



Jurnal Artikel

Perbandingan Prestasi Reaktor Pirolisis dengan menggunakan sampah PET dan HDPE

Yos Nofendri¹

¹ Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Prof. Dr. HAMKA

¹yos_nofendri@uhamka.ac.id,

*Corresponding author – Email : yos_nofendri@uhamka.ac.id

Artikel Info - : Received : ; Revised : ; Accepted :

Abstrak

Penggunaan material plastic oleh industry semakin meningkat. Peningkatan industry berbasis material plastic ini juga meningkatkan kuantitas sampah berbahan plastic di masyarakat. Pirolisis plastik adalah salah satu metode sederhana yang bisa mengurangi volume sampah plastic di masyarakat. Penelitian ini melakukan pengolahan sampah plastic menggunakan alat pirolisis. Sampah plastic yang diuji terdiri dari 2 jenis sampah plastic, yaitu PET dan HDPE. Berat sampah plastic yang diuji sebesar 1kg sampah PET dan HDPE. Penelitian ini akan membandingkan prestasi alat reactor pirolisis dengan menggunakan sampah PET dan HDPE. Hasil penelitian ini menunjukkan proses pembakaran sampah plastic dengan menggunakan reactor pirolisis menghasilkan minyak cair, baik menggunakan sampah plastic PET maupun sampah plastic HDPE. Sampah plastic PET menghasilkan minyak cair sebanyak 102 ml dengan 1 kg sampah. Sampah HDPE juga menghasilkan minyak cair sebanyak 68 ml dengan 1 kg sampah plastic

Kata kunci: Reaktor Pirolisis; Sampah plastik ; Bahan Bakar

Abstract

The use of plastic materials by industry is increasing. This plastic material-based industry also increases the quantity of plastic waste in the community. Plastic pyrolysis is one of the simple methods that can reduce the volume of plastic waste in society. This research is processing plastic waste using a pyrolysis tool. The plastic waste tested consisted of 2 types of plastic waste, namely PET and HDPE. The weight of plastic waste tested is 1 kg of PET and HDPE waste. This study will compare the performance of the pyrolysis reactor using PET and HDPE waste. The results of this study show that the process of burning plastic waste using a pyrolysis reactor produces liquid oil, either using PET plastic waste HDPE plastic waste. PET plastic waste produces 102 ml of liquid oil with 1 kg of waste. HDPE waste also produces 68 ml of liquid oil with 1 kg of plastic waste

Keywords: Pyrolysis reactor; Plastic Waste, Fuel

1. PENDAHULUAN

Sejak ditemukan pertama kali pada tahun 1907, penggunaan plastik dan barang-barang berbahan dasar plastik semakin meningkat. Peningkatan penggunaan plastik ini merupakan konsekuensi dari berkembangnya teknologi, industri dan juga jumlah populasi penduduk. Di Indonesia, kebutuhan plastik terus meningkat hingga

mengalami kenaikan rata-rata 200 ton per tahun. Tahun 2002, tercatat 1,9 juta ton, di tahun 2003 naik menjadi 2,1 juta ton, selanjutnya tahun 2004 naik lagi menjadi 2,3 juta ton per tahun. Di tahun 2010, 2,4 juta ton, dan pada tahun 2011, sudah meningkat menjadi 2,6 juta ton. Akibat dari peningkatan penggunaan plastik ini adalah bertambah pula sampah plastik. Berdasarkan asumsi Kementerian

Lingkungan Hidup (KLH), setiap hari penduduk Indonesia menghasilkan 0,8 kg sampah per orang atau secara total sebanyak 189 ribu ton sampah/hari. Dari jumlah tersebut 15% berupa sampah plastik atau sejumlah 28,4 ribu ton sampah plastik/hari (Fahlevi, 2012).

Semakin meningkatnya sampah plastik ini akan menjadi masalah serius bila tidak dicari penyelesaiannya. Penanganan sampah plastik yang populer selama ini adalah dengan 3R (Reuse, Reduce, Recycle). Reuse adalah memakai berulang kali barang-barang yang terbuat dari plastik. Reduce adalah mengurangi pembelian atau penggunaan barang-barang dari plastik, terutama barang-barang yang sekali pakai. Recycle adalah mendaur ulang barang-barang yang terbuat dari plastic.

