

## Kajian Pemanfaatan Teknologi Pirolisis dalam Konversi Sampah Plastik menjadi Bahan Bakar di Indonesia

Annisa Vada Febriani<sup>1\*</sup>, Farrah Fadhillah Hanum<sup>1</sup>, Budi Setya Wardhana<sup>1</sup>,  
Siti Jamilatun<sup>1</sup>, Mar'atu Roisa Amini<sup>2</sup>

<sup>1)</sup>Magister Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Ahmad Dahlan, Jl. Ahmad Yani, Banguntapan, Bantul, D.I. Yogyakarta, 55191, Indonesia

<sup>2)</sup> Magister Teknik Kimia, Faculty of Natural and applied sciences, Suleyman Demirel University. Çünür, Süleyman Demirel Cd., 32260 Merkez/Isparta, Türkiye.

\*Corresponding Author: [2307054003@webmail.uad.ac.id](mailto:2307054003@webmail.uad.ac.id)

### ABSTRAK

Sampah plastik menjadi masalah lingkungan serius di Indonesia, dengan kontribusi signifikan terhadap polusi dan kerusakan ekosistem. Sampai tahun 2023, sekitar 38% sampah nasional belum terkelola, dan limbah plastik menyumbang 19% dari total sampah domestik. Teknologi pirolisis menawarkan solusi inovatif untuk mengatasi masalah ini melalui konversi plastik menjadi bahan bakar cair. Proses ini melibatkan pemanasan tanpa oksigen untuk memecah plastik menjadi produk energi, dengan metode seperti *thermal cracking*, *catalytic cracking*, dan *hydrocracking*. Kajian ini mengevaluasi pengaruh parameter utama seperti jenis plastik, suhu operasi, dan katalis pada efisiensi serta kualitas bahan bakar yang dihasilkan. Teknologi pirolisis tidak hanya mengurangi volume sampah secara signifikan, tetapi juga menghasilkan bahan bakar cair berkualitas tinggi dengan nilai ekonomi potensial. Namun, tantangan seperti kebutuhan investasi awal yang besar dan minimnya infrastruktur menjadi hambatan penerapan teknologi ini di Indonesia. Kajian ini menyimpulkan bahwa pirolisis memiliki potensi besar untuk mendukung strategi pengelolaan limbah berkelanjutan dan penyediaan energi alternatif. Dengan kebijakan yang mendukung dan strategi implementasi yang matang, teknologi ini dapat membantu mengurangi dampak lingkungan sekaligus mendukung transisi menuju ekonomi sirkular.

**Kata kunci:** Energi Terbarukan; Konversi Energi; Pirolisis; Sampah plastik.

### ABSTRACT

*Plastic waste is a serious environmental problem in Indonesia, contributing significantly to pollution and ecosystem damage. By 2023, around 38% of the nation's waste will remain unmanaged, and plastic waste accounts for 19% of total domestic waste. Pyrolysis technology offers an innovative solution to address this problem through the conversion of plastics into liquid fuels. The process involves heating without oxygen to break down plastics into energy products, with methods such as thermal cracking, catalytic cracking, and hydrocracking. This study evaluates the influence of key parameters such as plastic type, operating temperature, and catalyst on the efficiency and quality of the resulting fuel. Pyrolysis technology not only significantly reduces waste volume, but also produces high-quality liquid fuels with potential economic value. However, challenges such as the need for a large initial investment and the lack of infrastructure are barriers to the application of this technology in Indonesia. This study concludes that pyrolysis has great potential to support sustainable waste management strategies and alternative energy provision. With supportive policies and a well-thought-out implementation strategy, this technology can help reduce environmental impacts while supporting the transition to a circular economy.*

**Keywords:** Renewable Energy; Energy Conversion; Pyrolysis; Plastic Waste.

## 1. PENDAHULUAN

Krisis sampah masih menjadi salah satu masalah lingkungan yang paling mendesak di Indonesia. Setiap tahunnya, jutaan ton sampah dihasilkan oleh aktivitas manusia, dan sebagian besar dari sampah ini tidak dikelola dengan baik (Febriani et al., 2024). Dampaknya terhadap lingkungan sangat luas dan kompleks (Laeliyah et al., 2024). Berdasarkan data dari Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional

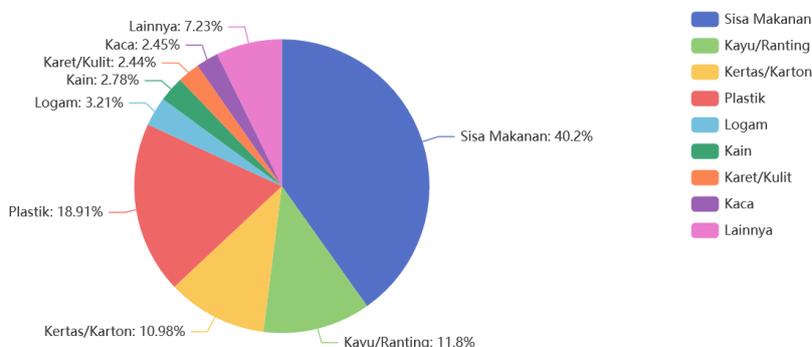
(SIPSN) Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan total timbunan sampah Indonesia di tahun 2023 mencapai 38,239,557.82 Ton. Data kinerja pencapaian pengelolaan sampah pada tahun 2023 ditunjukkan oleh Tabel. 1. Dari data pengurangan dan penanganan sampah ini diketahui bahwa dari jumlah timbunan sampah yang ada sebanyak 62% sampah telah dikelola. Namun, masih terdapat 38% sampah yang tidak terkelola. Sehingga masih diperlukan Langkah signifikan atau pengembangan teknologi pengolahan sampah tersebut.

