

Perengkahan Sampah Plastik (HDPE, PP, PS) Menjadi *Precursor* Bahan Bakar dengan Variasi Perbandingan Bahan Baku/Katalis H-Zeolit

Ella Melyna¹, Irdoni², Ida Zahrina²

¹Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau
Kampus Binawidya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293

²Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau
Kampus Binawidya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293
melynae@gmail.com

ABSTRACT

Plastic waste is a serious threat to the environment in which we live. Plastic is one type of non-biodegradable waste that hard to be decomposite in the environment. Burning of plastic waste will produce exhaust gas and residue that actually adds to the type of pollution that occur in the environment. For that matter another attempts are needed to be found to tackle plastic waste to be used as a product that is more useful and beneficial to society in the future. However also be seen from the basic material of plastic waste, it could potentially have economic value as a source of raw material if processed in an appropriate manner that will produce hydrocarbons as the basic fuel. Cracking process is a process to convert waste plastics of long alkyl chain into hydrocarbon. In the process of converting plastic waste into an energy source, the catalyst plays an important role in the quality of hydrocarbons produced. Catalysts are used to reduce the energy that occurs in the combustion process. This research aims to study the effect of different raw materials and the effect of different ratio of raw material/H-zeolite catalysts in the cracking process of waste plastics, as well as knowing the chemical components of the product. The research conducted by two stages, first making H-zeolite catalysts and the second catalytic cracking processes. 200 grams of plastic HDPE, PP, PS with size $\pm 2 \times 2$ cm cracked at 360 °C with H-zeolite catalyst 100 mesh size with ratio of raw material/ catalysts of H-zeolite 30, w/w, 40 w/w, 50 w/w. Lower melting point of HDPE plastic caused the highest yield can be obtained at 32.71%, the cracking process of HDPE plastic with a ratio of raw materials/catalysts of H-zeolite 30, 40, and 50 w/w, yield obtained 32.71%, 30.34%, 19.11%, the greater the ratio of raw material/catalyst the lower the yield generated, and the chemical composition of the fuel product with a highest (%) yield obtained 88.65% gasoline, 6.41% kerosene and diesel of the raw PS material.

Keywords: plastic, cracking, H-zeolite, fuel

1 Pendahuluan

Seiring bertambahnya jumlah penduduk dunia, konsumsi akan barang-barang berbahan plastik semakin meningkat. Pengusaha bahan baku plastik memperkirakan kenaikan konsumsi plastik dalam negeri hingga 7,8 persen pada tahun ini. Kenaikan itu seiring pertumbuhan ekonomi Indonesia yang terus membaik. Ketua Umum Pengembangan Bisnis Asosiasi Industri Olefin Aromatik dan Plastik Indonesia (Inaplas), Budi Sadiman, menjelaskan konsumsi bahan baku plastik di

Indonesia sebesar 2,6 juta ton per tahun. Bila naik 7,8 persen, maka jumlah konsumsi akan mendekati angka 3 juta ton per tahun [Tempo, 2011]. Meningkatnya jumlah permintaan plastik disebabkan karena plastik memiliki banyak kelebihan dibandingkan bahan lainnya. Barang berbahan baku plastik umumnya lebih ringan, bersifat isolator, dan proses pembuatannya lebih murah. Plastik yang banyak terdapat di masyarakat banyak berasal dari bahan polietilen. Polietilen sendiri dibagi menjadi dua, yaitu *High Density Polyethylene*

(HDPE) dan *Low Density Polyethylene* (LDPE). HDPE banyak digunakan sebagai botol minuman, sedangkan LDPE banyak digunakan sebagai kantong plastik. Selain pengelompokan plastik seperti di atas, plastik secara komersial dikenal dengan berbagai macam nama. Penamaan ini dibuat berdasarkan bahan penyusunnya. Jenis-jenis plastik tersebut adalah *Polyethylene (PE)*, *Polyvinyl Chlorida (PVC)*, *Polypropylene (PP)*, *Polymethyl Methyl Acrylat (PMMA)*, *Acrylonitril Butadien Styren (ABS)*, *Polyamide (PA)*, *polyester* (cairan pengeras dan perapat), dan *Polyethylene Terephthalate (PET)*.

Namun dibalik semua kelebihan, bahan plastik memiliki masalah setelah barang tersebut tidak digunakan lagi. Barang berbahan plastik tidak dapat membusuk, tidak dapat menyerap air, maupun tidak dapat berkarat, dan pada akhirnya tidak dapat diuraikan/degradasi dalam tanah sehingga menimbulkan masalah bagi lingkungan. Limbah plastik yang ada pada saat ini pada umumnya hanya dibuang (*landfill*), dibakar atau didaur ulang (*recycle*). Proses tersebut belum menyelesaikan semua permasalahan limbah plastik, karena proses *landfill* belum dapat menguraikan limbah plastik. Selain itu apabila dibakar pada suhu rendah, limbah plastik menghasilkan senyawa yang berbahaya yang bersifat karsinogen seperti *polychlorodibenzodioxins* dan *polychlorodibenzofurans*.

Untuk menghilangkan sifat karsinogen akibat pembakaran, limbah plastik tersebut dibakar pada suhu tinggi 1000°C sehingga tidak ekonomis. Daur ulang limbah plastik merupakan satu-satunya cara yang dapat mengurangi jumlah limbah plastik yang ada. Namun kenyataannya hanya sedikit dari limbah plastik yang dapat didaur ulang dan bahan hasil daur ulang mempunyai kualitas yang rendah sehingga metode daur ulang dipandang tidak efisien untuk memecahkan masalah limbah plastik. Untuk itu dicari cara lain untuk mengatasi limbah plastik untuk dijadikan suatu produk yang lebih berguna dan bermanfaat bagi masyarakat pada masa yang akan datang. Bagaimanapun juga dilihat dari bahan dasarnya limbah plastik berpotensi mempunyai nilai ekonomis sebagai sumber bahan baku jika

diolah dengan cara yang tepat yaitu akan menghasilkan hidrokarbon sebagai bahan dasar energi [Ermawati, 2011].

