

PERENKAHAN KATALITIK LIMBAH PLASTIK JENIS *POLYPROPYLENE (PP)* MENJADI BAHAN BAKAR MINYAK MENGUNAKAN KATALIS ZEOLIT A

Aldi Okta Priyatna, Zultiniar dan Edy Saputra

Jurusan Teknik Kimia S1, Fakultas Teknik, Universitas Riau
Kampus Bina Widya Km 12,5 Simpang Baru, Panam, Pekanbaru 28293, Indonesia

E-mail : edysaputra@unri.ac.id

ABSTRAK

Pada penelitian ini telah berhasil mensintesis zeolite A dari fly ash. Karakterisasi katalis dilakukan dengan X-ray diffraksi (XRD). Aktivitas katalis zeolite A diuji pada perengkahan limbah plastik menjadi bahan bakar minyak. Dari hasil penelitian didapat, yield bahan bakar minyak terbaik diperoleh pada penggunaan katalis 1,5% Zeolit A dengan suhu 450°C selama 60 menit, yaitu sebesar 76,82%. Selain itu, hasil uji fisika diperoleh yaitu, densitas 0,776 gr/ml, dan nilai kalori 10.256 kal/gr. Senyawa kimia paling dominan adalah gasoline 39,80% dan kerosin-diesel 32,65%.

Kata Kunci : Bahan bakar minyak, Perengkahan Katalitik, Plastik, Polypropylene, Zeolit A

ABSTRACT

Fly ash (FA) sample derived from Indonesia coal were used as raw material to synthesis A zeolite catalyst. The physicochemical properties of FA and A zeolite were characterized by atomic absorption spectroscopy (AAS) and X-ray diffraction (XRD). Catalytic activity of A zeolite was tested in catalytic cracking of polypropylene plastic waste to obtain fuel. It was found that the highest yield of fuel obtained using 1.5% A zeolite catalyst with a temperature of 450°C for 60 minutes is 76.82%. In addition, physical properties of fuel which are density, caloric value were obtained 0.78 g/mL and 10.26 cal/g, respectively. For chemical compound, it was found that the most dominant was gasoline and kerosene-diesel with fraction percent of 39.80 and 32.65, respectively.

Keywords : A Zeolite, Catalytic Cracking, Fuel, Plastic, Polypropylene

PENDAHULUAN

Sampah plastik sudah menjadi permasalahan penting pada saat ini. Karena menimbulkan permasalahan lingkungan seperti kesehatan dan pencemaran tanah. Masyarakat pada umumnya membakar atau membuang sampah ke TPA dan ada sebagian sampah plastik yang diambil untuk didaur ulang. Walaupun begitu, penanganan sampah tersebut seperti dibakar tidak terlalu efektif karena dapat menghasilkan emisi gas yang berbahaya (Ramadhan dan Munawar, 2013). Salah satu bentuk pengolahan limbah plastik adalah dengan mengkonversi limbah plastik menjadi bahan bakar minyak (BBM). Pengolahan limbah plastik menjadi bahan bakar minyak dapat dilakukan dengan perengkahan menggunakan katalis zeolit A.

Polypropylene (PP) merupakan plastik polimer yang mudah dibentuk ketika panas, rumus molekulnya adalah $(-CHCH_3-CH_2-)_n$. Yang lentur, keras dan resisten terhadap lemak. Polypropylene dapat dijumpai pada wadah makanan, kemasan, pot tanaman, tutup botol obat, tube margarin, tutup lainnya, sedotan, mainan, tali, pakaian dan berbagai bentuk yang bukan botol (Suharto, 2010).

Proses perengkahan PP merupakan salah satu cara untuk menangani limbah plastik. Proses perengkahan ada tiga macam yaitu proses perengkahan menggunakan hidrogen (*hydro cracking*), proses perengkahan menggunakan suhu tinggi (*thermal cracking*) dan proses perengkahan menggunakan katalis (*catalytic cracking*) (Panda, 2011).

Wanchai dan Chaisuwan (2013), melakukan penelitian tentang perengkahan katalitik dengan bahan baku plastik berupa PP (*Polypropylene*) sebanyak 5g menggunakan katalis zeolit beta (BEA) dimana rasio Si/Al 30,60 dan 90 dengan rasio plastik/katalis sebesar 5% w/w. Selain dengan katalis, penelitian ini juga menggunakan cara *thermal cracking* untuk membandingkan hasilnya. Penelitian ini dilakukan secara *batch* selama 30 menit dan dialiri nitrogen secara terus-menerus dengan laju alir 20ml/menit. Suhu yang digunakan bervariasi sekitar 350-420°C. Hasil yang didapatkan berupa gas, cairan dan residu dimana yield tertinggi berupa cairan/gasolin menggunakan katalis BEA dengan rasio Si/Al 30 dan pada suhu 350°C sebesar 85%.

Kadir (2012) melakukan perengkahan plastik dengan variasi bahan baku berupa PP, HDPE dan PET dengan jumlah sampel sebanyak 500 gram tanpa menggunakan katalis. Dari penelitian ini, didapatkan bahwa tipe plastik jenis PP (*Polypropylene*) menghasilkan bahan bakar lebih banyak yaitu 484 ml. Sedangkan Xie et.al (2008) melakukan penelitian perengkahan katalitik sampah plastik PP dengan suhu 400°C dan 1% katalis selama 30 menit. Yield cairan terbanyak didapatkan dengan menggunakan katalis Zr-Mo-MCM-41 sebesar 92,0%.

Melyna (2013) juga melakukan perengkahan katalitik sampah plastik (HDPE, PP, PS) dengan katalis H-Zeolit menghasilkan *precursor* bahan bakar, seperti bensin, kerosin dan solar. Dari penelitian ini didapatkan bahwa bahan plastik berupa HDPE menghasilkan *yield* sebesar 33,73%.

Oleh karena itu penelitian perengkahan limbah plastik jenis *polypropylene* menggunakan suhu 350°C, 400°C dan 450°C. Dengan waktu 30 dan 60 menit dan persen katalis sebanyak 0,5%, 1% dan 1,5% dari jumlah berat plastik yang digunakan sebagai bahan baku.

Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan sampah plastik jenis PP menjadi bahan bakar minyak alternatif, menentukan pengaruh rasio katalis zeolit A, suhu dan juga waktu perengkahan terhadap bahan bakar minyak yang dihasilkan. Penelitian ini juga bertujuan untuk mengetahui sifat fisika dan kimia bahan bakar minyak yang dihasilkan.

BAHAN DAN METODOLOGI

Adapun bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini berupa limbah plastik jenis *polypropylene* (PP) yang digunakan sebagai bahan baku perengkahan. *Fly ash*, NaOH, NaAlO₂ dan Akuades digunakan sebagai bahan baku pembuatan katalis zeolit A.

Dalam penelitian ini dibagi menjadi beberapa tahap yaitu persiapan bahan baku, pembuatan katalis zeolit A, proses perengkahan dan yang terakhir tahap analisa produk. Untuk persiapan bahan baku, limbah plastik PP yang telah dikumpulkan di bersihkan dan dipotong dengan ukuran ±2x2cm.

Untuk pembuatan katalis zeolit A peneliti mengacu kepada metode yang digunakan oleh Izidoro et. al. (2012).

- 10 gram *coal fly ash* dicampur dengan 12 gram NaOH.
- Campuran dipanaskan pada suhu 550 °C (823 K) selama 1 jam. Kemudian campuran tersebut didinginkan pada suhu ruang dan dihancurkan (*grinding*) hingga menjadi butiran.
- Setelah didinginkan, tambahkan Sodium Aluminat (NaAlO₂) ke dalam butiran untuk mengontrol rasio molar SiO/Al₂O₃ dan dicampur dengan air.
- Campuran kemudian diaduk pada suhu ruang selama 16 jam dan dilanjutkan dengan pemanasan pada suhu 100 °C (373 K) di dalam oven untuk proses sintesis hidrotermal selama 7 jam. Kemudian campuran didinginkan pada suhu ruang.
- Setelah dingin, suspensi yang terdapat di dalam campuran disaring dan padatan dicuci secara berulang dengan 1 L akuades.
- Padatan dikeringkan pada suhu 105 °C (378 K) selama 16 jam.

Setelah bahan baku dan katalis siap maka dimulai proses perengkahan. Proses perengkahan terjadi dalam reaktor *batch* dengan variasi waktu perengkahan 30 dan 60 menit, persen katalis yang digunakan 0,5%, 1% dan 1,5 % serta suhu 350°C, 400°C dan 450°C dengan jumlah bahan baku PP sebanyak 100 gram.

Fly Ash yang digunakan sebagai bahan baku pembuatan zeolit A dianalisa terlebih dahulu dengan metode *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS) untuk mengetahui kandungan SiO₂ dan Al₂O₃ yang terkandung didalamnya. Katalis zeolit A yang telah dibuat dianalisa menggunakan *X-Ray Diffractometer* (XRD) untuk mengetahui parameter kisi, ukuran kristal, identifikasi fasa kristalin. Analisa AAS dilakukan di Laboratorium

Pusat Sumber Daya Geologi, Bandung. Analisa XRD dilakukan di Universitas Negeri Padang, Padang. Sedangkan untuk analisa produk dilakukan pengujian densitas, nilai kalori dan *Gas Cromatografi Mass Spectra* (GC-MS) untuk menegetahui komponen yang ada dalam produk. Uji densitas dilakukan di Laboratorium Teknik Reaksi Kimia, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau. Uji nilai kalori dilakukan di Laboratorium Energi – LPPM, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya. Sedangkan untuk analisa GC-MS dilakukan di Laboratorium Kimia Organik, Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Katalis zeolit A yang telah dibuat dianalisa menggunakan XRD. Analisa *X-Ray Diffraction* (XRD) dilakukan untuk mengetahui jenis mineral yang terdapat pada katalis serta untuk mengetahui tingkat kristalinitas struktur komponen. Struktur komponen ditunjukkan oleh tinggi rendahnya intensitas puncak. Pola difraksi mineral katalis dari hasil analisis difraksi sinar X dicocokkan nilai 2θ antara zeolit A standar dan zeolit A yang dibuat. Data nilai 2θ dari puncak-puncak mineral Zeolit A dapat dilihat pada Tabel 1.

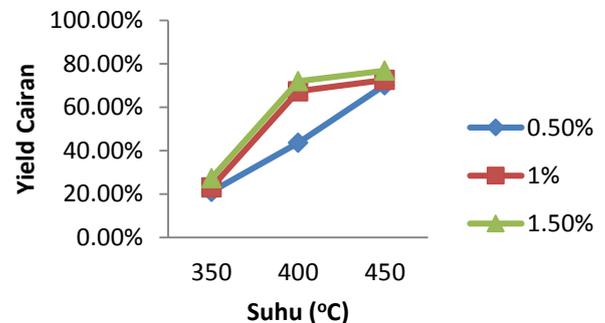
Tabel 1. Identifikasi Puncak dan Intensitas Zeolit A

2θ Zeolit A Standar	Intensitas Zeolit A Standar (%)	2θ Zeolit A Sintetis	Intensitas Zeolit A Sintetis (%)
10.205	58.1	10.208	54.23
12.490	47.1	12.502	39.89
16.130	37.2	16.138	43.09
21.680	57.6	21.440	100
24.010	95.8	24.004	41.75
26.095	25.9	26.694	21.59
27.130	80.3	27.133	25.12
29.950	100	29.948	24.88
34.165	60.9	34.188	23.42

Dari Tabel 1, terlihat bahwa 2θ Zeolit A sintetis mendekati dengan nilai 2θ Zeolit A standar, walaupun intensitas Zeolit A sintetis tidak setinggi dengan intensitas Zeolit A standar. Intensitas tersebut menandakan bahwa kristal-kristal Zeolit A tersebut sudah terbentuk walaupun tidak sempurna. Hal ini disebabkan oleh suhu pada proses hidrotermal tidak stabil sehingga berpengaruh pada proses pengkristalan katalis.

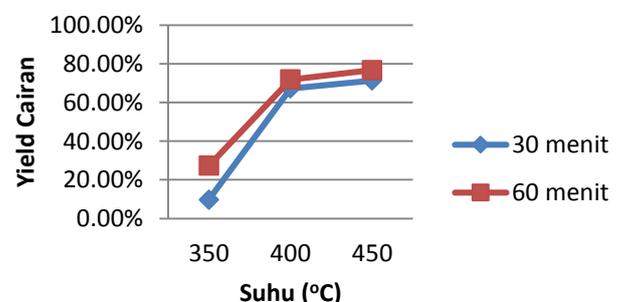
Perengkahan plastik dilakukan dengan variasi suhu 350 °C, 400 °C dan 450°C dengan persentasi berat

katalis 0,5%, 1%, dan 1,5% dari bahan baku dan juga variasi waktu perengkahan selama 30 menit dan 60 menit. Plastik sebanyak 100 gram direngkahkan selama 30 menit dan 60 menit. Pengaruh variasi suhu dan berat katalis terhadap yield (%) dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Pengaruh Variasi Suhu dan Persen Katalis Zeolit A Terhadap Yield (%) dengan Waktu 60 menit.

Gambar 1 menunjukkan bahwa perbedaan suhu dan persen katalis menghasilkan yield yang berbeda. Pada suhu 350°C diperoleh yield tertinggi yaitu 9,69%, pada suhu 400°C yield tertinggi yaitu 67,25% dan pada suhu 450°C yield tertinggi sebesar 71,39%. Dapat dilihat dari Gambar 2 bahwa semakin tinggi suhu maka yield cairan yang dihasilkan juga semakin besar. Hal ini dikarenakan karena pada suhu tinggi rantai karbon akan lebih mudah terengkah dibandingkan dengan suhu rendah. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Wanchai dan Chaisuwan (2013). Dalam penelitian mereka, semakin tinggi suhu, maka nilai konversi yang dihasilkan juga semakin banyak. Tetapi pada suhu yang lebih tinggi lagi maka *yield* gas akan dihasilkan lebih banyak daripada *yield* cairan.



Gambar 2. Pengaruh Variasi Waktu dan Suhu Terhadap Yield Cairan yang Dihasilkan pada 1,5% Katalis Zeolit A

Dari persen katalis Zeolit A dengan *yield* tertinggi, kita dapat membandingkan pengaruh waktu dan suhu terhadap jumlah *yield* cairan yang dihasilkan.

Pada suhu 350°C didapatkan *yield* tertinggi pada waktu 60 menit yaitu 27,31%, pada suhu 400°C didapatkan *yield* tertinggi pada waktu 60 menit yaitu 71,94% dan pada suhu 450°C didapatkan *yield* tertinggi pada waktu 60 menit yaitu 76,82%. Dari hasil di atas dapat disimpulkan bahwa semakin lama waktu pemanasan maka jumlah produk yang dihasilkan akan semakin meningkat. Hasil ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Ramadhan dan Ali (2011). Mereka juga mendapatkan hasil di mana semakin lama waktu pemanasannya *yield* yang didapatkan juga semakin banyak.

Untuk mengetahui komposisi kimia produk, dilakukan analisa GC-MS pada produk yang dihasilkan. Analisa GC-MS dilakukan pada 4 sampel dengan variasi suhu yang berbeda tetapi jumlah katalis yang sama dan variabel kontrol sebagai pembanding. Hasil analisa GC-MS dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Analisa GC-MS Produk

Produk Bahan Bakar (% Area)	Variasi Suhu (1,5% Zeolit A)			Tanpa Katalis
	350°C	400°C	450°C	450°C
Gasoline	35.61	47.62	51.9	50.5
Kerosin dan Diesel	28.41	33.34	30.07	30.63
Total	64.02	80.96	81.97	81.13

Dari Tabel 2 dapat dilihat bahwa fraksi bahan bakar yang banyak dihasilkan berupa fraksi gasoline. Pada suhu 450 °C dan 1,5% Zeolit A didapatkan bahan bakar minyak sebanyak 75% dengan fraksi gasoline 43,97% dan kerosin-diesel 31,03% dari persen area data puncak GCMS. Maka, semakin tinggi suhu yang digunakan, semakin banyak produk berupa bahan bakar minyak yang di hasilkan terutama fraksi gasolin. Hal ini disebabkan karena rantai karbon akan lebih mudah terengkahkan pada suhu tinggi dan semakin tinggi suhunya maka fraksi hidrokarbon yang dihasilkan akan semakin ringan (Wanchai dan Chaisuwan,2013).

Bahan Bakar yang dihasilkan dilakukan pengujian densitas untuk mengetahui berapa berat jenis bahan bakar tersebut yang akan dibandingkan dengan

densitas bahan bakar minyak standar. Adapun nilai densitas yang didapatkan adalah sebagai berikut.

Tabel 3. Hasil Uji Densitas Produk

%Katalis	Suhu (°C)	Densitas (gr/ml)
0%	450	0,767
	350	0,843
0,5%	400	0,793
	450	0,771
	350	0,853
1%	400	0,783
	450	0,772
	350	0,881
1,5%	400	0,782
	450	0,776

Dari hasil uji densitas tersebut, densitas bahan bakar yang dihasilkan masih berada dalam rentan dalam bahan bakar premium 0,715-0,78 gr/ml (Pertamina, 2007), solar 0,82-0,88 gr/ml (KESDM, 1979) dan kerosin 0,835 gr/ml (KESDM, 1979). Hal ini disebabkan karena produk yang dihasilkan tergantung kepada suhu yang digunakan. Semakin tinggi suhu yang digunakan maka produk yang dihasilkan akan semakin ringan. Hal ini sesuai dengan penelitian Wanchai dan Chaisuwan (2013). Dimana semakin tinggi suhu yang digunakan maka hidrokarbon ringan yang dihasilkan akan semakin banyak.

Bahan Bakar yang dihasilkan dilakukan pengujian nilai kalor untuk mengetahui berapa nilai kalor bahan bakar tersebut yang akan dibandingkan dengan nilai kalor bahan bakar minyak standar. Pemilihan uji nilai kalor dipilih berdasarkan *yield* yang tertinggi. Maka produk yang dianalisa adalah produk dengan variasi 450°C dan 1,5% katalis Zeolit A. Adapun nilai kalor yang didapatkan adalah sebagai berikut.

Tabel 4. Hasil Analisa Nilai Kalori

Sampel	Hasil	Satuan	Metode Pengujian
450°C 1,5% Zeolit A	10.526	kal/gr	Bom Kalorimeter

Dari hasil uji analisa, didapatkan nilai kalor sebesar 10.526 kal/gr. Hasil ini sesuai dengan nilai kalor bahan bakar minyak. Irzon (2012) melakukan analisa terhadap beberapa bahan bakar minyak dan mendapatkan hasil untuk nilai kalori minimum Premium 88 adalah 10.427 dan maksimum 10.531 kal/gr.

KESIMPULAN

Dari hasil percobaan yang diperoleh dapat disimpulkan:

1. Perengkahan katalitik sampah plastik jenis *polypropylene* dengan menggunakan katalis zeolit A dapat menghasilkan bahan bakar minyak yang bisa digunakan sebagai sumber energi alternatif.
2. Semakin tinggi suhu dan banyak katalis Zeolit A yang digunakan dalam proses perengkahan katalitik limbah plastik jenis *polypropylene* akan menghasilkan *yield* cairan yang semakin tinggi. *Yield* tertinggi didapatkan pada persen katalis 1,5% Zeolit A dan suhu 450°C.
3. Katalis Zeolit A dapat digunakan pada proses perengkahan katalitik.
4. Karakteristik fisika rata-rata bahan bakar minyak yang dihasilkan pada penelitian ini adalah densitas 0,8021 gr/ml dan nilai kalor 10.256 kal/gr.
5. Fraksi bahan bakar minyak yang didapatkan pada penggunaan katalis 1,5% Zeolit A dan suhu 350°C adalah *gasoline* 32,56% dan campuran *kerosin-diesel* sebesar 29,07%. Pada penggunaan katalis 1,5% Zeolit A dan suhu 400°C adalah *gasoline* 36,28% dan campuran *kerosin-diesel* sebesar 34,51%. Pada penggunaan katalis 1,5% Zeolit A dan suhu 450°C adalah *gasoline* 43,97% dan campuran *kerosin-diesel* sebesar 31,03%. dan tanpa katalis pada suhu 450°C adalah *gasoline* 39,80% dan campuran *kerosin-diesel* sebesar 32,56%.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2007. *Material Safety Data Sheet Premium*. PT. PERTAMINA (PERSERO).
- Irdon, R. 2012. Perbandingan *Calorific Value* Beragam Bahan Bakar Minyak yang Dipasarkan di

Indonesia Menggunakan *Bomb Calorimeter*. Jurnal Sumber Daya Geologi ISSN 1829-5819. Vol. 22 No. 4.

- Izidoro, J. C., Denise, A.F, Jennifer, E.A, dan Wang, S. 2012. Synthesis of Zeolites X and A from Fly Ashes for Cadmium and Zinc Removal from Aqueous Solutions In Single and Binary Ion Systems. *Fuel* 103 (2013): 827-834.
- Kadir. 2012. Kajian Pemanfaatan Sampah Plastik Sebagai Sumber Bahan Bakar Cair. *Dinamika Jurnal Ilmiah*. Vol.3 No. 2
- Melyna, E. 2013. Perengkahan Sampah Plastik (HDPE, PP, PS) Menjadi *Precursor* Bahan Bakar dengan Variasi Perbandingan Bahan Baku/Katalis H-Zeolit. Skripsi. Universitas Riau. Pekanbaru.
- Panda, K. A., Singh, R.K., & Mishra, D.K. 2010. Thermolysis of Waste plastic to liquid Fuel a Suitable Method for Plastic Waste Management and Manufactue of Value Added Products-A World Prospective. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 14 (2010): 233-248.
- Ramadhan, A., & Ali, M., 2013. Pengolahan Sampah Plastik Menjadi Minyak Menggunakan Proses Pirolysis. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*. Vol. 4 No.1
- Suharto. 2010. Rancangan Produk Bahan Plastik Daur Ulang Sebagai Upaya Peningkatan Industri Kreatif. *Jurnal. Politeknik Negeri Semarang*. Jawa Tengah. Semarang
- Wanchai, K., & Chaisuwan, A., 2013. *Catalytic Cracking of Polypropylene Waste over Zeolite Beta*. *Chemistry and Materials Research*. Vol. 3 No. 4
- Wijarso. 1979. Spesifikasi Bahan Bakar Minyak. Departemen Pertambangan dan Energi. Peraturan Direktur Jendral Minyak dan Gas Bumi No. 002 / P / D.M / 1979. Jakarta.
- Xie, C., Liu, F., Yu, S., Xie, F., Li, L., Zhang, S. & Yang, J. 2008. *Catalytic Cracking of Polypropylene into Liquid Hydrocarbon Over Zr and Mo Modified MCM-41 Mesoporous Molecular Sieve*. *Catalysis Communication* 10.