**Tabel. 1** Kinerja pengelolaan sampah tahun 2023

Uraian	Ton	Kinerja
Timbunan sampah	38.795.897,60	
1) Sampah Terkelola	24.141.125,37	62%
a. Pengurangan sampah	5.304.942,74	14%
b. Penanganan sampah	18.836.182,63	49%
2) Sampah tidak terkelola	14.654.772,23	38%

Sumber: (Kadang & Sinaga, 2021); [SIPSN - Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional \(menlhk.go.id\)](https://sipsn.menlhk.go.id)

Berdasarkan Gambar 1. komposisi sumber sampah Indonesia dari jenisnya masih didominasi oleh sampah sisa makanan disusul dengan sampah plastik, ranting kayu dan kertas. Yang tentunya dibutuhkan pengelolaan lebih lanjut untuk mengatasi hal ini. Selain itu Jumlah sampah plastik di Indonesia diperkirakan akan terus meningkat. Dari yang sebelumnya hanya mencapai 6,8 juta ton pada tahun 2017, volume sampah plastik ini diproyeksikan bertambah sebanyak 1,9 juta ton dalam delapan tahun mendatang (Chotimah et al., 2021).



**Gambar 1.** Komposisi sampah berdasarkan jenis sampah  
 Sumber: <https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/public/data/komposisi>

Dari Gambar 1. juga diketahui bahwa sampah *plastic* masih menyumbang 18,91% dari total sampah, menunjukkan bahwa pengelolaan sampah plastik sangat penting. Karena plastik merupakan material yang sulit terurai secara alami, penanganan yang efektif seperti daur ulang atau konversi menjadi bahan bakar melalui teknologi seperti pirolisis perlu ditingkatkan untuk mengurangi dampak lingkungan yang negatif serta memaksimalkan potensi energi alternatif dari limbah plastik tersebut (Farin, 2021). Metode yang umum digunakan dalam penanganan sampah plastik hingga saat ini adalah konsep 3R, yaitu *Reuse*, *Reduce*, dan *Recycle* (Idris et al., 2024). *Reuse* mengacu pada penggunaan ulang produk-produk berbahan plastik agar dapat dimanfaatkan berkali-kali. *Reduce* berarti mengurangi konsumsi atau penggunaan produk plastik, terutama yang bersifat sekali pakai. Sementara itu, *Recycle* melibatkan proses mendaur ulang plastik agar dapat diolah menjadi produk baru yang berguna (Romianingsih, 2023).

Sampah *plastic* juga dapat dikelola secara efektif dengan meningkatkan kesadaran masyarakat terhadap lingkungan dan menjalin kerjasama antara berbagai pemangku kepentingan untuk memanfaatkan peluang energi terbarukan melalui pengembangan teknologi pengolahan sampah menjadi energi (Kadang & Sinaga, 2021). Salah satu teknologi pengolahan sampah menjadi energi yang memiliki proses yang cepat dengan residu yang paling sedikit adalah teknologi termal. Dalam teknologi termal sendiri terdapat beberapa metode yaitu insinerasi, gasifikasi dan pirolisis (Syamsiro et al., 2024a).

Selain itu Pirolisis merupakan juga masih menjadi salah satu proses yang digunakan untuk menghasilkan suatu bahan bakar minyak dari material berbahan dasar plastik (Choi et al., 2022). Hasil kajian literatur dan eksperimen menunjukkan bahwa bahan bakar yang dihasilkan dari proses tersebut memiliki karakteristik fisik dan kimia yang serupa dengan bahan bakar yang berasal dari minyak bumi (fosil) (Nofendri & Haryanto, 2021). Oleh karena ini tujuan dilakukannya *review paper* ini adalah untuk memberikan informasi mengenai metode konversi sampah menjadi energi khususnya bahan bakar minyak dalam mendukung penerapan pengolahan sampah berbasis WTE (*waste to energy*) di Indonesia.

## 2. SAMPAH PLASTIK

Sampah plastik adalah limbah yang berasal dari produk-produk berbahan dasar plastik, seperti kemasan, botol, kantong, dan berbagai barang sekali pakai lainnya. Plastik merupakan bahan sintetis yang sangat sulit terurai secara alami, sehingga menjadi salah satu penyebab utama pencemaran lingkungan (Rahmayani & Aminah, 2021). Karena sifatnya yang tidak mudah terdegradasi, sampah plastik dapat bertahan di lingkungan selama ratusan hingga ribuan tahun, mencemari tanah, air, dan laut. Oleh karena itu, pengelolaan sampah plastik melalui daur ulang, penggunaan kembali, atau konversi menjadi bahan bakar menjadi langkah penting untuk mengurangi dampak negatifnya terhadap lingkungan (Yusiyaka & Yanti, 2021).



**Gambar 2.** Sampah Plastik

Plastik dibagi menjadi dua jenis, yaitu *thermoplastic* dan *thermosetting*. *Thermoplastic* adalah jenis plastik yang akan meleleh jika dipanaskan hingga suhu tertentu dan bisa dibentuk kembali sesuai kebutuhan. Sebaliknya, *thermosetting* adalah plastik yang, setelah mengeras, tidak bisa dilelehkan lagi meskipun dipanaskan (Kamal & Heryana, 2024). Berdasarkan sifat ini, *thermoplastic* adalah plastik yang bisa didaur ulang. Untuk memudahkan identifikasi, plastik yang bisa didaur ulang biasanya diberi kode berupa angka, seperti yang diperlihatkan pada Gambar 3 (Febriansyah & Attar, 2024; Kalali et al., 2023).