Pirolisis adalah teknik pembakaran sampah (limbah plastik) tanpa O₂ dan dilakukan pada suhu tinggi yaitu antara 800 °C sampai 1000 °C. Teknik ini mampu menghasilkan gas pembakaran yang berguna dan aman bagi lingkungan. Teknologi pirolisis ini dapat dikatakan sebagai metode yang ramah lingkungan sebab produk sampingnya berupa CO₂ dan H₂O yang merupakan gas non toksik. Proses pirolisis menghasilkan senyawa-senyawa hidrokarbon cair mulai dari C₁ hingga C₄ dan senyawa rantai panjang parafin dan olefin [Ermawati, 2011]. Proses perengkahan menggunakan suhu tinggi memiliki 2 masalah, yaitu distribusi produk dan penggunaan suhu tinggi lebih dari 500 °C bahkan sampai 900 °C. Perengkahan menggunakan katalis merupakan metode untuk penyelesaian masalah ini [Anggoro, *et. al.*, 2008].

Aguado, *et. al.*, [2000] melakukan konversi limbah plastik PP, LDPE, dan HDPE menjadi bahan bakar menggunakan katalis zeolit beta dengan temperatur 400 °C dan *ratio plastik/catalyst* = 50 w/w. Hasil yang diperoleh menunjukkan degradasi HDPE menghasilkan selektivitas tinggi untuk produk C₅-C₁₂ (70 w/w), sedangkan untuk penguraian LDPE dan PP, selektivitas menjadi *gasoline* berkurang (sekitar 64 w/w) tetapi proporsi untuk produk C₁-C₄ lebih tinggi.

Lin, *et. al.*, [2010] melakukan konversi limbah plastik PE/PP/PS/PVC pada suhu 390 °C dengan katalis yang berbeda yaitu FCC-R1, *Sillicalite*, HUSY, ZSM-5, dan SAHA dengan *catalyst to plastik ratio* = 30 w/w. Hasil yang diperoleh menunjukkan penggunaan katalis ZSM-5 menghasilkan *light gases* (C₁-C₄) 52,7 w/w dan *gasoline* (C₅-C₉) 34,5 w/w disusul penggunaan katalis HUSY menghasilkan *light gases* (C₁-C₄) 35,7 w/w dan *gasoline* (C₅-C₉) 48,4 w/w, penggunaan katalis SAHA menghasilkan *light gases* (C₁-C₄) 30,2 w/w dan *gasoline* (C₅-C₉) 52,4 w/w, penggunaan katalis FCC R1 menghasilkan *light gases* (C₁-C₄) 24 w/w dan *gasoline* (C₅-C₉) 54,8 w/w, dan penggunaan katalis *Sillicalite* menghasilkan

light gases (C₁-C₄) 6,8 w/w dan *gasoline* (C₅-C₉) 6,2 w/w.

Lin, *et al.*, [2005] melakukan konversi limbah plastik *polypropylene* pada suhu 360 °C dengan katalis yang berbeda yaitu HUSY, HZSM-5, HMOR, SAHA, dan MCM-41 dengan *catalyst to plastik ratio* = 40 w/w. Hasil yang diperoleh menunjukkan penggunaan katalis HZSM-5 menghasilkan *hydrocarbon gases* (C₁-C₄) 67,41 w/w dan *gasoline* (C₅-C₉) 25,54 w/w disusul penggunaan katalis HMOR menghasilkan *light gases* (C₁-C₄) 59,86 w/w dan *gasoline* (C₅-C₉) 27,95 w/w, penggunaan katalis HUSY menghasilkan *light gases* (C₁-C₄) 36,73 w/w dan *gasoline* (C₅-C₉) 51,83 w/w, penggunaan katalis MCM-41 menghasilkan *light gases* (C₁-C₄) 25,47 w/w dan *gasoline* (C₅-C₉) 60,56 w/w, dan penggunaan katalis SAHA menghasilkan *light gases* (C₁-C₄) 22,54 w/w dan *gasoline* (C₅-C₉) 63,65 w/w.

Pada proses konversi limbah plastik menjadi sumber energi, katalis memegang peranan penting dalam kualitas hidrokarbon yang dihasilkan. 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. Katalis yang digunakan pada umumnya adalah *zeolite*, *polysilicate component*, *pseudoboehmite component* dan *clay component* [Ermawati, 2011].

Zeolit berfungsi sebagai katalisator asam padat, karena kationnya dapat dipertukarkan, dimana kation tersebut menghambat reaksi karena tidak mempunyai kemampuan untuk memacu reaksi dengan reaktan. Zeolit umumnya memiliki kation jenis alkali (misal Na⁺), jika kation ini ditukar dengan NH₄ yang diikuti pemanasan maka pada permukaan zeolit akan terdapat ion H⁺ yang secara katalitik berfungsi sebagai pusat aktif.

Zeolit merupakan katalisator yang baik karena mempunyai pori-pori yang besar dan permukaan yang maksimum. Kemampuan zeolit sebagai katalis berkaitan dengan tersedianya situs aktif dalam saluran antar zeolit. Situs aktif terbentuk karena adanya gugus fungsi asam tipe Bronsted maupun Lewis. Situs aktif yang bersifat asam ini

selanjutnya dapat mengikat molekul-molekul basa secara kimiawi. Keasaman zeolit merupakan salah satu faktor yang penting dalam penggunaan zeolit sebagai pengemban dan sebagai katalis. Penggunaan zeolit sebagai katalis dapat dioptimalkan dengan cara perlakuan asam, *hydrothermal*, kalsinasi, oksidasi, dan impregnasi logam serta reduksi yang akan meningkatkan rasio Si/Al, keasaman dan luas permukaan spesifik dari zeolit [Setyawan, 2002].

