

## OPTIMASI TEMPERATUR PADA PROSES PERENKAHAN KATALITIK POLIETILEN MENJADI GASOLIN MENGGUNAKAN KATALIS Mo-Ni/ZA

Dwi Ariyanti\*) dan Harjito

Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Semarang

Gedung D6 Kampus Sekaran Gunungpati Telp. (024)8508112 Semarang 50229

### Info Artikel

Sejarah Artikel:  
Diterima Maret 2015  
Disetujui April 2015  
Dipublikasikan Mei 2015

Kata kunci:  
gasolin  
katalis Mo-Ni/ZA  
perengkahan katalitik  
polietilen

### Abstrak

Telah dilakukan kajian tentang konversi plastik polietilen menjadi fraksi gasolin menggunakan katalis Mo-Ni/ZA. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui temperatur optimum proses perengkahan serta persen konversi dan komponen penyusun produk perengkahan. Katalis dipreparasi dengan metode sonokimia dengan kadar jumlah logam yang diimbangkan 5% b/b. Karakterisasi katalis meliputi penentuan rasio Si/Al menggunakan XRF, keasaman katalis menggunakan metode gravimetri, kristalinitas katalis menggunakan XRD, dan luas permukaan katalis menggunakan metode BET. Umpan minyak pirolitik polietilen direngkah menggunakan reaktor *semi flow fixed bed*. Produk yang dihasilkan dianalisis dengan GC. Konversi optimum polietilen menjadi gasolin didapatkan pada temperatur reaksi 400°C dengan laju alir gas hidrogen 20 mL/menit. Persen konversi polietilen menjadi gasolin adalah sebesar 66,71%. Produk dianalisis menggunakan GC-MS menunjukkan senyawa-senyawa yang terkandung adalah turunan heptana, oktana, nonana, dekana dan dodekana.

### Abstract

A study on the conversion of polyethylene into gasoline fractions using Mo-Ni/ZA catalyst has been studied. The purpose of this study was to determine the optimum temperature cracking process as well as the percent conversion and the composition of cracking products. The catalysts were prepared by sonochemical method with the number of metal levels were entrusted 5% w/w. Characterization of catalysts include the determination of the ratio of Si/Al using XRF, the acidity of the catalyst using the gravimetric method, using XRD crystallinity of the catalyst, and the catalyst surface area using the BET method. Pyrolytic oil of polyethylene cracked using a semi flow fixed bed reactor. Products were analyzed by GC. Optimum conversion of polyethylene into gasoline obtained at a reaction temperature of 400°C with hydrogen gas flow rate 20mL/min. Percent conversion of polyethylene into gasoline amounted to 66.71%. Products were analyzed by GC-MS showed the compounds contained is derived heptane, octane, nonane, decane and dodecane.

## Pendahuluan

Meningkatnya kebutuhan manusia terhadap segala sesuatu yang bersifat praktis telah menggeser penggunaan kantong kertas menjadi penggunaan kantong plastik terutama jenis polietilen. Namun kenyamanan yang diberikan plastik telah memunculkan persoalan lain yaitu penanganan sampah plastik. Persoalan tersebut muncul karena plastik terbuat dari bahan petrokimia yang membutuhkan waktu lama untuk terdegradasi sempurna dan zat aditifnya mengakibatkan degradasinya menghasilkan gas beracun. Pengolahan sampah plastik dengan cara pembakaran (*incineration*) bukan metode yang aman bagi lingkungan karena akan meningkatkan emisi gas yang potensial menjadi polutan dan penyebab efek rumah kaca, seperti  $\text{CO}_2$ ,  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{SO}_x$  dan beberapa partikulat pencemar lainnya (Rodiansono, *et al.*; 2007).

Plastik yang paling banyak digunakan masyarakat adalah jenis polietilen yang biasa digunakan sebagai pengemas air mineral. Polietilen sebagai bahan dasar pembuatan kantong plastik merupakan polimer termoplastik sehingga dapat terdegradasi dengan adanya perlakuan termal. Plastik jenis polietilen akan terputus membentuk rantai karbon  $\text{C}_5\text{-C}_{12}$  melalui proses perengkahan katalitik sesuai fakta yang ada bahwa  $\text{C}_5\text{-C}_{12}$  merupakan fraksi bensin (Eliyana; 2000). Perengkahan katalitik adalah suatu cara untuk memecah hidrokarbon kompleks menjadi molekul yang lebih sederhana yang dapat meningkatkan kualitas dan kuantitas produk dan juga dapat menurunkan jumlah residu yang dihasilkan (Widayat; 2009). Dalam proses ini, umpan yang berupa minyak pirolitik direngkah menjadi produk-produk minyak yang lebih ringan dengan adanya hidrogen dan bantuan katalis pada temperatur tinggi.

