

Produksi Bahan Bakar dari Limbah Plastik High Density Polyethylene Menggunakan Metode Pirolisis

Enggar Hero Istoto^{1*}, Pipit Puspitasari²

Teknik Elektronika Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung,
Indonesia¹

Teknik Energi Terbarukan Akademi Komunitas Olat Maras Sumbawa,
Indonesia²

Email: Enggar@polman-babel.ac.id, pipit.akom@gmail.com

Kata Kunci:

*Bahan Bakar, HDPE, GC-MS,
Karbon, Pirolisis*

Abstrak: Tujuan penelitian ini menghitung volume dan komposisi bahan bakar yang dihasilkan dari produksi bahan bakar dari limbah plastik polyethylene setiap liternya. Metode: penelitian menggunakan metode pirolisis dengan suhu 450-621°C tanpa menggunakan katalis, dan analisis kuantitatif. Analisis kuantitatif menggunakan metode GC-MS. Hasil: Pirolisis limbah HDPE 5 Kg menghasilkan nafta 3,25 liter, bensin 0,85 liter; solar 0,325 liter; dan karbon aktif 18,06 gram. Kesimpulan: Pirolisis limbah 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. Komposisi bahan bakar yang dihasilkan dalam pirolisis limbah plastik HDPE berupa nafta, bensin, dan solar serta menghasilkan residu berupa karbon.

This is an open access article under the CC BY License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



Copyright holders:

Enggar Hero Istoto (2025)

PENDAHULUAN

Salah satu upaya dalam rangka pengelolaan sampah plastik di Indonesia adalah dengan cara mengolah sampah plastik menjadi bahan bakar minyak atau yang biasa disebut dengan biodiesel plastik (Fitidarini & Damanhuri, 2021);(Putra & Yuriandala, 2010);(Shahreza, 2018). Proses yang cukup sederhana yang biasa dilakukan adalah dengan metode pirolisis untuk mengolah sampah plastik menjadi biodiesel (Hermawan et al., 2020);(Ramadhani, 2020);(Hakim, 2019). Beberapa penelitian terkait produksi biodiesel dari plastik telah dilakukan baik oleh peneliti dalam negeri maupun luar negeri.

Minyak plastik hasil pirolisis meningkatkan efisiensi sebesar 15-20% pada motor bajaj 100 cc dibandingkan menggunakan bensin; minyak plastik hasil pirolisis mampu meningkatkan efisiensi termal dari motor bakar; minyak dari HDPE memiliki densitas sama dengan bahan bakar bensin dan minyak dari LDPE memiliki densitas sama dengan bahan bakar solar; dan

proses pirolisis dalam suhu yang cukup rendah dibutuhkan katalis agar efisien dalam pembakaran (Kuncowati, 2019);(Sitorus & Siahaan, 2021).

Minyak hasil pirolisis dari bahan LDPE memiliki kandungan yang hampir serupa dengan bahan bakar solar meskipun viskositas, nilai kalornya masih sedikit rendah; keunggulan minyak pirolisis adalah memiliki karbon residu dan sulfur yang lebih rendah sehingga lebih ramah lingkungan; dan secara ekonomi, untuk setiap produksi minyak pirolisis dari limbah LDPE berkisar antara 14-18 rupee jauh lebih murah daripada harga solar yang mencapai 40 rupee per literanya (Yadav & Tembhurne, 2016).

Pengolahan sampah plastik LDPE (*Low Density Poly Ethylene*) dengan metode pirolisis microwave, dari metode tersebut menunjukkan hasil bahwa metode pirolisis microwave dapat menghasilkan biodiesel dari plastik selama 60 menit memperoleh hasil 23,65% yield cair, yield CH₄ 30,41%, dan yield padat 4,67% pada suhu 500°C (Desai & Galage, 2015);(Surono, 2013). Hasil dekomposisi dengan efisiensi yang terbaik dalam menguraikan sampah plastik terjadi pada suhu 420°C dengan waktu operasi 60 menit; hasil produk minyak terbanyak pada plastik LDPE dan HDPE terjadi pada suhu 400°C dengan waktu operasi 60 menit; kinematika pada plastik HDPE mempunyai nilai $k = 0,12468 \exp(-95842/RT)$ dan minyak pirolisis dari sampah plastik ini memiliki karakteristik yang tidak jauh berbeda dengan dengan karakteristik minyak diesel (Juliaستuti, 2015). Ethylene menggunakan metode pirolisis yang dipanaskan 330-490°C dihasilkan bahan bakar minyak (biodiesel) dengan kualitas lebih baik dari minyak solar (Ali & Ramadhan, 2010);(Arifin, 2017). Berdasarkan data penelitian sebelumnya maka penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode pirolisis dengan suhu 450-621°C tanpa menggunakan katalis, dan analisis kuantitatif menggunakan metode GC-MS.

