

Pengaruh Suhu Dan Persen Katalis Zeolit Terhadap Yield Pirolisis Limbah Plastik Polypropylene (PP)

M.T. Abdul Rahman¹⁾, Syarfi Daud²⁾, Muhammad Reza³⁾

¹⁾Mahasiswa Teknik Lingkungan ²⁾Dosen Teknik Lingkungan ³⁾Dosen Teknik Lingkungan

Fakultas Teknik Universitas Riau

Kampus Bina Widya, Jl. HR Soebrantas, Km. 12,5, Pekanbaru

Email : muhammad.togap@yahoo.com

ABSTRACT

Increasing population growth leads to increased plastic waste resulting in adverse environmental impacts, If not further processed. This research was conducted to convert plastic waste into fuel oil using synthetic zeolite catalyst. The purpose of this research is to see the influence of temperature variation and percent catalyst / plastic. A total of 100 grams of polypropylene plastic type were crushed in a batch reactor at a temperature of 300 ° C, 350 ° C, and 400 ° C for 60 minutes with percent catalyst / plastic variations 5; 6; 7 (% weight). The highest yield was obtained at 400 ° C with 7% catalyst / plastic percent of 75.69%. While the highest yield without catalyst was obtained at 400 ° C at 65.57%. The product result obtained is density 0,87 gr / ml, kinematic viscosity value 2,140 cSt, flash point value 52 ° C, calorific value 44.673 kJ / kg. The analysis results show that (%) yield of the product meets the diesel (solar) standard.

Keywords: liquid fuel, heating value, pyrolysis, polypropylene, synthetic zeolite.

PENDAHULUAN

Plastik sangat dibutuhkan dalam aktivitas kehidupan manusia. Ketergantungan terhadap plastik didalam kehidupan sehari-hari, baik dalam kebutuhan rumah tangga maupun industri dapat menimbulkan permasalahan yaitu semakin meningkatnya jumlah sampah plastik, maka semakin besar pula sampah plastik yang dihasilkan. Sampah plastik akan berdampak negatif

terhadap lingkungan karena tidak dapat terurai dengan cepat dan dapat menurunkan kesuburan tanah. Sampah plastik yang dibuang sembarangan juga dapat menyumbat saluran drainase dan sungai, sehingga bisa menyebabkan banjir. Sampah plastik yang dibakar bisa mengeluarkan zat-zat yang berbahaya bagi kesehatan manusia. *Polypropylene* adalah jenis plastik yang memiliki sifat mekanis

yang baik dengan massa jenis yang rendah, ketahanan panas dan kelembaban, serta memiliki kestabilan dimensi yang baik (Maryudi dan Setyawan, 2014).

Berbagai usaha yang telah dilakukan untuk menekan pertumbuhan sampah plastik seperti menggunakan proses Insinerasi dan Gasifikasi. Namun pada teknologi ini suhu yang digunakan terlalu tinggi dan gas hasil pembakaran sangat berbahaya. Maka diperlukan suatu metode untuk menanggulangi banyaknya sampah plastik, salah satunya dengan mengolah sampah plastik menjadi bahan bakar alternatif dengan metode pirolisis (Achilias, dkk., 2007).

Pada proses pirolisis perlu dilakukan penambahan katalis. Menurut Stocker (2008) cara untuk meningkatkan kualitas minyak pirolisis adalah salah satunya dengan metode katalitik pirolisis. Katalis digunakan untuk menurunkan energi yang terjadi pada proses pembakaran, katalis juga berperan untuk menurunkan konsentrasi klorida (Cl) yang ada pada cairan yang terbentuk sebagai hasil produk pembakaran (Ermawati, 2011). Katalis yang ditambahkan adalah zeolit *sintetis*. Zeolit *sintetis* adalah suatu senyawa kimia yang mempunyai sifat fisik dan kimia yang sama dengan zeolit alam. Zeolit ini dibuat dari bahan lain dengan proses *sintetis*. Karena secara umum zeolit mampu menyerap, menukar ion dan menjadi katalis, membuat zeolit *sintetis* ini dapat dikembangkan untuk keperluan alternatif pengolah limbah. Pemilihan

zeolit *sintetis* sebagai katalis dikarenakan zeolit *sintetis* mempunyai pori-pori lebih sedikit, tetapi memiliki kandungan Si dan Al lebih banyak, dan aktivitas katalitik yang baik. (Faravelli, 2001).