Proses perengkahan hanya dapat terjadi pada temperatur tinggi sehingga diperlukan katalis yang mempunyai ketahanan termal tinggi. Katalis yang digunakan pada penelitian ini adalah logam Ni dan Mo yang diimbangkan pada zeolit alam. Temperatur mempunyai pengaruh yang penting terhadap laju reaksi. Secara termodinamika, kesetimbangan kimia akan lebih cepat tercapai pada temperatur tinggi (Setiadi dan Fitria; 2006). Selain temperatur, laju alir  $\text{H}_2$  juga berpengaruh dalam hal kecepatan adsorpsi. Laju alir yang terlalu cepat akan menyebabkan kontak gas  $\text{H}_2$  dan umpan pada permukaan katalis semakin sedikit. Dengan mempelajari pengaruh temperatur dan laju alir  $\text{H}_2$  dapat diperoleh temperatur dan laju

alir optimum untuk menghasilkan produk yang maksimal sehingga dapat digunakan sebagai acuan dalam perengkahan katalitik polietilen menjadi fraksi minyak bumi menggunakan padatan Mo-Ni/Zeolit alam.

## Metode Penelitian

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah XRD Shimadzu XRD-6000, GC HP 5890 Series II, GC-MS Shimadzu QP-2010s, Surface Area Analyzer NOVA 1200e, Sonoreaktor 40 KHz. Bahan yang digunakan adalah zeolit alam (*Prima Zeolita*), plastik polietilen murni,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ,  $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{HCl}$ , piridin dengan *grade pro analyst* buatan Merck, serta gas  $\text{H}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{N}_2$  (*Samator Gas*), HF teknis, aquades, aquademin.

Zeolit alam dari *PT. Prima Zeolita* yang berwarna coklat gelap dan banyak mengikat air serta kation-kation penyeimbang yang dapat mengganggu proses pengembunan logam dipersiapkan terlebih dahulu sehingga memiliki kualitas mendekati zeolit sintetis. Persiapan awal yang dilaksanakan adalah pencucian, dealuminasi dan pembebasan ion. Pencucian dilakukan dengan cara merendam zeolit alam dalam aquades sambil diaduk selama 24 jam pada temperatur *ambient*. Campuran disaring sampai didapatkan filtrat yang jernih. Dealuminasi dilakukan dengan merendam zeolit dalam larutan HF 1% selama 30 menit kemudian dicuci dengan aquades dan dikeringkan dalam *oven*. Sampel lalu direndam dalam larutan HCl 6 M selama 30 menit pada temperatur  $50^\circ\text{C}$  sambil diaduk dengan pengaduk magnet. Campuran disaring dan dicuci berulang kali sampai netral kemudian dikeringkan pada temperatur  $130^\circ\text{C}$  selama 3 jam dalam *oven*. Sampel ini direndam dalam larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  1 N pada temperatur  $90^\circ\text{C}$  selama 3 jam perhari selama 1 minggu sambil diaduk, kemudian disaring, dicuci dengan aquademin sampai netral. Sampel dikeringkan, dihaluskan dan diayak dengan pengayak 100 *mesh* (sampel ZA).

Sampel ZA sebanyak 50 g direndam dalam larutan  $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$  lalu disonikasi selama 1 jam dengan kekuatan 40 KHz, kemudian dikeringkan dalam *oven* pada suhu  $120^\circ\text{C}$  selama 24 jam, diperoleh sampel Ni/ZA. Sampel Ni/ZA direndam dalam larutan  $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}$  lalu disonikasi selama 1 jam kemudian dikeringkan dalam *oven* pada suhu  $120^\circ\text{C}$  selama 24 jam, diperoleh sampel Mo-Ni/ZA. Sampel Mo-Ni/ZA dikalsinasi menggunakan  $\text{N}_2$  pada temperatur  $500^\circ\text{C}$  selama 5 jam, dioksidasi menggunakan  $\text{O}_2$  dan reduksi menggunakan  $\text{H}_2$  pada

temperatur 400°C selama 2 jam. Sampel katalis kemudian dikarakterisasi yang meliputi kristalinitas dan ukuran kristal menggunakan XRD, keasaman katalis dengan metode gavimetri, rasio Si/Al dengan XRF, dan luas permukaan katalis menggunakan metode BET.