METODE

Bahan Penelitian: Plastik HDPE yang telah dicacah dan diperoleh dari pengepul plastik di Kota Semarang. Bahan bakar menggunakan gas LPG 5,5 kg dari PT. Pertamina (Persero).

Proses Pirolisis: Sampel plastik HDPE yang telah bersih dan dicacah sebanyak sebanyak 5 Kg dimasukkan ke dalam reaktor. Plastik dipanaskan menggunakan metode pirolisis dengan suhu 450-621°C tanpa menggunakan katalis selama 4 jam. Gas yang dihasilkan dari reaktor selanjutnya dikondensasi menjadi fasa cair menggunakan kondensor. Konversi kalkulasi produk yang dihasilkan digunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Produk Cair (L/Kg\%)} = \left(\frac{\text{Liter produk}}{\text{Massa bahan baku}} \right) \times 100\% \quad (1)$$

$$\text{Produk Padat atau Residu (Kg/Kg\%)} = \left(\frac{\text{Kg produk}}{\text{Massa bahan baku}} \right) \times 100\% \quad (2)$$

$$\text{Produk Gas} = 100\% - (\text{Produk Cair (L/Kg\%)} + \text{Produk Padat (\%)}) \quad (3)$$

Produk dari pirolisis plastik berupa nafta, bensin, dan solar serta menghasilkan residu berupa karbon selanjutnya dianalisis GC-MS di Laboratorium.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pirolisis Limbah Plastik HDPE

Pirolisis plastik HDPE dilakukan selama 4 jam menggunakan bahan bakar gas elpiji 5,5 Kg tanpa menggunakan katalis. Proses tersebut menghasilkan 3,25 L berupa nafta; minyak fraksi 1 (F1) sebanyak 1 L; minyak fraksi 2 (F2) sebanyak 0,25 L; dan karbon sebanyak 18,06 gram. Apabila hasil tersebut dimasukkan ke dalam rumus maka akan dihasilkan sebagai berikut:

$$\text{Nafta: } (3,25 \text{ L} / 5 \text{ Kg}) \times 100\% = 65 \text{ L/Kg\%}$$

$$\text{F1: } (0,325 \text{ L} / 5 \text{ Kg}) \times 100\% = 6,5 \text{ L/Kg\%} \quad \text{F2: } (0,85 \text{ L} / 5 \text{ Kg}) \times 100\% = 17 \text{ L/Kg\%}$$

$$\text{Karbon aktif: } (0,01806 \text{ Kg} / 5 \text{ Kg}) \times 100\% = 0,3612 \% \approx 0,36 \%$$

Gas: $100\% - (65\% + 6,5\% + 17\% + 0,36\%) = 11,14\%$. Secara keseluruhan produk yang dihasilkan selama proses pirolisis plastik HDPE adalah 88,86% non gas dan 11,14% gas. Pada

pirolisis limbah HDPE digunakan gasket berbahan karet spons dengan tebal sekitar 5 mm. Gasket dari bahan karet spons mampu mengurangi kebocoran cukup baik karena densitasnya lebih rapat jika dibandingkan dengan gasket berbahan lain seperti keramik fiber, akan tetapi pada suhu yang tinggi di atas 200 °C mengalami leleh sedangkan bahan keramik fiber mampu menahan hingga suhu di atas 1000 °C akan tetapi densitasnya lebih longgar sehingga pada suhu di atas 200 °C mulai mengalami kebocoran. Berikut adalah hasil dari pirolisis limbah plastik HDPE dan LDPE:

Tabel 1. Data Hasil Pirolisis HDPE

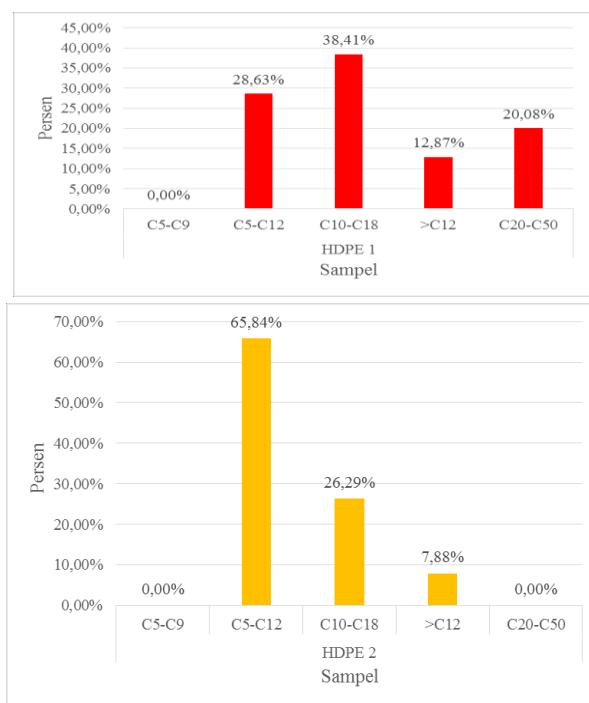
	HDPE	Satuan
Nafta	65	L/Kg%
Solar (F1)	6.5	L/Kg%
Bensin (F2)	17	L/Kg%
Karbon Aktif / Residu	0.36	Kg%
Gas	11.14	%

GC-MS Limbah Plastik HDPE



Gambar 1. Minyak pirolisis limbah plastik HDPE (kiri) Fraksi 1 dan (kanan) Fraksi 2

Pada Gambar 1 kiri, minyak pirolisis limbah plastik HDPE berwarna coklat gelap. Kemungkinan besar kandungan minyak di dalamnya termasuk rantai C yang cukup panjang hingga sangat panjang. Secara fisik mirip dengan minyak solar, kerosin, maupun minyak oli. Pada Gambar 1 kanan, minyak pirolisis limbah plastik HDPE berwarna coklat kekuningan. Kemungkinan besar kandungan minyak di dalamnya termasuk rantai C yang cukup pendek dan cukup panjang. Secara fisik mirip dengan bensin, kerosin, dan ada kemungkinan sedikit minyak solar.



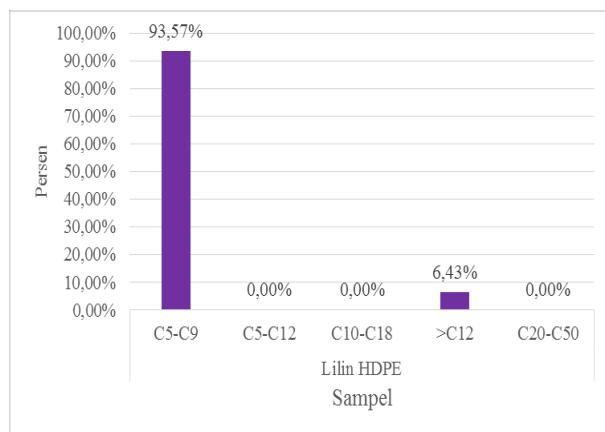
Gambar 2. Hasil GC-MS hasil pirolisis limbah plastik HDPE (atas) Fraksi 1 dan (bawah) Fraksi

Pada gambar 2 atas, kandungan pada fraksi ke-1 hasil pirolisis limbah plastik HDPE terbukti didominasi oleh kerosin (C10-C18) sebanyak 38,41%, bensin (C5-C12) sebanyak 28,63%, minyak oli (C20-C50) sebanyak 20,08%, dan minyak solar (>C12) sebanyak 12,87%. Pada gambar 2 bawah, kandungan pada fraksi ke-2 hasil pirolisis limbah plastik HDPE terbukti didominasi oleh bensin (C5-C12) sebanyak 65,84%, kerosin (C10-C18) sebanyak 26,29%, dan minyak solar (>C12) sebanyak 7,88%. Rantai C5- C12 tergolong bensin, C10-C18 tergolong kerosin, >C12 tergolong minyak solar, dan C20-C50 tergolong minyak oli (Khan, Sultana, Al-Mamun, & Hasan, 2016).



Gambar 3. Zat padat hasil pirolisis limbah plastik HDPE (a) Sejenis nafta dan (b) Karbon

Pada Gambar 3, nampak hasil berupa zat padat dari pirolisis limbah plastik HDPE berupa sejenis nafta dan berwarna sedikit coklat. Kemungkinan besar selain nafta ada kandungan lain pada nafta tersebut. Pada Gambar 4, hasil pirolisis limbah plastik HDPE juga menghasilkan karbon aktif yang berwarna hitam. Karbon yang dihasilkan pada pirolisis tersebut sebanyak 18,06 gram.