Meningkatnya jumlah sampah plastik, maka semakin besar pula timbulan sampah plastik yang dihasilkan, maka perlu suatu inovasi yang dapat mengurangi timbulan sampah plastik. Salah satu teknologi yang tepat untuk mengurangi jumlah timbulan sampah plastik dan dapat menghasilkan produk yang bermanfaat adalah proses pirolisis dikarenakan gas yang dihasilkan adalah CO₂ dan H₂O yang merupakan gas non toksik (Ermawati, 2011), sehingga sampah plastik tidak akan mengakibatkan pencemaran dilingkungan,

METODOLOGI

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampah plastik *polypropylene* (PP) dan katalis zeolit *sintetis* yang telah diaktivasi, gas nitrogen dan aquades .

A. Variabel Penelitian

Variabel Tetap

Variabel tetap yang digunakan yaitu Ukuran plastik *polypropylene*, Berat plastik 100 gram, Ukuran zeolit *sintetis* 20 mesh dan Waktu reaksi 60 menit.

Variabel Berubah

- Suhu reaksi : 300 °C ,350 °C dan 400 °C.

- b. Persen katalis/plastik : 5 ; 6 ; 7 (% berat) dan tanpa katalis (sebagai kontrol).

B. Prosedur Penelitian

Persiapan Bahan Baku Plastik

Pada tahap ini bahan baku plastik jenis *Polypropylene* (PP) didapat dari pengumpulan sampah yang dibuang oleh masyarakat. Plastik yang telah terkumpul, lalu dibersihkan terlebih dahulu, dicuci, dan dikeringkan dengan bantuan sinar matahari, setelah kering, selanjutnya ukuran plastik tersebut dipotong atau diperkecil ukurannya sebesar $\pm 1 \times 1$ cm.

Aktivasi Katalis Zeolit Sintetis

Pada tahap ini zeolit *sintetis* sebelum digunakan terlebih dahulu diaktivasi, dengan cara dipanaskan dengan furnace dengan suhu 400 °C dengan waktu 1 jam. Tujuan pemanasan agar pori-porinya zeolit *sintetis* terbuka lagi, katalis lebih bagus, dan dapat dijadikan umpan. Selanjutnya zeolit *sintetis* yang telah dipersiapkan ditimbang dengan timbangan analitik sesuai variasi beratnya masing-masing dan dimasukkan kedalam plastik obat dan ditutup rapat agar tidak masuk oksigen ke pori-porinya.

Penelitian Utama

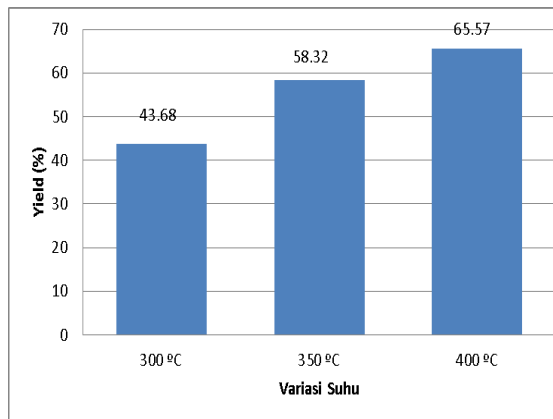
Proses pirolisis dimulai dari pemasangan selang pengeluaran gas LPG pada kompor. Alirkan air pada saluran masuk kondensor dan alirkan air pada unit pendingin. Lalu masukkan plastik jenis Polipropilena (PP) sebanyak 100 gram ke dalam

