

Produksi Bahan Bakar dari Limbah Plastik HDPE dan LDPE Menggunakan Metode Pirolisis

Enggar Hero Istoto^{1*}, Pipit Puspitasari²

^{1,2}Teknik Energi Terbarukan Akademi Komunitas Olat Maras Sumbawa Indonesia

Email: smartboyhero@gmail.com, pipit.akom@gmail.com

Abstrak

Tujuan penelitian ini menghitung volume dan komposisi bahan bakar yang dihasilkan dari produksi bahan bakar dari limbah plastik polyethylene setiap literanya. 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. Limbah LDPE 5 Kg menghasilkan nafta 500 mL, bensin 2,9 liter; solar 0,1 liter; dan karbon aktif 19 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; dan limbah LDPE 5 Kg menghasilkan bensin 2,9 liter; solar 0,1 liter (70,38% bahan bakar total), dan karbon aktif 19 gram. Komposisi bahan bakar yang dihasilkan dalam pirolisis limbah plastik polyethylene (HDPE dan LDPE) berupa nafta, bensin, dan solar serta menghasilkan residu berupa karbon aktif.

Kata Kunci: Bahan bakar, HDPE, LDPE, GC-MS, Pirolisis.

Abstract

The purpose of this study is to calculate the volume and composition of fuel produced from the production of fuel from polyethylene plastic waste per liter. Method: research using pyrolysis method with temperature 450-621°C without using catalyst, and quantitative analysis. Quantitative analysis using the GC-MS method. Result: Pyrolysis of 5 Kg HDPE waste produces 3.25 liters of naphtha, 0.85 liters of gasoline; diesel 0.325 liters; and activated carbon 18.06 grams. 5 Kg LDPE waste produces 500 mL naphtha, 2.9 liters of gasoline; diesel 0.1 liters; and 19 grams of activated carbon. Conclusion: Pyrolysis of 5 Kg HDPE waste produces 3.25 liters of naphtha; gasoline 0.85 liters; diesel 0.325 liters (88.86% total fuel), and activated carbon 18.06 grams; and 5 Kg LDPE waste produces 2.9 liters of gasoline; 0.1 liters of diesel (70.38% of total fuel), and 19 grams of activated carbon. The composition of fuel produced in pyrolysis of polyethylene plastic waste (HDPE and LDPE) in the form of naphtha, gasoline, and diesel and produces residues in the form of activated carbon.

Keywords: Fuels, HDPE, LDPE, GC-MS, Pyrolysis.

How to cite:	Enggar Hero Istoto*, Pipit Puspitasari (2024) Produksi Bahan Bakar dari Limbah Plastik HDPE dan LDPE Menggunakan Metode Pirolisis, (5) 4
E-ISSN:	2722-5356
Published by:	Ridwan Institute

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 liternya (Yadav & Tembhone, 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 $k = 0,12468 \exp(-95842/RT)$.

Sedangkan kinematika pada plastik LDPE mempunyai nilai $k = 0,02004 \exp(-7660/RT)$; dan minyak pirolisis dari sampah plastik ini memiliki karakteristik yang tidak jauh berbeda dengan dengan karakteristik minyak diesel (Juliastuti, 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. Analisis kuantitatif menggunakan metode GC-MS.

Metode Penelitian

Bahan Penelitian: Plastik HDPE dan LDPE 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 dan LDPE yang telah bersih dan dicacah sebanyak masing-masing 5 Kg dimasukkan ke dalam reaktor. Plastik dipanaskan menggunakan metode pirolisis dengan suhu 450-621°C tanpa menggunakan katalis selama 4 jam untuk HDPE dan 3 jam untuk LDPE. Gas yang dihasilkan dari reaktor selanjutnya dikondensasi menjadi fasa cair menggunakan kondensor. Konversi kalkulasi produk yang dihasilkan digunakan persamaan sebagai berikut:

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

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

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

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

Hasil dan Pembahasan

A. 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:

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

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

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

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

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.

