

PENGARUH RESIDUE CATALYTIC CRACKING (RCC) DAN ZEOLIT TERHADAP KUALITAS CRUDE OIL HASIL PIROLISIS LIMBAH PLASTIK POLIETILENA

(Pyrolysis of Polyethylene Waste: Effect of Residue Catalytic Cracking (RCC) and Zeolit Catalyst on Crude Oil Quality)

Rahyani Ermawati, Bumiarto N, Irma Rumondang, Eva Oktarina, dan Siti Naimah

Balai Besar Kimia dan Kemasan Jl. Balai Kimia No.1 Jakarta Timur

E-mail : ermakyoto@yahoo.com

Received: 8 Februari 2016; revised: 29 Februari 2016; accepted: 15 Maret 2016

ABSTRAK

Pirolisis dapat menjadi salah satu solusi dalam menghasilkan sumber energi alternatif dan juga dapat mengurangi jumlah limbah plastik Polietilena (PE). Pirolisis dengan menggunakan katalis lebih efektif dibandingkan tanpa katalis. *Residue Catalytic Cracking (RCC)* adalah katalis bekas dari proses perengkahan minyak bumi. Penelitian ini akan membandingkan *crude oil* hasil pirolisis-katalis (*RCC*) dengan *crude oil* hasil pirolisis-katalis zeolit alam yang berasal dari Lampung (zeolit). Analisis komposisi katalis *RCC* menunjukkan unsur yang menyerupai zeolit, dan analisis uji fisik menunjukkan luas permukaan serta luas pori *RCC* lebih besar dibandingkan dengan zeolit. Yield (%) *crude oil* hasil pirolisis *RCC* lebih besar dibandingkan dengan zeolit. Hasil distilasi pada *RCC* dan zeolit menunjukkan IBP (°C) adalah 63 dan 70; FBP (°C) adalah 371 dan 374; residu (%Vol) adalah 2,5 dan 3,4; loss (%Vol) adalah 1,5 dan 0,6. Hasil tersebut menunjukkan *crude oil* hasil pirolisis dengan *RCC* dan zeolit tidak berbeda jauh, namun residu yang dihasilkan oleh *RCC* lebih sedikit dibandingkan dengan zeolit. Hasil karakterisasi fraksinasi dari kedua *crude oil* adalah *light nafta* (C₄-C₇), *heavy nafta* (C₇-C₁₁), kerosin (C₁₀-C₁₆), *light gas oil* (C₁₂-C₁₄), *heavy gas oil* (C₁₆-C₂₈) dan residu (> C₂₅). Secara deskriptif, *crude oil* hasil pirolisis dengan *RCC* menunjukkan kualitas yang lebih bagus dibandingkan dengan *crude oil* hasil pirolisis dengan zeolit.

Kata kunci : Pirolisis, *RCC*, Zeolit

ABSTRACT

Pyrolysis is one of the solutions to process an alternative energy and also solution to decline the plastic waste of PE. Pyrolysis with catalyst is more effective rather than without catalyst. Residue Catalytic Cracking is used catalyst from oil cracking process. The research will compare the crude oil quantity of RCC with zeolit. Composition of RCC and zeolite were mostly same, physic analysis showed that surface area and pores volume of RCC wider than zeolit. Yield result of crude oil-RCC higher than crude oil-zeolite. Distillation result of RCC and zeolite showed that IBP (°C) is 63 and 70; FBP (°C) is 371 and 374; residue (%Vol) is 2,5 and 3,4; loss (%Vol) is 1,5 and 0,6. Distillation result showed that crude oil-RCC and crude oil-zeolite is not significantly different, but residue of crude oil-RCC less than crude oil-zeolite. Fractionations from both of them were light naphtha (C₄-C₇), heavy naphtha (C₇-C₁₁), kerosin (C₁₀-C₁₆), light gas oil (C₁₂-C₁₄), heavy gas oil (C₁₆-C₂₈), and residue (> C₂₅). Descriptively, crude oil-RCC more qualified than crude oil- zeolite.

