

# Pengaruh Jenis Plastik Terhadap Kualitas Minyak Pirolisis: Studi Konversi, Angka Cetane dan Angka Oktan Menggunakan Reactor Pirolisis Tabung Mendatar Kapasitas 100 Kg Self-Sufficient

*The Effect of Plastic Type on Pyrolysis Oil Quality: Conversion Study, Cetane Number and Octane Number Using a Horizontal Tube Pyrolysis Reactor with a Capacity of 100 Kg Self-Sufficient*

**Riyan Maulana<sup>1</sup>, Rivkih Amanulloh<sup>2\*</sup>, Bambang Sugiantoro<sup>3</sup>, Mastur<sup>4</sup>**

<sup>1,3,4</sup>Program Studi S1 Teknik Mesin STT Wiworotomo Purwokerto

<sup>2</sup>Program Studi D3 Teknik Mesin STT Wiworotomo Purwokerto

\*Corresponding Author Email: [rivkih.amanu3003@gmail.com](mailto:rivkih.amanu3003@gmail.com)

## Abstrak

Penelitian ini menganalisis karakteristik minyak hasil pirolisis dari berbagai jenis plastik, termasuk polietilena (PE), polipropilena (PP), polistirena (PS), dan Styrofoam, serta plastik campuran, dengan fokus pada konversi minyak, angka cetane, dan angka oktan. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa durasi optimal pirolisis adalah 4 jam, di mana produksi minyak mencapai titik tertinggi sebelum berkurang akibat peningkatan pembentukan gas. PE dan PP menunjukkan konversi minyak tertinggi (>70%), dengan rantai hidrokarbon yang lebih panjang dan kestabilan termal yang baik, sehingga lebih sesuai untuk aplikasi bahan bakar diesel. Sebaliknya, PS dan Styrofoam menghasilkan minyak dengan angka oktan tinggi (>90), tetapi dengan konversi minyak yang lebih rendah (<70%), akibat dekomposisi struktur aromatik yang lebih kompleks. Hal ini menjadikan minyak hasil pirolisis PS dan Styrofoam lebih sesuai sebagai substitusi bensin. Perbedaan komposisi hidrokarbon dalam produk minyak ini menunjukkan bahwa karakteristik bahan bakar yang dihasilkan sangat bergantung pada jenis plastik yang digunakan. Oleh karena itu, optimasi pirolisis dengan katalis atau modifikasi kondisi reaktor diperlukan untuk meningkatkan selektivitas terhadap fraksi bahan bakar yang diinginkan, baik untuk aplikasi diesel maupun bensin.

**Kata kunci:** Pirolisis plastik, minyak pirolisis, angka cetane, angka oktan, bahan bakar alternatif.

## Abstract

*This study analyzes the characteristics of pyrolysis oil derived from various types of plastics, including polyethylene (PE), polypropylene (PP), polystyrene (PS), Styrofoam, and mixed plastics, with a focus on oil conversion, cetane number, and octane number. Experimental findings indicate that the optimal pyrolysis duration is 4 hours, during which oil production reaches its peak before declining due to increased gas formation. PE and PP exhibit the highest oil conversion rates (>70%), attributed to their long hydrocarbon chains and high thermal stability, making them more suitable for diesel fuel applications. Conversely, PS and Styrofoam produce pyrolysis oil with a high octane rating, yet lower oil conversion rates (<70%), due to the complex decomposition of aromatic structures. As a result, pyrolysis oil from PS and Styrofoam is more suitable as a gasoline substitute. The variations in hydrocarbon composition among these oil products demonstrate that the fuel properties are significantly influenced by the type of plastic feedstock. Therefore, optimizing the pyrolysis process through catalyst implementation or reactor condition modifications is essential to enhance selectivity towards the desired fuel fractions, whether for diesel or gasoline applications.*

**Keywords:** *Pyrolysis of Plastic, Pyrolysis Oil, Cetane Number, Octane Number, Alternative Fuel.*

## **1 PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

eningkatan produksi sampah plastik di perkotaan telah menjadi tantangan serius bagi lingkungan, terutama karena sifat plastik yang sulit terurai secara alami. Salah satu solusi yang menjanjikan dalam pengelolaan limbah plastik adalah pirolisis, yaitu proses termokimia yang mengubah plastik menjadi produk bernilai ekonomi seperti bahan bakar cair, gas, dan residu karbon. Teknologi ini berpotensi mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil sekaligus menangani permasalahan limbah plastik secara lebih berkelanjutan, dengan potensi timbulan sampah global 300 juta ton per tahun, dampak negative limbah plastik terhadap ekosistem darat dan perairan sepertiganya langsung jadi limbah tanpa pengelolaan, (Thompson et al., 2009), (Geyer et al., 2017). Plastik mencemari tanah dan air, dan dekomposisi yang mencapai ratusan tahun, (Jambeck et al., 2015), (Andrady, 2011).