Pyrolysis merupakan salah satu proses yang dapat digunakan untuk menghasilkan suatu bahan bakar minyak dari material berbahan dasar plastik (polymer). Berdasarkan kaji literatur dan kaji eksperimental, bahan bakar yang dihasilkan dari proses tersebut memiliki sifat-sifat fisis dan kimia yang tidak jauh berbeda dengan bahan bakar minyak bumi (fosil). Berkaitan dengan hal tersebut, maka penelitian mengenai metoda pyrolysis ini sangat menarik untuk dilakukan guna mengetahui sejauh manakah metoda ini dapat membantu masyarakat dalam mengatasi pencemaran lingkungan akibat sampah plastik yang selama ini dianggap tidak memiliki nilai ekonomis, serta dapat menjadikannya sebagai referensi untuk menghasilkan sumber energi alternatif ditengah semakin krisisnya sumber daya minyak fosil..

2. KAJIAN LITERATUR

Plastik adalah salah satu jenis makromolekul yang dibentuk dengan proses polimerisasi. Polimerisasi adalah proses penggabungan beberapa molekul sederhana (monomer) melalui proses kimia menjadi molekul besar (makromolekul atau polimer). Plastik merupakan senyawa polimer yang unsur penyusun utamanya

adalah karbon dan hidrogen. Untuk membuat plastik, salah satu bahan yang sering digunakan adalah naphta, yaitu bahan yang dihasilkan dari penyulingan minyak bumi atau gas alam. Sebagai gambaran, untuk membuat 1 kg plastik memerlukan 1,75 kg minyak bumi, untuk memenuhi kebutuhan bahan bakunya maupun kebutuhan energi prosesnya (Kumar et al. 2011).

Plastik dapat dikelompokkan menjadi dua macam yaitu thermoplastic dan thermosetting (Mujiarto, 2005). Thermoplastic adalah bahan plastik yang jika dipanaskan sampai temperatur tertentu akan mencair dan dapat dibentuk kembali menjadi bentuk yang diinginkan. Sedangkan thermosetting adalah plastik yang jika telah dibuat dalam bentuk padat, tidak dapat dicairkan kembali dengan dipanaskan

2.1 Pirilosis Plastik

Pyrolysis merupakan suatu metoda dekomposisi bahan kimia organik maupun non-organik melalui proses pemanasan dengan tanpa atau sedikit oksigen atau zat reagen lainnya, dimana material mentah akan mengalami pemecahan struktur kimia menjadi fase gas. Pyrolysis dilakukan dengan kasus hanya menyisakan senyawa karbon sebagai residu disebut Karbonisasi. Metoda pyrolysis sendiri dapat diterapkan dalam penggunaan untuk menghasilkan suatu senyawa yang dapat dijadikan sebagai sumber bahan bakar berupa cairan.

Mengkonversi sampah plastik menjadi bahan bakar minyak termasuk daur ulang tersier. Merubah sampah plastik menjadi bahan bakar minyak dapat dilakukan dengan proses cracking (perekahan). Cracking adalah proses memecah rantai polimer menjadi senyawa dengan berat molekul yang lebih rendah.

Hasil dari proses perekahan plastik ini dapat digunakan sebagai bahan kimia atau bahan bakar. Ada tiga macam proses perekahan yaitu hidro cracking, thermal cracking dan

catalytic cracking (Panda, 2011).

2.2 Alat Penukar Kalor

Alat penukar kalor adalah alat yang difungsikan untuk melakukan perpindahan sejumlah kalor atau panas dari suatu fluida ke fluida yang lainnya. Tujuan perpindahan panas ini di dalam proses produksi adalah untuk memanaskan ataupun mendinginkan suatu fluida hingga mencapai temperature tertentu yang diinginkan ataupun juga bertujuan untuk mengubah keadaan (fase) fluida dari satu fase ke fase yang lainnya. Pada alat penukar kalor ini perpindahan panas dapat terjadi secara konduksi, konveksi ataupun radiasi tergantung dari tipe dan konstruksi alat tersebut.