Oleh karena itu penelitian perengkahan sampah plastik jenis HDPE, PP, dan PS menjadi *precursor* bahan bakar ini menggunakan katalis H-zeolit dengan *ratio plastik/catalyst* = 30 w/w, 40 w/w, dan 50 w/w.

Tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan kondisi operasi perengkahan berupa pengaruh perbedaan bahan baku dan perbandingan bahan baku/katalis H-zeolit dengan nilai *yield* produk tertinggi yang dihasilkan dari perengkahan sampah plastik (HDPE, PP, dan PS) menjadi *precursor* bahan bakar. Penelitian ini juga bertujuan untuk mengetahui komponen kimia bahan bakar yang didapatkan dari proses perengkahan sampah plastik menjadi *precursor* bahan bakar.

2 Metodologi

Prosedur yang akan dilakukan pada penelitian ini terdiri dari persiapan bahan baku, pembuatan katalis, proses perengkahan katalitik dan tahap analisa produk.

2.1 Persiapan bahan baku

Bahan baku plastik jenis HDPE, PP, dan PS untuk proses perengkahan pada penelitian ini didapat dari mengumpulkan plastik yang telah dibuang oleh masyarakat. Sebelum digunakan plastik terlebih dahulu dibersihkan dari pengotornya, dicuci, dikeringkan dan dipotong kecil-kecil agar mudah masuk ke dalam reaktor.

2.2 Pembuatan katalis H-zeolit

Katalis H-zeolit dipreparasi dari zeolit alam melalui tahapan yang telah dikembangkan oleh Karunia (2012) yaitu:

- a. 350 gram Zeolit Alam dimasukkan ke dalam reaktor, lalu dicampurkan dengan NH₄Cl 1 N ke dalam labu yang telah berisi zeolit alam

- b. Setelah kedua zat tersebut dimasukkan ke dalam labu, pengadukan dilakukan selama 50 jam dengan kecepatan pengadukan 500 rpm untuk menghasilkan NH₄-zeolit.
- c. Setelah terjadi pengadukan selama 50 jam, zat yang ada didalam labu disaring dengan memakai kertas saring. Kemudian zat dicuci dengan aquades sampai pH mencapai 7 (untuk memisahkan unsur/senyawa pengotor yang ada di dalam zeolit)
- d. Setelah disaring, zeolit dimasukkan ke dalam *furnace* dan dibakar pada suhu 600°C selama 6 jam

2.3 Perengkahan sampah plastik

Perengkahan sampah plastik berlangsung secara *batch* dalam reaktor. Variasi bahan baku HDPE, PP, dan PS dan variasi perbandingan bahan baku/katalis 30 w/w, 40 w/w, dan 50 w/w.

2.4 Analisa katalis

Katalis H-zeolit yang telah dibuat di analisis menggunakan *X-ray Diffractometer* (XRD) untuk mengetahui parameter kisi, ukuran kristal, identifikasi fasa kristalin. Analisa XRD dilakukan di Laboratorium Kimia Analitik, Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.

2.5 Analisa produk

Produk dianalisa menggunakan GC-MS (*Gas Cromatografi Mass Spectra*) untuk mengetahui komponen yang ada dalam produk serta dilakukan uji densitas dan viskositas. Analisa GC-MS dilakukan di Laboratorium Kimia Organik, Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta sedangkan uji densitas akan dilakukan di Laboratorium Teknologi Bahan Alam dan Mineral, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau.

2.5 Pengumpulan Data dan Analisa Produk

Pada penelitian ini dilakukan pengumpulan data berupa berat umpan masuk reaktor, temperatur produk mulai menetes, berat produk yang dihasilkan untuk menghitung *yield*-nya, dan densitas serta data hasil analisa produk menggunakan XRD, dan GC-MS.

3 Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Analisa Katalis

Preparasi katalis H-zeolit meliputi proses *pretreatment* zeolit alam, perendaman, dan kalsinasi. Katalis hasil preparasi dianalisa dan dibandingkan dengan standar. Analisa yang dilakukan pada katalis pada penelitian ini yaitu analisa *X-Ray Diffraction* (XRD).

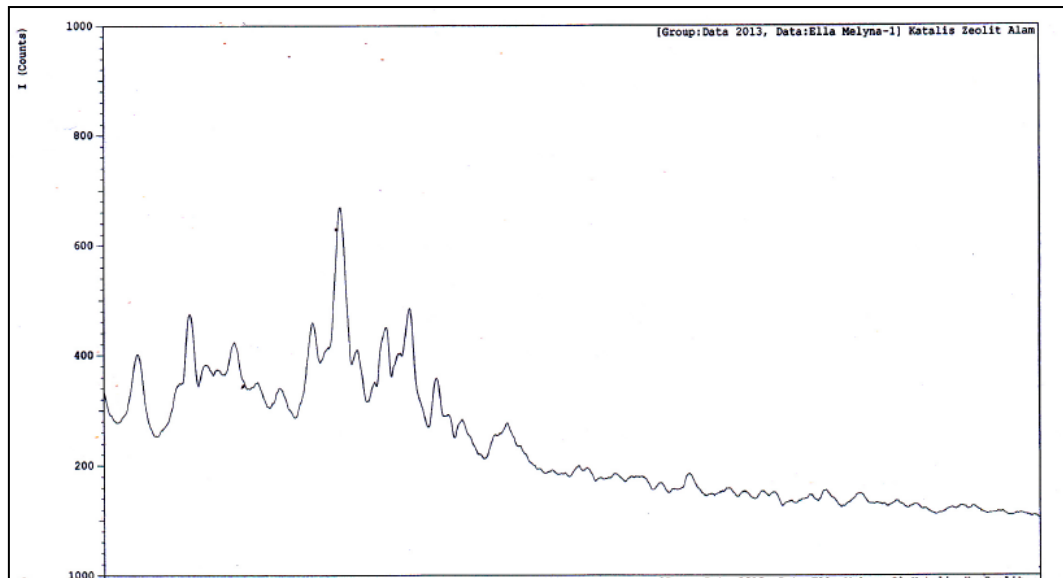
Analisa *X-Ray Diffraction* (XRD) dilakukan untuk mengetahui jenis mineral yang terdapat pada katalis serta untuk mengetahui tingkat kristalinitas struktur komponen. Struktur komponen ditunjukkan oleh tinggi rendahnya intensitas puncak. Pola difraksi mineral katalis dari hasil analisis difraksi sinar X dicocokkan nilai 2θ nya dengan data JCPDS (*Joint Committee for Powder Diffraction Standards*).