Sampah plastik dibakar akan menimbulkan emisi yang membahayakan kesehatan (Soni et al., 2021). Teknologi pirolisis masih memiliki efisiensi rendah dan karakteristik minyak hasil belum terspesifikasikan terutama cetane dan oktan minyak cair hasil pirolisis (Mangesh et al., 2020; Armenise et al., 2021), (Qureshi et al., 2020), (Klaimy et al., 2021). (Kabeyi et al., 2023). Pengelolaan dengan daur ulang akan meningkatkan ekonomi sirkular, (Mong et al., 2024), (Kartik et al., 2022). Proses pirolisis akan mencegah emisi lingkungan, pemanasan tertutup didukung system pengelolaan gas dari berbagai sumber sampah sebagai energi panas. (Nalluri et al., 2021; Suhartono et al., 2022), (Babaremu et al., 2022).

Pirolisis plastik menghasilkan minyak dengan karakteristik yang bergantung pada jenis plastik yang digunakan dan kondisi operasionalnya, (Saebea et al., 2020; Zallaya et al., 2022), (Kaimal et al., 2016). Beberapa penelitian telah menunjukkan bahwa polietilena (PE) dan polipropilena (PP) menghasilkan minyak dengan rantai hidrokarbon panjang yang cocok sebagai bahan bakar diesel, sementara polistirena (PS) dan Styrofoam menghasilkan minyak dengan angka oktan tinggi yang lebih sesuai untuk substitusi bensin. Namun, optimasi lebih lanjut diperlukan untuk meningkatkan selektivitas terhadap fraksi bahan bakar yang diinginkan serta efisiensi konversi energi.

### **1.2. Tujuan Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik minyak hasil pirolisis dari berbagai jenis plastik serta mengoptimalkan kondisi pirolisis guna meningkatkan konversi energi. Fokus utama penelitian ini meliputi:

- a. Evaluasi konversi minyak dari berbagai jenis plastik, termasuk PE, PP, PS, Styrofoam, dan plastik campuran.
- b. Analisis angka cetane dan angka oktan untuk menentukan kesesuaian produk minyak terhadap aplikasi bahan bakar diesel atau bensin.
- c. Kajian pengaruh durasi pirolisis terhadap hasil konversi minyak dan pembentukan gas.

### **1.3. Signifikansi Penelitian**

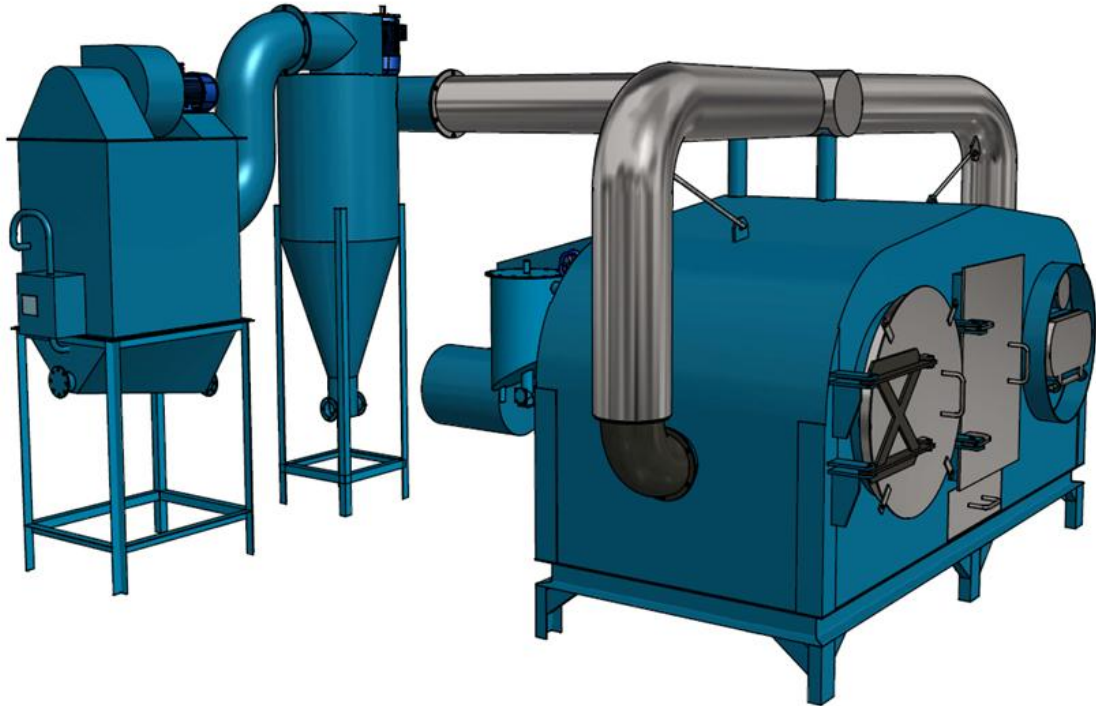
Penelitian ini berkontribusi pada pengembangan teknologi konversi energi berbasis limbah plastik yang lebih efisien dan ramah lingkungan. Dengan optimasi proses pirolisis, hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar bagi implementasi teknologi pirolisis skala industri serta mendukung transisi menuju energi alternatif yang lebih berkelanjutan.