Aktivitas katalis diuji pada proses perengkahan plastik polietilen menjadi fraksi minyak bumi. Plastik polietilen murni dipirolisis pada temperatur 500°C kemudian dijadikan senyawa model sebagai umpan dalam proses perengkahan. Perengkahan polietilen dilakukan pada temperatur yang divariasikan yaitu 350, 400 dan 450°C dengan laju alir H<sub>2</sub> 20 mL/menit. Perengkahan dilakukan dengan reaktor semi alir (*semi flow-fixed bed reactor*), katalis ditempatkan pada reaktor yang terbuat dari *stainless steel*. Umpan dialirkan dalam bentuk uap dari reaktor umpan bersama gas hidrogen sebagai gas pembawa. Reaksi berlangsung pada rasio katalis/umpan 1:2 dan waktu 2 jam. Cairan hasil perengkahan ditampung dan dianalisis menggunakan GC dan GC-MS.

#### Hasil dan Pembahasan

Preparasi katalis diawali dengan menyiapkan zeolit menggunakan metode yang telah dikembangkan oleh Trisunaryanti (2005) yang meliputi pencucian dan aktivasi zeolit. Perlakuan ini bertujuan menghilangkan pengotor-pengotor fisik yang ada pada zeolit seperti debu, batu-batu kecil dan daun-daun kecil. Zeolit alam yang sudah dicuci bebas dari pengotor-pengotor tersebut karena terpisah pada waktu pengayakan, pencucian dan penyaringan. Residu hasil penyaringan kemudian dikeringkan dalam *oven* pada temperatur 130°C, hasilnya adalah zeolit alam kering yang berwarna putih kehijauan.

Aktivasi zeolit dilakukan dengan merendam zeolit pada larutan HF 1% untuk merusak struktur kerangka zeolit sehingga Al dapat keluar dari struktur (Windarti dan Suseno; 2004). Perendaman dalam larutan HF juga berfungsi menghilangkan Si di luar *framework* zeolit. Hasilnya tekstur zeolit menjadi lebih halus. Zeolit alam kemudian direfluks dalam larutan HCl 6 N yang bertujuan untuk dealuminasi dari *framework* dan melarutkan logam-logam Fe yang terdapat di dalam zeolit. Hasilnya zeolit berwarna lebih putih dengan tekstur yang lebih halus setelah proses pengeringan. Zeolit juga diaktivasi menggunakan larutan garam NH<sub>4</sub>Cl 1 N. Perendaman dengan larutan NH<sub>4</sub>Cl 1 N dilakukan untuk menggantikan kation-kation penyeimbang dalam zeolit seperti Na<sup>+</sup> dan Ca<sup>2+</sup> dengan NH<sub>4</sub><sup>+</sup> sehingga terbentuk

NH<sub>4</sub>-Zeolit. Pemanasan NH<sub>4</sub>-Zeolit menyebabkan NH<sub>3</sub> yang memiliki titik didih -34°C menguap dan menyisakan H<sup>+</sup> sehingga terbentuk H-Zeolit. Aktivasi tahap ini dimaksudkan untuk membentuk situs asam *Bronsted* dengan adanya proton H<sup>+</sup> (Rodiansono, *et al.*; 2007).

Pengembangan logam dalam zeolit dilakukan menggunakan metode sonokimia yang memanfaatkan gelombang ultrasonik (Suslick; 1994). Pengembangan dilakukan dengan mendistribusikan logam Mo dan Ni pada zeolit dengan total logam yang diembankan adalah 5% b/b dan perbandingan logam Mo dan Ni adalah 1:1 (Trisunaryanti, *et al.*; 2005). Katalis Mo-Ni/ZA yang didapatkan kemudian dikalsinasi, oksidasi dan reduksi. Kalsinasi dilakukan pada temperatur 500°C dengan aliran gas N<sub>2</sub> bertujuan untuk membuka pori zeolit dan menghilangkan pengotor-pengotor yang menyumbat pori. Selanjutnya sampel dioksidasi menggunakan O<sub>2</sub> untuk membentuk oksida ion logam. Reduksi menggunakan H<sub>2</sub> bertujuan untuk menetralkan logam yang diembankan menjadi bermuatan nol (Rodiansono, *et al.*; 2007). Pada penelitian ini didapatkan rasio Si/Al zeolit alam sebesar 3,4361 dan setelah dilakukan proses pengembangan menjadi 5,1842. Data selengkapnya disajikan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Konsentrasi Si dan Al dalam padatan

