis yang konsisten.

3.5.2 Persiapan Reaktor dan Proses

- a. Persiapkan jenis reaktor yang digunakan untuk penelitian.
Isi reaktor dengan sampah plastik yang *HDPE* yang sudah di cacah, pastikan tidak terlalu penuh untuk memberi ruang bagi ekspansi gas.
Sebelum pemanasan/proses pirolisis dimulai dengan alirkan gas inert ke dalam reaktor selama beberapa menit untuk menciptakan lingkungan tanpa oksigen, mencegah terjadinya pembakaran yang dapat menghasilkan abu dan gas beracun.

3.5.3 Proses Pirolisis

- a. Panaskan reaktor dengan gas regulator dengan laju pemanasan (misalnya 10-20°C per menit) penting untuk mengoptimalkan hasil.
Penetapan suhu reaktor dengan suhu tetap 250°C, 350°C, 450°C. Ini adalah suhu variasi yang digunakan untuk mengkonversi *HDPE* menjadi bahan bakar.
Pertahankan suhu 1-2 jam, tergantung jumlah dan ukuran bahan sampel.
Uap hidrokarbon yang terbentuk akan dialirkan keluar dari reaktor menuju sistem kondensasi, mengembun, dan menetes ke dalam penampung dalam bentuk cairan.

3.5.4 Proses Pemisahan dan Pembersihan

- a. Uap panas yang dialirkan dari sistem pendingin (kondensor), biasanya berupa pipa spiral yang di dinginkan dengan air, yang dimana uap akan mengembun menjadi cairan yaitu pyrolisis oil.
- b. Cairan minyak ditampung ke wadah penampung dan gas yang tidak terkondensasi (Non-Condensable Gas/NCG) seperti metana dan etana, dialirkan ke burner sebagai sumber energi untuk memanaskan reaktor, membuat proses lebih mandiri secara energi.
- c. Setelah proses selesai dan reaktor mendingin, buka reaktor dan bersihkan residu padat (char/coke) yang tertinggal didalam reaktor.
- d. Minyak/sampel pyrolisis yang dihasilkan dilanjutkan pada pengujian pengambilan data selanjutnya.

3.5.5 Proses Uji Laju Pembakaran

- a. Timbang setiap sampel ke wadah/cawan dalam kondisi kosong menggunakan neraca digital
- b. Isi cawan dengan setiap sampel variasi suhu untuk memperoleh massa bahan bakar
- c. Meletakkan sensor termokopel yang terhubung dengan program arduino uno yang terhubung langsung dengan monitor
- d. Nyalakan serial monitor Arduino IDE untuk memulai perekaman data temperatur
- e. Nyalakan bahan bakar secara bersamaan mencatat waktu pembakaran

- f. Tunggu dan catat pada api yang terbakar padam
- g. Simpan Data mentah yang dihasilkan dari software Arduino IDE
- h. Biarkan wadah pembakaran dingin hingga ke suhu ruangan
- i. Menimbang kembali wadah beserta sisa bahan bakar sebagai selisih antara massa awal dan massa sisa
- j. Menghitung laju pembakaran dengan membagi massa bahan bakar terbakar terhadap waktu pembakaran total