Zeolit alam memiliki kandungan mineral utama berupa klinoptilolit dan mordenit. Mineral-mineral ini yang diidentifikasi melalui pola difraktogram sinar X dari hasil XRD katalis. Data nilai 2θ dari puncak-puncak mineral klinoptilolit dan mordenit dapat dilihat pada Tabel 1.

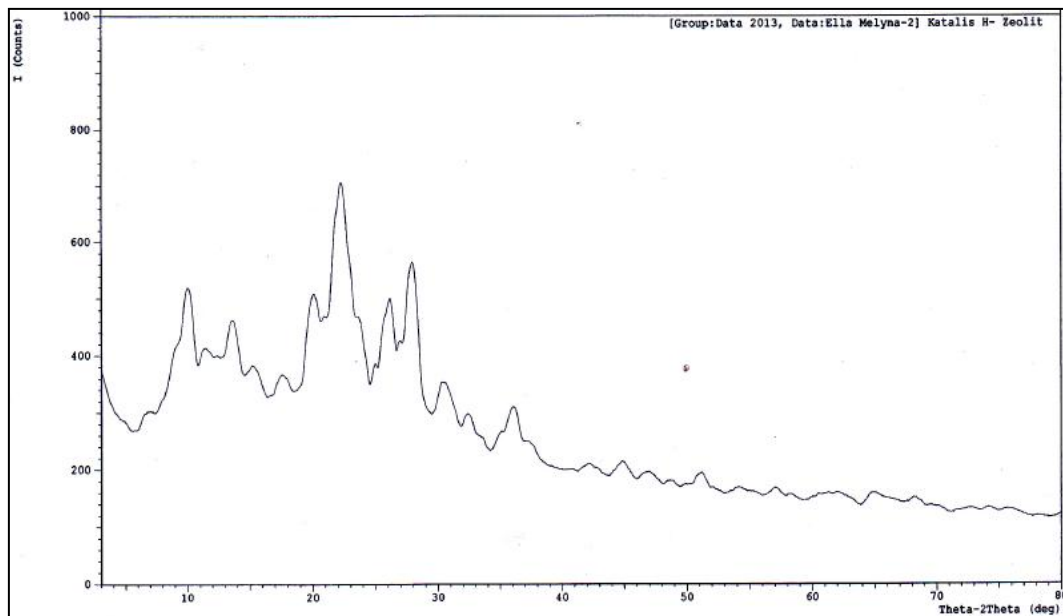
Tabel 1 Puncak-Puncak Mineral Utama Zeolit

Komponen	2θ	Sumber
Mordenit	9,84	JCPDS No. 6-239
	13,43	
	19,60	
	25,61	
	27,65	
Klinoptilolit	22,31	Marita 2010
	26,60	
	29,96	

Hasil karakterisasi katalis zeolit alam dan H-zeolit dengan menggunakan difraksi sinar-x dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1 Pola Difraksi Sinar X Zeolit Alam



Gambar 2 Pola Difraksi Sinar X H-Zeolit

Tabel 2 Identifikasi Jenis Mineral Pada Difraktogram Sinar X

Komponen	2θ Standar (JCPDS 6-239)	2θ Zeolit Alam	Intensitas Zeolit Alam	2θ H-Zeolit	Intensitas H-Zeolit
<i>Mordenit</i>	9,84	10,1593	114	9,9033	114
	13,43	13,7933	66	13,6066	69
	19,60	20,2125	100	20,0400	102
	25,61	26,0760	93	26,0000	106
	27,65	28,0300	126	27,8782	162
Komponen	2θ Standar (Marita 2010)	2θ Zeolit Alam	Intensitas Zeolit Alam	2θ H-Zeolit	Intensitas H-Zeolit
Klinoptilolit	22,31	22,4600	232	22,2800	229
	26,60	26,0760	93	26,0000	106
	29,96	30,3391	58	30,5800	44

Pada Gambar 1 terlihat adanya puncak-puncak mineral klinoptilolit dan mordenit pada zeolit alam. Puncak mineral klinoptilolit (K) terlihat pada $22,4600^\circ$; $26,0760^\circ$ dan $30,3391^\circ$. Sementara itu, puncak mineral mordenit (M) terlihat pada 2θ $10,1593^\circ$; $13,7933^\circ$; $20,2155^\circ$; $26,0760^\circ$ dan $28,0300^\circ$. Hasil analisa XRD ini membuktikan bahwa zeolit alam yang digunakan mengandung mineral-mineral utama dari zeolit. Pada Gambar 2 juga terlihat adanya puncak-puncak mineral klinoptilolit dan mordenit pada H-zeolit. Puncak mineral klinoptilolit (K) terlihat pada $22,2800^\circ$; $26,0000^\circ$ dan $30,5800^\circ$. Sementara itu, puncak mineral mordenit (M) terlihat pada 2θ $9,9033^\circ$; $13,6066^\circ$; $20,0400^\circ$; $26,0000^\circ$ dan $27,8782^\circ$. Hasil analisa XRD ini membuktikan bahwa H-zeolit yang digunakan mengandung mineral-mineral utama dari zeolit.