## **2. METODOLOGI**

### **2.1 Desain dan Konfigurasi Reaktor**

Reaktor ini memiliki ruang pirolisis utama berbentuk tabung horizontal dengan diameter 760 mm dan panjang 1200 mm. Produk pirolisis dikondensasikan melalui sistem kondensor bertingkat dengan kemiringan 15°, yang dirancang untuk memisahkan fraksi bahan bakar berdasarkan titik didihnya. Kondensor solar ( $\varnothing$  300 mm, L = 700 mm) mengembunkan fraksi berat setara solar.

Dimensi kondensor didesai berbeda, kondensor minyak tanah ( $\varnothing$  250 mm, L = 700 mm) dan kondensor bensin ( $\varnothing$  200 mm, L = 700 mm) menghasilkan fraksi ringan seperti bensin, ditunjukkan gambar 1.



**Gambar 1.** Desain Reaktor Plastik Campuran

**a. Level dan Faktor**

**Tabel.1.** Faktor dan Level

No	Faktor	Level		
		1	2	3
1	Suhu Proses pirolisis ( $^{\circ}\text{C}$ )	300	325	350
2	Lama Proses (Jam)	2	4	6
3	Jenis Plastik dan persentase	PE 100%	PP 100%	PS 100%
4	Plastik Campuran	PE 50%, PP 30%, PS 20%		

**c. Variabel Kontrol :** Tekanan: Proses dilakukan dalam kondisi anaerobik dengan tekanan yang dikontrol agar tetap di bawah 1 atm.

**d. Metode Pengujian Efisiensi Konversi pada Reaktor Pirolisis**

Efisiensi konversi pada reaktor pirolisis dievaluasi dengan menganalisis persentase konversi bahan plastik menjadi tiga fraksi utama: bahan bakar cair, gas pirolisis, dan residu padat. Pengujian dilakukan melalui serangkaian metode berikut:

**1. Analisis Kualitas Bahan Bakar Cair**

Pengujian bahan bakar cair dilakukan untuk menilai karakteristik fisikokimia produk pirolisis, khususnya fraksi solar dan bensin. Parameter utama yang diuji meliputi: (1). Penentuan Octane Number (ON) untuk bensin dan Cetane Number (CN) untuk solar, guna menilai kinerja bahan bakar dalam mesin pembakaran dalam. (2). Pengukuran densitas dan viskositas sesuai standar ASTM D1298 dan ASTM D445. (3). Analisis komposisi kimia menggunakan Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS) untuk mengidentifikasi senyawa hidrokarbon dominan dalam bahan bakar hasil pirolisis.

**2. Evaluasi Kinerja Reaktor Pirolisis**

Kinerja sistem reaktor pirolisis dievaluasi berdasarkan efisiensi termal, konsumsi energi, dan pemanfaatan kembali gas pirolisis. Metode yang digunakan meliputi (1). Pengukuran konsumsi energi total, yang dihitung berdasarkan daya pemanas listrik atau jumlah bahan bakar yang digunakan untuk mencapai suhu operasi optimal.(2). Efisiensi pemanasan reaktor, ditentukan dengan membandingkan energi yang terserap oleh sampah plastik dengan total energi yang diberikan ke sistem pemanasan. (3). Pemanfaatan kembali gas pirolisis, dievaluasi dengan mengukur volume gas yang dikembalikan ke sistem sebagai sumber energi untuk pemanasan ulang, guna meningkatkan efisiensi termal secara keseluruhan.

### **3. Pengukuran Suhu dan Distribusi Panas**

Distribusi suhu dalam reaktor sangat berpengaruh terhadap hasil pirolisis dan efisiensi konversi. Pengukuran dilakukan menggunakan **termokopel tipe K**, yang ditempatkan pada beberapa titik strategis dalam reaktor untuk mencatat perubahan suhu secara real-time. Data yang diperoleh dibandingkan dengan standar **ASTM E230**, yang mengatur spesifikasi akurasi termokopel untuk aplikasi industri dan penelitian.

#### **e. Lokasi Pengujian**

Pengujian dilaksanakan di TPST Rawalo sebagaimana ditunjukkan gambar 2 dan 3, yang merupakan rangkaian penerapan teknologi reaktor ganda pirolisis plastik sampah perkotaan.



**Gambar 2.** Pemasangan dan setting mesin pirolisis



**Gambar 3.** Pemberian petunjuk operasi mesin pirolisis di TPST Rawalo, Banyumas.

### 3. HASIL PENGUJIAN

#### 3.1. Hasil Pirolisis Berdasarkan Jenis Plastik

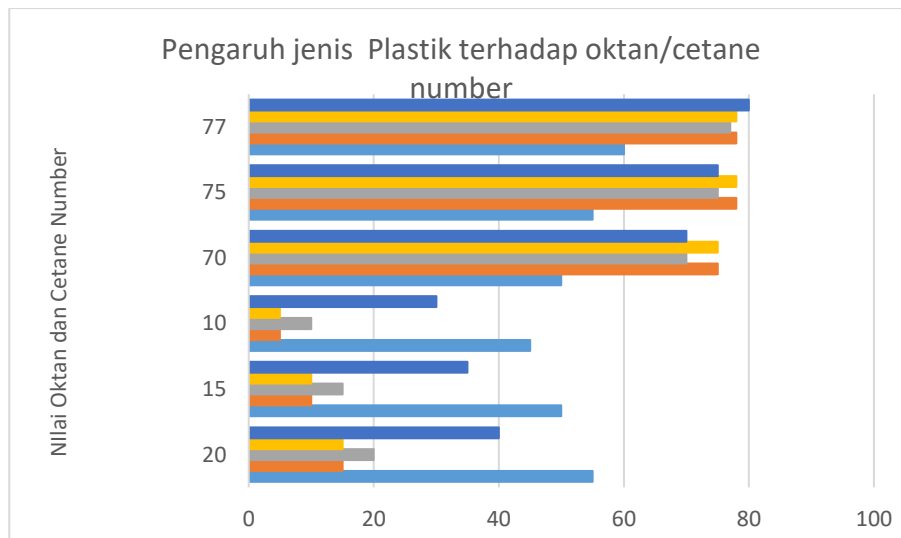
Hasil pengujian angka cetane dan oktan ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2. Data Angka Cetane dan Oktan

Jenis Plastik	Cetane (2 jam)	Cetane (4 jam)	Cetane (6 jam)	Oktan (2 jam)	Oktan (4 jam)	Oktan (6 jam)
PE 100%	55	50	45	50	55	60
PP 100%	45	40	35	60	65	70
PS 100%	20	15	10	70	75	77
Styrofoam	15	10	5	75	78	78
Plastik Campuran (PE 50%, PP 30%, PS 20%)	40	35	30	70	75	80

##### a. Polietilena (PE 100%)

Polietilena merupakan polimer rantai panjang yang menghasilkan minyak dengan fraksi hidrokarbon berat, lebih menyerupai diesel. Karakteristik minyak: Viskositas tinggi, lebih banyak fraksi berat (C12–C24). Perkiraan angka cetane dan oktan, Cetane terendah 45,2 dan tertinggi 55,4 yang merupakan kondisi yang cukup baik untuk bahan bakar diesel. Oktan: 50 – 60 (lebih rendah, kurang optimal untuk bensin). Berdasarkan waktu pirolisis 2 jam, mayoritas fraksi berat, cetane tinggi (~55), oktan rendah (~50). 4 jam terjadi pemecahan rantai karbon, cetane menurun (~50), oktan naik (~55), dan pada 6 jam Lebih banyak fraksi ringan, cetane turun (~45), oktan meningkat (~60).



Gambar 4. Tren nilai oktan dan cetane berdasarkan jenis dan waktu proses

##### b. Polipropilena (PP 100%)

Polipropilena menghasilkan minyak dengan campuran fraksi bensin dan diesel dengan Karakteristik minyak Lebih banyak hidrokarbon rantai sedang (C8–C20), hasil pengujian angka cetane dan oktan didapatkan nilai Cetane terendah 35,2 dan tertinggi 45,3 nilai ini lebih rendah dari PE, tetapi masih bisa digunakan sebagai campuran biodiesel. Nilai Oktan terendah 60,2 dan tertinggi 70,4 yang mendekati nilai untuk bensin. Berdasarkan waktu pirolisis, pada waktu 2 jam hasil didominasi fraksi menengah, cetane 45, oktan 60. Sedangkan pada waktu 4 jam terjadi peningkatan fraksi ringan, cetane turun (~40), oktan naik (~65). Diakhir proses dengan waktu 6 jam Lebih banyak fraksi bensin, cetane 35, oktan yang mencapai indek 70.



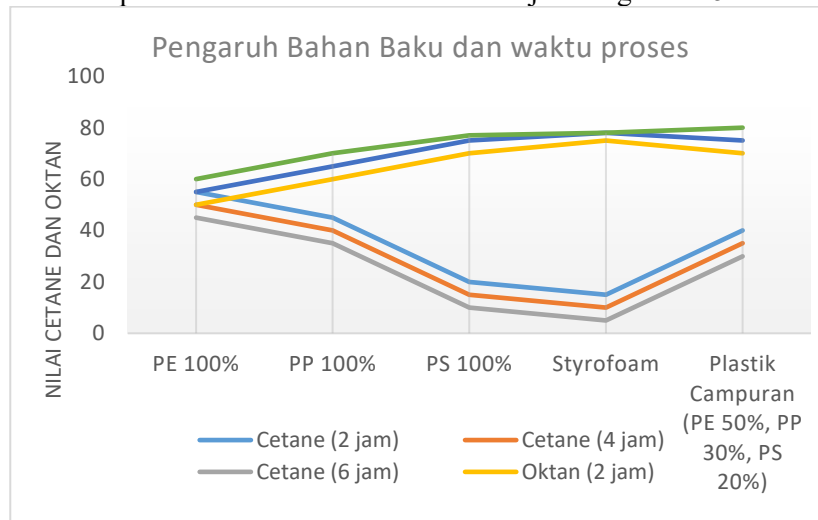
**c. Polistirena (PS 100%)**

Polistirena menghasilkan minyak dengan kandungan aromatik tinggi, mirip dengan bensin berkualitas tinggi. Karakteristik minyak: Kaya senyawa aromatik seperti stirena dan benzena. Dari hasil pengujian didapatkan angka cetane dan oktan (Cetane: 10 – 20 yang merupakan hasil yang sangat rendah, tidak cocok untuk diesel, tetapi menghasilkan

Oktan tinggi, mirip bensin premium mencapai 77. Berdasarkan waktu pirolisis 2 jam menghasilkan minyak dengan kandungan senyawa berat, cetane 20, oktan (70-72). Pada waktu proses 4 jam mengandung lebih banyak senyawa ringan, cetane turun (~15), oktan naik (~75). Pada proses 6 jam dihasilkan minyak sangat ringan dan kaya aromatik, cetane 10, oktan mendekati 77. Pada **Styrofoam (PS busa 100%)**, Karakteristiknya mirip dengan PS padat tetapi memiliki kandungan volatil lebih tinggi, dengan hasil uji Cetane: 5 – 15 dan Oktan yang mendekati 78, Lebih cocok untuk bahan baku untuk campuran bensin daripada diesel.

**3.2. Hasil Pirolisis Plastik Campuran**

Proses pirolisis dengan bahan baku plastik campuran dipirolisis, sifat minyak hasilnya merupakan gabungan dari masing-masing komponen, dengan karakteristik menengah antara diesel dan bensin. Karakteristik minyak: Fraksi sedang (C8–C20), lebih seimbang antara oktan dan cetane. angka cetane dan oktan menunjukkan nilai Cetane: 30 – 40, cukup baik untuk bahan bakar diesel, tetapi butuh pencampuran lanjut, sedangkan hasil pengukuran nilai Oktan menghasilkan angka 70 – 80 yang cukup baik untuk bahan bakar bensin. Untuk menghasilkan bahan bakar diesel yang baik gunakan PE dominan dengan waktu pirolisis lebih singkat (2–4 jam) agar cetane tetap tinggi. Proses pirolisis yang menghasilkan bahan bakar bensin bahan baku PS atau PP lebih banyak, dan pirolisis lebih lama (4–6 jam) untuk meningkatkan angka oktan. Plastik campuran Minyak hasilnya lebih fleksibel, bisa ditingkatkan kualitasnya dengan pencampuran atau pemurnian lebih lanjut. Grafik konversi plastik dan nilai oktan/cetane ditunjukkan gambar 5.



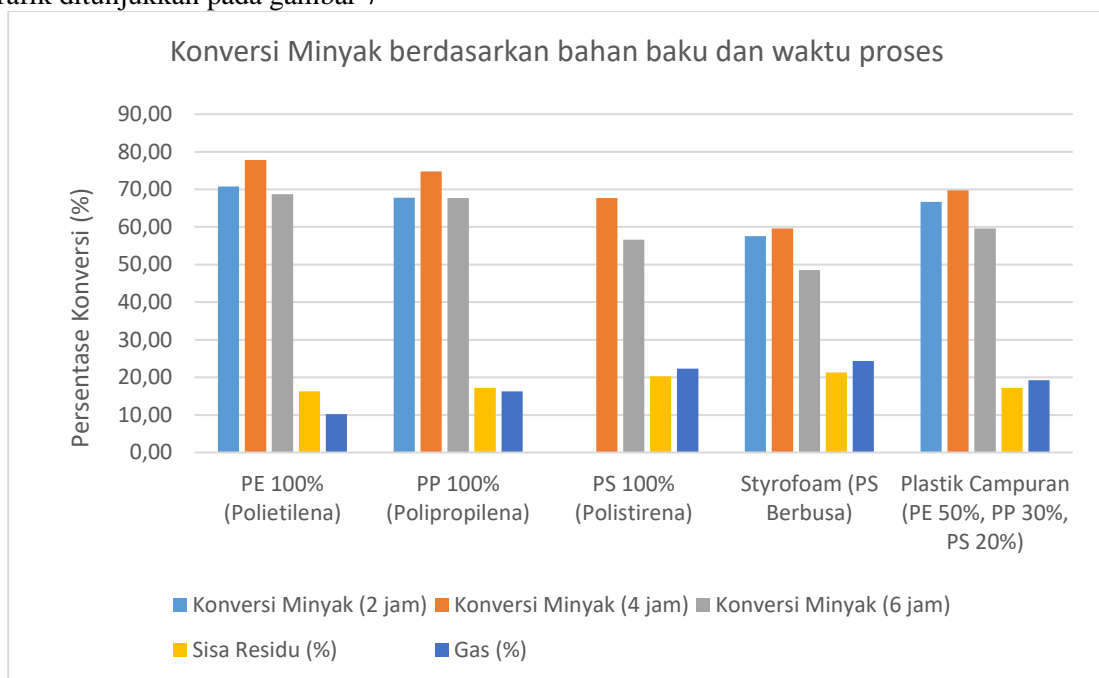
**Gambar 5.** Tren nilai oktan dan cetane berdasarkan jenis dan waktu proses

**4.3. Data rasio campuran plastik terhadap konversi minyak pirolisis plastik**

**Tabel 3.** Rasio Campuran Plastik terhadap Konversi Minyak Pirolisis (%)

Jenis Plastik	Konversi Minyak (2 jam)	Konversi Minyak (4 jam)	Konversi Minyak (6 jam)	Sisa Residu (%)	Gas (%)
PE 100% (Polietilena)	70, 80	77, 85	68, 75	16, 25	10, 22
PP 100% (Polipropilena)	67,75	74, 80	67, 70	17, 20	16, 25
PS 100% (Polistirena)	58, 65	67, 70	56, 60	20, 25	22,30
Styrofoam (PS Berbusa)	57, 60	59, 65	48, 55	21, 30	24, 35
Plastik Campuran (PE 50%, PP 30%, PS 20%)	66, 70	69,75	59, 65	17, 20	19, 25

Data menunjukkan tren konversi minyak dan distribusi residu serta gas dalam proses pirolisis berbagai jenis plastik pada durasi berbeda. Secara umum, konversi minyak cenderung meningkat dari 2 jam ke 4 jam, tetapi mengalami sedikit penurunan pada 6 jam. Polietilena (PE) menghasilkan konversi minyak tertinggi (77–85%) pada 4 jam, sedangkan Styrofoam memiliki konversi minyak terendah (48–55%) pada 6 jam. Residu cenderung menurun seiring waktu, dengan PE dan plastik campuran memiliki residu lebih rendah (16–20%), sedangkan Styrofoam tertinggi (21–30%). Proporsi gas meningkat dengan bertambahnya waktu pirolisis, terutama pada Styrofoam (24–35%) dan Polistirena (PS) (22–30%), menunjukkan degradasi termal yang lebih besar menghasilkan lebih banyak gas. Waktu optimal adalah 4 jam menunjukkan konversi minyak tertinggi sebelum mengalami degradasi yang lebih lanjut menjadi gas dan residu. Dalam bentuk grafik ditunjukkan pada gambar 7

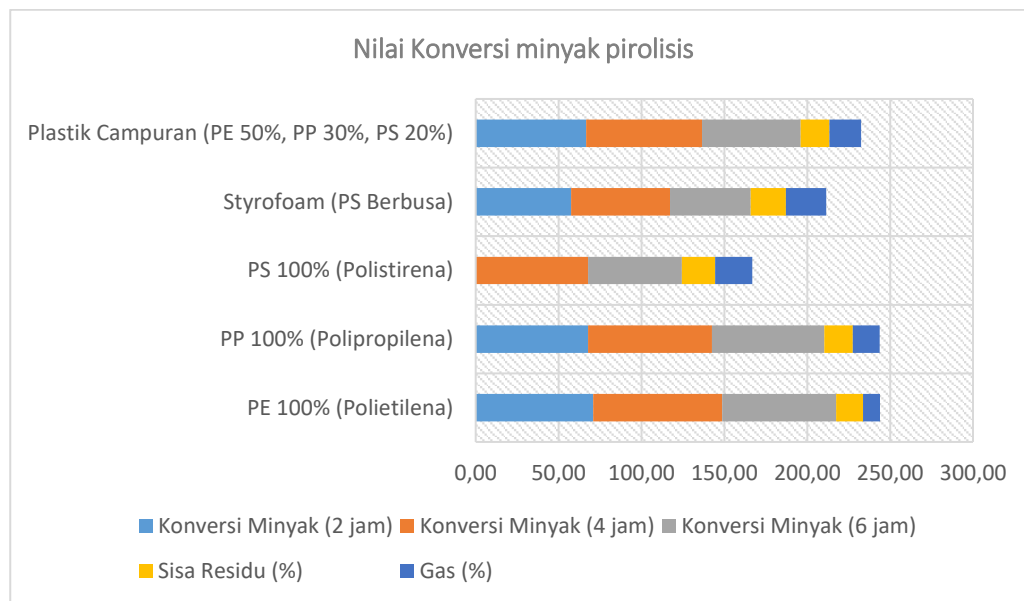


**Gambar 7.** Konversi Minyak berdasarkan bahan baku dan waktu proses.

Data menunjukkan bahwa efisiensi konversi minyak dari berbagai jenis plastik melalui proses pirolisis bervariasi tergantung pada waktu pemanasan dan jenis plastik yang digunakan. Polietilena (PE) dan Polipropilena (PP) memiliki tingkat konversi minyak tertinggi, mencapai sekitar 77–85% dalam 4 jam, sebelum mengalami sedikit penurunan pada 6 jam. Polistirena (PS) dan Styrofoam menghasilkan minyak lebih sedikit, dengan konversi maksimum hanya sekitar 67–70% untuk PS dan 59–65% untuk Styrofoam. Waktu pirolisis optimal tampaknya berada di sekitar 4 jam, karena setelah itu, konversi minyak cenderung menurun. Plastik campuran menunjukkan tren konversi yang cukup stabil, dengan efisiensi minyak sedikit lebih rendah dibanding PE murni tetapi lebih tinggi dibanding PS. Residu dan gas meningkat seiring waktu, terutama pada PS dan Styrofoam, menunjukkan bahwa sebagian material lebih cenderung terdekomposisi menjadi gas daripada minyak.