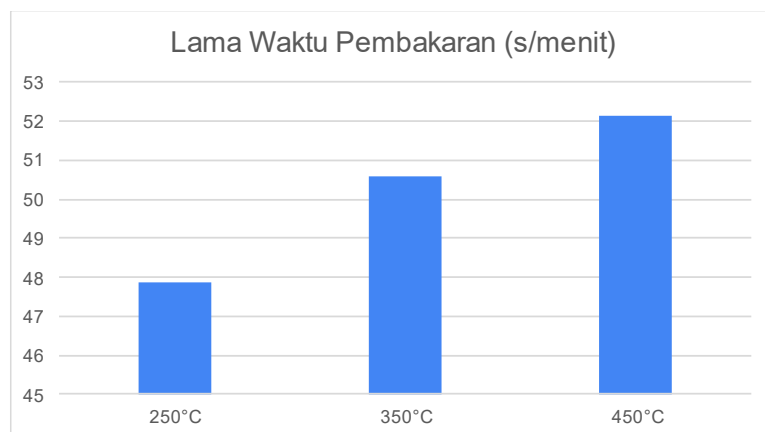
4. Hasil dan Pembahasan

Pengujian laju pembakaran (burning rate) bertujuan untuk menganalisis karakteristik pembakaran bahan bakar cair yang dihasilkan. Nilai laju pembakaran digunakan sebagai parameter kinerja bahan bakar yang mencerminkan efisiensi dan kecepatan proses pembakarannya. Sebelum pengujian, sampel minyak dipersiapkan dalam wadah standar dan dinyalakan menggunakan sumbu. Pengukuran dilakukan dengan mencatat waktu yang dibutuhkan untuk menghabiskan massa bahan bakar tertentu. Data hasil perhitungan laju pembakaran dari ketiga sampel tersebut disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 Hasil Laju Pembakaran

No	Sampel Minyak	Laju Nyala Api Pembakaran (ml/detik)	Lama Waktu Pembakaran (s)	Temperatur Suhu (°C)
1	Minyak 250°C	0,14	32,23	239°C
2	Minyak 350°C	0,16	36,68	292°C
3	Minyak 450°C	0,30	39,21	314°C

Berdasarkan dari tabel di atas dapat disimpulkan hasil yang dimasukan ke dalam software arduino IDE yang di mulai dari suhu ruangan 30°C- 32°C, dan di bakar dengan suhu 450°C dengan kecepatan angin 2 m/s , kemudian dihitung dengan massa setiap sampel-nya. Hasil dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa hasil nyala api pembakaran paling cepat terdapat pada sampel minyak sampel 250°C laju nyala api terbakar (0,14 ml/detik) dengan lama waktu terbakar sampai habis (32,23 s) sedangkan paling lambat nyala api terbakar terdapat pada minyak sampel 450°C (0,30 ml/detik) dengan lama waktu terbakar sampai habis (39,21 s).dari hasil data di atas dapat disimpulkan semakin kecil ukuran temperatur suhu maka semakin cepat laju nyala api minyak terbakar dan semakin besar temperatur suhu semakin lambat nyala api minyak yang terbakar.



Gambar 1 Hasil Pengujian Laju Pembakaran

Gambar 4.4 menunjukkan bahwa durasi pembakaran minyak pirolisis *HDPE* meningkat seiring dengan kenaikan suhu pirolisis dari 250 °C hingga 450 °C. Minyak yang dihasilkan pada suhu 450 °C memiliki waktu pembakaran terpanjang sebesar 39,21 s, diikuti oleh sampel 350 °C sebesar 36,68 s, sedangkan suhu 250 °C menunjukkan durasi terpendek yaitu 32,23 s. Tren ini mengindikasikan bahwa peningkatan suhu pirolisis memengaruhi komposisi fraksi hidrokarbon minyak, di mana suhu yang lebih tinggi cenderung menghasilkan fraksi bahan bakar yang lebih stabil terhadap proses pembakaran. Stabilitas ini berkontribusi pada laju konsumsi bahan bakar yang lebih lambat, sehingga temperatur pirolisis berperan signifikan dalam menentukan karakteristik pembakaran, khususnya durasi nyala api minyak pirolisis *HDPE*.