B. Pirolisis Limbah Plastik LDPE

Pirolisis plastik LDPE dilakukan selama 3 jam menggunakan bahan bakar gas elpiji 5,5 Kg tanpa menggunakan katalis. Proses tersebut menghasilkan minyak fraksi 1 (F1) sebanyak 100 mL; minyak fraksi 2 (F2) sebanyak 2,9 L; dan karbon sebanyak 19 gram. Apabila hasil tersebut dimasukkan ke dalam rumus maka akan dihasilkan sebagai berikut:

$$\text{F1} : (0,1 \text{ L} / 5 \text{ Kg}) \times 100\% = 2 \text{ L/Kg\%}$$

$$\text{F2} : (2,9 \text{ L} / 5 \text{ Kg}) \times 100\% = 58 \text{ L/Kg\%}$$

$$\text{Karbon aktif} : (0,019 \text{ Kg} / 5 \text{ Kg}) \times 100\% = 0,38 \%$$

Gas : $100\% - (2\% + 58\% + 0,38\%) = 39,62\%$. Secara keseluruhan produk yang dihasilkan selama proses pirolisis plastik LDPE adalah 70,38% non gas dan 39,62% gas. Perbedaan jumlah gas yang dihasilkan antara pirolisis limbah plastik HDPE dan LDPE adalah dikarenakan perbedaan penggunaan gasket untuk mencegah kebocoran gas pada suhu tinggi. Pada pirolisis limbah HDPE digunakan gasket berbahan karet spons dengan tebal sekitar 5 mm sedangkan pada pirolisis limbah plastik LDPE menggunakan bahan keramik fiber.

Gasket dari bahan karet spons mampu mengurangi kebocoran lebih baik daripada keramik fiber karena densitasnya lebih rapat akan tetapi pada suhu yang tinggi di atas 200 °C mengalami leleh sedangkan bahan keramik fiber mampu menahan tahan 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. Hasil Pirolisis Limbah HDPE dan LDPE

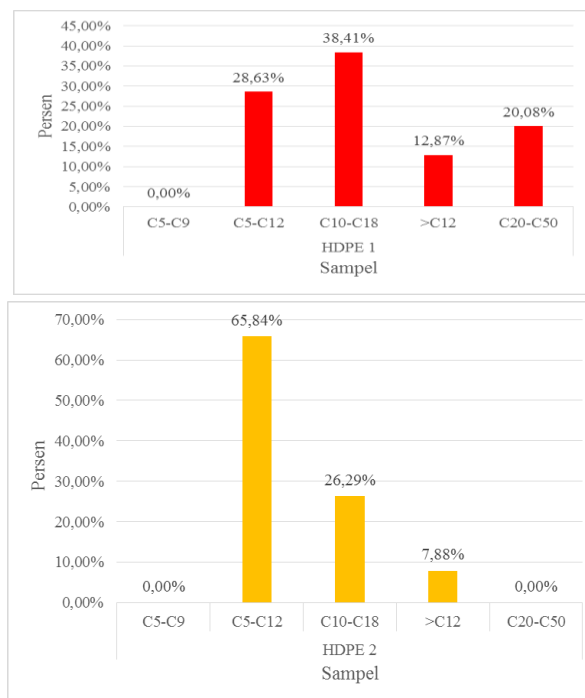
	LDPE	HDPE	Unit
Naphtha	0	65	L/kg%
Diesel Oil (F1)	2	6,5	L/kg%
Gasoline (F2)	58	17	L/kg%
Activated Carbon / Residue	0,38	0,36	%
Gas	39,62	11,14	%

C. GC-MS Limbah Plastik HDPE



Gambar 1. Minyak pirolisis limbah plastik HDPE (a) Fraksi 1 dan (b) Fraksi 2

Pada Gambar 1a, 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 1b, 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.



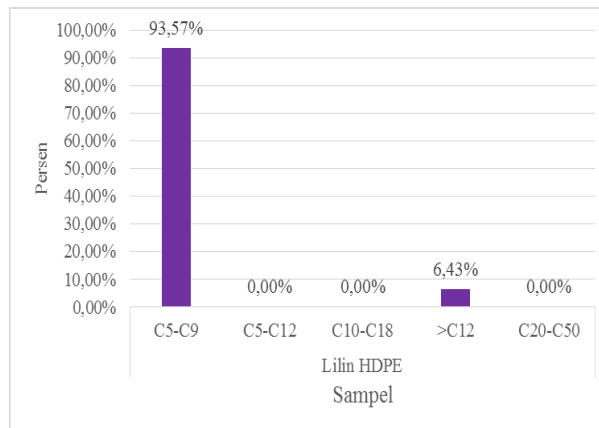
Gambar 2. Hasil GC-MS hasil pirolisis limbah plastik HDPE (a) Fraksi 1 dan (b) Fraksi 2

Pada gambar 2a, 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 2b, 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 aktif

Pada Gambar 3, nampak hasil berupa zat padat hasil 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 aktif 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 3, 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.