Keywords : *Pyrolysis, RCC, Zeolite*

PENDAHULUAN

Permasalahan energi dewasa ini sangat mengkhawatirkan, menipisnya cadangan minyak dunia dan Indonesia akan mengakibatkan pasokan energi menjadi sangat rendah, oleh karena itu diperlukan sumber energi alternatif

untuk menjaga ketersediaan energi. Salah satu sumber energi alternatif adalah limbah plastik yang dapat dikonversi menjadi *crude oil* (Pinto *et al.* 1999). Limbah plastik polietilena (PE) banyak terdapat di masyarakat dan industri, baik berupa

HDPE (High density polyethylene) dan *LDPE (Low density polyethylene)*. Sehingga, pengolahan limbah plastik selain menghasilkan energi juga menjadi solusi pada permasalahan plastik, yang merupakan limbah berbahaya, sukar terurai dan dapat menimbulkan berbagai penyakit (Sharma *et al.* 2014 ; Patni *et al.* 2013).

Selain itu banyak penggunaan plastik yang menimbulkan dampak negatif yang disebabkan sukar terurainya produk plastik tersebut. Adanya teknologi pirolisis diharapkan dapat menyelesaikan permasalahan lingkungan yang ada.

Limbah plastik PE dikonversi menjadi *crude oil* melalui proses pirolisis. Pirolisis adalah proses konversi sampah plastik menjadi bahan petrokimia dasar sehingga dapat digunakan menjadi bahan baku hidrokarbon atau bahan bakar untuk berbagai macam proses hulu. Pirolisis dapat berlangsung dengan atau tanpa katalis. Katalis digunakan dalam proses karena dapat menurunkan temperatur reaksi, mempercepat reaksi, serta menghasilkan produk dengan karbon atom yang lebih spesifik dan hidrokarbon yang ringan (Cwik 2014; Patni *et al.* 2013; Buekens dan Huan 1998).

Terdapat dua macam proses *catalytic cracking* dalam mengolah limbah plastik yaitu menggunakan katalis natural dan sintetik katalis. Natural katalis diantaranya silika-alumina, *bentonite-clay*, alumunium hidrosilikat sedangkan sintetik katalitik diantaranya sintetik silika-alumina, silika-magnesia, *zeolite*, karbon aktif dan komponen alkali (Kyaw dan Hmwe 2015).

Jati *et al.* (2010) dalam tulisannya telah mengulas mengenai pengaruh katalis Pd/Al₂O₃, zeolit, *clay component*, pseudoboehmite component, HZSM-5, Co-Ac (kobalt karbonaktif), dan DHC-8 (katalis komersil silika alumina) terhadap perengkahan pada polietilena (*LDPE* dan *HDPE*) dan polipropilen menjadi energi dengan metode pirolisis. Tulisan tersebut menyatakan bahwa zeolit dapat digunakan untuk proses pirolisis polietilena. Tahun 2012, Naimah *et al.* melakukan penelitian mengenai reaktor pirolisis skala laboratorium (200 gram) yang dapat mendekomposisi limbah plastik polietilena polietilena yang mampu menghasilkan *crude oil* dengan yield 40% pada suhu 500 °C.

Katalis *RCC* mempunyai komponen utama silika dan alumina *oxide*, selain itu juga memiliki kandungan sodium, kalsium, magnesium dan sedikit *Lanthanum* serta Cerium. Sedangkan zeolit adalah senyawa zat kimia alumino-silikat berhidrat dengan kation natrium, kalium dan barium (Al Rasyid 2003 dalam Permana dan I. Aschuri 2013). Secara

umum, zeolit memiliki molekular struktur yang unik, dimana atom silikon dikelilingi oleh 4 atom oksigen sehingga membentuk semacam jaringan dengan pola yang teratur (Aguado *et al.* 2000).

Keaktifan suatu katalis terdapat pada sisi asam yang sangat memungkinkan untuk melakukan pemecahan molekul dengan baik menjadi fraksi-fraksi ringan seperti yang diinginkan, tanpa banyak terjadi pengendapan *coke* pada permukaan katalis (Aguado *et al.* 2009). López *et al.* (2011) menyatakan bahwa zeolit adalah katalis yang baik untuk perengkahan polietilena.

Pirolisis dengan katalis atau *catalytic cracking* dipengaruhi oleh jenis atau tipe katalis, kondisi katalis, jumlah katalis dan suhu proses pirolisis (Marcilla *et al.* 2001; Buekens and Huang 1998). Pada penelitian ini akan dibahas pengaruh katalis *RCC* dan zeolit terhadap *crude oil* yang dihasilkan. Katalis *RCC* merupakan katalis bekas proses perengkahan, digunakan pada perusahaan pengolahan minyak menjadi bahan bakar. Penelitian ini akan membandingkan kualitas hasil *crude oil* dari proses pirolisis dengan katalis *RCC* dan zeolit. Teknologi *catalytic cracking* merupakan teknologi potensial yang dapat dikomersialisasikan karena saat ini pengolahan plastik banyak dilakukan dengan *landfill* dan insenerasi yang banyak menimbulkan permasalahan lingkungan (Kyaw and Hmwe 2015).

