

PENGARUH MASSA KATALIS ZEOLIT ALAM PADA PROSES PIROLISIS LIMBAH PLASTIK *LOW DENSITY POLYETHYLENE (LDPE)*

Stephanus Danny Kurniawan¹, Harwin Saptoadi²

¹Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, IST AKPRIND Yogyakarta

²Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, UGM Yogyakarta

Masuk: 17 Maret 2016, revisi masuk : 21 Maret 2016, diterima: 4 Juni 2016

ABSTRACT

Plastic wastes have considerable potential to be converted into alternative fuels through pyrolysis process and reduce negative impacts on the environment pollution. Plastic pyrolysis process carried out to obtain hydrocarbon compounds that can be used as fuel and increase the economic value of the plastic wastes. The raw material used is Low Density Polyethylene (LDPE). This study was conducted to determine the effect of variations in the mass of catalyst on the characteristics and applications of waste plastics pyrolysis oil (WPO). The reactor used was a batch-type fixed with a temperature of 450°C, nitrogen flow rate of 0.8 l/min, which feedstock used is 2000gr and natural zeolite as a catalyst. The use of mass variation of Catalyst Feedstock Ratio (CFR) are 0.05, 0.10 and 0.15. The results showed that the increasing use of the mass of catalyst have an effect in decreasing of liquid products. Most liquid products obtained in the use of 100g catalyst, with a percentage of 56.75%wt liquid products, 38.60%wt gas products and 4.65%wt solid products. The results of the characteristics and properties testing of plastics pyrolysis oils include specific gravity, kinematic viscosity, flash point, pour point, cloud point, water content, ash content, carbon number distribution and PONA analysis showed that the pyrolysis oil has similarities with kerosene and diesel oil as well can be developed as alternative fuels.

Keywords : *Pyrolysis, LDPE plastic waste, catalyst, natural zeolite, alternative fuels.*

INTISARI

Limbah plastik memiliki potensi yang cukup besar untuk dikonversi menjadi bahan bakar alternatif melalui proses pirolisis dan dapat mengurangi dampak negatif terhadap pencemaran lingkungan. Proses pirolisis plastik dilakukan untuk mendapatkan senyawa hidrokarbon yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar dan meningkatkan nilai ekonomis dari limbah plastik tersebut. Limbah plastik yang digunakan adalah *Low Density Polyethylene (LDPE)*. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi massa katalis terhadap karakteristik dan aplikasi dari minyak pirolisis plastik (WPO). Reaktor yang digunakan adalah tipe *fixed batch* dengan suhu 450°C, laju aliran nitrogen 0,8 l/min, feedstock yang digunakan sebanyak 2000 gr dan zeolite alam sebagai katalis. Penggunaan variasi massa katalis dengan perbandingan *Catalyst Feedstock Ratio (CFR)* sebesar 0,05, 0,10 dan 0,15. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin banyak penggunaan massa katalis maka produk cair yang dihasilkan semakin sedikit. Produk cair paling banyak diperoleh pada penggunaan 100 gr massa katalis, dengan presentase produk cair 56,75%wt, produk gas 38,60%wt dan produk solid/char 4,65%wt. Hasil pengujian karakteristik dan properties dari minyak pirolisis plastik meliputi *specific gravity, kinematic viscosity, flash point, pour point, cloud point, water content, ash content, carbon number distribution* dan analisis PONA menunjukkan bahwa minyak pirolisis memiliki kemiripan dengan kerosene dan minyak diesel serta dapat dikembangkan sebagai bahan bakar alternatif.

Kata Kunci : Pirolisis, limbah plastik *LDPE*, katalis, zeolit alam, alternatif

¹dannykurniawan05@gmail.co

PENDAHULUAN

Ketergantungan pada masyarakat akan energy fosil dan kebutuhan energy terus mengalami peningkatan. Datatahun 2009 konsumsi energi primer Indonesia tercatat telah mengalami peningkatan, dari 940,04 juta SBM (Setara Barel Minyak) pada tahun 2000 menjadi 1440,22 juta SBM pada tahun 2010 atau meningkat 5,6 % per tahun (Pusdatin ESDM, 2011). Konsumsi energi final (termasuk bio-massa) pada periode 2000-2013 meningkat dari 764 juta SBM pada tahun 2000 menjadi 1.151 juta SBM pada tahun 2013 atau meningkat rata-rata 3,20% per tahun. Konsumsi energi final tersebut tidak mempertimbangkan *other petro-leum products*, seperti pelumas, aspal, dan lainnya, di sektor industri (BPPT Outlook Energi Indonesia, 2015)