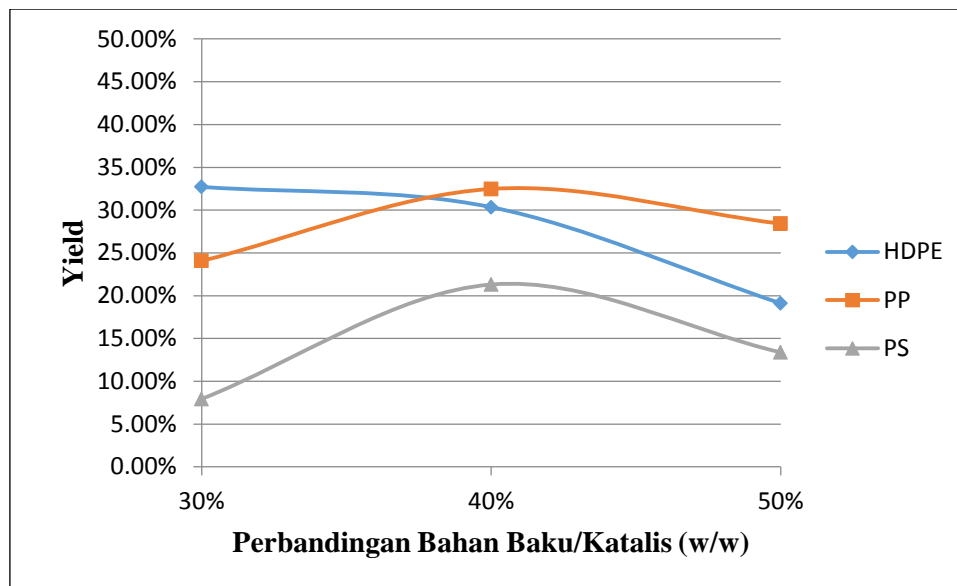
Dari Tabel 2 menunjukkan katalis sebelum maupun sesudah diberi perlakuan asam tidak banyak mengalami perubahan. Menurut Lestari (2010), intensitas puncak-puncak zeolit sebelum maupun setelah diberi perlakuan asam tidak banyak mengalami perubahan. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan asam tidak merusak sifat kristal dari katalis. Menurut Marita (2010), perubahan intensitas puncak mengidentifikasi terjadinya peningkatan kristalinitas dari zeolit alam setelah dilakukan aktivasi, perubahan secara signifikan tampak pada peningkatan kristalinitas fasa amorf dari zeolit alam. Peningkatan kristalinitas ini erat kaitannya dengan larutnya pengotor-pengotor dan sebagian kerangka Al pada zeolit karena proses dealuminasi, terlepasnya pengotor pada zeolit menyebabkan lebih membukanya pori zeolit sehingga luas permukaan katalis meningkat.

3.2 Analisa Pengaruh Variasi Bahan Baku dan Perbandingan Bahan Baku/Katalis Terhadap Proses Perengkahan

Dari produk yang dihasilkan, ditentukan nilai *yield* (%), komposisi produk dan konversi dari hasil perengkahan plastik. Berikut pembahasan pengaruh variasi bahan baku dan perbandingan bahan baku/katalis terhadap proses perengkahan plastik.

3.2.1 Pengaruh Variasi Bahan Baku dan Perbandingan Bahan Baku/Katalis H-Zeolit Terhadap *Yield* (%) Produk

Perengkahan plastik dilakukan dengan variasi bahan baku jenis HDPE, PP, dan PS dengan perbandingan bahan baku/katalis 30 w/w, 40 w/w, dan 50 w/w. Plastik sebanyak 200 gram direngkah sampai tidak ada lagi produk yang menetes. Pengaruh variasi bahan baku dan perbandingan bahan baku/katalis terhadap *yield* (%) dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Pengaruh Variasi Bahan Baku dan Perbandingan Bahan Baku/Katalis H-Zeolit Terhadap Yield (%)

Gambar 3 menunjukkan bahwa perbedaan bahan baku menghasilkan yield produk yang berbeda. Pada bahan baku HDPE diperoleh yield tertinggi yaitu 32,71%, pada bahan baku PP diperoleh yield tertinggi yaitu 32,48%, dan pada bahan baku PS diperoleh yield tertinggi 21,31%. Dari variasi bahan baku HDPE, PP, dan PS, yield tertinggi diperoleh dari bahan baku HDPE yaitu 32,71%. Hal ini disebabkan karena *melting point* plastik HDPE lebih rendah dibandingkan plastik PP dan PS, *melting point* plastik HDPE 130 °C [Dynalab, 2013]a, sedangkan *melting point* plastik PP dan PS yaitu 170 °C [Dynalab, 2013]b dan 240 °C [Utomo, 2011]. *Melting point* plastik HDPE yang rendah mengakibatkan plastik HDPE lebih cepat meleleh sehingga yield yang diperoleh menjadi tinggi.

Selain itu, plastik HDPE memiliki kuat tekan yang lebih rendah dibandingkan plastik PP dan PS. Kuat tekan plastik HDPE yaitu 4550 Psi [Dynalab, 2013] a, sedangkan kuat tekan plastik PP dan PS yaitu 4786 Psi [Plastipedia, 2013] dan 5801 - 8702 Psi [Utomo, 2011]. Plastik PP dan PS memiliki rantai-rantai molekul yang tersusun lebih teratur dibandingkan dengan plastik HDPE sehingga dibutuhkan kekuatan tarik yang lebih besar untuk memutuskan ikatan pada plastik PP dan PS.

Variasi perbandingan bahan baku/katalis H-zeolit juga menghasilkan yield produk yang

berbeda. Dari Gambar 3 dapat dilihat untuk bahan baku PP dengan perbandingan bahan baku/katalis H-zeolit 30 w/w, 40 w/w, dan 50 w/w yield yang didapatkan 24,06%, 32,48%, dan 28,42%. Untuk bahan baku PS dengan perbandingan bahan baku/katalis H-zeolit 30 w/w, 40 w/w, dan 50 w/w yield yang didapatkan 7,94%, 21,31%, dan 13,38%. Untuk bahan baku HDPE dengan perbandingan bahan baku/katalis H-zeolit 30 w/w, 40 w/w, dan 50 w/w yield yang didapatkan 32,71%, 30,34%, dan 19,11%. Pada bahan baku PP dan PS, yield tertinggi dihasilkan pada saat perbandingan bahan baku/katalis 40 w/w, sedangkan untuk bahan baku HDPE, yield tertinggi dihasilkan pada saat perbandingan bahan baku/katalis 30 w/w.

