

# KONVERSI PLASTIK HDPE MENJADI FUEL MELALUI PROSES PIROLISIS

Nurull Fanani<sup>1</sup>, Eky Novianarenti<sup>2</sup>, Erlinda Ningsih<sup>3</sup>, Kartika Udyani<sup>3</sup>, Mochammad Saiful Arif<sup>4</sup>, Denny Angga Saputra<sup>5</sup>

Universitas Teknologi Surabaya<sup>1</sup>, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya<sup>2</sup>, Instansi Teknologi Adhi Tama Surabaya<sup>3,4,5</sup>

e-mail: [n.f.fanni@gmail.com](mailto:n.f.fanni@gmail.com)

## ABSTRACT

*Energy consumption continues to increase directly proportional to increasing the world's population lately. One of the efforts to meet energy needs is to find a substitute for fossil energy sources that have begun to leave, namely alternative energy. Plastic is a derivative of petroleum. Plastic waste is of great concern because the amount continues to grow and is classified as waste that is very difficult to decompose. The effort to reduce plastic waste in the environment is to convert plastic back to petroleum. Conversion of plastic into fuel through a pyrolysis process. The purpose of this study was to determine the effect of temperature on yield and heating value, to determine the total liquid fraction of the product. The pyrolysis process is carried out in a reactor with 50 grams of plastic feed at temperature variations of 500, 550, 600 and 650° C. based on the results of the analysis that at a temperature of 500oC, the highest yield was 88.54% and a calorific value of 10530.461 cal / g. GC-MS analysis of HDPE plastic pyrolysis results showed that the fraction contained consisted of 39.6% gasoline fraction and 27.52% kerosine fraction.*

**Keywords:** conversion, plastic, HDPE, biofuel, pyrolysis

## ABSTRAK

Konsumsi energi terus meningkat berbanding lurus dengan meningkatkan populasi di dunia akhir-akhir ini. Salah satu upaya memenuhi kebutuhan energi adalah mencari pengganti sumber energi fosil yang mulai menipis yaitu energi alternatif. Plastik merupakan salah satu turunan dari minyak bumi. Limbah plastik sangat memprihatinkan karena jumlahnya yang terus bertambah dan tergolong limbah yang sangat sulit terurai. Upaya mengurangi limbah plastik di lingkungan adalah dengan mengkonversi plastik ke minyak bumi kembali. Konversi plastik menjadi bahan bakar melalui proses pirolisis. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh temperatur terhadap *yield* dan nilai kalor, mengetahui fraksi total *liquid* produk. Proses pirolisis dijalankan di dalam reaktor dengan umpan plastik 50 gram pada variasi temperatur 500, 550, 600 dan 650°C. berdasarkan hasil analisis bahwa pada temperature 500°C diperoleh *yield* tertinggi sebesar 88,54% dan nilai kalor 10530,461 kal/g. analisis GC-MS hasil pirolisis plastik HDPE menunjukkan bahwa fraksi yang terkandung terdiri dari fraksi gasoline sebesar 39,6% dan kerosine sebesar 27,52%.

**Kata kunci:** konversi, plastik, HDPE, biofuel, pirolisis

## PENDAHULUAN

Plastik merupakan salah satu material yang paling sering digunakan. Dimana konsumsi plastik secara berkelanjutan mengalami kenaikan hingga 4,8 juta ton pada tahun 2016 (Kemenperin, 2016). Akibat dari peningkatan produksi plastik maka bertambah pula sampah plastik. Berdasarkan informasi Kementerian Lingkungan Hidup (KLH), bahwa produksi sampah di Indonesia tahun 2016 mencapai 64 juta ton per tahun atau 175.000 ton/hari. Dari jumlah tersebut 15% berupa sampah plastik atau sejumlah 26.250 ton sampah plastik per hari. Oleh karena itu diperlukan metode pengolahan limbah plastik bekas pakai untuk mengatasi jumlah sampah plastik yang semakin hari semakin meningkat karena sampah plastik ini tidak mampu didegradasi oleh alam dan merupakan sumber penyakit.