Material	Unsur (%)		Rasio Si/Al
	Si	Al	
Zeolit Alam	33,2407	9,4024	3,5354
Mo-Ni/ZA	32,4193	6,0194	5,3858

Meningkatnya rasio Si/Al terjadi karena proses dealuminasi pada zeolit (Tadeus, *et al.*; 2013). Peningkatan rasio Si/Al ini sangat diharapkan karena rasio Si/Al yang tinggi dapat meningkatkan kestabilan termal zeolit. Aluminium dalam *framework* zeolit keluar dari *framework* membentuk AlCl<sub>3</sub> pada proses perendaman dengan HCl (Svehla; 1990). Peningkatan rasio Si/Al dapat meningkatkan keasaman karena pada umumnya sifat keasaman zeolit ditentukan oleh adanya gugus hidroksida yang terikat pada aluminium atau pada situs silikon-aluminium (Windarti dan Suseno; 2004).

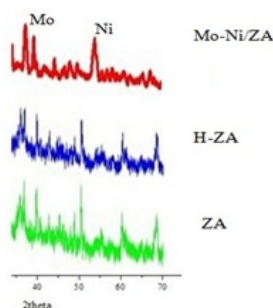
Analisis dengan instrumen XRF juga menunjukkan keberadaan logam Mo dan Ni. Zeolit yang semula tidak mengandung logam Mo dan Ni, setelah dilakukan pengembangan, ternyata setelah dianalisis dengan XRF menunjukkan adanya 4,84% logam Mo dan 4,95% logam Ni. Data selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 2.



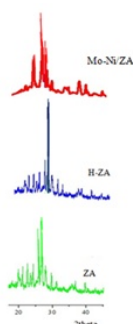
**Tabel 2.** Komposisi logam dalam zeolit sebelum dan sesudah pengembanan

Unsur	Konsentrasi (%)	
	Sebelum	Sesudah
Ni	0,0000	4,9500
Mo	0,0000	4,8400

Persen efisiensi pengembanan logam Mo adalah 96% dan logam Ni adalah 99%. Adanya logam yang tidak teremban dimungkinkan karena keterbatasan rongga zeolit untuk menampung logam sehingga logam-logam tersebut tidak seluruhnya masuk ke dalam rongga zeolit, tetapi ada yang hanya terdapat di permukaan padatan (Trisunaryanti, *et al.*; 2005). Pengembanan logam di dalam zeolit berhasil dilakukan. Hal ini terbukti melalui difraktogram XRD pada Gambar 1.

**Gambar 1.** Perbandingan difraktogram ZA, H-ZA dan Mo-Ni/ZA

Pengaruh pengembanan logam pada H-ZA diamati melalui difraktogram XRD pada Gambar 2. Gambar 2 memperlihatkan perbandingan difraktogram antara H-ZA dengan katalis Mo-Ni/ZA. Penurunan intensitas terjadi pada beberapa puncak difraktogram katalis Mo-Ni/ZA dibandingkan dengan difraktogram ZA dan H-ZA.

**Gambar 2.** Perbandingan difraktogram kristalinitas ZA, H-ZA dan Mo-Ni/ZA

Penurunan intensitas beberapa puncak diamati dari tiga puncak tertinggi hasil analisis menggunakan XRD pada Tabel 3. Tiga puncak terkuat dari zeolit alam pada Tabel 3, yaitu pada  $2\theta=12,96990$ ,  $2\theta=11,29080$ , dan  $2\theta=14,00000$ , serta tiga puncak terkuat H-zeolit alam  $2\theta=13,02095$ ,  $2\theta=14,11000$ , dan  $2\theta=13,46000$

yang merupakan puncak karakteristik dari *mordenit*. Tiga puncak tertinggi dari Mo-Ni/ZA adalah pada  $2\theta=26,07950$ ,  $2\theta=23,50800$ , dan  $2\theta=27,51090$ . Berdasarkan data  $2\theta$  tersebut dapat diketahui bahwa setelah aktivasi dan pengembanan logam puncak terkuat dari zeolit naik dan menunjukkan karakteristik dari *modernit*.