Berdasarkan fungsinya alat penukar kalor yang dipergunakan dalam industri terbagi atas :

- a. Cooler
- b. Boiler
- c. Kondensor
- d. Evaporator
- e. Chiller

Adapun bentuk dari alat penukar kalor yang umum digunakan dalam industri kimia ataupun petrokimia adalah:

- a. Alat penukar kalor Shell and Tube
 - b. Alat penukar kalor Coil in Box
 - c. Alat penukar kalor Pipa Gabda / Double pipe
 - d. Alat penukar kalor Tube flow
 - e. Alat penukar kalor Air fin exchanger
- yang terbagi lagi menjadi:
- 1. Forced draft
 - 2. Induced draft.

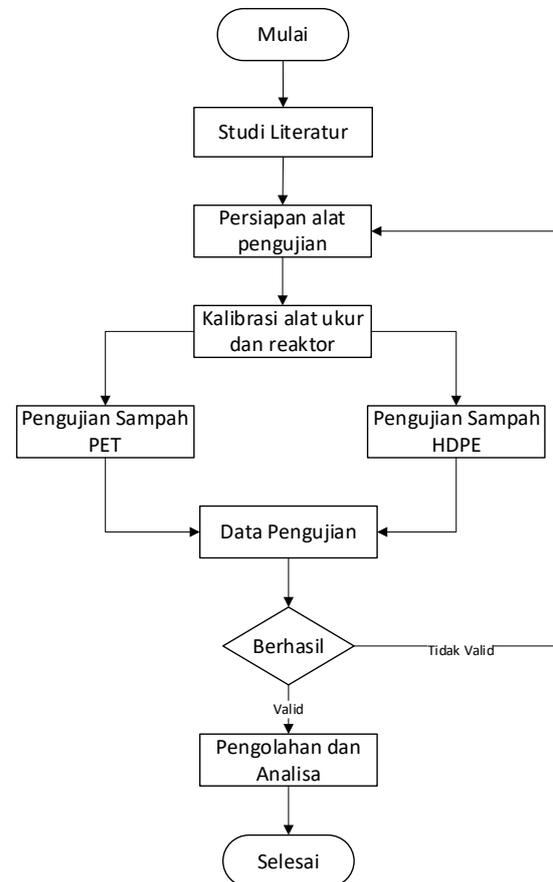
2.3 Bahan Bakar

Bahan Bakar Minyak (BBM) adalah jenis bahan bakar (fuel) yang dihasilkan dari pengilangan (refining) minyak mentah (crude oil). Minyak mentah dari perut bumi diolah dalam pengilangan (refinen) terlebih dahulu untuk menghasilkan produk-produk minyak (oil products), yang termasuk di dalamnya adalah BBM. Selain menghasilkan BBM, pengilangan minyak

mentah menghasilkan berbagai produk lain terdiri dari gas, hingga ke produk-produk seperti naphta, Light Sulfur Wax Residue (LSWR) dan aspal. Oleh karena itu BBM (bensin) harus memiliki flash point rendah dan auto ignition yang tinggi.

3. METODELOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir



Gambar 1 dia gram alir penelitian

Penelitian ini menggunakan metoda eksperimental pada reactor pirolisis dengan menggunakan dua jenis sampah plastic yang berbeda. Jenis sampah yang digunakan adalah jenis PET dan HDPE. Suster pirolisis yang digunakan terdiri dari tungku, reactor pirolisis, kondensor yang menggunakan media penyerap panas nya adalah air. Alat ini juga dilengkapi dengan sebuah pompa air yang berfungsi untuk mengalirkan air dari wadah masuk ke kondensor dan Kembali lagi ke wadah. Sumber kalor pada alat ini menggunakan gas. Sebelum melakukan

pengujian dilakukan kalibrasi alat pengujian dan alat ukur yang digunakan.

Setelah alat selesai dikalibrasi, dilakukan pengujian pertama menggunakan sampah PET. Sampah PET dipotong dengan rata-rata ukuran 5 cm x 5 cm. Dalam proses pengujian, data yang perlu di rekam adalah suhu yaitu suhu pada tungku, suhu pada air masuk reaktor, suhu air keluar reaktor. Begitu juga pada pengujian dengan menggunakan sampah HDPE.