Salah satu upaya untuk membantu menangani permasalahan tersebut yaitu dikembangkan teknologi konversi limbah plastic menjadi sumber energy alternatif (*waste-to-energy*) dengan metode pirolisis. Limbah plastic mempunyai potensi yang cukup besar untuk diolah menjadi bahan bakar alternative melalui proses pirolisis dan dapat mengurangi efek negatif yang ditimbulkan terhadap lingkungan. Proses pirolisis plastic dilakukan untuk mendapatkan senyawa hidrokarbon yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar. Pirolisis merupakan suatu teknik daur ulang limbah yang mampu mengkonversi limbah plastic menjadi bahan bakar, monomer, atau bahan berharga lainnya melalui proses degradasi thermal atau katalitik (Scheirs dan Kaminsky, 2006).

Metode ini diterapkan untuk mengubah baik termoplastik dan termoset ini, menjadi bahan bakar berbasis senyawa hidrokarbon. Pirolisis merupakan salah satu metode terbaik untuk mengurangi dan mendaur ulang sampah yang tidak dapat diuraikan (*non-degradable waste*). Pengaruh massa katalis terhadap *liquid product* dan *gas product* yang dihasilkan perlu dipelajari. Dari hasil penelitian Lin (2009) diperoleh bahwa variasi massa katalis yang digunakan berpengaruh pada komposisi

antara produk cair, gas dan solid yang dihasilkan pada proses pirolisis.

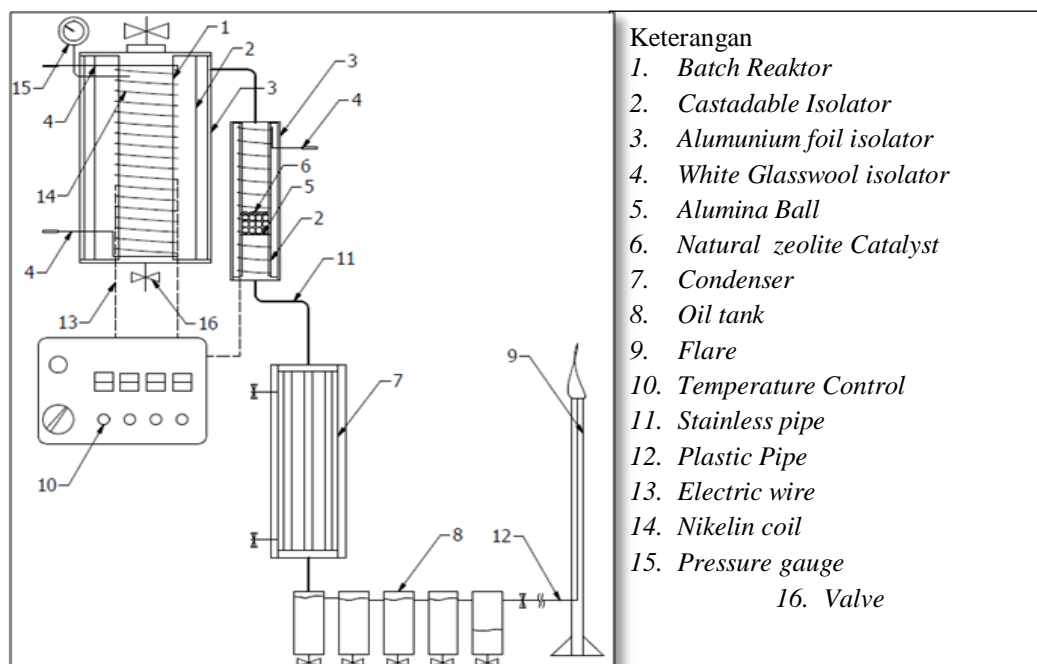
Katalis (*catalyst*) didefinisikan sebagai suatu zat kimia yang dapat menaikkan laju reaksi dan terlibat di dalam reaksi kimia walaupun zat ini sendiri tidak ikut bereaksi secara permanen. Peningkatan laju reaksi ini diakibatkan oleh adanya jalur reaksi baru yang diciptakan dengan energi aktivasi yang lebih rendah, sehingga katalis dapat berfungsi mengarahkan reaksi ke arah reaksi yang diinginkan (Istadi, 2011).