Menurut Marcilla [2002] semakin besar berat katalis maka produk cair yang dihasilkan semakin kecil. Hal ini disebabkan karena pori-pori yang mengandung gugus asam pada katalis tidak semuanya digunakan untuk reaksi penguraian molekul plastik menjadi senyawa yang lebih sederhana. Teori ini sesuai dengan hasil penelitian ini untuk bahan baku HDPE.

Sedangkan untuk yield produk dengan bahan baku PP dan PS mengalami fluktuasi. Yield meningkat pada saat perbandingan bahan baku/katalis H-Zeolit 40 w/w dibandingkan pada saat perbandingan bahan baku/katalis H-Zeolit 30 w/w, namun kemudian yield menurun pada saat perbandingan bahan baku/katalis H-

Zeolit 50 w/w. Hal ini dapat terjadi karena pada saat pemanasan plastik PP dan PS banyak dihasilkan gas sehingga gas teroligomerisasi menjadi hidrokarbon cair sehingga produk yang dihasilkan menjadi lebih banyak. Oligomerisasi adalah proses kimia yang hanya mengubah monomer sampai pada derajat polimerisasi tertentu. Namun, ketika hasil perengkahan plastik lebih banyak cairan yang keluar maka akan menyebabkan tersumbatnya pori-pori katalis sehingga mengurangi produk hidrokarbon cair.

3.2.2 Pengaruh Variasi Bahan Baku dan Perbandingan Bahan Baku/Katalis H-Zeolit Terhadap Fraksi Total Bahan Bakar

Untuk mengetahui komposisi kimia produk, dilakukan analisa GC-MS pada produk perengkahan plastik. Pada penelitian ini, analisa GC-MS hanya dilakukan pada tiga produk dengan warna produk yang paling jernih untuk setiap bahan baku, yaitu produk dengan variasi bahan baku/katalis 30 w/w. Hasil analisa GC-MS menunjukkan besarnya fraksi bahan bakar berupa *gasoline*, *kerosin* dan *diesel* yang terkandung di dalam produk perengkahan plastik. Hasil analisa GC-MS bahan bakar dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Hasil Analisa GC-MS Produk Bahan Bakar Perengkahan Plastik

Produk Bahan Bakar	Variasi Bahan Baku		
	HDPE	PP	PS
<i>Gasoline</i> (%)	79,07	81,00	88,65
<i>Kerosin</i> dan <i>Diesel</i> (%)	11,43	0	6,41
Total (%)	90,50	81,00	95,06
Selektifitas	9,51	4,26	19,20

Dari Tabel 3 dapat dilihat bahwa dengan fraksi bahan bakar yang paling banyak dihasilkan dari perengkahan sampah plastik yaitu fraksi *gasoline*. Bahan baku PS menghasilkan fraksi total bahan bakar tertinggi yaitu 95,06%, dengan fraksi bahan bakar *gasoline* 88,65%. Hal ini disebabkan karena *polystyrene* merupakan hidrokarbon rantai panjang. Rumus kimia *polystyrene* adalah $(C_8H_8)_n$ yang merupakan hidrokarbon aromatik.

Minyak bumi sangat sedikit mengandung senyawa aromatik yang sangat dibutuhkan pada bensin sebagai bahan anti-*knocking* [Siti Fatimah, 2008]. *Gasoline* dengan kualitas yang baik harus mengandung lebih banyak alkana rantai bercabang/alisiklik/aromatik dibandingkan alkana rantai lurus [Pangganti, 2011].

3.2.3 Pengaruh Variasi Bahan Baku dan Perbandingan Bahan Baku/Katalis H-Zeolit Terhadap Konversi Bahan Bakar

Konversi bahan bakar didapat dari hasil perbandingan antara *massa* bahan bakar yang dihasilkan dengan *massa* plastik yang digunakan. Sementara itu, *massa* bahan bakar didapat dari hasil perkalian antara fraksi total bahan bakar dengan *massa* produk proses perengkahan. Nilai konversi bahan bakar dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Hasil Perhitungan Konversi Bahan Bakar

Jenis Bahan Baku	Konversi
HDPE	29,606%
PP	19,491%
PS	12,939%

Tabel 4 menunjukkan bahwa konversi bahan bakar tertinggi dihasilkan dari bahan baku HDPE yaitu 29,606%. Hal ini disebabkan karena *melting point* plastik HDPE lebih rendah dibandingkan plastik PP dan PS, *melting point* plastik HDPE 130 °C [Dynalab, 2013]a, sedangkan *melting point* plastik PP dan PS yaitu 170 °C [Dynalab, 2013]b dan 240 °C [Utomo, 2011]. *Melting point* plastik HDPE yang rendah mengakibatkan plastik HDPE lebih cepat meleleh sehingga produk yang dihasilkan menjadi banyak.

3.3 Hasil Uji Densitas Produk

Hasil pengukuran uji densitas terhadap produk dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 Hasil Uji Densitas Produk

Bahan Baku	Bahan Baku/Katalis	Densitas (gr/ml)
HDPE	30 w/w	0,744
	40 w/w	0,759
	50 w/w	0,735
PP	30 w/w	0,740
	40 w/w	0,738
	50 w/w	0,738
PS	30 w/w	0,907
	40 w/w	0,897
	50 w/w	0,892

Dari Tabel 5 dapat dilihat bahwa densitas produk hasil perengkahan plastik HDPE dan PP termasuk ke dalam *range* densitas bensin 88 (*gasoline*) yaitu 0,715 – 0,780 gr/ml sedangkan densitas plastik PS tidak termasuk ke dalam *range* densitas bensin 88 (*gasoline*). Hal ini disebabkan karena produk hasil perengkahan plastik PS memiliki dua fasa dengan warna yang berbeda. Fasa yang dibawah berwarna coklat muda, sedangkan fasa yang di atas berwarna coklat tua. Fasa yang dibawah merupakan pengotor sedangkan fasa yang diatas merupakan produk bahan bakar. Walaupun bisa dipisahkan, namun cairan yang terdiri dari dua fasa ini tidak dapat dipisahkan secara sempurna sehingga pada saat pengujian densitas ada pengotor yang terikut dengan produk.