**Gambar 3.** Kode sampah daur ulang

Setiap kode pada plastik memiliki arti yang berbeda dan menunjukkan karakteristik unik dari jenis plastik tersebut. Untuk memudahkan pemahaman mengenai sifat dan karakteristik sampah plastik berdasarkan kodenya, penjelasan lengkapnya telah diilustrasikan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Jenis jenis plastik yang dapat didaur ulang

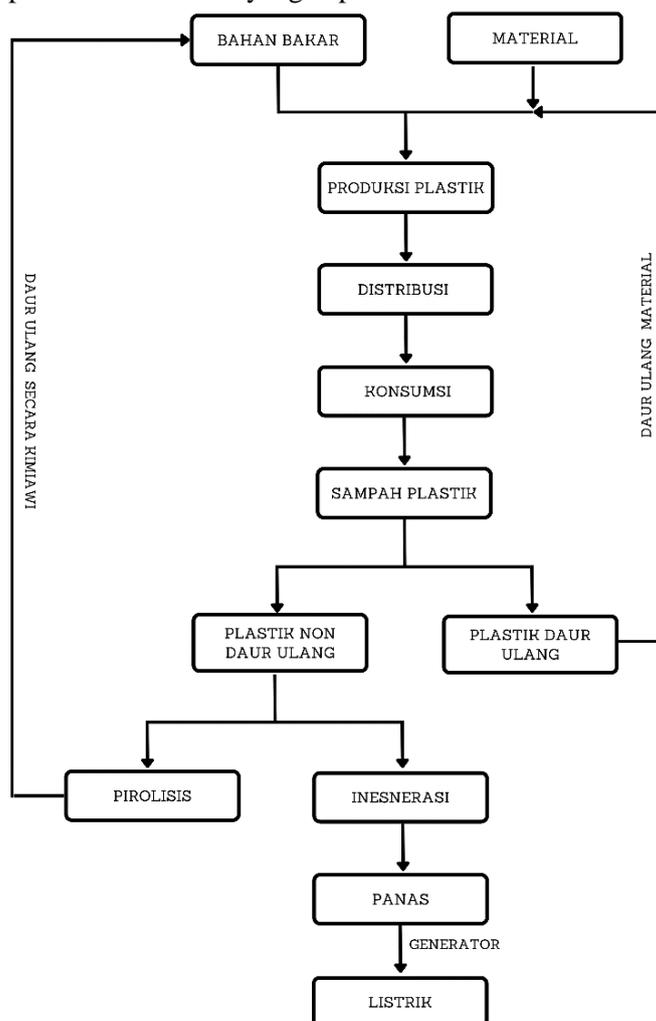
Jenis Plastik	Kode daur ulang	Titik Leleh	Karakteristik
PET ( <i>Polyethylene Terephthalate</i> )	1	250 °C	Ringan, kuat, digunakan untuk botol minuman sekali pakai, wadah makanan, dan pakaian.
HDPE ( <i>High-Density Polyethylene</i> )	2	200-280 °C	Kaku, kuat, tahan terhadap kelembapan, digunakan untuk galon susu, botol deterjen, dan kantong plastik. Daur ulang menjadi pipa dan kayu plastik.
PVC ( <i>Polyvinyl Chloride</i> )	3	160-180 °C	Serbaguna, digunakan dalam konstruksi (pipa, fitting), perangkat medis, dan kartu kredit. Dapat beracun jika dibakar.
LDPE ( <i>Low-Density Polyethylene</i> )	4	160-240°C	Fleksibel, sering digunakan untuk kantong plastik, pembungkus, dan botol tekan. Sulit didaur ulang, tetapi kadang-kadang digunakan untuk kayu plastik.
PP ( <i>Polypropylene</i> )	5	200-300 °C	Kuat, tahan panas, digunakan untuk wadah yogurt, sedotan, tutup botol, dan suku cadang otomotif. Sering didaur ulang menjadi sapu dan tempat sampah.
PS ( <i>Polystyrene</i> )	6	180-260 °C	Ringan, digunakan untuk kemasan busa (styrofoam), gelas dan piring sekali pakai, serta isolasi. Tidak banyak didaur ulang.
Other (O)	7	180-310 °C	Campuran berbagai jenis <i>plastic</i> seperti peralatan rumah tangga dan alat elektronik yang dapat didaur ulang tergantung pada komposisi bahan.

Sumber: (Sari, 2017; Wijianto & Hayatullah, 2024)

Dengan memahami berbagai jenis plastik dan karakteristiknya yang tercantum dalam Tabel 2, kita dapat lebih mudah mengidentifikasi dan memilah sampah plastik untuk proses daur ulang. Pengetahuan ini sangat penting dalam upaya mengurangi dampak negatif sampah plastik terhadap lingkungan serta meningkatkan efisiensi dalam pengelolaan limbah.