**Tabel 3.** Data  $2\theta$  dan intensitas tiga puncak tertinggi dalam ZA, H-ZA, dan Mo-Ni/ZA

Material	$2\theta$ (deg)	FWHM (deg)	Intensitas	Ukuran kristal (nm)
ZA	1. 12,96990	0,25700	325	29,77000
	2. 11,29080	0,34000	225	7,11000
	3. 14,00000	0,40440	189	2,81000
H-ZA	1. 13,02095	0,26020	474	38,73000
	2. 14,11000	0,41700	431	0,54000
	3. 13,46000	0,25720	397	20,27000
Mo-Ni/ZA	1. 26,07950	0,63250	397	2,72450
	2. 23,50800	0,52660	413	3,20660
	3. 27,51090	3,23975	292	4,19910

Kristalinitas katalis menentukan ukuran kristal yang dibentuknya. Zeolit alam yang belum diembankan logam mempunyai ukuran kristal sebesar 20,2700 nm, sedangkan yang telah diembankan logam mempunyai ukuran kristal 3,2066 nm. Ukuran kristal berpengaruh pada situs aktif, jejari pori dan luas permukaan katalis. Ukuran kristal zeolit yang diembankan logam mengecil, luas permukaan bertambah, reaksi reaktan dengan katalis bertambah dan persen konversi hidrogenasi juga ikut meningkat (Ningum, *et al.*; 2009).

Hasil karakterisasi luas permukaan spesifik, rerata jejari pori dan volume total pori katalis adalah luas permukaan katalis Mo-Ni/ZA menjadi 6 kali lipat dibandingkan dengan luas permukaan zeolit alam. Volume total pori katalis menjadi 3 kali lipat dari volume total pori zeolit alam. Data selengkapnya disajikan pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Luas permukaan spesifik, rerata jejari pori dan volume total pori katalis

Material	Luas permukaan ( $m^2/g$ )	Rerata jejari pori ( $\text{\AA}$ )	Volume pori ( $cc/g$ )
H-ZA	21,1352	21,6037	$22,8299 \times 10^{-3}$
Mo-Ni/ZA	134,6800	12,3610	$83,2410 \times 10^{-3}$

Tabel 4. memperlihatkan bahwa luas permukaan yang besar mempunyai volume pori besar dan ukuran pori yang kecil hal ini dimungkinkan logam Ni yang diembankan pada zeolit terdistribusi merata sehingga terjadi pembentukan permukaan baru menutupi pori-pori zeolit. Volume pori katalis yang berukuran besar memberikan kesempatan yang lebih banyak pada reaktan untuk dapat masuk ke dalam pori katalis sehingga jumlah molekul reaktan yang diadsorpsi meningkat.

Luas permukaan dari katalis Mo-Ni/ZA

menjadi lebih besar dibandingkan dengan luas permukaan zeolit. Hal ini dikarenakan berkembangnya struktur pori oleh aktivitas yang dilakukan sehingga muncul banyak pori baru yang berukuran seragam. Rerata jejari pori katalis Mo-Ni/ZA menjadi lebih kecil yaitu dari 21,6037Å menjadi 12,361Å. Penurunan ini dimungkinkan karena logam yang diembankan menempati makropori zeolit sehingga rerata jejari pori yang terukur adalah rerata jejari mikropori zeolit (Rahmawati, *et al.*; 2012).

Pengembangan logam menambah jumlah situs asam total dan permukaan pada H-ZA. Hal ini ditunjukkan dengan banyaknya basa amonia dan piridin yang teradsorp. Hasil pengukuran keasaman katalis menggunakan metode gravimetri disajikan pada Tabel 5.

**Tabel 5.** Keasaman total dan permukaan H-ZA dan Mo-Ni/ZA

Material	Jumlah situs asam (mmol/g)	
	Amonia (total)	Piridin (permukaan)
H-ZA	3.18	0.72
Mo-Ni/ZA	3.65	0.73