4. Kesimpulan

- 1) *Melting point* plastik HDPE yang rendah mengakibatkan *yield* tertinggi diperoleh dari perengkahan plastik HDPE yaitu 32,71%.
- 2) Perengkahan plastik HDPE dengan perbandingan bahan baku/katalis H-zeolit 30, 40, dan 50 w/w diperoleh *yield* 32,71%, 30,34%, 19,11%, semakin besar perbandingan bahan baku/katalis maka *yield* yang dihasilkan semakin rendah.
- 3) Komposisi kimia produk bahan bakar dengan *yield* (%) tertinggi yaitu 88,65% *gasoline*, 6,41% *kerosin* dan *diesel* dari bahan baku PS.

5. Saran

Untuk penelitian selanjutnya disarankan untuk meneliti lebih lanjut tentang produk gas yang dihasilkan dari proses perengkahan plastik menjadi bahan bakar. Produk gas hasil perengkahan plastik ini diharapkan dapat menghasilkan komponen kimia C₁-C₄ yang merupakan komponen utama dari LPG.

6. Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Bapak Drs. Irdoni HS, MS dan Ibu Ida Zahrina, ST, MT telah membimbing dan memberikan ilmu-ilmu yang bermanfaat kepada penulis dalam menyelesaikan penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Aguado, J., Serrano, D.,P., Escola, J.,M., Garagorri, E., & Fernandez, J.,A. (2000). Catalytic Conversion Polyolefins Into Fuels Over Zeolite Beta. *Polym. Degrad. Stab.*, 70 (1) 97.
- Aguado, J., Serrano, D.,P., San Miguel, G., Escola, J.,M., & Rodriguez, J.,M. (2006). Catalytic Activity of Zeolitic and Mesostructured Catalyst In The Cracking of Pure and Waste Polyolefins. *J. Anal. Appl. Pyrolysis* 78, 153-161.
- Amin, N.,A.,S, & Anggoro, D.,D. (2002). Dealuminated ZSM-5 Zeolite Catalyst for Ethylene Oligomerization to Liquid Fuels. *Journal of Natural Gas Chemistry*, Vol. 11, p.79-86.
- Anggoro, D., D. (2005). Produksi Hidrokarbon Cair Dari Plastik Menggunakan Katalis Zeolit HY dan ZSM-5. *Seminar Nasional Teknik Kimia Indonesia*, Universitas Sriwijaya, Palembang.
[http://tekim.undip.ac.id/staf/didida/files/2012/05/Seminar Nasional-Teknik-Kimia-Indonesia-2006.doc&prev=/search%3Fq%3DProduksi%2BHidrokarbon%2BCair%2BDari%2BPlastik%2BMenggunakan%2BKa](http://tekim.undip.ac.id/staf/didida/files/2012/05/Seminar_Nasional-Teknik-Kimia-Indonesia-2006.doc&prev=/search%3Fq%3DProduksi%2BHidrokarbon%2BCair%2BDari%2BPlastik%2BMenggunakan%2BKa), diakses 17 September 2012.
- Anggoro, D., D., Istadi, & Kasmui. (2008). Pengaruh Sifat Keasaman Katalis Zeolite Y Pada Proses Konversi Limbah Plastik Menjadi Bahan Bakar Cair. *Seminar Teknik Kimia Soehadi Reksowardjono*,