Minyak pirolisis yang dihasilkan pada suhu lebih rendah (250°C) cenderung mengandung fraksi hidrokarbon rantai panjang (*long-chain hydrocarbons*) dan senyawa berat yang belum terurai sempurna, sehingga memiliki volatilitas lebih rendah dan membutuhkan waktu lebih lama untuk teruapkan pada tahap awal pembakaran, namun begitu terbakar, laju konsumsi bahan bakar menjadi lebih cepat akibat energi penguapan yang lebih rendah dibandingkan dengan fraksi ringan [17]. Sebaliknya, minyak hasil pirolisis suhu tinggi (450°C) mengalami *secondary cracking* yang lebih intensif, menghasilkan fraksi hidrokarbon rantai pendek (*short-chain hydrocarbons*) dan senyawa aromatik yang lebih stabil, sehingga memiliki titik nyala lebih rendah dan terbakar lebih bertahap dengan laju konsumsi yang lebih lambat serta durasi nyala yang lebih panjang [18]. Selain itu, peningkatan suhu pirolisis juga mengurangi kandungan zat pengotor dan meningkatkan kemurnian minyak, sehingga efisiensi pembakaran meningkat dan laju pembakaran menjadi lebih terkontrol (Sunaryo et al. 2025). Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa suhu pirolisis berperan penting dalam mengatur komposisi hidrokarbon dan karakteristik pembakaran minyak pirolisis *HDPE*, di mana suhu lebih tinggi menghasilkan bahan bakar dengan stabilitas pembakaran lebih baik meskipun laju pembakarannya lebih lambat [20].

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai pengaruh variasi temperatur pirolisis sampah plastik *HDPE* terhadap karakteristik pembakaran bahan bakar cair yang dihasilkan, dapat disimpulkan bahwa temperatur pirolisis memiliki peran yang signifikan dalam menentukan kualitas dan performa pembakaran minyak pirolisis. Peningkatan suhu pirolisis dari 250 °C hingga 450 °C menunjukkan kecenderungan peningkatan durasi pembakaran, yang mengindikasikan stabilitas nyala api yang lebih baik pada suhu pirolisis yang lebih tinggi.

Minyak pirolisis yang dihasilkan pada suhu 450 °C menunjukkan waktu pembakaran terpanjang sebesar 39,21 s, diikuti oleh minyak pada suhu 350 °C sebesar 36,68 s, dan suhu 250 °C dengan durasi pembakaran terpendek sebesar 32,23 s. Hasil ini menunjukkan bahwa peningkatan temperatur pirolisis berkontribusi terhadap pembentukan fraksi hidrokarbon yang lebih stabil secara termal, sehingga laju konsumsi bahan bakar menjadi lebih lambat selama proses pembakaran.

Secara keseluruhan, proses pirolisis sampah plastik *HDPE* terbukti mampu menghasilkan bahan bakar cair dengan karakteristik pembakaran yang layak sebagai bahan

bakar alternatif. Temperatur pirolisis sebesar 450 °C memberikan performa pembakaran terbaik dalam penelitian ini, sehingga dapat direkomendasikan sebagai kondisi operasi yang optimal untuk menghasilkan minyak pirolisis HDPE dengan pembakaran yang lebih baik. Temuan ini memperkuat potensi pirolisis HDPE sebagai solusi rekayasa berkelanjutan dalam pengelolaan limbah plastik sekaligus penyediaan sumber energi alternatif yang bernilai guna.

Kontribusi Penulis: Penulis memberikan kontribusi yang signifikan dalam bidang energi terbarukan melalui pemanfaatan sampah plastik HDPE sebagai bahan baku bahan bakar alternatif. Dari sisi akademik, penelitian ini memperkaya kajian ilmiah dengan menyajikan hasil pengujian eksperimental mengenai karakteristik pembakaran minyak pirolisis HDPE yang dihasilkan melalui proses pirolisis pada variasi temperatur. Dari sisi penerapan, hasil penelitian ini menunjukkan potensi konversi limbah plastik HDPE menjadi bahan bakar cair yang ramah lingkungan, sehingga tidak hanya berkontribusi terhadap pengurangan akumulasi limbah plastik, tetapi juga membuka peluang penyediaan sumber energi alternatif yang berkelanjutan dan aplikatif bagi masyarakat.

Pendanaan: Penelitian ini dilakukan secara independen tanpa dukungan dana dari institusi atau pihak eksternal mana pun. Seluruh proses penelitian, mencakup perancangan studi, pengumpulan data, analisis dan pengolahan hasil, hingga penyusunan manuskrip, dibiayai secara mandiri oleh penulis. Pernyataan ini disampaikan untuk memastikan transparansi serta menegaskan bahwa tidak terdapat pengaruh kepentingan finansial terhadap proses penelitian maupun interpretasi hasil yang dilaporkan.