### 3. TEKNOLOGI PENGOLAHAN SAMPAH PLASTIK

Teknologi pengolahan atau daur ulang sampah plastik sangat penting untuk meminimalisir dampak negatif sampah plastik terhadap lingkungan (Utami et al., 2023)). Secara umum, metode konversi sampah plastik menjadi energi terbagi menjadi dua, yaitu konversi termal dan konversi termokimia, seperti yang diilustrasikan pada Gambar 4. Konversi termal, yang dikenal sebagai proses insinerasi, melibatkan pembakaran langsung sampah plastik untuk menghasilkan energi panas, namun metode ini dapat menghasilkan emisi yang berpotensi mencemari lingkungan jika tidak dikelola dengan baik (Bow & Kurniawan, 2021). Sementara itu, konversi termokimia seperti pirolisis memecah sampah plastik menjadi produk bernilai seperti minyak, gas, dan arang melalui pemanasan tanpa oksigen, menjadikannya metode yang lebih ramah lingkungan karena produk yang dihasilkan dapat digunakan kembali sebagai bahan bakar atau bahan kimia industri. Pirolisis adalah proses yang berlangsung pada suhu tinggi, di mana komponen organik yang lebih besar, seperti sampah plastik, terurai menjadi komponen yang lebih kecil. Plastik yang terbuat dari bahan dasar nafta hasil penyulingan minyak bumi, saat melalui pirolisis dapat terurai menjadi molekul yang lebih kecil seperti Bahan Bakar Minyak (BBM), sehingga berpotensi menjadi sumber energi yang dapat dimanfaatkan kembali. (Suryanto, 2021). Diharapkan metode ini dapat menjadi solusi untuk masalah tersebut sekaligus memberikan manfaat tambahan berupa bahan bakar cair yang dapat dimanfaatkan.



**Gambar 4.** Diagram alir proses konversi plastik menjadi energi

Mengonversi sampah plastik menjadi bahan bakar minyak termasuk dalam kategori daur ulang tersier (Helmy et al., 2020). Secara keseluruhan, pirolisis plastik dapat menghasilkan berbagai jenis

bahan bakar cair dengan karakteristik yang dapat disesuaikan melalui pengaturan suhu dan waktu proses. Ini menunjukkan bahwa pengolahan sampah plastik dapat menjadi sumber energi alternatif yang berkelanjutan, terutama dengan optimasi parameter pirolisis yang tepat (Taufiqurrohmah & Yusuf, 2022).

Teknologi yang digunakan dalam proses ini adalah *cracking* atau perengkahan untuk mengonversi sampah plastik menjadi bahan bakar cair (Jariyanti et al., 2022). Ada tiga jenis proses *cracking* yang dapat digunakan, yaitu *hydrocracking*, *thermal cracking*, dan *catalytic cracking*. Masing-masing metode memiliki karakteristik dan kondisi operasi yang berbeda, namun semuanya bertujuan untuk menghasilkan produk bernilai dari sampah plastik. (Ibrahim et al., 2022). Berikut penjelasannya:

### 3.1. *Hydro cracking*

*Hydro cracking* adalah proses yang menggunakan hidrogen dan katalis untuk memecah rantai panjang polimer plastik menjadi hidrokarbon yang lebih kecil pada suhu dan tekanan tinggi. Dalam konteks konversi sampah plastik, proses ini menghasilkan produk yang berkualitas sangat tinggi, seperti bensin, diesel, dan bahan bakar jet (Liu et al., 2021). Hidrogen yang digunakan membantu mengurangi kandungan sulfur dan nitrogen, membuat bahan bakar yang dihasilkan lebih bersih dan stabil. Meskipun sangat efektif, metode ini memerlukan investasi yang besar karena menggunakan hidrogen dan katalis mahal, serta membutuhkan peralatan yang dirancang untuk menahan kondisi operasi ekstrem. Kelebihan utama dari *hydrocracking* adalah kualitas produk yang dihasilkan sangat bersih dan siap digunakan sebagai bahan bakar, namun tantangannya adalah biaya operasional yang tinggi (Purwaningrum, 2016).

Penelitian mengenai metode *hydrocracking* pernah dilakukan oleh (Munir et al., 2020) dengan menggunakan katalis beta zeloid komposit. Jenis *plastic* yang digunakan adalah HDPE dan *plastic* campuran. Penelitian ini dilakukan dalam *reactor batch* berpengaduk 500 ml pada tekanan H<sub>2</sub> dingin 20 bar dan suhu reaksi divariasikan antar 360 dan 400 °C. Dua katalis komposit, BC27 dan BC48, yang disiapkan tanpa perlakuan awal alkali ditemukan sebagai katalis yang paling sesuai. Hasil penelitian menunjukkan kedua katalis kembali menghasilkan konversi yang hampir sama sekitar 100% dan BC27 kembali menunjukkan kinerja yang sedikit lebih baik berkenaan dengan hasil gas dan cairan. Diketahui bahwa kedua katalis untuk reaksi HDPE menghasilkan konversi yang hampir sama, tetapi jumlah hasil cairan yang lebih rendah dan hasil gas yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan reaksi yang sesuai dengan plastik campuran. Hal ini dikarenakan *plastic* campuran mengandung sejumlah besar PS, PP, dan LDPE yang diharapkan menghasilkan produk cairan yang lebih tinggi. Selain itu, interaksi antar berbagai plastik dapat menghasilkan pembentukan kandungan cairan yang lebih tinggi yang diperoleh dari *hydrocrackin plastic* campuran. Dengan BC27 dan BC48 pada suhu 400 °C, konversi sebesar 93,0 wt% diperoleh dengan campuran plastik aktual dan hasil cairan melebihi 68,0 wt%.