BAHAN DAN METODE

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah plastik polietilena, katalis *RCC* yang berasal dari residu proses perengkahan minyak bumi, Zeolit alam dari Lampung, air demin, HCl [Merck], NH₄Cl [Merck], dan HF [Merck]. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah reaktor pirolisis (Ermawati *et al.* 2015), *X-Ray Fluorescence (XRF)*, dan alat destilasi-frasinasi (Pilodist).

Metode

Penelitian dilakukan dengan beberapa tahap yaitu preparasi dan aktivasi katalis, analisis katalis, proses pirolisis dengan katalis, sampling hasil pirolisis, destilasi *crude oil*, karakterisasi fraksi-fraksi hasil destilasi dan analisis fraksi-fraksi *crude oil*.

Preparasi dan Aktivasi Katalis

RCC yang berbentuk serbuk diaktivasi dengan unsur Ca, Na dan Mg. Zeolit dihaluskan (*di-grinding*) secara mekanik dengan *crusher*

bebatuan. Zeolit diaktivasi dengan air demin sebanyak 2 kali, kemudian disaring. Setelah itu, dikeringkan dalam oven pada suhu 120 °C selama 2 jam, selanjutnya didinginkan dalam desikator.

Zeolit yang telah dingin, ditambahkan dengan larutan HF 2% hingga terendam dan diaduk selama 10 menit, dibilas dengan menggunakan air demin, dan disaring. Zeolit yang sudah disaring, direflux dengan menggunakan HCl 6 M pada suhu 90 °C selama 30 menit, setelah itu bilas menggunakan air demin kemudian disaring. Rendam zeolit dalam larutan NH₄Cl 0,1 M dan diaduk selama 3 jam/hari hingga 5 hari. Kemudian, bilas zeolit menggunakan air demin dan disaring. Kalsinasi dilakukan pada suhu 500 °C selama 5 jam. zeolit yang telah diaktivasi, dihaluskan menggunakan alat *crusher* dan disimpan di desikator (Modifikasi Yuliusman 2016).

Analisis Katalis

Analisis kandungan katalis dilakukan dengan *X-Ray Fluorescence (XRF)*. Analisis karakteristik fisik katalis meliputi densitas (g/cc), luas permukaan (m³/g), volume pori-pori (cc/g), rerata diameter pori (A_o) dan kandungan karbon (%wt).

Proses Pirolisis dengan Katalis

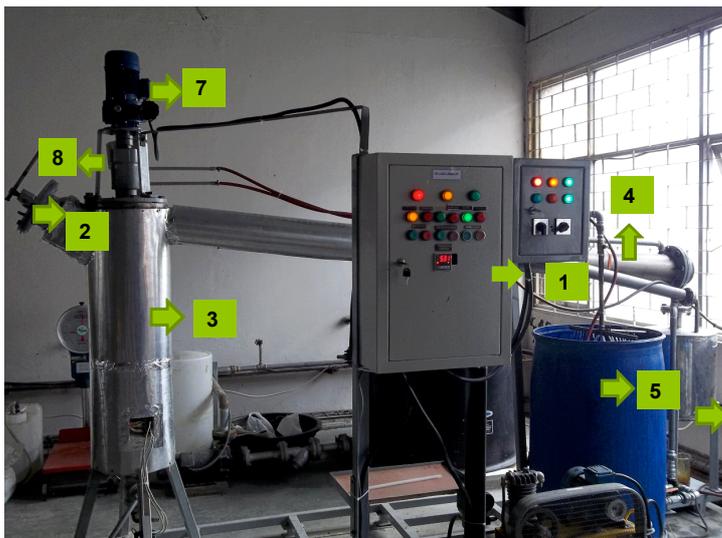
Limbah plastik PE yang akan digunakan, dihancurkan terlebih dahulu dengan *crusher*. Reaktor pirolisis dilengkapi dengan pengaduk dan tangki penampung produk (Gambar 2.)