Pernyataan Ketersediaan Data: Seluruh data yang digunakan untuk mendukung temuan dalam penelitian ini dapat diperoleh melalui penulis korespondensi apabila diperlukan. Data tersebut berasal dari hasil pengujian laboratorium yang dilakukan selama pelaksanaan penelitian dan tidak dibatasi oleh ketentuan privasi maupun pertimbangan etis dalam penggunaannya.

Ucapan Terima Kasih: Penulis menyampaikan apresiasi kepada Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Jember atas penyediaan fasilitas laboratorium serta dukungan teknis yang diberikan selama pelaksanaan penelitian. Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada seluruh pihak yang telah berkontribusi, baik secara langsung maupun tidak langsung, sehingga penelitian ini dapat terlaksana dan diselesaikan dengan baik.

Konflik Kepentingan: Penulis menyatakan bahwa tidak terdapat konflik kepentingan dalam penelitian ini. Tidak ada pihak pendana yang terlibat dalam perancangan penelitian, proses pengumpulan dan analisis data, interpretasi hasil, penyusunan manuskrip, maupun pengambilan keputusan terkait publikasi hasil penelitian.

Referensi

- [1] P. B. W. Wardhana, A. F. Hanafi, A. Finali, and M. L. Umar, "Potensi Limbah Plastik sebagai Sumber Energi Terbarukan Menggunakan Proses Degradasi Termal dan Katalitik," *J-Proteksion J. Kaji. Ilm. dan Teknol. Tek. Mesin*, vol. 7, no. 1, pp. 14–20, 2022, doi: 10.32528/jp.v7i1.8242.
- [2] M. R. P. Siregar, R. Solichin, C. Aditia, and D. Ardiatma, "Pemanfaatan Limbah Plastik Jenis HDPE (High Density Poly Ethylene) Sebagai Bahan Tambahan Pembuatan Paving Block Untuk Mengurangi Sampah di Universitas Pelita Bangsa," *Ranah Res. J. Multidiscip. Res. Dev.*, vol. 7, no. 5, pp. 3671–3676, 2025, doi: 10.38035/rrj.v7i5.1691.
- [3] D. Solahudin, D. Zahara, B. Krisna, G. Priyatna, and D. Ardiatma, "Pemanfaatan Limbah Plastik Hdpe Sebagai Alternatif Material Komposit Menggunakan Laminasi Serat Bambu," *CBJIS Cross-Border J. Islam. Stud.*, vol. 7, no. 1, pp. 142–149, 2025, doi: 10.37567/cbjis.v7i1.3851.
- [4] A. Masyruroh and I. Rahmawati, "Pembuatan Recycle Plastik Hdpe Sederhana Menjadi Asbak," *ABDIKARYA J. Pengabd. dan Pemberdaya. Masy.*, vol. 3, no. 1, pp. 53–63, 2021, doi: 10.47080/abdikarya.v3i1.1278.
- [5] W. Dhamayanthi *et al.*, "Pemanfaatan HDPE (High Density Polyethylene) Menjadi Produk Komersial Pada KWT Meuseuraya Sidoarjo," *Sejag. J. Pengabd. Masy.*, vol. 1, no. 2, pp. 47–55, 2024, doi: 10.25047/sejagat.v1i2.5143.
- [6] W. Kartika, "Pemanfaatan Sampah Plastik Jenis Hdpe Dan Pet Sebagai Bahan Baku Pembuatan Bahan Bakar Minyak Alternatif Menggunakan Metode Pirolisis Dengan Katalis Zeolit Alam," *Agroindustrial Technol. J.*, vol. 6, no. 2, pp. 106–117, 2022, doi: 10.21111/atj.v6i2.8591.
- [7] N. L. Indrayani, R. Sadiana, N. A. Novianto, and N. Syahputra, "Analisis Pengaruh Temperatur Pirolisis Limbah Plastik High Density Polyethylene (Hdpe) terhadap Laju Reaksi Hasil Bio Oil sebagai Bahan Bakar Alternatif," *J. Ilm. Tek. Mesin*, vol. 9, no. 2, pp. 101–109, 2021.