reaktor pirolisis dan katalis zeolit *sintetis* sesuai variasi perbandingannya. Alirkan gas nitrogen kedalam reaktor pirolisis selama 5 menit dengan tekanan 30 psi (*pound per square inch*) menggunakan ban yang telah di isi gas nitrogen. Kompor dihidupkan dan reaktor dipanaskan sampai suhu 300 °C selama 60 menit. Begitu juga seterusnya pada suhu reaksi 350 °C dan 400 °C. Pada proses pirolisis, plastik yang dipanaskan akan meleleh dan akan menghasilkan uap dan uap tersebut akan didinginkan dengan kondensor dan unit pendingin agar berubah menjadi cairan dan cairan tersebut ditampung dalam gelas ukur.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengaruh Suhu Terhadap Perolehan Yield Pirolisis Jenis Polypropylene (PP) Tanpa Katalis

Penelitian ini digunakan plastik *polypropylene* (PP) sebagai bahan baku. Pengaruh suhu sangat berpengaruh terhadap perolehan minyak hasil pirolisis. *Yield* tanpa katalis meningkat dengan naiknya suhu, dapat dilihat pada gambar 1.



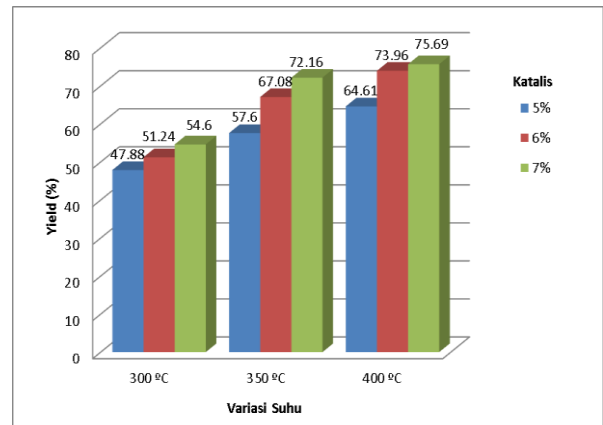
Gambar 1. Pengaruh Suhu terhadap Perolehan Yield Pirolisis Polypropylene Tanpa Katalis

Berdasarkan grafik dapat dilihat bahwa perolehan *yield* meningkat seiring dengan peningkatan suhu pirolisis tanpa katalis. *Yield* tertinggi diperoleh pada suhu 400 °C yaitu 65.57 %, dimana didalam reaktor terjadi proses perengkahan (*Cracking*), yaitu reaksi pemutusan ikatan C-C dari rantai karbon panjang (polimer) dan berat molekul besar menjadi rantai karbon pendek (monomer) dengan berat molekul yang kecil. Hal ini disebabkan karena meningkatnya suhu yang digunakan, maka akan semakin banyak ikatan (rantai hidrokarbon) yang terputus sehingga *yield* juga semakin banyak (Housmand, dkk (2013).

B. Pengaruh Suhu Terhadap Perolehan Yield Pirolisis Dengan Katalis Zeolit Sintetis

Pengaruh suhu dan persen katalis zeolit *sintetis* sangat berpengaruh terhadap peningkatan *yield* pirolisis. Pengaruh suhu dari masing-masing persen katalis zeolit memiliki

perbandingan kurva hubungan yang sama, yaitu semakin meningkat suhu reaksi, maka semakin meningkat juga *yield* produk yang dihasilkan dari masing-masing persen katalis zeolit tersebut, dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Pengaruh Suhu dan Persen Katalis Zeolit Sintetis terhadap Perolehan Yield Pirolisis

Berdasarkan grafik diatas dapat dilihat, *Yield* tertinggi terjadi pada suhu 400 °C sebesar 75.69 % dengan persen katalis yaitu 7 %. Peningkatan *yield* yang signifikan ini disebabkan oleh semakin meningkatnya suhu yang digunakan, semakin tinggi suhu maka *yield* cair yang dihasilkan akan semakin besar. Hal ini dikarenakan pirolisis pada polimer hidrokarbon memerlukan energi yang besar (suhu tinggi), dan merupakan reaksi endotermis yang memerlukan kisaran temperatur 350–500 °C, mengikuti reaksi radikal bebas. Hal ini sesuai dengan Wanchai dan Chaisuwan (2013) menjelaskan semakin tinggi suhu, maka nilai konversi yang dihasilkan juga semakin banyak.