### 3.2. *Thermal cracking*

*Thermal cracking* adalah proses yang menggunakan panas ekstrem untuk memecah molekul plastik menjadi hidrokarbon yang lebih kecil tanpa menggunakan katalis. Ini adalah metode yang lebih sederhana dan lebih murah dibandingkan *hydrocracking* karena tidak memerlukan hidrogen atau katalis. *Thermal cracking* dapat mengolah berbagai jenis sampah plastik, bahkan yang sulit didaur ulang dengan metode lain (Wedayani, 2018). Namun, produk yang dihasilkan dari *thermal cracking* cenderung memiliki kualitas yang lebih rendah dengan kandungan olefin yang lebih tinggi, yang dapat membuat bahan bakar kurang stabil. Proses ini juga menghasilkan lebih banyak emisi dan residu padat seperti arang, serta membutuhkan energi yang tinggi karena suhu operasinya yang sangat tinggi (Ghonim, 2021).

Rodriguez Lamar et al (2021) melakukan penelitian mengenai konversi plastik PP, HDPE dan LDPE menjadi bahan bakar cair dan prekursor kimia melalui *thermal cracking*. Hasil penelitian

menunjukkan bahwa perengkahan tertinggi sebesar 72% diperoleh dengan LDPE pada suhu 390°C. Sedangkan untuk PP rendemen diperoleh 62% pada suhu 375 °C dan HDPE membutuhkan suhu tertinggi dan mencapai rendemen 69% pada suhu 400°C. PP dapat memenuhi persyaratan yang diperlukan untuk bensin, sedangkan produk HDPE dan LDPE menunjukkan karakteristik yang mirip dengan diesel. Hasil yang diperoleh dari perengkahan termal plastik yang paling banyak terdapat di alam, yaitu PP, HDPE, dan LDPE, menunjukkan hasil yang sangat menjanjikan dalam kemampuannya untuk membentuk bahan bakar cair alternatif.

### 3.3. Catalytic cracking

*Catalytic cracking* menggunakan katalis untuk mempercepat proses pemecahan rantai polimer plastik pada suhu yang lebih rendah dibandingkan *thermal cracking* (Selpiana et al., 2019). Penggunaan katalis, seperti zeolit, memungkinkan pemecahan yang lebih efisien dan terkontrol, menghasilkan bahan bakar dengan kualitas lebih tinggi, seperti bensin dan diesel dengan kandungan olefin yang lebih rendah, sehingga lebih stabil (Nindita, 2016). *Catalytic cracking* lebih hemat energi dibanding *thermal cracking* karena beroperasi pada suhu yang lebih rendah, namun tetap menghasilkan produk bernilai tinggi. Katalis harus dirawat atau diganti secara berkala, yang menambah biaya operasional, tetapi hasil akhirnya lebih baik dalam hal kualitas produk dan efisiensi energi (Suyanto & Nigel, 2023).

Penelitian mengenai konversi LDPE dan PP menjadi bahan bakar cair dengan metode *catalytic cracking* pernah dilakukan oleh (Rizki et al., 2023) dengan menggunakan katalis *magnesium karbonat* dan *fluid catalytic cracking*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu dan katalis memiliki pengaruh signifikan terhadap produk yang dihasilkan. Peningkatan suhu cenderung meningkatkan yield, tetapi berbanding terbalik dengan densitasnya; semakin rendah densitas, semakin tinggi API gravity. Selain itu, minyak pirolisis yang dihasilkan dari plastik polypropylene diklasifikasikan sebagai minyak diesel karena nilai cetane-nya sesuai dengan standar dan mutu bahan bakar jenis solar yang diatur dalam nomor 28.K/10/DJ.M.T/2016. Selain itu beberapa penelitian lain mengani pengolahan sampah *plastic* menjadi energi disajikan pada tabel berikut:

**Tabel 3.** Penelitian pengolahan sampah plastik menjadi energi

Referensi	Jenis Plastik	Suhu (°C)	Waktu	Hasil
(Novia, 2021)	PET	-	-	PET 500 gram menghasilkan 90 ml minyak. Massa jenis minyak pirolisis tersebut adalah 0,688 g/ml dan titik nyalanya berada di antara minyak tanah dan minyak premium.
(Istoto & Puspitasari, 2024)	HDPE	450 - 621	4 jam	HDPE 5 Kg menghasilkan: Nafta 3,25 liter; bensin 0,85 liter; solar 0,325 liter (88,86% bahan bakar total), dan karbon aktif 18,06 gram;
	LDPE		3 jam	LDPE 5 Kg menghasilkan: bensin 2,9 liter; solar 0,1 liter (70,38% bahan bakar total), dan karbon aktif 19 gram.
(Azis & Rante, 2021)	PP	400	25 menit	PP 500 gram menghasilkan minyak pirolisis dengan densitas 0,7542 gram/ml (rentang densitas bensin) dan nilai kalor 11.621,4 kal/gram (mendekati kalor bensin).
(Aswan et al., 2021)	PP	400	60 menit	Menghasilkan minyak dengan karakteristik: Yield 8,16%; densitas 779,7 kg/m <sup>3</sup> ; viskositas 1,93 mm <sup>2</sup> /s dan nilai kalor 77411,1793 cal/gr

		450	60 menit	Menghasilkan minyak dengan karakteristik: Yield 9,82 %; densitas 767 kg/m <sup>3</sup> ; viskositas 1,84 mm <sup>2</sup> /s dan nilai kalor 6395, 2803 cal/gr
(Zikri et al., 2020)	PS	460	60 menit	Menghasilkan minyak dengan karakteristik: Yield 77,78 %; densitas 839,28 kg/m <sup>3</sup> dan viskositas 2,88 mm <sup>2</sup> /s