-
- [8] M. S. Cahyono, S. Haryono, and W. W. Mandala, "Proses Pirolisis Untuk Mengkonversi Limbah Plastik Menjadi Bahan Bakar Minyak Menggunakan Penyaringan Adsorban (Arang dan Zeolit)," *J. Offshore Oil, Prod. Facil. Renew. Energy*, vol. 5, no. 2, p. 74, 2021, doi: 10.30588/jo.v5i2.993.
- [9] Z. Erlangga, F. Rahmadi, and D. A. Lubis, "Studi Nilai Massa Jenis Bahan Bakar Alternatif Minyak dari Proses Pirolisis Limbah Plastik HDPE (High Density Polyethylene) dan PET (Polyethylene Terephthalate)," *J. Teknol. Lingkung. Laban Basah*, vol. 11, no. 2, pp. 540–547, 2023, doi: 10.26418/jtlb.v11i2.63528.
- [10] R. B. A. Restanti and M. Mirwan, "Pengolahan Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Minyak Alternatif dengan Metode Pirolisis," *J. Serambi Eng.*, vol. 8, no. 4, pp. 7224–7231, 2023, doi: 10.32672/jse.v8i4.6789.
- [11] F. Rizki *et al.*, "Konversi Limbah High Density Polyethylene dan Polypropilene Menjadi Bahan Bakar Cair Dengan Metode Catalytic Cracking Menggunakan Katalis Magnesium Karbonat dan Fluid Catalytic Cracking," *J. Pendidik. dan Teknol. Indones.*, vol. 3, no. 8, pp. 337–342, 2023, doi: 10.52436/1.jpti.253.
- [12] I. K. Nugraheni and F. Maulana, "PREMIUM TERHADAP KONSUMSI BAHAN BAKAR DAN SUHU MESIN SEPEDA MOTOR 110 CC," vol. 6, pp. 13–19, 2019.
- [13] I. H. Sapriil Berlian, Aldi Try Kusuma, Arizal Aswan, Ahmad Zikri, "Pyrolysis of Plastic To Liquid Fuel Using Activated," *Publ. Penelit. Terap. Dan Kebijak.*, vol. 5, no. 1, pp. 9–18, 2022.
- [14] N. W. Usman, S. Suryanto, and R. Kalla, "Pengaruh variasi waktu dan suhu pirolisis terhadap kualitas bio-oil dari limbah biomassa plant filter aid (Lignoselulosa D07)," *J. Tek. Ind. Terintegrasi*, vol. 8, no. 1, pp. 1484–1493, 2025, doi: 10.31004/jutin.v8i1.42125.
- [15] F. A. Albinil and E. D. Reinhardt, "Modeling Ignition and Burning Rate of Large Woody Natural Fuels," vol. 5, no. 2, 1995.
- [16] R. R. Mulyani, Y. Chandra, and R. W. Nita, "Human : Journal of Community and Public Service Published by HAQI Publishing Service," *Hum. J. Community Public Serv.*, vol. 2, no. 2, pp. 23–30, 2023.
- [17] A. Vasileiadou, "applied sciences Thermochemical and Kinetic Analysis of Combustion of Plastic Wastes and Their Blends with Lignite," 2023.
- [18] S. Kanchan, "Use of waste plastic oil as a fuel in reactivity- controlled compression ignition engines : a bibliometric investigation from 2017 – 23," vol. 8, no. 3, pp. 206–222, 2024.
- [19] R. Article, U. S. Maret, Z. Arifin, U. S. Maret, M. Setiyo, and U. M. Magelang, "High Yield Oil from Catalytic Pyrolysis of Polyethylene Terephthalate Using Natural Zeolite : A Review," vol. 18, no. 3, pp. 1–25, 2025, doi: 10.14416/j.asep.2025.01.xxx.
- [20] M. N. Uddin and F. Wang, "A Review on the Production of Sustainable Aviation Fuels from Biomass and Wastes using Pyrolysis Technologies," pp. 0–22, 2024, doi: 10.20944/preprints202411.1404.v1.