3.2 Alat Penelitian

Berikut spesifikasi reactor yang digunakan pada penelitian ini

Tabel 1 Data spesifikasi reactor pirolisis yang digunakan

Parameter	Ukuran
Tungku	
Diameter (m)	0,25
Reaktor	
Rasio r/t (-)	0,5
Jari-jari (m)	0,15
Tinggi (m)	0,3
Kondensor	
Bilangan Reynolds (-)	163.877
Bilangan Nusselt (-)	5,968
Koefisien pindah panas keseluruhan (W/mK)	7,9
Luas permukaan (m ²)	0,011
Panjang (m)	0,5
Diameter dalam (m)	0,0254
Diameter luar (m)	0,0508

Hasil yang diharapkan berupa minyak cair. Pada proses pirolisis ini terdapat 2 jenis kondensat, yaitu kondensat cair dan kondensat padat. Kondensat cair yang didapat paling banyak 68 ml dari 1 percobaan, sedangkan kondensat padat yang didapat paling sedikit sebanyak 200 gr rata-rata.

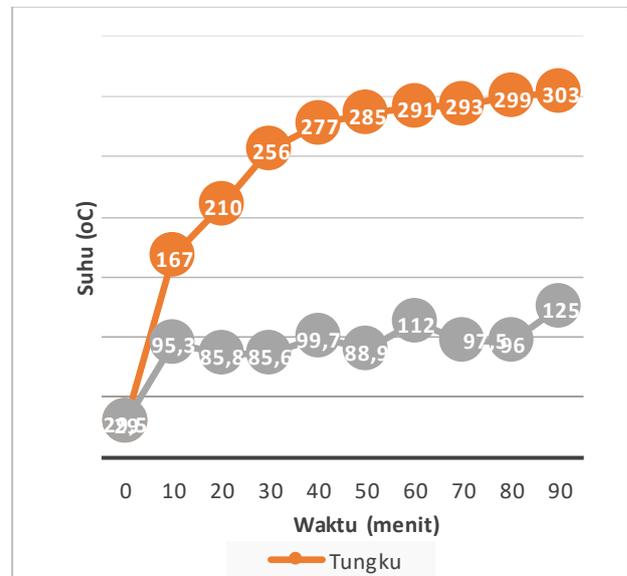
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar. menunjukkan bentuk kondensat cair yang dihasilkan. Terlihat warna yang dihasilkan jernih kekuning-kuningan.

Gambar. menunjukkan bentuk kondensat padat yang dihasilkan. Terlihat warna yang dihasilkan berwarna keruh kehijau-hijauan.



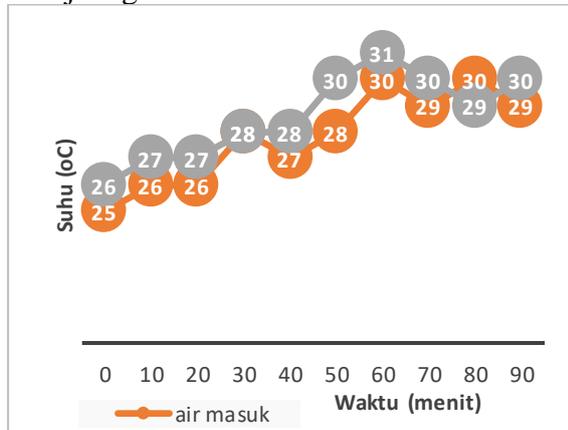
Gambar 2 minyak cair hasil pirolisis plastic