Penelitian tentang konversi sampah menjadi bahan bakar sudah banyak dilakukan diantaranya (Islam et al., 2013) melakukan pirolisis dari limbah ban bekas untuk bahan bakar alternatif. (Suroño & Ismanto, 2016) mengolah sampah plastik jenis PP, PE dan PET dengan proses *thermal cracking*. (Endang et al., 2016) melakukan penelitian terhadap sampah plastik jenis LDPE dan PP dengan membandingkan variasi temperatur terhadap nilai kalor, *yield*, densitas dan viskositas. (Ratnasari et al., 2017) melakukan penelitian terhadap beberapa sampel plastik seperti HDPE, pure PE, AW (*Agricultural Waste*), MWC (*Mineral Water Containers*), BR (*Building Recon-struction*), dan HFP (*Household Food Packaging Waste*) dengan proses perengkahan katalitis. Katalis yang digunakan yaitu ZSM-5 dan MCM-41. Zeolit juga digunakan sebagai katalis pada penelitian (Arita et al., 2015) dengan bahan baku plastik ban bekas. (Aprian & Munawar, 2012) melakukan penelitian pada samplah plastik jenis HDPE dan LDPE dengan variabel temperatur dan waktu operasi.

Penelitian yang telah dilakukan tersebut mendorong kami untuk melakukan penelitian metode katalitik pirolisis terhadap sampah plastik jenis HDPE dengan menggunakan katalis ZnO dan zeolit dengan variasi temperatur. Penelitian ini bertujuan untuk mengkonversi limbah plastik HDPE menjadi Fuel melalui proses pirolisis dengan membandingkan variasi temperatur terhadap nilai kalor, *yield* dan fraksi total *liquid* produk.

## TINJAUAN PUSTAKA

Plastik berdampak negatif untuk lingkungan karena sifatnya yang tidak dapat terurai dengan cepat sehingga menurunkan kesuburan tanah. Plastik secara komersial dikenal dengan berbagai macam nama. Penamaan ini dibuat berdasarkan bahan penyusunnya. Jenis-jenis plastik tersebut adalah *Polyethylene (PE)*, *Polyvinyl Chlorida (PVC)*, *Polypropylene (PP)*, *Polymethyl Methyl Acrylat (PMMA)*, *Acrylonitril Butadien Styren (ABS)*, *Polyamide (PA)*, *Polyester* (cairan pengeras dan perapat), dan *Polyethylene Terephthalate (PET)*. *Polyethylene* dibagi menjadi dua yaitu *High Density Polyethylene (HDPE)* dan *Low Density Polyethylene (LDPE)* (Wahyudi & Saputra, 2016) (Irdoni & Melyna, 2013).

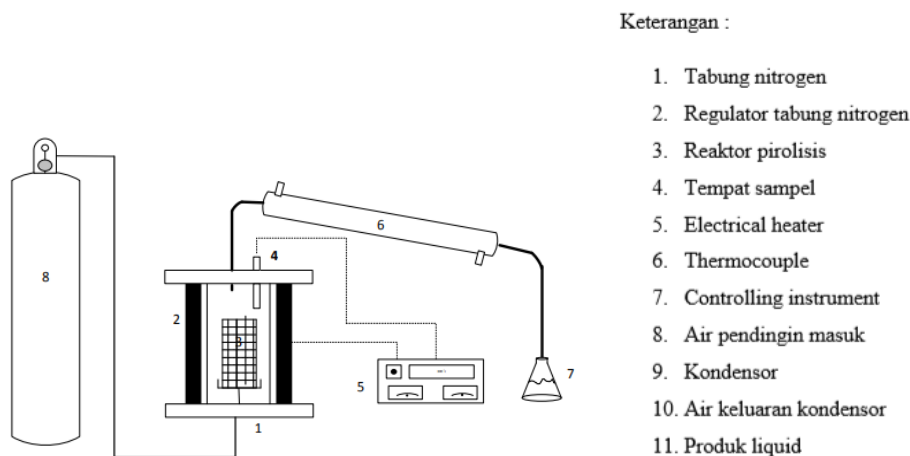
Pengolahan sampah plastik secara umum yaitu dengan *Reuse*, *Reduce* dan *Recycle*. *Reuse* yaitu menggunakan kembali plastik yang masih bisa digunakan. *Reduce* adalah mengurangi pemakaian atau pembelian barang-barang yang terbuat dari plastik. *Recycle* yaitu mendaur ulang plastik yang sudah tidak terpakai menjadi barang yang bernilai ekonomi baik melalui proses fisik ataupun kimia. Metode yang saat ini banyak digunakan dalam penanganan sampah plastik adalah dengan mengkonversi menjadi bahan bakar minyak melalui proses pirolisis/perengkahan (*cracking*) (Surono & Ismanto, 2016).