Jumlah situs asam total pada katalis Mo-Ni/ZA adalah sebesar 3,65 mmol/g. Nilai tersebut masuk dalam rentangan nilai keasaman yang cocok digunakan sebagai katalis perengkahan (Rodiansono, *et al.*; 2007). Bertambahnya situs asam total dimungkinkan karena terembannya logam pada zeolit. Logam yang diembankan membentuk asam *Lewis* karena memiliki elektron yang tidak berpasangan sehingga dapat menerima elektron dari amonia (Trisunaryanti, *et al.*; 2005). Jumlah situs asam permukaan pada katalis Mo-Ni/ZA diukur berdasarkan banyaknya basa piridin yang diadsorpsi oleh padatan katalis yaitu sebesar 0,73 mmol/g. Hasil tersebut menunjukkan bahwa keasaman katalis Mo-Ni/ZA lebih tinggi daripada H-ZA. Adsorpsi basa piridin menyatakan jumlah situs asam permukaan. Asumsi ini berdasarkan pada sifat atom nitrogen pada piridin yang terstabilkan oleh cincin aromatis benzena sehingga menjadi kurang reaktif untuk dapat berikatan dengan padatan katalis (Fessenden; 1999).

Distribusi logam yang tersebar merata pada permukaan zeolit meningkatkan keasaman katalis karena adanya orbital d yang belum penuh pada logam Ni dapat meningkatkan daya adsorpsi logam terhadap reaktan (Triyono; 2002). Logam Mo berfungsi sebagai kopromotor dalam proses katalitik. Adanya logam Mo dengan logam lain dalam proses katalitik akan meningkatkan stabilitas logam Ni sehingga

aktivitasnya tetap baik (Trisunaryanti, *et al.*; 2005).

Uji aktivitas katalis Mo-Ni/ZA dilakukan dengan merengkah cairan plastik polietilen. Umpam reaksi perengkahan adalah minyak pirolitik polietilen. Proses pirolisis dilakukan di dalam reaktor pirolisis dengan temperatur 500°C selama 45 menit. Minyak hasil pirolisis diidentifikasi menggunakan GC, hasilnya 70,66% produk merupakan fraksi hidrokarbon C<sub>13</sub> lebih, hasil selengkapnya disajikan pada Tabel 6.

**Tabel 6.** Fraksi hidrokarbon hasil pirolisis polietilen

Fraksi	% Fraksi
C <sub>1</sub> -C <sub>4</sub>	9,59
C <sub>5</sub> -C <sub>12</sub>	19,75
C <sub>13</sub> -C <sub>25</sub>	70,66

Pemanasan mengakibatkan molekul polietilen terurai membentuk potongan-potongan senyawa yang lebih sederhana. Plastik yang semula berbentuk padat menjadi cairan yang berwarna kuning setelah dipirolisis. Hal ini dikarenakan rantai karbon pada plastik sudah terputus menjadi rantai-rantai karbon yang lebih pendek (Daryoso, *et al.*; 2012). Pirolisis polietilen menghasilkan hidrokarbon yang merupakan suatu fraksi bahan bakar dengan proses lebih lanjut dapat diubah menjadi gasolin. Pada penelitian ini, hidrokarbon yang dihasilkan masih mempunyai rantai hidrokarbon yang panjang sehingga perlu direngkah lagi untuk mendapatkan fraksi gasolin. Hasil analisis menggunakan GC menunjukkan temperatur optimum pada penelitian ini adalah 400°C dengan fraksi C<sub>5</sub>-C<sub>12</sub> yang dihasilkan sebanyak 66,70% seperti tertera dalam Tabel 7.

**Tabel 7.** Perbandingan fraksi hidrokarbon umpam dan produk perengkahan pada temperatur berbeda

Fraksi hidrokarbon	Umpam	% Fraksi		
		Produk		
		350°C	400°C	450°C
C <sub>1</sub> -C <sub>4</sub>	9,59	9,02	14,25	80,44
C <sub>5</sub> -C <sub>12</sub>	19,75	23,62	66,70	16,84
C <sub>13</sub> -C <sub>17</sub>	71,82	67,37	19,05	2,72

Persentase fraksi C<sub>5</sub>-C<sub>12</sub> pada produk perengkahan lebih banyak dibandingkan pada umpam. Persentase fraksi C<sub>5</sub>-C<sub>12</sub> meningkat seiring meningkatnya temperatur reaksi. Setelah temperatur optimum tercapai, persentase fraksi C<sub>5</sub>-C<sub>12</sub> menurun. Kenaikan persentase fraksi produk sesuai dengan kenaikan temperatur dimungkinkan karena energi vibrasi, rotasi dan translasi dari molekul-molekul reaktan bertambah, sehingga kemungkinan terjadinya tumbukan antar reaktan lebih banyak (Kadarwati;

2010). Persentase fraksi senyawa target menurun setelah temperatur optimum tercapai dimungkinkan karena temperatur reaksi yang lebih tinggi daripada temperatur optimum menyebabkan reaktan bergerak terlalu cepat sehingga belum sempat terjadi reaksi dengan katalis (Rahayu, *et al.*; 2012).