diatur pada suhu 350 °C, dan kondensor dinyalakan, tunggu hingga suhu reaktor mencapai suhu yang diatur. Setelah plastik dan katalis dimasukkan ke dalam reaktor, hidupkan pengaduk dengan tujuan agar katalis dan plastik dapat tercampur dengan optimal dan proses *cracking* berjalan dengan baik. Waktu proses pirolisis berlangsung selama 2 jam. Pada saat proses berlangsung akan dihasilkan 3 fasa yaitu cair, gas dan padatan. Gas yang terbentuk akan dialirkan melalui kondensor. Cairan yang terbentuk dari proses kondensasi akan turun ke tempat penampung cairan. Cairan ditampung sebagai *crude oil*, padatan berupa sisa plastik yang tidak terengkah dan gas yang tidak terkondensasi. *Crude oil* selanjutnya difraksinasi untuk mendapatkan fraksi bahan bakar.

Analisis Crude Oil

Crude oil yang dihasilkan dari proses pirolisis diuji nyala apinya dan dibandingkan dengan kerosen. *Crude oil* yang didapat dihitung % yieldnya. Destilasi dilakukan dengan menggunakan alat destilasi fraksinasi. Parameter analisis hasil fraksi-fraksi destilasi meliputi % *yield*, % *residu*, % *loss*, *initial boiling point (IBP)*, dan *flash boiling point (FBP)*.

Karakterisasi fraksi-fraksi dilakukan dengan alat destilasi fraksinasi Pilodist. Alat seperti ditunjukkan pada Gambar 2. Alat tersebut mampu melakukan *cutting* proses berdasarkan titik didihnya. Hasil analisa dari zeolit dan *RCC* dibandingkan secara deskriptif.



Gambar 2. Reaktor Pirolisis

Keterangan:

1. Kontrol Panel
2. Tempat sampel
3. Reaktor Utama
4. Kondensor
5. Air pendingin
6. Penampung cairan
7. Motor Pengaduk
8. Tempat memasukkan Katalis



Gambar 3. Preparasi zeolit (a) dan RCC (b)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebelum digunakan pada proses pirolisis, zeolit dipreparasi dan diaktivasi. Preparasi bertujuan memperoleh ukuran produk yang sesuai dengan tujuan penggunaan. Preparasi terdiri dari tahap penghancuran (*crushing*) hingga penggerusan (*grinding*). Aktivasi bertujuan untuk meningkatkan sifat-sifat khusus zeolit dengan cara menghilangkan unsur-unsur pengotor dan menguapkan air yang terperangkap dalam pori kristal zeolit (Gambar 3.).

Aktivasi juga bertujuan untuk meningkatkan aktivitas katalitiknya (Trisunaryanti *et al.* 2005). Ada dua cara yang umum digunakan dalam proses aktivasi zeolit, yaitu pemanasan pada suhu 200°C sampai dengan 400°C selama 2 jam sampai dengan 3 jam dan kimia dengan menggunakan pereaksi NaOH atau H₂SO₄. Zeolit yang digunakan pada penelitian ini adalah zeolit Lampung. Zeolit alam Lampung memiliki luas permukaan, jari-jari pori, dan daya serap atau adsorpsi yang jauh lebih baik dibandingkan dengan zeolit alam lainnya (Ginting *et al.* 2007). RCC yang didapat telah berbentuk bubuk, selanjutnya RCC diaktivasi dan dikalsinasi dengan penambahan unsur Ca, Na dan Mg.

Zeolit dan RCC selanjutnya dianalisis karakteristik fisik dan kandungannya dengan XRF. Hasil perbandingan karakteristik fisik dari zeolit dan RCC menunjukkan karakteristik RCC memiliki densitas, luas permukaan, volume pori-pori, dan rerata diameter pori-pori yang lebih besar dibandingkan dengan zeolit seperti yang terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik fisik dari zeolit dan RCC

Parameter Uji	Satuan	Zeolit	RCC
Densitas	gr/cc	0,91	0,93
Luas permukaan	m ₂ /gr	95	111
Volume pori-pori	cc/gr	0,14	0,20
Rerata diameter pori-pori	Å	59	71
Kandungan Karbon	%wt	Nil	Nil

Katalis untuk proses pirolisis memiliki persyaratan utama yaitu luas permukaan yang besar, volume pori yang besar, dan jari-jari yang homogen (Windarti dan Suseno 2002).

Hasil analisis kandungan zeolit pada Tabel 2 menunjukkan bahwa unsur komponen utamanya adalah Silika Oksida (SiO₂) sebesar 69% dan Aluminium Oksida (Al₂O₃) sebesar 10%. Alumina merupakan sumber *active matrix* pada zeolit sebagai katalis *cracking*. Hal tersebut sesuai dengan Setiadi dan Pertiwi (2007) dan Pinto *et al.* (1999) yang menyatakan zeolit merupakan katalis yang cukup efektif digunakan pada proses *cracking*. Rasio Si/Al pada zeolit yang tinggi, akan menyebabkan keasaman yang tinggi. Adanya pusat asam pada zeolit dapat memberikan medium yang kondusif (lebih reaktif) untuk proses katalitik. Zeolit juga dapat dimanfaatkan untuk menyeleksi reaktan, hasil antara dan produk akhir yang terlibat dalam proses katalitik.

RCC merupakan residu katalis dari proses *Catalytic Cracking* (CC). Katalis CC digunakan untuk menghasilkan bahan bakar. Residu RCC belum dimanfaatkan secara optimal dan hanya dibuang ke tempat pembuangan akhir.

Hasil analisis kandungan *RCC* menggunakan *XRF* dapat dilihat pada Tabel 3. Dari hasil analisis di bawah menunjukkan bahwa komponen utama *RCC* hampir sama dengan zeolit, *RCC* memiliki kandungan Silika Oksida (SiO_2) sebesar $\pm 38,27\%$ dan Aluminium Oksida (Al_2O_3) sebesar $\pm 51,37\%$. Komponen utama

lainnya adalah CaO , MgO , dan Na_2O . Dari hasil analisis tersebut dapat disimpulkan bahwa komponen utama *RCC* menyerupai komponen zeolit. Proses pirolisis dilakukan dengan memasukkan 4000 g limbah plastik PE dan 10% katalis, pada suhu reaktor 350°C . Hasil pirolisis berupa fase padat, gas dan cair (*crude oil*).

Tabel 2. Hasil analisis zeolit menggunakan *XRF*

Unsur Kimia (Oksida/Elemen)						
Oksida	Satuan	Jumlah	Elemen	Satuan	Jumlah	Sd
SiO_2	%	69,11	Si	%	32,31	0,11
TiO_2	%	0,110	Ti	%	0,0658	0,0033
Al_2O_3	%	10,41	Al	%	5,51	0,09
Fe_2O_3	%	1,35	Fe	%	0,940	0,036
MnO	%	0,0234	Mn	%	0,0181	0,0009
CaO	%	4,41	Ca	%	3,15	0,07
MgO	%	0,571	Mg	%	0,345	0,024
Na_2O	%	1,24	Na	%	0,919	0,04
K_2O	%	2,70	K	%	2,24	0,06
P_2O_5	%	0,0337	P	%	0,0147	0,0007
SO_3	%	0,0265	S	%	0,0106	0,0005
LOI	%	10,58	-	%	-	-
ZnO	%	0,0044	Zn	%	0,0035	0,0003
NiO	%	0,0070	Ni	%	0,0055	0,0004
SrO	%	0,0345	Sr	%	0,0292	0,0015
V_2O_5	%	0,0029	V	%	0,0016	0,0004
Cr_2O_3	%	0,0073	Cr	%	0,0050	0,0004
Rb_2O	%	0,0044	Rb	%	0,0040	0,0003
Ga_2O_3	%	0,0014	Ga	%	0,0010	0,0002
Y_2O_3	%	0,0031	Y	%	0,0024	0,0004
La_2O_3	%	0,0200	La	%	0,0171	0,0012

Tabel 3. Hasil analisis *RCC* menggunakan *XRF*

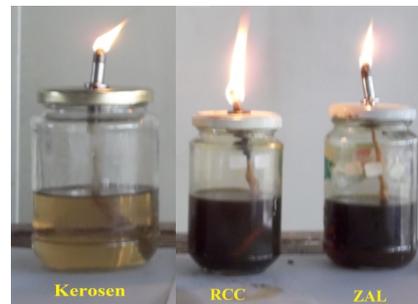
Unsur Kimia (Oksida/Elemen)						
Oksida	Satuan	Jumlah	Elemen	Satuan	Jumlah	Sd
SiO_2	%	38,27	Si	%	17,89	0,11
TiO_2	%	0,461	Ti	%	0,276	0,014
Al_2O_3	%	51,37	Al	%	27,18	0,13
Fe_2O_3	%	0,527	Fe	%	0,369	0,018
CaO	%	0,117	Ca	%	0,0835	0,0042
MgO	%	0,145	Mg	%	0,0877	0,0044
Na_2O	%	0,567	Na	%	0,421	0,021
K_2O	%	0,0925	K	%	0,0768	0,0038
P_2O_5	%	0,399	P	%	0,174	0,009
SO_3	%	0,0647	S	%	0,0259	0,0013
LOI	%	3,51	-	%	-	-
ZnO	%	0,0090	Zn	%	0,0072	0,0004
NiO	%	1,76	Ni	%	1,38	0,05
Cs_2O	%	0,0228	Cs	%	0,0215	0,0036
CuO	%	0,0031	Cu	%	0,0025	0,0004
V_2O_5	%	0,111	V	%	0,0619	0,0031
Cr_2O_3	%	0,0070	Cr	%	0,0048	0,0005
Co_3O_4	%	0,0590	Co	%	0,0433	0,0022
Cl	%	0,0390	Cl	%	0,0390	0,0002
BaO	%	0,0425	Ba	%	0,0381	0,0053
Rb_2O	%	-	Rb	%	-	-
Ga_2O_3	%	0,0050	Ga	%	0,0037	0,0002
Y_2O_3	%	0,0022	Y	%	0,0017	0,0003
Nb_2O_5	%	-	Nb	%	-	-
La_2O_3	%	2,32	La	%	1,98	0,06
CeO_2	%	0,0680	Ce	%	0,0554	0,0030

Hasil cair (*crude oil*) yang dihasilkan berupa cairan hitam. Rerata % yield hasil *crude oil* yang dihasilkan dengan zeolit adalah 80%. Sedangkan *RCC* adalah 93,75%. *RCC* menghasilkan nilai % yield yang lebih besar dibandingkan zeolit. Hal tersebut dapat terjadi karena *RCC* memiliki luas permukaan, volume pori-pori, diameter pori-pori dan densitas yang lebih besar dibandingkan dengan zeolit. Sehingga, limbah plastik PE yang masuk ke dalam rongga katalis (pori-pori), akan lebih intens dibandingkan pada zeolit. Aktivasi dan kalsinasi *RCC* dapat mengaktifkan sisi asam *RCC* sehingga fraksi berat akan direngkahkan menjadi fraksi-fraksi ringan, tanpa banyak terjadi pengendapan dalam bentuk tar pada permukaan katalis. Komposisi *RCC* yang lebih banyak mengandung Al_2O_3 (sebagai matriks aktif katalis) dibandingkan zeolit, menyebabkan keasaman yang lebih tinggi. Sehingga, reaksi pada *RCC* lebih intens terjadi dibandingkan pada zeolit. *RCC* juga memiliki kandungan logam alkali, sebagai promotor pada katalis, lebih banyak jika dibandingkan pada zeolit. Jumlah logam alkali yang lebih banyak pada *RCC* menyebabkan luas permukaan katalis makin bertambah (Himpunan Mahasiswa Teknik Kimia UPN, 2012; Trisunaryanti *et al.* 2005).

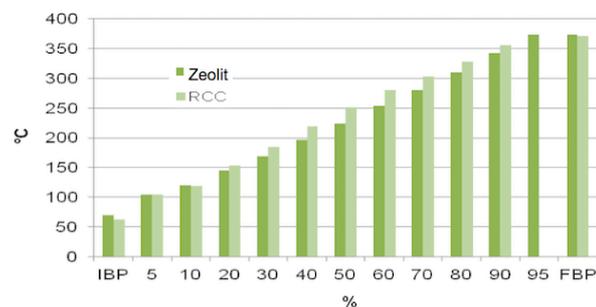
Pengamatan daya nyala dari *crude oil* hasil pirolisis dengan *RCC* dan zeolit dibandingkan dengan daya nyala dari kerosen ditunjukkan seperti pada Gambar 4. *Crude oil* dari hasil pirolisis dengan *RCC* memiliki nyala yang lebih terang dibandingkan dengan kerosin dan *crude oil* hasil pirolisis dengan zeolit. Analisis distilasi (Gambar 5.) menunjukkan IBP dari *RCC* adalah 63°C dan zeolit adalah 70°C; FBP dari *RCC* adalah 371°C dan zeolit adalah 374°C; residu dari *RCC* adalah 2,5% dan zeolit adalah 3,4%; loss dari *RCC* adalah 1,5% dan zeolit adalah 0,6%. Dari hasil tersebut menunjukkan *crude oil* hasil pirolisis dengan *RCC* dan zeolit tidak berbeda jauh, namun residu yang dihasilkan oleh *RCC* lebih sedikit dibandingkan dengan zeolit.

Karakterisasi fraksi dilakukan untuk mengetahui fraksi yang terkandung dalam *crude oil* dengan metode ASTM D 86 (Gambar 6.). *Crude oil* yang dihasilkan tersusun atas *light*

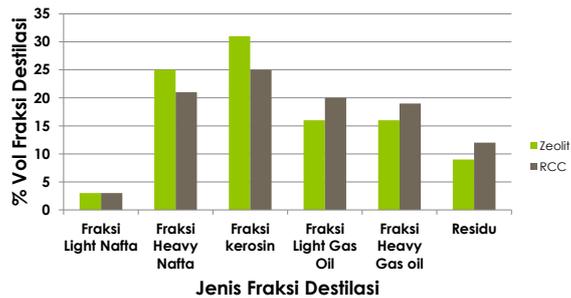
nafta (C_4-C_7), *heavy nafta* (C_7-C_{11}), kerosin ($C_{10}-C_{16}$), *light oil gas* ($C_{12}-C_{14}$), *heavy oil gas* ($C_{16}-C_{28}$) dan residu ($> C_{25}$) yang tidak terdistilasi. Hasil analisis % yield yang dihasilkan oleh zeolit dan *RCC* pada *light nafta* (%Vol) yaitu 3 dan 3, *heavy nafta* (%Vol) yaitu 25 dan 21, kerosin (%Vol) yaitu 31 dan 25, *light gas oil* (%Vol) yaitu 16 dan 20, dan *heavy gas oil* (%Vol) yaitu 16 dan 19, dan residu (%Vol) yaitu 9 dan 12. Hasil menunjukkan bahwa PE berhasil direngkahkan menjadi gugus hidrokarbon yang lebih sederhana. Volume fraksi destilasi *nafta* dan kerosin pada *crude oil* hasil pirolisis dengan zeolit lebih besar dibandingkan dengan *crude oil* hasil pirolisis dengan *RCC*. Volume fraksi destilasi gas oil pada *crude oil* hasil pirolisis dengan zeolit lebih kecil dibandingkan dengan *crude oil* hasil pirolisis dengan *RCC*.



Gambar 4. Uji nyala api *crude oil*



Gambar 5. Analisis distilasi *crude oil* hasil pirolisis dengan zeolit dan *RCC*



Gambar 6. Fraksinasi destilasi crude oil hasil pirolisis zeolit dan RCC

KESIMPULAN

Analisis komposisi katalis RCC menunjukkan unsur yang menyerupai zeolite, namun RCC memiliki kandungan promotor lebih banyak dibandingkan zeolit. Analisis uji fisik menunjukkan luas permukaan serta luas pori RCC lebih besar dibandingkan dengan zeolit. Secara deskriptif, *crude oil* hasil pirolisis dengan RCC menunjukkan kualitas yang lebih bagus dibandingkan dengan *crude oil* hasil pirolisis dengan zeolit. RCC dapat digunakan kembali sebagai katalis dalam proses perengkahan limbah plastik polietilena.