Perengkahan hidrokarbon tanpa katalis menggunakan temperatur dan tekanan tinggi disebut dekomposisi thermal. Sedangkan yang menggunakan katalis adalah perengkahan katalitis (Syamsiro et al., 2014). Pirolisis sering disebut juga sebagai termolisis. Secara definisi adalah proses terhadap suatu materi dengan menambahkan aksi temperatur yang tinggi tanpa oksigen. Pirolisis dapat didefinisikan sebagai dekomposisi thermal material organik pada suasana inert (tanpa oksigen) yang akan menyebabkan terbentuknya senyawa volatil (Sheth & Babu, 2012).

Metode pirolisis dapat mereduksi sampah yang berasal rumah tangga, diantaranya : sampah kertas, sampah plastik, sampah buah dan sayur, sampah tekstil dan sampah makanan. Pengolahan sampah yang menggunakan metode pirolisis rata-rata menghasilkan 22,6% gas, 25,2% residu dan 52,2% wax. Menurut (Ojolo, S.J., Bamgboye, 2005), menyatakan bahwa penelitian dengan metode pirolisis ini mampu merubah sampah menjadi bahan bakar. Hal ini disebabkan produk yang dihasilkan dari proses pirolisis mengandung gas yang memiliki nilai kalori rendah hingga sedang, residu dari hasil pembakaran memiliki nilai kalori yang tinggi, wax yang merupakan sumber bahan kimia dan air yang mengandung bahan-bahan organik (Bridgwater, 1980). Selain itu pirolisis juga dapat mengurangi berat dan volume sampah.

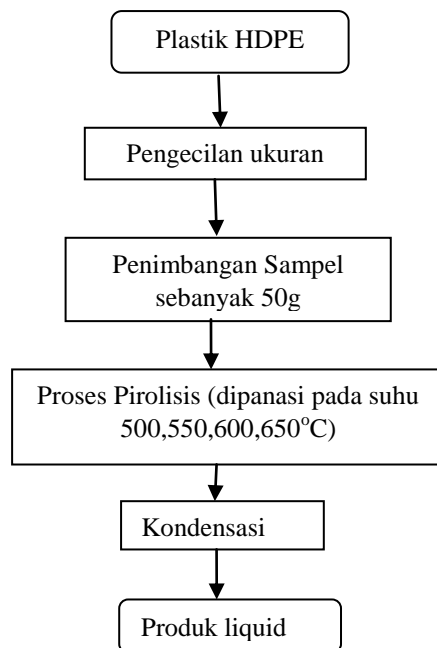
Metode pirolisis dapat dikatalis dengan katalis homogen maupun heterogen. Namun menurut (Praputri et al., 2018), katalis homogen dapat menyebabkan korosi dan berbahaya bagi lingkungan serta katalis homogen ini memiliki fase yang sama dengan reaktan sehingga pada proses pemisahan setelah reaksi sulit dilakukan. Oleh sebab itu banyak ilmuwan beralih pada katalis heterogen yang memiliki kestabilan yang tinggi, mudah dipisahkan dari produk, mudah diregenerasi, memiliki selektivitas yang tinggi, tidak menghasilkan hasil samping dan proses pemisahan setelah reaksi berlangsung dapat dilakukan dengan mudah. Menurut penelitian yang telah dilakukan oleh (Fanani & Ulfendrayani, 2019). pada tahun 2007, konversi pembuatan biodiesel dengan katalis ZnO dapat mencapai 96%. ZnO banyak digunakan sebagai katalis heterogen asam karena memiliki sifat keasaman dan ekonomis tinggi.