Temperatur yang terlalu tinggi menyebabkan padatan katalis mengalami deaktivasi yaitu terjadinya sintering pada zeolit maupun logam. Sintering merupakan suatu proses fisik yang berkaitan dengan hilangnya area pada material pengemban, hilangnya penyebaran kristal logam pada katalis, dan penurunan komponen logam dalam katalis yang terjadi karena katalis digunakan pada temperatur terlalu tinggi (Utomo; 2003).

Penurunan kemampuan katalis juga dapat disebabkan karena terjadinya pengotoran pada permukaan katalis. Senyawa pengotor ini adalah produk samping yaitu kokas yang terbentuk selama reaksi sehingga warna katalis menjadi hitam setelah digunakan (Rodiansono *et al.*, 2007). Komposisi senyawa kimia penyusun gasolin yang dihasilkan pada temperatur optimum dianalisis menggunakan GC-MS. Hasil analisis kuantitatif menggunakan GC-MS disajikan dalam Tabel 8.

**Tabel 8.** Analisis kuantitatif produk menggunakan GC-MS

Fraksi hidrokarbon	% Area produk
C <sub>1</sub> -C <sub>4</sub>	0,000
C <sub>5</sub> -C <sub>12</sub>	79,140
C <sub>13</sub> -C <sub>17</sub>	20,860

Tabel 8. memperlihatkan hasil analisis GC-MS produk fraksi minyak bumi secara kuantitatif. Dari data analisis GC-MS dapat dilihat bahwa senyawa yang dihasilkan adalah senyawa hidrokarbon C<sub>5</sub>-C<sub>12</sub> yaitu sebesar 79,14% dan senyawa hidrokarbon C<sub>13</sub>-C<sub>17</sub> sebesar 20,86%. Dalam pengujian ini senyawa target yang diharapkan adalah senyawa hidrokarbon yang mempunyai jumlah atom C<sub>5</sub> sampai C<sub>12</sub> yang merupakan komponen utama dari fraksi gasolin (Rodiansono; 2005). Produk hidrokarbon C<sub>5</sub>-C<sub>12</sub> ini terdiri atas beberapa senyawa yang merupakan turunan heptana, oktana, nonana, dekana dan dodekana. Hasil analisis kualitatif menggunakan GC-MS pada kondisi optimum disajikan dalam Tabel 9. Tabel 9 memperlihatkan bahwa produk yang dihasilkan merupakan pada reaksi perengkahan polietilen menjadi fraksi minyak bumi menggunakan katalis Mo-Ni/ZA menghasilkan senyawa hidrokarbon yang lebih sederhana dibandingkan

produk hasil pirolisis. Hal ini membuktikan bahwa hasil perengkahan menggunakan katalis menghasilkan senyawa-senyawa yang lebih sederhana dibandingkan perengkahan secara termal tanpa katalis (Windarti dan Suseno; 2004).

**Tabel 9.** Analisis kualitatif produk menggunakan GC-MS

Waktu retensi (menit)	MR	Senyawa
3,238	100	n-heptana
3,583	98	1-metilsikloheksana
4,317	114	2-metilheptana
4,483	114	3-metilheptana
7,458	128	3-metiloktana
8,458	128	n-nonana
10,867	142	2-metildekana
14,367	156	4-metildekana
16,381	196	2,2-dimetildodekana
18,412	198	7-metiltridekana
20,794	198	n-tetradekana

## Simpulan

Katalis Mo-Ni/ZA yang dipreparasi dapat digunakan sebagai katalis perengkahan polietilen menjadi fraksi minyak bumi. Konversi optimum polietilen menjadi gasolin didapatkan pada temperatur reaksi 400°C sebesar 66,71%. Produk merupakan fraksi C<sub>5</sub>-C<sub>12</sub> (gasolin) dengan senyawa-senyawa penyusunnya adalah turunan heptana, oktana, nonana, dekana dan dokena.