DAFTAR PUSTAKA

- Aguado, J., D.P. Serrano, J.M. Escola, dan A. Peral. 2009. Catalytic cracking of polyethylene over zeolite mordenite with enhanced textural properties. *J. Anal. Appl. Pyrolysis* 85: 352–358.
- Buekens, A.G., and H. Huang. 1998. Catalytic plastics cracking for recovery of gasoline-range hydrocarbons from municipal plastic wastes. *Resources, Conservation and Recycling* 23: 163–181.
- Cwik, A. 2014. *fuel from waste-catalytic degradation of plastic waste to liquid fuels*, Thesis master of science degree in energy engineering and management. Disertasi. Instituto Superior Técnico, Lisboa. Portugal.
- Ermawati, R., S. Naimah, M.T. Marpaung, I. Rumondnag, S.A. Aviandharie, B.N. Jati, dan N.N. Aidha. 2015. Alat dan Metode Untuk Pembuatan Bahan Bakar Cair Dari Limbah Plastik. Permohonan Pengajuan Paten Nomor P00201507089, Indonesia.
- Ginting, A.B., D. Anggraini, S. Indaryati, dan R. Kriswarini. 2007. Karakterisasi Komposisi Kimia, Luas Permukaan Pori Dan Sifat Termal Dari Zeolit Bayah, Tasikmalaya, Dan Lampung. *J. Tek. Bhn. Nuk* 3(1): 1–48.
- Himpunan Mahasiswa Teknik Kimia UPN. 2012. Dasar-dasar Katalis dan Katalisis. https://hmtkupnyogya.files.wordpress.com/2012/02/09_handout-dasar2-katalis-katalisis.pdf. (diakses pada 4 Agustus 2016).
- Jati, B. N., dan R. Ermawati. 2010. Aplikasi katalis dalam mengkonversi limbah plastik menjadi energi. *Jurnal Kimia dan Kemasan* 32(2) : 67-72
- Kyaw, K. T. and C.S. Hmwe. 2015. Effect of Various Catalyst on Fuel Oil Pyrolysis Process of Mixed Plastic Waste. *International Journal of Advance in Engineering and Technology* 8(5) : 794-802
- Lópeza, A., I. de Marco, B.M. Caballero, M.F. Laresgoiti, A. Adrados, and A. Aranzabal. 2011. Catalytic pyrolysis of plastic wastes with two different types of catalysts: ZSM-5 zeolite and Red Mud. *Applied Catalysis B: Environmental* 104: 211–219.
- Marcilla, A., M. Beltran, and J.A. Conesa. 2001. Catalyst addition in polyethylene pyrolysis: Thermogravimetric study. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*. 58–59: 117–126.
- Naimah, S., C. Nuraeni, I. Rumondang, B.N. Jati, dan R. Ermawati. 2012. Dekomposisi Limbah Plastik Polypropylene Dengan Metode Pirolisis. *Jurnal Sains Materi Indonesia (Indonesian Journal of Material Science)* 13(3) : 226-229
- Patni, N., P. Shah, S. Agarwal, and P. Singhal. 2013. Review Article: Alternate Strategies for Conversion of Waste Plastic to Fuels. *ISRN Renewable Energy* 2013: 1-7.
- Permana, Y. dan I. Aschuri. 2013. Studi Penggunaan Limbah Pengilangan Minyak (Residuum Catalytic Cracking 15, RCC15) pada perbaikan tanah ekspansif (studi kasus : tanah gedebage bandung). *Symposium XII FSTPT*, Universitas Kristen Petra Surabaya.
- Pinto, F., P. Costa, I. Gulyurtlu, and I. Cabrita. 1999. Pyrolysis of plastic wastes 2. Effect of catalyst on product yield. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis* 51: 57–71.
- Setiadi dan A. Pertiwi. 2007. Preparasi dan karakterisasi zeolitalam untuk konversi senyawa ABE menjadi hidrokarbon. *Prosiding Kongres dan Simposium Nasional Kedua MKICS*. ISSN: 0216 - 4183.

- Sharma, B.K., B.R. Moser, K.E. Vermillion, K.M. Doll, N. Rajagopalan. 2014. Production, characterization and fuel properties of alternative diesel fuel from pyrolysis of waste plastic grocery bags. *Fuel Processing Technology* 122: 79–90.
- Trisunaryanti, W., E. Triwahyuni, and S. Sudiono. 2005. Preparation, Characterization and modification of Ni-pd/Natural Zeolite Catalysts. *Indo. J. Chem.* 5(1): 48-53.
- Windarti, T. dan A. Suseno. 2002. *Profil Keefektivan Katalis Zeolit Alam Asam Dalam Proses Pirolisis Polietilena Dari Sampah Plastik Menjadi Olefin Akibat Perubahan Temperatur*. Skripsi. Fakultas MIPA, UNDIP. Semarang.
- Yuliusman. 2016. Aktivasi Zeolit Alam Lampung sebagai Adsorben Karbon Monoksida Asap Kebakaran. *Dalam : Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan". Pengembangan Teknologi Kimia untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia*. Yogyakarta : FTI UPN Veteran Yogyakarta: 1-6.