Gambar 4. Hasil GC-MS sejenis nafta (Gambar 3a) hasil pirolisis limbah plastik HDPE

Pada gambar 4, kandungan pada sejenis nafta hasil pirolisis limbah plastik HDPE terbukti didominasi oleh nafta (C5-C9) sebanyak 93,57%, dan minyak solar (>C12) sebanyak 6,43%. Hal ini sesuai dengan kenampakan secara fisik yang teramati oleh peneliti.

KESIMPULAN

Pirolisis limbah 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. Komposisi bahan bakar yang dihasilkan dalam pirolisis limbah plastik polyethylene (HDPE) berupa nafta, bensin, dan solar serta menghasilkan residu berupa karbon.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, M., & Ramadhan, A. (2010). *Pengolahan Sampah Plastik menjadi Minyak menggunakan Proses Pirolisis*. Skripsi Prodi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
- Arifin, MZainal. (2017). Dampak sampah plastik bagi ekosistem laut. *Buletin Matrik*, 14(1), 44–48.
- Desai, Sudhir B., & Galage, C. K. (2015). Production and analysis of pyrolysis oil from waste plastic in Kolhapur city. *International Journal of Engineering Research and General Science*, 3(1), 590–595.
- Fitidarini, Noor Laily, & Damanhuri, Enri. (2021). *Timbulan Sampah Styrofoam Di Kota Bandung Styrofoam Waste Generation In The City Of Bandung*.
- Hakim, Muhammad Zulfan. (2019). Pengelolaan dan pengendalian sampah plastik berwawasan lingkungan. *Amanna Gappa*, 111–121.
- Hermawan, Sapto, Waluyo, Waluyo, Subekti, Rahayu, Astuti, Wida, Purwono, S. R., Sugandha, Wasis, Triwahyudi, Pius, & Nugroho, Asianto. (2020). Peningkatan Pemahaman Masyarakat Desa Daleman Terkait Penatakelolaan Sampah Berbasis Circular Economy. *Prosiding Konferensi Nasional Pengabdian Kepada Masyarakat Dan Corporate Social Responsibility (PKM-CSR)*, 3, 607–615.
- Juliaستuti, Sri Rachmania. (2015). Pengolahan limbah plastik kemasan multilayer LDPE (Low Density Poly Ethilene) dengan menggunakan metode Pirolisis Microwave. *Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan"*, 11.
- Khan, M. Z. H., Sultana, M., Al-Mamun, M. R., & Hasan, M. R. (2016). Pyrolytic waste plastic oil and its diesel blend: fuel characterization. *Journal of Environmental and Public Health*, 2016.
- Kuncowati, Kuncowati. (2019). Analisis Pengelolaan Sampah Di Kapal Dan Peran Awak Kapal Terhadap Pencegahan Pencemaran Laut Dari Kapal Di Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya. *Majalah Ilmiah Bahari Jogja*, 17(1), 71–85.

- Putra, Hijrah Purnama, & Yuriandala, Yebi. (2010). Studi pemanfaatan sampah plastik menjadi produk dan jasa kreatif. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 2(1), 21–31. Ramadhani, Refna Sri. (2020). *Analisis Tekno Ekonomi Pengelolaan Sampah Plastik Sebagai Bahan Baku Pembuatan Bata Plastik*. universitas islam negeri sultan syarif kasim riau.
- Shahreza, Mirza. (2018). *Strategi Komunikasi Lingkungan yang Mendukung Keberlanjutan Komunitas Pengelolaan Sampah di Kota Tangerang Selatan*. IPB University.
- Sitorus, Rudi Hermansyah, & Siahaan, Asrin. (2021). Analisis Pemahaman Anak Buah Kapal Tentang Pengelolaan Sampah Di Atas Kapal Dalam Upaya Pencegahan Pencemaran Laut. *Cybernetics: Journal Educational Research and Social Studies*, 151–156.
- Surono, Untoro Budi. (2013). Berbagai metode konversi sampah plastik menjadi bahan bakar minyak. *Jurnal Teknik*, 3(1), 32–40.
- Yadav, Raj Kumar, & Tembhurne, Yogesh Kumar. (2016). Waste plastic fuel used in petrol engine. *Technology*, 7(1), 1–4.