METODE

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari termokopel, reaktor pirolisis tipe *fixed batch*, *flow meter* udara/gas, timbangan, pompa air, kondenser menggunakan pendingin air, *oil tank*, *gas package*, penghitung waktu (*time/stopwatch*), thermometer. Alat penelitian yang digunakan menggunakan *pyrolyzer* yang secara umum terdiri dari reaktor, *reformer*, kondenser, *oil tank*, *flaredan heater*.

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah limbah plastik *Low Density Polyethylene (LDPE)* yang diperoleh dari pengolahan plastik bekas di Wates, Kulon Progo, DIY. Pengujian dilakukan dengan reaktor tipe *fixed batch* pada temperatur operasi 450°C, laju aliran nitrogen 0,8 l/min, dan menggunakan katalis zeolit alam.

Penelitian dilakukan dengan menyiapkan bahan baku limbah plastik LDPE yang sudah dibersihkan dan dicacah. Plastik kemudian ditimbang sebanyak 2000 gram dan dimasukkan dalam reaktor pirolisis. Reformer kemudian dipanaskan hingga suhu 450°C untuk mengaktifkan katalis, dan berikutnya reaktor dinyalakan hingga suhu 450°C. Katalis yang digunakan yaitu zeolit alam dengan variasi massa sebesar 100gr, 200gr dan 300gr. Proses pirolisis berlangsung selama 5-6jam, produk yang dihasilkan berupa liquid, gas dan solid. Produk liquid pada proses ini kemudian diuji karakteristiknya yang meliputi *specific gravity*, *kinematic viscosity*, *pour point*, *flash point*, *cloud point*, *ash content* dan *water content*.



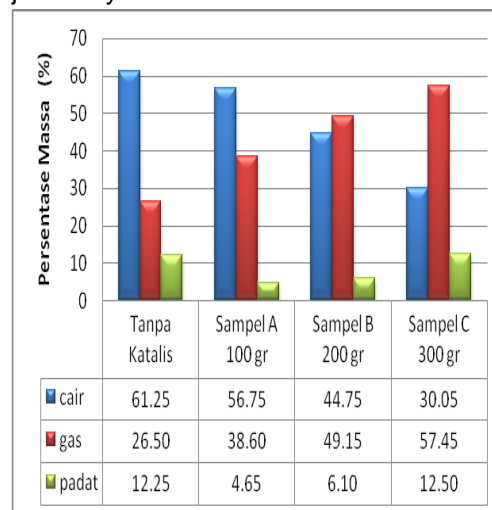
Gambar 1. Skema alat pirolisis minyak limbah plastik LDPE

PEMBAHASAN

Proses pirolisis dilakukan pada temperatur 450°C dengan raktor tipe fixed batch dan menggunakan variasi massa katalis untuk mengetahui pengaruh terhadap produk hasil pirolisis baik kuantitas maupun kualitasnya. Produk pirolisis dihasilkan dari dekomposisi jenis polimer tertentu, pada penelitian ini digunakan limbah polimer plastik *Low Density Polyethylene (LDPE)*.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa untuk *mass balance*, minyak hasil pirolisis menggunakan katalis zeolit alam dengan massa 100 gram menghasilkan produk liquid paling banyak. Seperti ditampilkan pada Gambar 2. Produk liquid paling banyak diperoleh pada sample A (NZ 100 g) yaitu 56,75 %wt, produk gas diperoleh paling banyak pada sample C (NZ 300 g) yaitu 57,45 %wt, dan produk solid diperoleh paling banyak pada sample C (NZ 300 g) yaitu 12,50 %wt. Tujuan dari penelitian ini lebih difokuskan untuk memperoleh produk liquid yang paling banyak. Penambahan massa katalis berpengaruh terhadap distribusi rantai karbon dimana rantai

karbon fraksi berat akan terpecah menjadi rantai karbon yang lebih ringan dengan keberadaan katalis namun jumlahnya tidak terlalu besar.



Gambar 2. Grafik kesetimbangan massa

Katalis zeolit secara umum digunakan sebagai katalis dalam berbagai reaksi-reaksi katalisis alam dan memiliki aktivitas katalisis asam hidrokarbon yang tinggi sehingga sering digunakan pada proses perengkahan hidrokarbon.