Gambar 3 Sebaran suhu tungku dan reaktor pada ujicoba

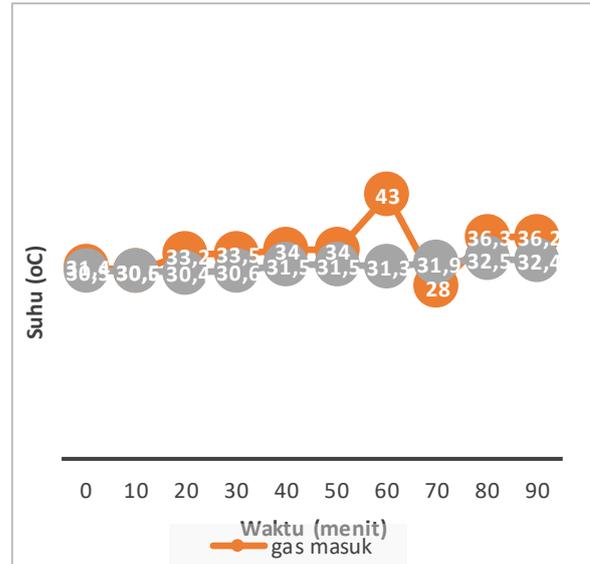
Gambar 3 menunjukkan suhu pada tungku dan suhu pada reaktor pirolisis ketika uji coba. Suhu maksimal pada tungku mencapai 303g °C. Sedangkan pada reaktor suhu maksimal mencapai 125 °C. Ini menunjukkan ada nya perbedaan suhu antara tungku dan reaktor. Perbedaan suhu disebabkan kalor dari tungku digunakan untuk menaikkan suhu plastik yang berada

dalam reaktor. Naik nya suhu pada plastik akan merubah fasa plastik dari padat menjadi gas.



Gambar 4 Sebaran suhu air keluar masuk sistem kondensor

Gambar 4 menunjukkan suhu air masuk ke kondensor dan suhu air yang keluar dari kondensor pipa ganda. Air yang masuk kedalam kondensor sebagai fluida yang menyerap kalor gas yang mengalir pada pipa dalam. arah air mengalir pada pipa besar searah dengan aliran gas yang mengalir pada pipa kecil pada kondensor. Grafik pada gambar 4.5 menunjukkan, suhu air masuk kondensor memiliki perbedaan dengan air keluar kondensor. Suhu air masuk lebih rendah dari suhu air keluar. Fenomena ini menunjukkan adanya penyerapan kalor oleh air terhadap gas yang mengalir pada pipa kecil. Suhu awal air percobaan adalah 25 °C dan suhu maksimum air keluar adalah 26 °C. Ada nya peningkatan suhu air masuk dan air keluar sebanyak 1°C.



Gambar 5 Sebaran suhu gas keluar masuk sistem kondensor pada ujicoba

Gambar 5 menunjukkan grafik suhu gas masuk kondensor dan suhu gas keluar kondensor. Suhu gas masuk lebih besar dari suhu gas keluar. Ini menunjukkan ada nya perbedaan suhu gas masuk dan suhu gas keluar. Kalor gas masuk akan diserap oleh air yang bertujuan untuk mengubah fasa kondensar dari gas ke cair. Langkah ini bertujuan untuk memperoleh kondensar cair dari plastik yang dibakar didalam reaktor. Suhu gas masuk maksimum rata-rata adalah 31,4°C dan suhu gas keluar nya 30,5°C.

Tabel 2 Uji Analisa Karakteristik Minyak

Parameter	Kondesat			Minyak Tanah
	Cair	Bensin	Diesel	
Warna	Kuning	Kuning	Kuning	Kuning
Fisik	Bening	Bening	Bening	Kecoklatan
Densitas (kg/m ³)	0,765	0,7	0,8	0,8
Viskositas (cP)	7,65	0,652	0,2,-0,45	0,294-3,34
Nilai Kalor (MJ/Kg)	37,37	44	44	43,3
Uji Bakar	Terbakar	Terbakar	Terbakar	Terbakar

5. KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan berupa pirolisis plastik dan pengujian karakteristik minyak pirolisis yang dihasilkan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

Alat pirolisis yang dirancang terdiri dari tiga bagian utama, yaitu tungku, reactor dan kondensor. Pada uji kinerja alat yang telah

difarikasi menghasilkan yang minyak cair. Pada proses pirolisis pada penelitian ini terdapat 2 jenis kondensat, yaitu kondensat cair dan kondensat padat. Kondensat cair yang didapat paling banyak 68 ml dari 1 percobaan, sedangkan kondensat padat yang didapat paling sedikit sebanyak 200 gr rata-rata.

Minyak hasil pirolisis sampah plastik HPDE bisa digunakan untuk bahan bakar dengan melewati beberapa tahap pengujian. Dikarenakan memiliki kesamaan terhadap bahan bakar Bensin.