1) GC-MS Limbah Plastik LDPE

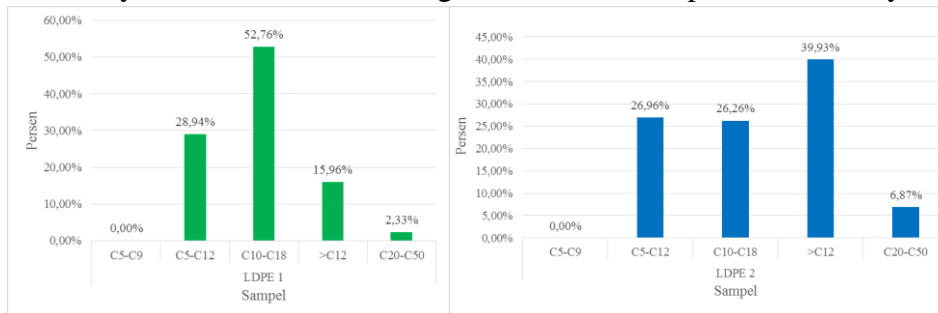


Gambar 5. Minyak pirolisis limbah plastik LDPE (a) Fraksi 1 dan (b) Fraksi 2

Pada Gambar 5, minyak pirolisis limbah plastik LDPE berwarna coklat gelap. Kemungkinan besar kandungan minyak di dalamnya termasuk rantai C yang cukup panjang hingga sangat panjang. Secara fisik mirip dengan kerosin, minyak solar, kerosin, maupun minyak oli. Pada Gambar 5b, minyak pirolisis limbah plastik LDPE berwarna coklat agak gelap. Kemungkinan besar kandungan minyak di dalamnya

termasuk rantai C yang cukup pendek dan cukup panjang. Secara fisik mirip dengan kerosin, minyak solar dan ada kemungkinan bensin, maupun sedikit minyak oli.

Pada Gambar 5, minyak pirolisis limbah plastik LDPE berwarna coklat gelap. Kemungkinan besar kandungan minyak di dalamnya termasuk rantai C yang cukup panjang hingga sangat panjang. Secara fisik mirip dengan kerosin, minyak solar, kerosin, maupun minyak oli. Pada Gambar 5b, minyak pirolisis limbah plastik LDPE berwarna coklat agak gelap. Kemungkinan besar kandungan minyak di dalamnya termasuk rantai C yang cukup pendek dan cukup panjang. Secara fisik mirip dengan kerosin, minyak solar dan ada kemungkinan bensin, maupun sedikit minyak oli.



Gambar 6. Hasil GC-MS hasil pirolisis limbah plastik LDPE (a) Fraksi 1 dan (b) Fraksi 2

Pada gambar 6, kandungan pada fraksi ke-1 hasil pirolisis limbah plastik LDPE terbukti didominasi oleh kerosin (C10-C18) sebanyak 52,76%, bensin (C5-C12) sebanyak 28,94%, minyak solar (>C12) sebanyak 15,96%, dan minyak oli (C20-C50) sebanyak 2,33%. Pada gambar 6b, kandungan pada fraksi ke-2 hasil pirolisis limbah plastik LDPE terbukti didominasi oleh minyak solar (>C12) sebanyak 39,93%, bensin (C5-C12) sebanyak 26,96%, kerosin (C10-C18) sebanyak 26,26%, dan minyak oli (C20-C50) sebanyak 6,87%. Rantai C5-C12 tergolong bensin, C10-C18 tergolong kerosin, >C12 tergolong minyak solar, dan C20-C50 tergolong minyak oli (Al Ashraf & Al Aftab, 2012).



Gambar 7. Karbon aktif hasil pirolisis limbah plastik LDPE

Pada Gambar 7, hasil pirolisis limbah plastik LDPE juga menghasilkan karbon aktif yang berwarna hitam. Karbon aktif yang dihasilkan pada pirolisis tersebut sebanyak 19 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; dan limbah LDPE 5 Kg menghasilkan bensin 2,9 liter; solar 0,1 liter (70,38% bahan bakar total), dan karbon aktif 19 gram. Komposisi bahan bakar yang dihasilkan dalam pirolisis limbah plastik polyethylene (HDPE dan LDPE) berupa nafta, bensin, dan solar serta menghasilkan residu berupa karbon aktif.

BIBLIOGRAFI

- Al Ashraf, Abdullah, & Al Aftab, Abdullah. (2012). *Distillation Process of Crude Oil. Qatar University.*
- 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 Matric*, 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, Supto, 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.
- Juliastuti, 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.

Copyright holder:

Enggar Hero Istoto*, Pipit Puspitasari (2024)

First publication right:

Syntax Admiration

This article is licensed under:

