

PEMBUATAN *BIOFUEL* DENGAN PROSES PIROLISIS BERBAHAN BAKU PLASTIK *LOW DENSITY POLYETHYLENE (LDPE)* PADA SUHU 250 °C DAN 300 °C

⁽¹⁾Soelarso Pani, ⁽²⁾Heribertus Sukarja, ⁽¹⁾Yustinus Sigit P
^{1,2,3}Prodi Teknik Mesin Universitas Proklamasi 45 Yogyakarta
⁽¹⁾Email:maag.roni@gmail.com
Jl. Proklamasi No.1 Babarsari Depok Sleman Yogyakarta

ABSTRACT

The level of fuels' consumption as an energy source in the world is currently experiencing huge increase. When the use of the oil as fuels is not managed properly, it can be sure that the oil will run out and triggered the world's energy crisis. Currently, plastik waste become a serious problem that can lead into the environment contamination if not properly managed. One of the solution to overcome the energy crisis and environmental pollution is to find and create a renewable energy such as biofuel. The research was conducted in order to know the effect of combustion temperature on pyrolysis process based on the Low Density Polyethylene (LDPE) plastic material to produce biofuel. The early stages of the research was start with pyrolysis process of the LDPE plastic which comes from the bottle and glass logo waste with the reactor temperature of 250 °C and 300 °C. The weight of each material was 2 kg. After getting the crude oil, the researcher examined the crude oil characteristic from pyrolysis process using viscosity test, density test, caloric value test, and flash point test. From the test results, the test results that the higher the temperature in the pyrolysis reactor, the production of the biofuel oil from pyrolysis were more and have a better quality. The result of the experiment pointed out that the higher the pyrolysis reactor temperature, the greater the yield and the better quality. The pyrolysis result was crude oil with each of the weight was 240 ml on the 250 °C reactor temperature and 260 ml on the 300 °C reactor temperature. The viscosity test showed the results 3.128 mm²/s on the 250 °C reactor temperature and 2.698 mm²/s on the 300 °C reactor temperature. The density on the 250 °C reactor temperature was 0.9984 and 0.9085 on the 300 °C reactor temperature. The caloric value test on the 250 °C reactor temperature showed the results 9084.101 kal/g on the first test and 8765.253 kal/g on the second test. Whereas the caloric value test on the 300 °C reactor temperature were 9588.312 kal/g on the first test and 9507.779 on the second test. The results of the crude oil flash point test on 250 °C and 300 °C showed the same temperature result at 28.5 °C. From the characteristic test results it can be concluded that the crude oil from the pyrolysis process has approaching the kerosene characteristic and entered into the fuel category.

Keyword: *Pyrolysis, biofuel, LDPE plastic, temperature effect, characteristics test*

I. PENDAHULUAN

Krisis energi menjadi salah satu masalah yang sedang dihadapi dunia saat ini. Tingkat konsumsi bahan bakar minyak dunia mencapai 10.000 juta barrel per tahun (Wijaya, 2012). Tingkat konsumsi bahan bakar dunia meningkat seiring dengan meningkatnya jumlah industri dan transportasi dunia. Indonesia menempati urutan ke 19 dalam tingkat konsumsi bahan bakar minyak dunia (*Statistical Review of World Energy 2013*). Semakin tingginya tingkat konsumsi bahan bakar minyak sempat menempatkan Indonesia ke dalam krisis energi pada tahun 2004. Melonjaknya

harga minyak mentah dunia memaksa Indonesia untuk menaikkan harga bahan bakar minyak.

Salah satu dampak krisis energi dunia adalah semakin terbatasnya ketersediaan bahan bakar minyak dunia. *Automotive Diesel Oil (ADO)* memprediksikan cadangan minyak bumi akan habis dalam jangka beberapa dekade ke depan jika konsumsi bahan bakar minyak tidak dibatasi. Indonesia sebagai salah satu negara yang memiliki cadangan minyak juga tidak lepas dari ancaman krisis energi. Krisis energi akan menyebabkan berhentinya seluruh proses industri dan transportasi.

Ketertarikan yang sangat besar ini menjadi salah satu hal yang menjadi perhatian pemerintah.

Isu krisis energi mulai menjadi banyak perhatian negara-negara di dunia. Salah satu solusi untuk mengatasi krisis energi adalah dengan mengendalikan tingkat konsumsi bahan bakar minyak dan menemukan energi terbarukan (*renewable resources*) yang dapat menggantikan bahan bakar minyak. Kehadiran energi terbarukan akan mengurangi ketertarikan pada konsumsi bahan bakar minyak.

Biofuel merupakan salah satu bentuk dari energi terbarukan yang ditemukan oleh manusia. *Biofuel* adalah setiap bahan bakar baik padatan, cairan, ataupun gas yang dihasilkan dari bahan-bahan organik. Bahan dasar pembuatan *biofuel* dapat diperoleh dari lingkungan sekitar. Bahan dasar dapat diambil dari tanaman, limbah industri ataupun limbah rumah tangga. Salah satu limbah rumah tangga dan industri yang dapat digunakan sebagai bahan dasar pembuatan *biofuel* adalah plastik. Plastik banyak digunakan dalam rumah tangga dan industri karena sifatnya yang praktis dan serba guna. Pada tahun 2013 konsumsi plastik dalam negeri Indonesia mencapai 1,9 juta ton, meningkat 22,58% dari tahun 2012, yaitu 1,55 juta ton, dan diprediksikan akan semakin meningkat setiap tahunnya¹. Salah satu dampak negatif dari semakin besarnya penggunaan plastik adalah semakin besarnya jumlah sampah plastik. Sampah plastik berbeda dengan sampah organik, karena sampah plastik memiliki sifat tidak mudah terurai didalam tanah.

Pada dasarnya, plastik diproduksi dari bahan minyak bumi². Plastik adalah suatu bahan baku yang diperoleh melalui proses sintesis dari berbagai bahan mentah, yaitu minyak bumi, gas bumi, dan batu bara. Plastik merupakan senyawa polimer yang unsur penyusun utamanya adalah karbon dan hidrogen. Jenis-jenis plastik yang banyak digunakan adalah jenis *polypropelina* (PP) dan *polyethylene*

therephthylate (PET/HDPE). Plastik jenis *polypropelina* banyak dijumpai dalam produk tas plastik. Sedangkan *polyethylene therephthylate* banyak dijumpai dalam produk gelas dan botol minum dalam kemasan. PET terbagi atas 2 macam jenis, yaitu *Low Density Polyethylene* (LDPE) dan *High Density Polyethylene* (HDPE).

Semakin tingginya jumlah sampah plastik tentu menjadi perhatian banyak pihak. Salah satu cara mengontrol jumlah sampah plastik adalah dengan memanfaatkan sampah plastik tersebut dengan proses daur ulang (*recycle*). Proses daur ulang yang dilakukan adalah dengan mengkonversi plastik menjadi bahan bakar minyak. Plastik yang berbahan dasar bahan bakar minyak dapat menjadi bahan bakar minyak kembali

Proses yang digunakan untuk mengkonversi plastik adalah dengan proses pirolisis. Pirolisis adalah pemanasan pada kondisi bebas oksigen³. Pada proses pirolisis, rantai karbon plastik dipecah menjadi hidrokarbon yang merupakan unsur senyawa dari bahan bakar minyak. Proses pirolisis dapat menghasilkan minyak, gas ataupun oli.

Penelitian ini secara khusus menggunakan plastik LDPE yang berasal dari sampah logo dari botol ataupun gelas minuman kemasan yang dinilai oleh peneliti tidak memiliki nilai ekonomi dibandingkan dengan botol ataupun gelas kemasan minuman. Jika tidak dimanfaatkan, logo dari botol ataupun kemasan minuman tersebut hanya akan menjadi sampah yang jika dibiarkan dapat mengganggu lingkungan.

Berdasarkan paparan diatas, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui lebih jauh pengaruh suhu pada proses pirolisis plastik jenis *Low Density Polyethylene* dan menganalisa *biofuel* hasil dari proses pirolisis tersebut. Untuk mengetahui karakter *biofuel* hasil pirolisis, *biofuel* akan dianalisa berdasarkan viskositas, massa jenis, titik nyala (*flash point*) dan nilai kalor.

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Bahan dan Alat yang Digunakan

Bahan dan alat yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya adalah sebagai berikut:

1) Sampah plastik jenis *Low Density Polyethylene* (LDPE) yang berasal dari logo gelas dan botol minuman kemasan. Sampah plastik LDPE akan dipirolisis untuk menghasilkan *biofuel* berupa minyak plastik yang selanjutnya akan diteliti karakteristiknya.

2) Timbangan

Timbangan berguna untuk mengukur massa dari sampah plastik LDPE yang akan diteliti.

3) *Stopwatch*

Stopwatch berguna untuk mengetahui dan mengukur lamanya waktu pirolisis.

4) Thermometer

Thermometer berguna untuk mengukur suhu pada reaktor pirolisis.

5) Blower

Blower berfungsi sebagai penambah panas pada tungku untuk mencapai suhu yang diinginkan.

6) Bahan bakar briket arang

Bahan bakar briket arang digunakan sebagai bahan bakar dalam reaktor pirolisis.

7) Gelas Ukur

Gelas ukur berfungsi untuk mengukur minyak plastik hasil pirolisis.

B. Skema Rangkaian Alat

Reaktor pirolisis adalah tempat dimana terjadinya proses pirolisis sampah plastik *Low Density Polyethylene* (LDPE). Alat yang digunakan dalam penelitian ini akan dijelaskan sebagai berikut:

1) Tungku

Tungku berfungsi sebagai tempat pembakaran bahan bakar briket arang untuk memanaskan sampah plastik didalam reaktor.

2) Reaktor Pirolisis

Reaktor pirolisis merupakan tempat dimana pembakaran terjadi.

3) Pipa uap pirolisis

Pipa uap pirolisis berfungsi untuk mengalirkan uap hasil pirolisis yang akan dikondensasi didalam kondensor. Pipa uap pirolisis juga menghubungkan sambungan antara kondensor dengan tabung penampung.

4) Kondensor

Kondensor berfungsi sebagai tempat untuk merubah uap atau gas menjadi cairan atau minyak. Didalam kondensor terdapat pipa-pipa untuk proses kondensasi.

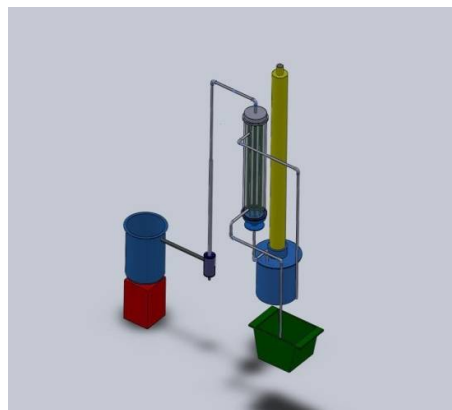
5) Pipa penyalur air

Pipa penyalur air berfungsi untuk mengalirkan air selama proses kondensasi berlangsung.

6) Tabung penampung

Tabung penampung berfungsi sebagai tempat untuk menampung minyak keseluruhan hasil pirolisis.

Skema Alat



Gambar 1. Skema alat pirolisis

Keterangan:

1. Tungku Pembakaran
2. Reaktor Pirolisis
3. Pipa Uap Pirolisis
4. Kondensor
5. Pipa Penyalur Air Masuk
6. Pipa Penyalur Air Keluar
7. Bak Air
8. Cerobong Uap

C. Tahapan Pembuatan Minyak Pirolisis Plastik *Low Density Polyethylene* (LDPE)

Pada proses pirolisis suhu yang tetap digunakan adalah suhu 250° C dan 300° C, dan bahan yang digunakan adalah plastik *Low Density Polyethylene* (LDPE) yang berasal dari sampah logo botol atau gelas minum kemasan. Penelitian ini difokuskan untuk meneliti proses pirolisis dan karakteristik minyak dari hasil pirolisis plastik LDPE.

Prosedur dalam proses pirolisis dilakukan melalui beberapa tahapan proses diantaranya sebagai berikut:

- 1) Menimbang plastik LDPE masing-masing seberat 2 kg yang akan dipirolisis.
- 2) Menimbang bahan bakar briket arang dengan timbangan awal seberat 2 kg. Briket akan ditambah sesuai dengan kebutuhan yang bertujuan untuk mendapatkan dan mempertahankan suhu yang diinginkan. Jumlah briket arang yang digunakan akan dicatat.
- 3) Memasukkan plastik LDPE seberat 2kg kedalam reaktor pirolisis(panci pembakaran).
- 4) Memasukkan briket arang kedalam tungku dan dinyalakan.
- 5) Mencatat suhu secara konstan setiap 10 menit setelah suhu pada reaktor 250 °C tercapai untuk mengetahui perubahan suhu yang terjadi.
- 6) Blower digunakan untuk membantu pembakaran agar mencapai suhu yang diinginkan. Suhu yang diinginkan adalah 250 °C.
- 7) Menyalakan pompa air untuk proses kondensasi.
- 8) Mempertahankan suhu 250 °C selama 60 menit.
- 9) Menampung minyak plastik hasil pirolisis.
- 10) Mengukur dengan gelas ukur jumlah banyaknya minyak plastik hasil pirolisis.
- 11) Mengulangi langkah (1) – (10) dengan suhu pada reaktor 300 °C.

12) Setelah semua sampel minyak pirolisis berhasil didapatkan maka akan dilakukan pengujian karakter masing-masing sampel.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pirolisis Plastik *Low Density Polyethylene* (LDPE)

Proses pirolisis plastik *Low Density Polyethylene* (LDPE) dilakukan pada suhu reaktor 250 °C dan 300 °C. Jumlah minyak plastik tertinggi didapatkan pada suhu reaktor 300 °C dan terendah pada suhu reaktor 250 °C dengan masing-masing sebesar 260 ml dan 240 ml. Jumlah briket arang yang digunakan dalam proses pirolisis 250 °C adalah sebanyak 3 kg. Jumlah briket arang yang digunakan diawal pembakaran adalah 2 kg dan dilakukan penambahan sebanyak 1 kg setelah proses pirolisis berjalan 30 menit pada suhu 250° C. Sedangkan dalam proses pirolisis 300 °C briket arang yang digunakan adalah sebanyak 4 kg dengan 2 kg diawal pembakaran dan dilakukan penambahan briket sebanyak dua kali sebanyak masing-masing 1 kg pada saat proses pirolisis berjalan 25 menit pada suhu reaktor 250° C dan 70 menit pada suhu reaktor 270° C. Jumlah padatan atau arang sisa pembakaran plastik LDPE pada suhu reaktor 300 °C adalah seberat 720 gram, sedangkan jumlah padatan atau arang sisa pembakaran pada suhu reaktor 250 °C adalah seberat 800 gram.

Tabel 1. Hasil Pirolisis Plastik LDPE

No	Sampel Minyak	Hasil (ml)
1	LDPE 250 °C	240
2	LDPE 300 °C	260

Dari hasil proses pirolisis didapatkan hasil bahwa semakin tinggi suhu pada reaktor pirolisis maka minyak plastik yang dihasilkan semakin banyak. Hal ini terjadi karena semakin meningkatnya suhu pada reaktor pirolisis

maka reaksi pembentukan molekul yang lebih kecil juga meningkat.



Gambar 2. Minyak Plastik Hasil Pirolisis

B. Pengujian Karakteristik Minyak Pirolisis

Setelah melakukan proses pirolisis pada plastik *Low Density Polyethylene* (LDPE) maka langkah selanjutnya adalah melakukan pengujian karakteristik minyak pirolisis yang hasilnya adalah sebagai berikut:

Uji Viskositas

Berdasarkan uji yang dilakukan dengan metode IKU/5.4/TK-02 menunjukkan bahwa kekentalan minyak tertinggi diperoleh pada minyak hasil pirolisis plastik LDPE dengan suhu pada reaktor 250 °C yaitu sebesar 3.218 mm²/s. Sedangkan kekentalan minyak terendah ada pada minyak hasil pirolisis plastik LDPE dengan suhu pada reaktor 300 °C yaitu sebesar 2.698 mm²/s. Uji viskositas dilakukan pada suhu ruangan sebesar 40° C. Hal ini sejalan dengan teori yang diungkapkan oleh Suyanto dan Zainal (2003: 16) yang menyebutkan bahwa semakin tinggi nilai viskositasnya, maka semakin kental dan semakin sulit untuk mengalir.

Tabel 2. Viskositas Minyak Hasil Pirolisis

No.	Sampel Minyak	Viskositas (mm ² /s)
1	LDPE 250 °C	3.218
1	LDPE 300 °C	2.698

Uji Berat Jenis

Berdasarkan uji ASTM D 1298 diperoleh hasil nilai berat jenis plastik LDPE dengan suhu pada reaktor 250 °C sebesar 0.9984 dan plastik LDPE dengan suhu pada reaktor 300 °C sebesar 0.9085. Hasil uji berat jenis tidak memiliki satuan karena proses pengujian tergantung pada percepatan gravitasi dan lokasi. Suhu yang digunakan dalam proses uji berat jenis adalah suhu ruangan yaitu suhu sebesar 40 °C.

Tabel 3. Berat jenis minyak hasil pirolisis

No.	Sampel Minyak	Berat Jenis
1	LDPE 250 °C	0.9984
1	LDPE 300 °C	0.9085

Uji Nilai Kalor

Berdasarkan uji yang dilakukan terhadap plastik LDPE, maka diperoleh 2 kali hasil uji nilai kalor. Uji terhadap plastik LDPE pada suhu reaktor 250 °C diperoleh nilai 9084.101 kal/g pada uji satu dan nilai 8764.253 kal/g pada uji dua. Sedangkan uji terhadap plastik LDPE pada suhu reaktor 300 °C menghasilkan nilai 9588.312 kal/g pada uji satu dan nilai 9507.779 pada uji dua. Dari semua hasil uji terhadap plastik LDPE dapat disimpulkan bahwa minyak plastik/*biofuel* hasil pirolisis memiliki nilai kalor mendekati nilai kalor bahan bakar. Nilai kalor minyak plastik berada sedikit dibawah minyak tanah yang memiliki nilai 10238.095 kal/g. Standar nilai kalor untuk bahan bakar berada pada nilai 10.160 – 11.000 kkal/kg. Hasil uji dari nilai kalor dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4. Nilai Kalor Minyak Hasil Pirolisis

No	Sampel minyak	Ulangan I Kal/g	Ulangan II Kal/g
1	LDPE 250 °C	9084.101	8764.253
2	LDPE 300 °C	9588.312	9507.779

Uji Titik Nyala (*Flash Point*)

Berdasarkan uji yang dilakukan dengan metode IKU/5.4/TK-02, diperoleh hasil kedua sampel memiliki titik nyala yang sama yaitu 28.5°C yang bila dikonversikan ke dalam derajat Fahrenheit diperoleh nilai 83.3 °F. Nilai titik nyala kerosene (minyak tanah) berada pada 100-162 °F, titik nyala gasoline (bensin) -45 °F dan titik nyala biodiesel 266 °F. Berdasarkan data tersebut dapat disimpulkan bahwa minyak plastik/*biofuel* hasil pirolisis memiliki nilai titik nyala diantara nilai bensin dan biodiesel, serta mendekati nilai titik nyala dari minyak tanah.