#### 4.3. Analisis Konversi Minyak Pirolisis

Pada uji PE 100% (Polietilena), Konversi minyak tertinggi (hingga 85% pada 4 jam) karena strukturnya menghasilkan lebih banyak hidrokarbon cair. Residu lebih sedikit, tetapi gas meningkat seiring waktu. Pada percobaan bahan baku PP 100% (Polipropilena), Konversi sedikit lebih rendah dari PE, karena lebih banyak menghasilkan gas ringan. Hal ini menunjukkan proses ini optimal di 4 jam dengan konversi 70 – 80%. Pada ujicoba penggunaan bahan baku PS 100% (Polistirena) dan Styrofoam, Menghasilkan lebih banyak gas dan residu, dengan konversi minyak lebih rendah (maksimal 70% pada 4 jam). Seperti ditunjukkan gambar 8.



**Gambar 8.** Konversi Minyak berdasarkan bahan baku dan waktu proses.

Terjadi peningkatan waktu pirolisis menyebabkan lebih banyak gas volatil terbentuk. Sedangkan pada bahan baku jenis Plastik Campuran (PE 50%, PP 30%, PS 20%) Konversi minyak mencapai (69,5% pada 4 jam) dan memiliki keseimbangan antara minyak cair dan gas.

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. Kesimpulan:

1. Waktu pirolisis terbaik untuk konversi minyak adalah sekitar 4 jam, Tren data menunjukkan bahwa pada 4 jam, hasil minyak mencapai puncaknya untuk semua jenis plastik sebelum mulai menurun pada 6 jam karena lebih banyak gas yang terbentuk.
2. PE dan PP lebih baik untuk produksi minyak cair lebih dari 70%, PE menghasilkan minyak paling banyak (hingga 85% pada 4 jam) karena strukturnya menghasilkan rantai hidrokarbon panjang. PP menghasilkan minyak lebih sedikit dibanding PE tetapi tetap tinggi sekitar 74% pada 4 jam dengan fraksi ringan lebih banyak.
3. PS dan Styrofoam lebih cocok untuk menghasilkan bensin berkualitas tinggi, tetapi dengan hasil minyak lebih sedikit. PS & Styrofoam memiliki angka oktan tinggi (90–100) karena kaya senyawa aromatik, tetapi konversi minyak lebih rendah (maksimal 70% pada 4 jam). Pada 6 jam, minyak yang dihasilkan semakin berkurang, sementara gas meningkat hingga 32%. Untuk produksi minyak cair, maka PE dan PP lebih optimal tetapi jika menginginkan bensin berkualitas tinggi, maka PS dan Styrofoam lebih unggul meskipun hasil minyak lebih sedikit.

### 5.2. Saran

Berdasarkan hasil pirolisis plastik yang telah dianalisis, beberapa penelitian lanjutan yang dapat dilakukan meliputi

1. Optimasi Proses Pirolisis untuk Meningkatkan Kualitas dan Kuantitas Minyak dengan variasi suhu (350–600°C) untuk menentukan titik optimal konversi minyak.
2. Peningkatan Kualitas Minyak Hasil Pirolisis Proses pemurnian dan hidrodesulfurisasi untuk menurunkan kandungan sulfur dan senyawa aromatik yang berbahaya sehingga dicapai peningkatan angka cetane atau oktan melalui blending dengan bahan bakar fosil atau campuran biofuel.
3. Analisis Performa Minyak Pirolisis sebagai Bahan Bakar, Uji pembakaran dan emisi gas buang minyak pirolisis pada mesin diesel dan bensin, termasuk studi stabilitas penyimpanan minyak pirolisis dalam jangka panjang.