Zeolit dengan pori-porinya dan struktur yang unik mampu mentransfer panas dan menjadi katalis yang bersifat selektif melalui pori-pori terhadap beberapa ukuran molekul tertentu. Selain itu penambahan katalis pada proses pirolisis akan menurunkan energi aktivasi

dan temperatur reaksi, karena tercipta jalur reaksi baru pada penggunaan katalis dan mempercepat *reaction time* atau waktu proses pirolisis (Scheirs dan Kaminsky, 2006). Properties untuk minyak hasil pirolisis limbah plastik LDPE dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Properties minyak pirolisis dan kerosene

No	Karakteristik	Satuan	Kerosene	100 gr	200 gr	300 gr
1	Specific Gravity at 60/60 of	-	0.804	0.8137	0.8256	0.8299
2	Kinematic Viscosity at 40 °C	mm ² /s	1.285	1.639	1.364	2.048
3	Flash Point PM.c.c	°C	46	*)	*)	*)
4	Pour Point	°C	-54	21	18	30
5	Cloud Point	°C	-40	**)	**)	**)
6	Water Content	% vol	-	Trace	0.6	2.0
7	Ash Content	% wt	-	-	0.066	0.120
8	Density	kg/l	0.804	0.8137	0.8256	0.8299

*) Pada suhu 10°C sudah menyala

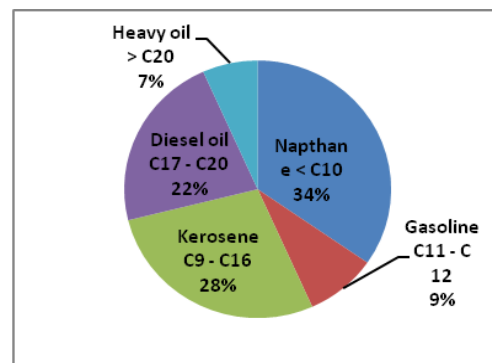
**) Cloud point tidak dapat diamati karena sample berwarna keruh

Pengujian berikutnya adalah GC/MS (*Gas Chromatography dan Mass Spectroscopy*), yang diperlukan untuk mengetahui rantai karbon dan kandungan unsur hidrokarbon. Distribusi atom karbon(C) dari pengujian GC/MS diperoleh hasil fraksi (<C12) sebesar 51,14%, fraksi (C12-C20) sebesar 40,91%, dan fraksi >C20 sebesar 7,95%. Distribusi dan persentasi fraksi WPO lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 4, dimana diperoleh fraksi kerosene (C9-C16) sebesar 28%.

Pengujian GC/MS menunjukkan minyak hasil pirolisis limbah plastik LDPE diperoleh fraksi *naphthane* (34%), fraksi *kerosene*(28%),fraksi *diesel oil* (22%) dan fraksi *heavy oil* (7%).

Penambahan massa katalis akan berpengaruh pada pergeseran rantai karbon panjang yang terpotong menjadi rantai karbon yang lebih pendek, misal rantai C fraksi berat terpotong menjadi rantai C fraksi medium dan rantai C fraksi medium menjadi rantai C fraksi ringan. Bertambahnya jumlah massa katalis juga akan berpengaruh

pada meningkatnya produk gas hidrokarbon C₁-C₄ dan produk solid/char.



Gambar 3. Grafik presentasi fraksi WPO

KESIMPULAN

Pirolisis limbah plastik terbukti merupakan salah satu metode yang baik untuk mengkonversi limbah plastik menjadi bahan bakar alternatif. Minyak hasil pirolisis limbah plastik LDPE mempunyai karakteristik yang mendekati bahan bakar hidrokarbon setara kerosene dan *diesel oil* yang juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar pada kompor dan *boiler burner*. Semakin banyak massa katalis yang digunakan

maka produk cair yang dihasilkan semakin sedikit dan produk gas yang dihasilkan semakin banyak.

DAFTAR PUSTAKA

- BPPT Outlook Energi Indonesia, 2015, Pengembangan Energi untuk Mendukung Pembangunan Berkelanjutan.
- Istadi, 2011, Teknologi Katalis untuk Konversi Energi: Fundamental dan Aplikasi, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Lin, Y.H., 2009, Production of valuable hydrocarbons by catalytic degradation of a mixture of post-consumer plastic waste in a fluidized-bed reactor. Elsevier, Kao Yuan University, Taiwan.
- Pusdatin ESDM, 2011, Indikator Energi dan Sumber Daya Mineral Indonesia.
- Scheirs, J., Kaminsky, W., 2006, "*Feedstock Recycling and Pyrolysis of Waste Plastics: Converting Waste Plastics into Diesel and Other Fuels*". John Wiley and Sons.