Tabel 5. Nilai Titik Nyala Minyak Hasil Pirolisis

No	Sampel Minyak	Flash Point (°Celsius)
1	LDPE 250 °C	28.5
2	LDPE 300 °C	28.5

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan berupa proses pirolisis plastik LDPE dan pengujian karakteristik minyak pirolisis yang dihasilkan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil minyak plastik tertinggi adalah pada temperatur reaktor pirolisis bersuhu 300 °C dengan jumlah 260 ml.
2. Hasil minyak plastik terendah adalah pada temperatur reaktor pirolisis bersuhu 250 °C dengan jumlah 240 ml.
3. Viskositas minyak plastik hasil pirolisis meningkat seiring dengan meningkatnya suhu reaktor pirolisis. Semakin tinggi suhu reaktor maka nilai viskositas nya semakin rendah yang menandakan kekentalannya semakin berkurang.
4. Berat jenis minyak plastik hasil pirolisis semakin rendah seiring dengan meningkatnya suhu reaktor pirolisis. Berat jenis pada suhu 300 °C lebih rendah dibandingkan dengan berat jenis pada suhu 250 °C.

5. Nilai kalor minyak plastik hasil pirolisis hampir sama, namun dapat terlihat bahwa dengan semakin meningkatnya suhu reaktor pirolisis nilai kalor yang dihasilkan semakin besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Arrasyi. 2008. Maltus_PEK (kuliah), [http://arrasyi.wordpress.com/maltuspek-kuliah,didownload 24/05/2014,21:55](http://arrasyi.wordpress.com/maltuspek-kuliah,didownload%2024/05/2014,21:55).
- Di Blasi. 2008. Modelling Chemical and Physical Processes of Wood and Biomass Pyrolysis. *Progress in Energy and Combustion Science* 34, 47-99.
- Hardjono, A. 2001. *Teknologi Minyak Bumi*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Hart. 1983. *Organic Chemistry Short Course. 6th Edition*. Michigan: Houghton Mifflin.
- Himawanto, Dwi Aries., Indarto, Harwin Saptoadi, dan Tri Agung Rohmat. 2010. Pengaruh Heating Rate Pada Proses Slow Pyrolysis Sampah Bambu dan Sampah Daun Pisang. Seminar Rekayasa Kimia dan Proses. ISSN: 1411-4216.
- Kurniawan, A., 2012. Mengenal Kode Kemasan Plastik yang Aman dan Tidak. <http://ngeblogging.wordpress.com/2012/06/04/mengenal-kemasan-plastik-yang-aman-dan-tidak/>, 25/05/2014, 19:22.
- Lailunnazar, Luthfi, Widya Wijayanti, Mega Nur Sasongko. 2003. Pengaruh Temperatur Pirolisis Terhadap Kualitas Tar Hasil Pirolisis Serbuk Kayu Mahoni. *Jurnal Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya*. Malang: Universitas Brawijaya.
- Munson, Bruce R., Donald F. Young, dan Theodore H. Okiishi. 2004. *Mekanika Fluida*. Jakarta: Penerbit Erlangga.

Nugraha, Mahendra Fajri. Arifuddin Wahyudi, dan Ignatius Gunardi. JURNAL TEKNIK POMITS Vol. 2, No. 2, (2013) ISSN: 2337-3539 (2301-9271 Print)

Sinaga, Drs. Parlin. 2012. *Material Plastik*. Disampaikan pada pelatihan Quality Control alat-alat IPA, kerjasama antara Jurusan Pendidikan Fisika UPI dengan PT. Sugitex Indotama.

Soedjojo, Peter. 1986. *Azas-Azas Ilmu Fisika*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Surono, Untoro Budi. 2013. *Berbagai Metode Konversi Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Minyak*. Artikel Jurusan Teknik Mesin. Yogyakarta: Universitas Janabadra.

Suyanto, Wardan dan Zainal Arifin. 2003. *Bahan Bakar dan Pelumas*. Yogyakarta: Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.

UNEP (United Nations Environment Programme). 2009. *Converting Waste Plastic Into a Resource*. Division of Technology, Industry and Economics.

Wijaya, Karna. 2012. *Biofuel di Indonesia: Prospek, Perspektif dan Strategi Pengembangannya*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.