## METODE



Gambar 1. Alat Pirolisis

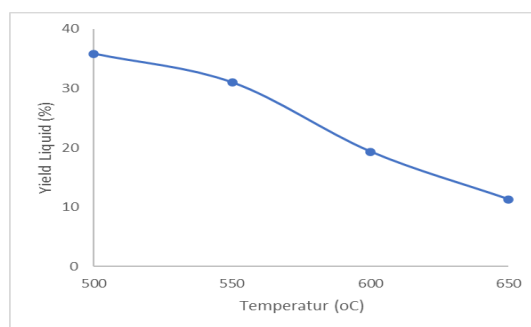
Metode penelitian berupa digram alir dapat dilihat pada gambar 2.



## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengaruh Temperatur terhadap *yield liquid* hasil pirolisis HDPE

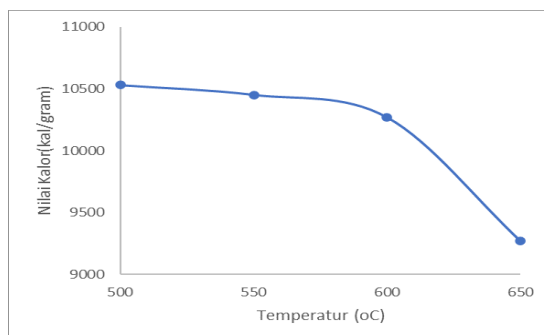
Temperature yang digunakan untuk pirolisis plastik HDPE adalah dari 500, 550, 600 dan 650° C karena titik dekomposisi plastik HDPE sebesar 470° C (Caglar & Aydinli, 2009). Massa sample plastik yang digunakan pada percobaan ini adalah sebanyak 50 gram. Analisa *yield liquid* pirolisis dalam variasi temperatur dilakukan untuk mengetahui seberapa banyak *liquid* produk pirolisis yang dihasilkan. Pada **Gambar 2** menunjukkan bahwa massa *liquid* yang dihasilkan semakin menurun dengan meningkatnya temperatur dari pirolisis. *Yield* tertinggi pada plastik HDPE didapatkan pada temperatur 500° C sebesar 35,86%. Dari penelitian sebelumnya oleh (Sogancioglu et al., 2017) *yield liquid* produk pirolisis juga menunjukkan penurunan ketika temperatur semakin naik. Sogancioglu melakukan penelitian terhadap material plastik HDPE pada temperatur 300-700° C. *Yield liquid* plastik HDPE berturut-turut sebesar 88,54%; 87,87%; 87,62; 87,55%; dan 83,86%.



Gambar 2. Grafik Pengaruh Temperatur dan *Yield Liquid* Hasil Pirolisis

### Pengaruh temperatur terhadap nilai kalor liquid produk hasil pirolisis

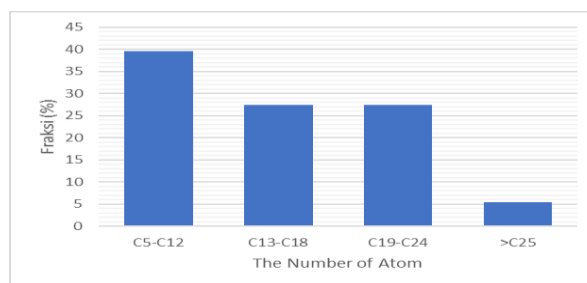
Dari Gambar 2 didapat hasil perbandingan nilai kalor liquid produk pirolisis pada berbagai temperatur dan didapat nilai tertinggi untuk plastik HDPE sebesar 10530,461 kal/g pada temperatur 500° C. Nilai kalor plastik HDPE rata-rata 10314,264 kal/g dimana mendekati nilai kalor kerosine sekitar 10270 kal/g (Fanani et al., 2020). Hasil nilai kalor menunjukkan penurunan seiring dengan naiknya temperatur pirolisis. Hal ini disebabkan pada sampel *liquid* produk mengandung air yang terbentuk dari Oksigen yang masuk dari kebocoran reaktor pirolisis sehingga nilai kalor produk *liquid* mengalami penurunan. Nilai kalor yang terukur pada bom kalorimeter dikenal dengan *High Heating Value(HHV)*, dimana semakin banyaknya kadar air maka semakin banyak pula energi yang dibutuhkan untuk menguapkan air tersebut dan menyebabkan rendahnya kalor yang dihasilkan. (Novita & Damanhuri, 2009).



Gambar 3. Grafik Pengaruh Temperatur dan Nilai Kalor

### Fraksi Total dalam liquid produk hasil pirolisis

Gambar 3 menunjukkan data analisa GC-MS *liquid* produk pirolisis plastik HDPE. Pada jenis plastik HDPE terdiri dari fraksi Gasoline (C<sub>5</sub>-C<sub>12</sub>) sebesar 39,6% pada *retention time* 0-12 menit, Kerosine (C<sub>13</sub>-C<sub>18</sub>) sebesar 27,52 % pada *retention time* 12-21 menit, Parafin (C<sub>19</sub>-C<sub>24</sub>) sebesar 27,52% pada *retention time* 21-28 menit dan Aspal (>C<sub>25</sub>) sebesar 5,36% pada *retention time* 28-38 menit



Gambar 4. Grafik Fraksi Total dalam liquid produk hasil pirolisis

### KESIMPULAN

Hasil liquid produk plastik HDPE dari penelitian ini terdiri dari fraksi gasoline 39,6% dan kerosine 27,52%. Semakin tinggi temperatur pirolisis maka semakin kecil *yield liquid* yang dihasilkan dan semakin tinggi temperature pirolisis maka nilai kalor semakin kecil.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Kemenristekdikti atas dana hibah DRPM tahun 2019.

### DAFTAR PUSTAKA

- Aprian, R., & Munawar, A. (2012). Pengolahan Sampah Plastik Menjadi Minyak Menggunakan Proses Pirolisis. *Envirotek : Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 4(1), 44–53.
- Arita, S., Assalami, A., & Naibaho, D. I. (2015). Proses Pembuatan Bahan Bakar Cair dengan Katalis Zeolit. *Jurnal Teknik Kimia*, 21(2), 8–14.
- Bridgwater, A. V. (1980). Waste incineration and pyrolysis. *Resource Recovery and Conservation*, 5(1), 99–115. [https://doi.org/10.1016/0304-3967\(80\)90025-6](https://doi.org/10.1016/0304-3967(80)90025-6)
- Caglar, A., & Aydinli, B. (2009). Isothermal co-pyrolysis of hazelnut shell and ultra-high molecular weight polyethylene: The effect of temperature and composition on the amount of pyrolysis products. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 86(2), 304–309. <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2009.08.002>
- Endang, K., Mukhtar, G., Abed Nego, & Sugiyana, F. X. A. (2016). Pengolahan Sampah Plastik dengan Metoda Pirolisis menjadi Bahan Bakar Minyak. *Pengembangan Teknologi Kimia Untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia*, ISSN 1693-, 1–7.
- Fanani, N., Novianarenti, E., Ningsih, E., Udyani, K., Budianto, A., & Tuhuloula, A. (2020). Study of The Effect of Zeolite Catalyst Use on Renewable Energy Products from HDPE Plastic Pyrolysis. *Journal of Applied Sciences, Management and Engineering Technology*, 1(2), 58–63. <https://doi.org/10.31284/j.jasmet.2020.v1i2.1305>