## Daftar Pustaka

- Daryoso, K., Wahyuni, S. & Saputro, S.H. 2012. Uji Aktivitas Katalis NiMo/Z pada Reaksi Hidrorengkah Fraksi Sampah Plastik (Polietilen). *Indonesian Journal of Chemical Science*. 1. (1) 2012. Jurusan Kimia FMIPA UNNES
- Eliyana. 2000. Pembuatan Fraksi Bensin dari Sampah Plastik dengan Katalis Zeolit Alam. *Buletin Penalaran Mahasiswa UGM*. Hal: 21-24
- Fessenden, R.J. & Fessenden, J.S. 1999. *Kimia Organik*. Edisi Ketiga. Jilid 2. Translated by Pudjaatmaka. A.H. Jakarta: Erlangga
- Kadarwati, S., Susatyo, E.B. & Ekowati, D. 2010. Aktivitas Katalis Cr/Zeolit pada Reaksi Konversi Minyak Jelantah menjadi Bahan Bakar Cair. *Saintekno*. 8 (1): 9-16
- Ningrum, N.S., Suganal & Prijono, H. 2009. Pengkajian Pengaruh Penambahan Nikel dan Krom pada Katalis Berbasis Besi untuk Pencairan Batubara. *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara*. 5 (3):131-13
- Rahmawati, F., Wahyuni, S. & Kadarwati, S. 2012. Studi Deaktivasi Katalis Ni-Mo/Zeolit Alam pada Reaksi Hidrodenitrogenisasi (HDN) Piridin. *Indonesian Journal of Chemical Science*. 1. (1). 2012. UNNES: Semarang
- Rodiansono. 2005. *Pembuatan, Karakterisasi dan Uji Aktivitas Katalis NiMo/Z dan NiMo/Z-*

- Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> pada Reaksi Hidrorengkah Fraksi Sampah Plastik Menjadi Fraksi Bensin.* Tesis. UGM: Yogyakarta
- Rodiansono, Trisunaryanti, W. & Triyono. 2007. Pembuatan, Karakterisasi dan Uji Aktivitas Katalis NiMo/Z dan NiMo/Z-Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> pada Reaksi Hidrorengkah Fraksi Sampah Plastik menjadi Fraksi Bensin. *Berkala MIPA*. Hal: 43-54
- Setyawan, P.H.D. 2009. Aktivitas Katalis Ni/Zeolit Pada Konversi Katalitik Metil Ester Minyak Goreng Jelantah (MEWCO) Pada Temperatur 450°C menjadi Senyawa Fraksi Bahan Bakar. *Jurnal ILMU DASAR*. 8. (1)
- Setiadi & Fitria, R.M. 2006. *Proses Katalitik Sintesis Hidrokarbon Fraksi Bensin dari Minyak Sawit Menggunakan Katalis B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Zeolit*. Seminar Nasional MKICS. Universitas Indonesia. 26-27 Juni 2006
- Suslick, K.S. 1994. *The Chemistry of Ultrasound, The Yearbook of Science & The Future 1*. Encyclopedia Britanica: Chicago
- Svehla, G. 1990. *Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimikro*. Jakarta: Kalman Media Pusaka
- Tadeus, A., Silalahi, I.H., Sayekti, E. & Sianipar, A. 2013. Karakterisasi Katalis Zeolit-Ni Regenerasi dan Tanpa Regenerasi dalam Reaksi Perengkahan Katalitik. *JKK*. Vol 2. (1). hal 24-29
- Trisunaryanti, W., Triwahyuni, E. & Sudiono, S. 2005. Preparasi, Modifikasi dan Karakterisasi Katalis NiMo/zeolit alam dan Mo-Ni/Zeolit Alam. *TEKNOIN*. Vol. 10. No. 4
- Udaibah, W. 2007. *Preparasi, Karakterisasi dan Uji Aktivitas Katalis Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Zeolit dan Co-Zeolit sebagai Katalitik Konverter Reduksi NO<sub>x</sub>*. Skripsi. UNNES: Semarang
- Utomo, M., Pranjoto. 2003. *Penentuan Umur Katalis Pt/Zeolit pada Konversi Amil Alkohol menjadi Pentana*. Tesis. Progam Pasca-sarjana UGM. Yogyakarta
- Widayat, L.B. 2009. *Pembuatan Biodiesel dari Minyak Goreng Bekas dengan Proses Catalytic Cracking*. Seminar Nasional Teknik Kimia Indonesia-SNTKI 2009. ISBN 978-979-98300-1-2. Bandung
- Windarti, T. & Suseno, A. 2004. Preparasi Katalis Zeolit Alam Asam sebagai Katalis dalam Proses Pirolisis Katalitik Polietilena. *JKSA*. Vol. VII. No. 3 Desember 2004. Semarang