Berdasarkan penjelasan dan data pada Tabel 3, dapat disimpulkan bahwa terdapat beberapa faktor yang memengaruhi proses konversi plastik menjadi bahan bakar. Berikut penjelasannya:

#### 1. Suhu dan waktu

Semakin tinggi suhu dan semakin lama waktu proses pirolisis, maka jumlah minyak yang dihasilkan akan semakin banyak (Sari, 2017). Dengan meningkatnya suhu pemanasan, senyawa-senyawa dalam plastik akan terurai secara sempurna. Hal ini terjadi karena, menurut persamaan Arrhenius, semakin tinggi suhu, semakin besar pula konstanta dekomposisi termal, yang mengakibatkan laju pirolisis meningkat, sehingga uap hidrokarbon lebih cepat terkondensasi menjadi cairan hidrokarbon (Jahiding et al., 2020).

#### 2. Jenis plastik

Jenis plastik sangat mempengaruhi hasil dan efisiensi konversi plastik menjadi bahan bakar melalui proses pirolisis. Setiap jenis plastik memiliki struktur kimia dan komposisi yang berbeda, yang berpengaruh pada hasil bahan bakar (yield) serta produk akhir (gas, cair, atau padatan) yang dihasilkan (Syamsiro et al., 2024b). Jenis plastik yang paling cocok untuk konversi menjadi bahan bakar cair adalah PE dan PP, karena keduanya menghasilkan cairan dalam jumlah besar dengan kualitas yang baik dan memiliki hasil (yield) yang lebih tinggi. Sementara itu, jenis plastik seperti PVC dan PET kurang ideal karena dapat menghasilkan zat beracun atau yield yang rendah (Hanani & Damayanti, 2015).

#### 3. Katalis

Penggunaan katalis dalam proses pirolisis dapat mempercepat konversi dan menghasilkan minyak dengan kualitas yang lebih baik (Sari, 2017). Menurut (Angraini, 2023) Penggunaan katalis akan mengurangi fraksi minyak dan residu serta meningkatkan fraksi gas dibandingkan dengan degradasi termal. Ini terjadi karena fraksi minyak yang dihasilkan dari degradasi termal dipecah oleh katalis, memotong rantai panjang hidrokarbon menjadi rantai yang lebih pendek. Dengan meningkatnya suhu, lebih banyak ikatan karbon yang terputus, sehingga persentase hasil (rendemen) akan bertambah.

### 4. KESIMPULAN

Pengelolaan sampah, khususnya sampah plastik, merupakan tantangan serius di Indonesia yang memerlukan perhatian dan tindakan segera. Dari data yang disajikan, terlihat bahwa meskipun 62% dari total timbunan sampah telah dikelola, masih terdapat 38% sampah yang tidak terkelola dengan baik, termasuk limbah plastik yang berkontribusi signifikan terhadap pencemaran lingkungan. Oleh karena itu, penting untuk meningkatkan kesadaran masyarakat dan kolaborasi antara berbagai pemangku kepentingan untuk mengatasi krisis ini.

Metode pengolahan sampah, terutama teknologi konversi menjadi energi, seperti pirolisis, menunjukkan potensi besar dalam mengurangi dampak negatif sampah plastik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konversi sampah plastik menjadi bahan bakar minyak dapat menghasilkan produk dengan sifat fisik dan kimia yang serupa dengan bahan bakar fosil, sehingga dapat digunakan sebagai alternatif energi. Selain itu, pengelolaan sampah dengan pendekatan 3R (Reuse, Reduce, Recycle) dan pengembangan teknologi daur ulang yang efisien sangat penting dalam menciptakan solusi berkelanjutan.

Secara keseluruhan, upaya untuk mengolah sampah plastik menjadi energi harus diperkuat dengan inovasi teknologi dan kerjasama lintas sektor, guna mencapai tujuan pengurangan sampah dan