**DAFTAR PUSTAKA**

- Andrady, A. L. (2011), Microplastics in the marine environment, *Marine Pollution Bulletin*, Volume 62, Issue 8, August 2011, Pages 1596-1605.  
<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.05.030>
- Dang Saebea, et.al, 2020, Gasification of plastic waste for synthesis gas production, February 2020, *Energy Reports*, 6:202-207, DOI: [10.1016/j.egy.2019.08.043](https://doi.org/10.1016/j.egy.2019.08.043)
- Farjana Faisal, et.al, 2024, Optimization of Process Parameters to Maximise the Oil Yield from Pyrolysis of Mixed Waste Plastics, *J. Sustainability* 2024, 16(7), 2619;  
<https://doi.org/10.3390/su16072619>
- Geyer, R., et al. (2017), Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances*, *Science Advances*, 19 Jul 2017, Vol 3, Issue 7. DOI: [10.1126/sciadv.1700782](https://doi.org/10.1126/sciadv.1700782)
- George Kofi Parku, et.al, 2020, Pyrolysis of waste polypropylene plastics for energy recovery: Influence of heating rate and vacuum conditions on composition of fuel product, *Fuel Processing Technology*, 209:106522. DOI: [10.1016/j.fuproc.2020.106522](https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2020.106522)
- Guo Ren Mong, et.al, 2024, A review on plastic waste valorisation to advanced materials: Solutions and technologies to curb plastic waste pollution, *Journal of Cleaner Production*, Volume 434, 140180. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.140180>
- Kunle Olufemi Babaremu, et.al, 2022, Sustainable plastic waste management in a circular economy, July 2022, *Heliyon*, 8(7):e09984.  
DOI: [http://doi.10.1016/j.heliyon.2022.e09984](https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09984)
- Mahadevan Vaishnavi, et.al, 2023, A critical review of the correlative effect of process parameters on pyrolysis of plastic wastes. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, Volume 170, March 2023, 105907. <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2023.105907>
- Md Hafizur Rahman, et/al, 2023, Pyrolysis of waste plastics into fuels and chemicals: A review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 188, December 2023, 113799.  
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.113799>
- Merve Sogancioglu, et.al, 2017, A Comparative Study on Waste Plastics Pyrolysis Liquid Products Quantity and Energy Recovery Potential, *Energy Procedia*, 118:221-226. DOI: [10.1016/j.egypro.2017.07.020](https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.07.020)
- Muhammad Saad Qureshi, et.al, 2020, Pyrolysis of plastic waste: Opportunities and challenges, *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, Volume 152, November 2020, 104804.  
<https://doi.org/10.1016/j.jaap.2020.104804>
- Moses Jeremiah Barasa Kabeyi. Et.al, 2023, Review and Design Overview of Plastic Waste-to-Pyrolysis Oil Conversion with Implications on the Energy Transition, 2023, *Journal of Energy*, 2023(1):1-25. DOI: [10.1155/2023/1821129](https://doi.org/10.1155/2023/1821129)
- Owusu, P.A., et al., (2018), Reverse engineering of plastic waste into useful fuel products. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 2018. 130: p. 285-293.
- Premdasu Nalluri, et.al, 2021, Experimental study on catalytic pyrolysis of plastic waste using low cost catalyst, *Journal home page for Materials Today: Proceedings*, Volume 45, Part 7, 2021, Pages 7216-7221.  
<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.02.478>
- Sabino Armenise, et.al, 2021, Plastic waste recycling via pyrolysis: A bibliometric survey and literature review, *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, Volume 158, September 2021, 105265. <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2021.105265>
- Sara Zallaya, et.al, 2022, Steam gasification modeling of polyethylene (PE) and polyethylene terephthalate (PET) wastes: A case study, *Chemical Engineering Science*, 267(4):118340. DOI: [10.1016/j.ces.2022.118340](https://doi.org/10.1016/j.ces.2022.118340)
- Siu Hua Chang, et.al, 2023, Plastic waste as pyrolysis feedstock for plastic oil production: A review, *Science of The Total Environment*, Volume 877, 15 June 2023, 162719. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.162719>

- S. Kartik, et.al, 2022, Valorization of Plastic wastes for Production of Fuels and Value-added Chemicals through Pyrolysis – A review, *J. Thermal Science and Engineering Progress*, 32:101316. DOI: [10.1016/j.tsep.2022.101316](https://doi.org/10.1016/j.tsep.2022.101316)
- S. Klaimy, et.al, 2021, Recycling of plastic waste using flash pyrolysis – Effect of mixture composition, *Polymer Degradation and Stability*, Volume 187, May 2021, 109540. <https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2021.109540>
- Suhartono Suhartono, et.al, 2022, Characteristics Study Of Liquid Fuel From Pyrolysis Of Polyethylene Plastic Waste, *Jurnal Teknologi*, 84(4):57-64. DOI: [10.11113/jurnalteknologi.v84.17517](https://doi.org/10.11113/jurnalteknologi.v84.17517)
- Vineet Soni. Et.al, (2021), Thermochemical Recycling of Waste Plastics by Pyrolysis: A Review, August 2021, *Energy & Fuels*, 35(1), DOI: 0.1021/acs.energyfuels.1c01292
- Viswanath K. Kaimal, et.al, 2016, A study on synthesis of energy fuel from waste plastic and assessment of its potential as an alternative fuel for diesel engines, *Waste Management*, Volume 51, May 2016, Pages 91-96. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.03.003>
- V.L. Mangesh, et.al, (2020), Experimental investigation to identify the type of waste plastic pyrolysis oil suitable for conversion to diesel engine fuel, *Journal of Cleaner Production*, Volume 246, 10 February 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119066>