Tetapi pada suhu yang lebih tinggi lagi maka *yield* gas akan lebih banyak dari pada *yield* cairan.

Peningkatan persen katalis zeolit *sintetis* yang digunakan perolehan *yield* cenderung sedikit meningkat, disebabkan didalam zeolit *sintetis* terdapat luas permukaan dan pori-pori, pada pori-pori terdapat situs aktif dan didalam situs aktif terjadi proses adsorpsi, sehingga zeolit pada proses pirolisis dapat menurunkan suhu reaksi yang memberikan hasil terbaik terhadap *yield* yang dihasilkan. Zeolit *sintetis* sering digunakan dan memberikan hasil gas yang lebih banyak, karena ukuran pori yang lebih kecil dan perbandingan Silika-Alumina yang tinggi, sehingga perolehan *yield* yang dihasilkan semakin meningkat. Selektivitas zeolit sebagai katalis proses perengkahan hidrokarbon juga sangat baik pada rasio Si/Al yang tinggi, karena cenderung menyerap molekul-molekul non polar (Faravelli, 2001)

Dari hasil pengamatan, katalis mampu mempercepat terjadinya laju reaksi dan dapat mendorong selektivitas produk akhir sesuai dengan yang diinginkan. (Syamsiro 2015). *Yield* tertinggi pada persen katalis zeolit *sintetis* yaitu 7 % yang terjadi pada suhu 400 °C sebesar 75.69 %. Hal ini karena secara umum zeolit mampu menyerap, menukar ion dan menjadi katalis, zeolit *sintetis* mempunyai pori-pori lebih sedikit, tetapi memiliki kandungan Si dan Al lebih banyak, dan aktivitas katalitik yang baik. Pada proses pirolisis plastik dengan katalis secara signifikan akan mengurangi suhu pirolisis dan

mempercepat reaksi dari pemecahan rantai polimer dibandingkan tanpa menggunakan katalis (Syamsiro, 2015). Sakata (1996), proses pirolisis ini umumnya menghasilkan sekitar 70-80% cairan, 5-10% gas da 5% chart. Sehingga dapat dilihat bahwa pirolisis dengan menggunakan katalis mampu menurunkan suhu dan waktu reaksi serta menghasilkan produk cair dengan persentase produk yang lebih besar jika dibandingkan dengan pirolisis tanpa menggunakan katalis.

C. Analisis Produk Bahan Bakar Cair

Dari hasil pirolisis plastik *polypropylene* menggunakan katalis zeolit *sintetis* selanjutnya dilakukan analisa antara lain penentuan densitas, viskositas, titik nyala, dan nilai kalor. Perbandingan antara hasil karakterisasi minyak pirolisis dari plastik *polypropylene* menggunakan katalis zeolit *sintetis* dengan variasi persen katalis yang digunakan terhadap berat plastik yang dihasilkan, dapat disesuaikan dengan standar mutu bahan bakar solar (SNI 7390:2008) dapat dilihat pada Tabel 1

Tabel 2. Perbandingan karakterisasi minyak pirolisis dengan solar (SNI7390:2008)

Karakteristik	SNI 7390:2008		Minyak Pirolisis
	Min	Maks	
Densitas (gr/ml)	0,81	0,87	0,85
Viskositas kinematik (cSt)	2	5,0	2,140

Titik Nyala (°C)	60	-	52
Nilai Kalor (MJ/kg)	-	44,8	44,673

Berdasarkan hasil uji analisis, densitas, viskositas kenematik, dan titik nyala bahan bakar cair yang dihasilkan sudah memenuhi standar solar. Sedangkan nilai kalor (*heating value*) mendekati standar nilai kalor (*heating value*) dari solar.