pencemaran lingkungan. Dengan langkah-langkah yang tepat, diharapkan dapat tercapai pengelolaan sampah yang lebih efektif dan berkelanjutan di Indonesia.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Anggraini, T. (2023). Konversi Plastik Menjadi Bahan Bakar Cair Ditinjau Dari Pengaruh Variasi Zeolit Dan Temperatur Dengan Metode Pirolisis. *Chemtag Journal Of Chemical Engineering*, 4(2), 28–33.
- Aswan, A., Ridwan, K. A., Fatria, F., Trijayanti, B., & Sari, R. H. H. (2021). Pengolahan Plastik Polystyrene Dan Polypropylene Menjadi Liquid Fuel Menggunakan Katalis Gamma Alumina ( $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) Dan Zeolit Teraktivasi Dalam Single Stage Separator. *Publikasi Penelitian Terapan Dan Kebijakan*, 4(2), 65–73.
- Azis, H. A., & Rante, H. B. (2021). Produksi Bahan Bakar Cair Dari Limbah Plastik Polypropylene (Pp) Metode Pirolisis. *Journal Of Chemical Process Engineering*, 6(1), 18–23.
- Bow, Y., & Kurniawan, S. (2021). *Bahan Bakar Minyak Dari Limbah Kantong Kresek*.
- Choi, I.-H., Lee, H.-J., Rhim, G.-B., Chun, D.-H., Lee, K.-H., & Hwang, K.-R. (2022). Catalytic Hydrocracking Of Heavy Wax From Pyrolysis Of Plastic Wastes Using Pd/H $\beta$  For Naphtha-Ranged Hydrocarbon Production. *Journal Of Analytical And Applied Pyrolysis*, 161, 105424.
- Chotimah, H. C., Iswardhana, M. R., & Rizky, L. (2021). Model Collaborative Governance Dalam Pengelolaan Sampah Plastik Laut Guna Mewujudkan Ketahanan Maritim Di Indonesia. *Jurnal Ketahanan Nasional*, 27(3), 348–376.
- Farin, S. E. (2021). Penumpukan Sampah Plastik Yang Sulit Terurai Berperngaruh Pada Lingkungan Hidup Yang Akan Datang. *Universitas Lambung Mangkurat, Banjarmasin*.
- Febriani, A. V., Idris, M., & Hakim, L. (2024). Tranformasi Minyak Jelantah menjadi Renewable Energy Dalam Perspektif Al Islam dan Kemuhammadiyah. *Jurnal Kemuhammadiyah dan Integrasi Ilmu*, 2(2), 193-202.
- Febriansyah, M. C., & Attar, M. (2024). Prototipe Bata Lego (Interlock) Berbahan Dasar Sampah Plastik Daur Ulang Jenis Polimer Hdpe. *Teknosains: Media Informasi Sains Dan Teknologi*, 18(1), 1–12.
- Ghonim, D. R. (N.D.). *Tugas Akhir– T1184834 Studi Pengaruh Katalis Zeolite Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Dalam Proses Pirolisis Katalitik Pada Sampah Low Density Polyethylene Untuk Produksi Bahan Bakar*.
- Hanani, K. R., & Damayanti, A. (2015). Kajian Pirolisis Plastik Low Density Polyethilene Dan Poly Propilene Sebagai Bahan Bakar. *Jurnal Teknik Its*, 4(1), 1–4.
- Helmy, B., Windarta, J., & Giovanni, E. H. (2020). Konversi Limbah Plastik Menjadi Bahan Bakar. *Jurnal Energi Baru Dan Terbarukan*, 1(1), 1–7.
- Ibrahim, M., Machmud, M. N., & Ali, M. (2022). Bahan Bakar Minyak Dari Berbagai Metode Konversi Sampah Plastik. *Journal Of Engineering And Science*, 1(1), 20–30.
- Idris, M., Setyawan, M., & Mufrodi, Z. (2024). Teknologi Insinerasi Sebagai Solusi Pengolahan Sampah Perkotaan dan Pemulihan Energi: A Review. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi 2024, April*.
- Istoto, E. H., & Puspitasari, P. (2024). Produksi Bahan Bakar Dari Limbah Plastik Hdpe Dan Ldpe Menggunakan Metode Pirolisis. *Jurnal Syntax Admiration*, 5(4), 1154–1162.
- Jahiding, M., Nurfianti, E., Hasan, E. S., & Rizki, R. S. (2020). Analisis Pengaruh Temperatur Pirolisis Terhadap Kualitas Bahan Bakar Minyak Dari Limbah Plastik Polipropilena. *Gravitasi*, 19(1), 6–10.

- Jariyanti, J., Tahir, R. Bin, & Sajaruddin, S. (2022). Pemanfaatan Limbah Plastik Botol Bekas Sebagai Bahan Bakar Alternatif Energi Terbarukan. *Jurnal Ilmiah Teknik Informatika Dan Komunikasi*, 2(1), 12–18.
- Kadang, J. M., & Sinaga, N. (2021). Pengembangan Teknologi Konversi Sampah Untuk Efektifitas Pengolahan Sampah Dan Energi Berkelanjutan. *Teknika*, 15(1), 33–44.
- Kalali, E. N., Lotfian, S., Shabestari, M. E., Khayatzaheh, S., Zhao, C., & Nezhad, H. Y. (2023). A Critical Review Of The Current Progress Of *Plastic* Waste Recycling Technology In Structural Materials. *Current Opinion In Green And Sustainable Chemistry*, 40, 100763.
- Kamal, D., & Heryana, G. (2024). Karakteristik Hasil Co-Pyrolysis Dari Limbah Plastik Dan Oli Bekas. *Jurnal Teknik Mesin Dan Mekatronika (Journal Of Mechanical Engineering And Mechatronics)*, 9(2), 1–9.
- Laeliyah, D. S., Noor, N. N., Sabillah, A., Kamal, U., & Fikri, M. A. H. (2024). Kebijakan Hukum Pengelolaan Food Loss And Waste Melalui Usda (United States Departement Of Agriculture And Public Domain Policy). *Kultura: Jurnal Ilmu Hukum, Sosial, Dan Humaniora*, 2(6), 25–41.
- Liu, S., Kots, P. A., Vance, B. C., Danielson, A., & Vlachos, D. G. (2021). *Plastic* Waste To Fuels By Hydrocracking At Mild Conditions. *Science Advances*, 7(17), Eabf8283.
- Munir, D., Amer, H., Aslam, R., Bououdina, M., & Usman, M. R. (2020). Composite Zeolite Beta Catalysts For Catalytic Hydrocracking Of *Plastic* Waste To Liquid Fuels. *Materials For Renewable And Sustainable Energy*, 9, 1–13.
- Nindita, V. (2016). Studi Berbagai Metode Pembuatan Bbm Dari Sampah Plastik Jenis Ldpe Dan Pvc Dengan Metode Thermal & Catalytic Cracking (Ni-Cr/Zeolit). *Teknis*, 10(3).
- Nofendri, Y., & Haryanto, A. (2021). Perancangan Alat Pirolisis Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar. *Jurnal Kajian Teknik Mesin*, 6(1), 1–11.
- Novia, T. (2021). Pengolahan Limbah Sampah Plastik Polythylene Terephthlate (Pet) Menjadi Bahan Bakar Minyak Dengan Proses Pirolisis. *Gravitasi: Jurnal Pendidikan Fisika Dan Sains*, 4(01), 33–41.
- Purwaningrum, P. (2016). Upaya Mengurangi Timbulan Sampah Plastik Di Lingkungan. *Indonesian Journal Of Urban And Environmental Technology*, 8(2), 141–147.
- Rahmayani, C. A., & Aminah, A. (2021). Efektivitas Pengendalian Sampah Plastik Untuk Mendukung Kelestarian Lingkungan Hidup Di Kota Semarang. *Jurnal Pembangunan Hukum Indonesia*, 3(1), 18–33.
- Rizki, F., Zebra Penukal, N., Al Syahdy, H., Aswan, A., Junaidi, R., Zurohaina, Z., & Silviyati, I. (2023). Konversi Limbah High Density Polyethylene Dan Polypropilene Menjadi Bahan Bakar Cair Dengan Metode Catalytic Cracking Menggunakan Katalis Magnesium Karbonat Dan Fluid Catalytic Cracking. *Jurnal Pendidikan Dan Teknologi Indonesia*, 3(8), 337–342.
- Rodriguez Lamar, Y., Noboa, J., Torres Miranda, A. S., & Almeida Streitwieser, D. (2021). Conversion Of Pp, Hdpe And Ldpe *Plastics* Into Liquid Fuels And Chemical Precursors By Thermal Cracking. *Journal Of Polymers And The Environment*, 29(12), 3842–3853.
- Romianingsih, N. P. W. (2023). Waste To Energy In Indonesia: Opportunities And Challenges. *Journal Of Sustainability, Society, And Eco-Welfare*, 1(1).
- Sari, G. L. (2017). Kajian Potensi Pemanfaatan Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Cair. *Al-Ard: Jurnal Teknik Lingkungan*, 3(1), 6–13.

- Selpiana, S., Susmanto, P., Cundari, L., Putri, R. W., Ibrahim, O., & Oktari, D. (2019). Pengaruh Waktu Dan Temperatur Terhadap Sifat Fisik Cairan Hasil Proses Perengkahan Limbah Plastik Jenis Expanded Polystyrene. *Indonesian Journal Of Industrial Research*, 30(2), 445-159.
- Suryanto, M. H. (2021). Analisa Berbagai Metode Mengkonversi Sampah Plastik Menjadi Energi Listrik. *Seminar Nasional Teknik Elektro*, 6(1), 159–166.
- Suyanto, V., & Nigel, N. (2023). *Pengolahan Limbah Film Ldpe Menjadi Bahan Bakar Cair Dengan Metode Catalytic Cracking Dalam Pelarut Stearin*.
- Syamsiro, M., Setyono, P., Hariyanti, K., & Sutanto, G. (2024a). Kajian Teknologi Alternatif Pengolahan Sampah Padat Perkotaan Menjadi Energi Terbarukan Ramah Lingkungan. *J-Proteksion: Jurnal Kajian Ilmiah Dan Teknologi Teknik Mesin*, 9(1), 19–30.
- Syamsiro, M., Setyono, P., Hariyanti, K., & Sutanto, G. (2024b). Kajian Teknologi Alternatif Pengolahan Sampah Padat Perkotaan Menjadi Energi Terbarukan Ramah Lingkungan. *J-Proteksion: Jurnal Kajian Ilmiah Dan Teknologi Teknik Mesin*, 9(1), 19–30.
- Taufiqurrohman, M., & Yusuf, M. (2022). Pemanfaatan Energi Terbarukan Dalam Pengolahan Daur Ulang Limbah. *Jurnal Mentari: Manajemen, Pendidikan Dan Teknologi Informasi*, 1(1), 46–57.
- Utami, M., Hasanudin, S. S., Hauli, L., Amin, A. K., & Saputri, W. D. (2023). *Konversi Sampah Plastik Menjadi Gasoline Aplikasi Katalis Berbasis Zirkonia, Zeolit, Dan Bentonit*. Nas Media Pustaka.
- Wedayani, N. M. (2018). Studi Pengelolaan Sampah Plastik Di Pantai Kuta Sebagai Bahan Bakar Minyak. *Jurnal Presipitasi: Media Komunikasi Dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, 15(2), 122.
- Wijianto, & Hayatullah, W. (2024). Utilization Of Pp Plastic Waste For Fuel Oil Production Through Pyrolysis Process With Rice Husk Briquette Burning Gasification. *Engineering Proceedings*, 63(1), 22.
- Yusiyaka, R. A., & Yanti, A. D. (2021). Ecobrick: Solusi Cerdas Dan Praktis Untuk Pengelolaan Sampah Plastik. *Learning Community: Jurnal Pendidikan Luar Sekolah*, 5(2), 68–74.
- Zikri, A., Febriana, I., Amin, J. M., Pratiwi, A., Pratiwi, M., & Reyhan, M. H. (2020). Pengaruh Jumlah Katalis Dan Temperatur Pada Proses Pembuatan Bahan Bakar Cair Limbah Styrofoam Dengan Metode Catalytic Cracking. *Kinetika*, 11(1), 9–17.