- Fanani, N., & Ulfindrayani, I. F. (2019). SYNTHESIS OF ACTIVATED CARBON (AC) FROM BAMBOO WASTE AS A SUPPORT OF ZINC OXIDE (ZnO) CATALYST. *Konversi*, 8(2), 108–112. <https://doi.org/10.20527/k.v8i2.7183>
- Irdoni, H., & Melyna, E. (2013). Perengkahan Sampah Plastik ( HDPE , PP , PS ) Menjadi Precursor Bahan Bakar dengan Variasi Perbandingan Bahan Baku / Katalis H-Zeolit. *Prosiding SNTK Topi, November*, 207–222.
- Islam, M. R., Islam, M. N., Mustafi, N. N., Rahim, M. A., & Haniu, H. (2013). Thermal recycling of solid tire wastes for alternative liquid fuel: The first commercial step in Bangladesh. *Procedia Engineering*, 56, 573–582. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2013.03.162>
- Novita, D. M., & Damanhuri, E. (2009). Perhitungan Nilai Kalor Berdasarkan Komposisi dan Karakteristik Sampah Perkotaan di Indonesia dalam Konsep Waste To Energy. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 16(2), 103–114. <http://journals.itb.ac.id/index.php/jtl/article/view/8179/3268>
- Ojolo, S.J., Bamgboye, a. I. (2005). Thermochemical Conversion of Municipal Solid Waste to Produce Fuel and Reduce Waste. *Agricultural Engineering*, VII, 1–8.
- Praputri, E., Sundari, E., Firdaus, F., & Sofyan, S. (2018). Penggunaan katalis homogen dan heterogen pada proses hidrolisis pati umbi singkong karet menjadi glukosa The use of homogeneous and heterogeneous catalysts in hydrolysis process of rubber cassava starch into glucose. *Jurnal Litbang Industri*, 105–110.
- Ratnasari, D. K., Nahil, M. A., & Williams, P. T. (2017). Catalytic pyrolysis of waste plastics using staged catalysis for production of gasoline range hydrocarbon oils. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 124, 631–637. <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2016.12.027>
- Sheth, P. N., & Babu, B. V. (2012). *Kinetic Modeling for Pyrolysis of Hazelnut Shell : Optimal Parameter Estimation using Differential Evolution ( DE )*. 031(May 2014), 1–14.
- Sogancioglu, M., Yel, E., & Ahmetli, G. (2017). Pyrolysis of waste high density polyethylene (HDPE) and low density polyethylene (LDPE) plastics and production of epoxy composites with their pyrolysis chars. *Journal of Cleaner Production*, 165, 369–381. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.07.157>
- Surono, U. ., & Ismanto. (2016). Pengolahan Sampah Plastik Jenis PP, PET dan PE Menjadi Bahan Bakar Minyak dan Karakteristiknya. *Jurnal Mekanika Dan Sistem Termal (JMST)*, 1(1), 32–37.
- Syamsiro, M., Saptoadi, H., Norsujianto, T., Noviasri, P., Cheng, S., Alimuddin, Z., & Yoshikawa, K. (2014). Fuel oil production from municipal plastic wastes in sequential pyrolysis and catalytic reforming reactors. *Energy Procedia*, 47, 180–188. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2014.01.212>
- Wahyudi, E., & Saputra, E. (2016). Pengolahan Sampah Plastik Polipropilena ( PP ) Menjadi Bahan Bakar Minyak dengan Metode Perengkahan Katalitik Menggunakan Katalis Sintetis Processing of Polypropylene ( PP ) Plastic Waste Into Oil Fuel by Catalytic Cracking Method Using Synthetic Catalyst. *Jurnal Rekayasa Kimia Dan Lingkungan*, 11(1), 17–23.