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. *Yield* cair tertinggi diperoleh pada suhu 400 °C sebesar 75,69 % dengan menggunakan katalis zeolit *sintetis* yaitu 7 %. Hal ini disebabkan semakin tinggi suhu maka akan semakin banyak ikatan (rantai hidrokarbon) yang terputus sehingga *yield* juga semakin banyak
2. Karakteristik minyak pirolisis dengan menggunakan katalis zeolit *sintetis* pada proses pirolisis plastik *polypropylene* memiliki densitas 0,87 gr/ml pada suhu 400 °C dengan persen katalis 7 %, viskositas kinematik 2,140 cSt pada suhu 400 °C dengan persen katalis 7 % , dan titik nyala 52 °C dengan persen 7 % pada suhu 400 °C sesuai standar diesel solar, sedangkan nilai kalor 44.673 kJ/kg dengan persen katalis 7 % pada suhu 400 °C mendekati standar diesel dari solar. Maka hasil bahan bakar cair yang diperoleh dari proses pirolisis dari plastik *polypropylene* telah sesuai

dengan karakteristik standar bahan bakar menurut SNI 7390:2008.

B. Saran

1. Penelitian berikutnya disarankan menggunakan suhu sesuai dengan variasi persen katalis yang digunakan, agar menghasilkan *yield* yang lebih baik lagi.
2. Sebaiknya untuk penelitian berikutnya alat yang digunakan menggunakan keamanan alat (*safety valve*), agar tidak terjadi kecelakaan yang tidak diinginkan.
3. Sebaiknya sampel yang diperoleh dilakukan pengujian yang lebih mendalam lagi (detail), agar hasil *yield* yang didapat sesuai dengan karakteristik bahan bakar.

DAFTAR PUSTAKA

- Achillas, D.S., E., Roupakias, C., Megalokononimos, P., A.A., Lappas, dan Antonakou A. 2007. Chemical recycling of plastic wastes made from polyethylene (LDPE and HDPE) and polypropylene (PP) *Journal Of Hazardous Materials*, vol 149, 536–542 Greece.
- Ermawati, Rahyani. 2011. Konversi Limbah Plastik Sebagai Sumber Energi Alternatif. *Jurnal Riset Industri*.3. 257-263.
- Faravelli T, Pinciroli M, Pisano F, Bozzano G, Dente M, Ranzi E., 2001, Thermal Degradation of polystyrene. *J. Anal. Appl. Pyrolysis*, 60: 103-121.
- Houshmand, D., Roozbehani, B., & Badakhshan, A. 2013. Thermal and Catalytic Degradation of Polystyrene with a Novel Catalyst.

- Journal Emerging Technologies* , 5 (1), 234-238. Abadan, Iran.
- Lopez, A., 2011, Influence of Time and Temperature on Pyrolysis of Plastic Waste in a Semibatch Reactor. *Elsevier*, vol. 173.
- Maryudi., dan Setyawan, M. 2014. Karakterisasi Sampah Plastik Pembungkus Terseleksi Untuk Proses Pirolisis. *Simposium Nasional Teknologi Terapan (SNTT) 2*. K39-K43.
- R.M. Barrer. 1982. *Hydrothermal Chemistry of Zeolites*. Academic Press,. London.
- Sakata, M. A. Uddin, Koizumi, and Murata, Catalytic degradation of polypropylene into liquid hydrocarbon using silica–alumina catalyst, *Journal Analytical Application Pyrolysis.*, 245– 246, (1996).
- Sibarani, K. L. (2012). Preparasi, Karakterisasi, dan Uji Aktivitas Katalis Ni-Cr/Zeorit Alam pada Proses Perengkahan Limbah Plastik Menjadi Fraksi Bensin. *Skripsi*, Universitas Indonesia, Jurusan Kimia, Depok.
- Syamsiro, Mochamad. 2015. Kajian Pengaruh Penggunaan Katalis Terhadap Kualitas Produk Minyak Hasil Pirolisis Sampah Plastik. *Jurnal Teknik*. 5.47-56.
- Wanchai, K., & Chaisuwan, A., 2013. Catalytic Cracking of Polypropylene Waste over Zeolite Beta. *Chemistry and Materials Research*. Vol. 3 No. 4