DAFTAR PUSTAKA

- Ademiluyi T, Adebayo TA. 2007. Fuel Gases from Pyrolysis of Waste Polyethylene Sachets. *J Appl Sci Environ Manage*. 11(2): 21 - 26. JASEM ISSN 1119- 8362.
- Bajus M, Hájeková E. 2010. Thermal Cracking of the Model Seven Components Mixed Plastics into Oil/Waxes. *Petroleum & Coal*. 52(3): 164-172, 2010. ISSN 1337-7027.
- Borman GL, Ragland KW. 1998. "Combustion Engineering" pp 14.1-14.20. New York. McGrawHill Publishing Co.
- Borsodi N, Miskolczi N, Angyal A, Bartha L, Kohán J, Lengyel A. 2011. Hydrocarbons Obtained by Pyrolysis of Contaminated Waste Plastics. 45th International Petroleum Conference. Bratislava. Slovak Republic
- Clemens, Stanley R. 1984. *Geometry*. USA: Addison-Westley Publishing Company, inc.
- Daryoso K, Wahyuni S, Saputro SH. 2012. Uji Aktivitas Katalis Ni-Mo/Zeorlit pada Reaksi Hidrorengkah Fraksi Sampah Plastik (Polietilen). *Indonesian Journal of Chemical Science* 1 (1). Universitas Negeri Semarang
- Das S, Pande S. 2007. *Pyrolysis and Catalytic Cracking of Municipal Plastic Waste for Recovery of Gasoline Range Hydrocarbons*. Thesis. Chemical Engineering Department National Institute of Technology Rourkela
- Demirel Y. 2012. *Energy and Energy Types*. London (UK): Springer.
- Gabe FAPA. 2015. "Analisa Termal Pada Rancang Bangun Reaktor Pirolisis Untuk Memproduksi Bahan Bakar Minyak dari Limbah Plastik"
- Hidayat R. 2009. "Studi Sifat Fisik, Kimia dan Uji Unjuk kerja Kompor dengan Bahan Bakar Minyak Pirolisis Sekam Padi"
- Holman JP. 2010. *Heat Transfer Tenth Edition*. Department of Mechanical Engineering Southern Methodist University (US). McGraw-Hill.
- Kumar S, Panda AK, Singh RK. 2011. A Review on Tertiary Recycling of High- Density Polyethylene to Fuel Resources. *Conservation and Recycling Vol. 55* 893– 910
- Mujiarto, Iman. 2005. *Sifat dan Karakteristik Material Plastik Bahan Aditif.. Traksi*. Vol. 3. No. 2
- Mulyadi E. 2004. *Termal Dekomposisi Sampah Plastik*. *Jurnal RekayasaPerencanaan*, ISSN 1829-913x, Vol-1
- Nofendri, Y. and Haryanto, A., 2021. Perancangan alat pirolisis sampah plastik menjadi bahan bakar. *Jurnal Kajian Teknik Mesin*, 6(1), pp.1-11.
- Nurchahyo IF. 2005. Uji Aktivitas dan Regenerasi Katalis NiPd (4:1)/Zeolit Alam Aktif Untuk Hidrorengkah Sampah Plastik Polipropilena Menjadi Fraksi Bensin Dengan Sistem Semi Alir. Thesis Ilmu Kimia Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta
- Patni N, Shah P, Agarwal S, Singhal P. *Alternate Strategies for Conversion of Waste Plastik to Fuels*. ISRN

- Renewable Energy; 2013. Vol 2013.
- Osueke, Ofundu. 2011. Conversion of Waste Plastics (Polyethylene) to Fuel by Means of Pyrolysis. (IJAEST) International Journal of Advanced Engineering sciences and Technologies. Vol. No. 4, Issue No. 1, 021 – 024
- Panda AK. 2011. Studies on Process Optimization for Production of Liquid Fuels from Waste Plastics. Thesis. Chemical Engineering Department National Institute of Technology Rourkela
- Ramadhan A, Ali M. 2012. Pengolahan Sampah Plastik Menjadi Minyak. Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan Vol. 4. No 1.
- Rodiansono, Trisunaryanti W, Triyono. 2007. Pembuatan, Karakterisasi dan