- Institut Teknologi Bandung, 3-4 November 2008.
<http://tekim.undip.ac.id/staf/didida/files/2012/05/Seminar-Teknik-Kimia-Soehadi-Reksowardojo-ITB2008.doc&prev=/search%3Fq%3DPengaruh%2BSifat%2BKeasaman%2B>, diakses 17 September 2012.
- Bagian Proyek Pengembangan Kurikulum Dikmenjur Direktorat Pendidikan Menengah Kejuruan Direktorat Jenderal Pendidikan Dasar dan Menengah Departemen Pendidikan Nasional. (2003). *Bahan Bakar Kompetensi : Teknologi Bahan dan Teknik Pengukuran*.
http://ictsleman.net/pustaka/teknik_pelayaran_perkapalan/pelayaran/teknika_pelayaran_niaga/mengidentifikasi_bahan_bakar.pdf, diakses 9 Oktober 2012.
- Cindianty, Z., A., & Dewi, S., P. 2011. Pabrik Base Oil Dari Limbah Plastik Dengan Proses Pirolisis. Tugas Akhir. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya. Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. (2006)a. Keputusan Direktur Jenderal Minyak dan Gas Bumi Nomor : 3674 K/24/DJM/2006.
- Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. (2006)b. Keputusan Direktur Jenderal Minyak dan Gas Bumi Nomor : 3675 K/24/DJM/2006.
- Departemen Pertambangan dan Energi Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi. (1979). Peraturan Direktur Jenderal Minyak dan Gas Bumi Nomor : 002 P/D.M/Migas/1979.
- Ding, W., Jing, J., & Anderson, A., L. (1997). Hydrocracking and Hydroisomerization of High-Density Polietilen and Waste Plastik over Zeolite and Silica-Alumina-Supported Ni and Ni-Mo Sulfides. *Energy & Fuels*, 11, 1219-1224.
- Dynalab. 2013. Plastik Properties of High Density Polyethylene (HDPE)a. http://www.dynalabcorp.com/technical_info_hd_polyethylene.asp, diakses 10 Juli 2013.
- Dynalab. 2013. Plastik Properties of Polypropylene (PP)b. http://www.dynalabcorp.com/technical_info_polypropylene.asp, diakses 10 Juli 2013.
- Ermawati., R. (2011). Konversi Limbah Plastik Sebagai Sumber Energi Alternatif. *Jurnal Riset Industri* Vol. V, No.3, 2011, Hal 257-263.
- Etna Rufiati. 2011. Katalis. <http://skp.unair.ac.id>, diakses 11 Maret 2013.
- Fatimah., I. (2000). Penggunaan Na-Zeolit Alam Teraktivasi sebagai Penukar Ion Cr³⁺ dalam Larutan. *Logika* 5(4), 26-29.
- Firmandani, M., A. 2013. Perengkahan Katalitik Palm Fatty Acid Distillate Menjadi Biofuel Dengan Katalis Fe/Zeolit. Skripsi. Universitas Riau. Pekanbaru.
- Joo, H.,S., & Guin, J.,A. (1997). Hydrocracking of a Plastik Pyrolysis Gas Oil to Naphtha. *Energy & Fuels*, 11, 586-592.
- Kajian Bahan Galian Zeolit untuk Dimanfaatkan sebagai Bahan Baku Pupuk*. 2006. Laporan Akhir, Badan Penelitian dan Pengembangan Propinsi Sumatera Utara.
- Karunia, A.,F., Zahrina, I., & Yelmida. 2010. Esterifikasi PFAD (*Palm Fatty Acid Distillate*) Menjadi Biodiesel Menggunakan Katalis H-zeolit Dengan Variabel Suhu Reaksi Dan Kecepatan Pengadukan. Skripsi. Universitas Riau. Pekanbaru.
- Keane, M., A. (2007). Catalytic Conversion of Waste Plastik : Focus on Waste PVC. *J. Chem. Technol. Biotechnol.*, 82, 787-795.
- Kirk, R.,E., & Othmer, D., F. (1993). *Encyclopedia of Chemical Technology*, Vol.5, 4th ed. New York : A Willey Interscience Publication, John Wiley and Sons Co.
- Lee, K.,H., Shin, D.,H., & Seo, Y.,H. (2003). Liquid-Phase Catalytic Degradation of Mixture of Waste High Density Polyethylene and Polystryne Over Spent FCC Catalyst, Effect of Mixing Proportion of Recatants. *Polym. Degrad. Stab.*, 84, 123-127.

- Lee, Y.,J., Kim, J.,H., Kim, S.,H., Hong, S.,B., & Seo, G. (2008). Nanocrystalline Beta Zeolite : An Efficient Solid Acid Catalyst For The Liquid Phase Degradation of High-Density Polyethylene. *Applied Catalyst B : Enviromental* 83 (2008) 160-167.
- Lestari. 2006. *Sintesis Katalis Ni/Mo untuk Hydrotreating Coker Nafta*. Tesis. Institut Teknologi Bandung. Indonesia.
- Lin, H.,T., Huang, M.,S., Luo, J.,W., Lin, L.,S., Lee, C.,M., & Ou, K.,L. (2010). Hydrocarbon Fuels Produced by Catalytic Pyrolysis of Hospital Plastik Wastes In a Fluidizing Cracking Process. *Fuel Processsing Technology* 91 (2010) 1355-1363.
- Lin, Y.,H., & Yen, H.,Y. (2005). Fluidised Bed Pyrolysis of Polypropylene Over Cracking Catalyst for Producing Hydrocarbons. *Polymer Degradation and Stability* 89 (2005) 101e108.
- Marcilla, A., Gomez, A., Garcia N.,A. (2002). Kinetic Study of Different Commercial Polyethylenes over an MCM-41 Catalyst. *Journal of analytical and applied pyrolysis*, 64, hal. 85-101.
- Mariska, B. 2011. *Gas Chromatography Mass Spectrometry*. <http://bonimariska.blogspot.com>, diakses 20 Maret 2013.
- Marita, E. 2010. Pembuatan Dan Karakterisasi Katalis Ni/NZA Untuk Proses Catalytic Cracking Tandan Kosong Sawit Menjadi Bahan Bakar Cair. Skripsi. Universitas Riau. Pekanbaru.
- Mualana, Putri. 2013. Penerapan dan Aplikasi Ilmu Kimia Terapan, Material, Pertanian, Makanan dan Obat-obatan, Contoh Produk. <http://perpustakaanancyber.blogspot.com/2013/01/ilmu-kimia-terapan-pengertian-contoh-artikel-makalah.html>, diakses 8 Juli 2013.
- Miller, S., J., Shah, N., & Huffman, G.,P. (2005). Conversion of Waste Plastik to Lubrican Base Oil. *American Chemical Society*, 19 (4), 1580-1586.
- Osueke, C.,O., & Ofondu, I.,O. (2011). Conversion of Waste Plastik (Polyethylene) to Fuel by Means of Pyrolysis. (*Ijaest*) *International Journal of Advanced Engineering Sciences and Technologies*, Vol No. 4, Issue No. 1, 021 – 024.
- Pangganti, E. 2012. Cara Menentukan Kualitas Bensin. <http://esdikimia.wordpress.com/2011/06/17/cara-menentukan-kualitas-bensin/>, diakses 10 Juli 2013.
- Plastipedia. 2013. Polypropylene (PP). <http://www.bpf.co.uk/plastipedia/polymers/pp.aspx>, diakses 10 Juli 2013.
- Pravitasari, Anita. 2009. Simbol Daur Ulang pada Botol dan Kemasan Plastik. <http://majarimagazine.com/2009/02/simbol-daur-ulang-pada-botol-dan-kemasan-plastik/>, diakses 5 Februari 2010.
- Purnayudha. 2012. Penggolongan Polimer. <http://purnayudha23.wordpress.com/>, diakses 8 Juli 2013.
- Putra, Z., F. (2011). *Kilang Minyak Bumi. Buku Pintar Migas Indonesia*. <http://files.myopera.com/basuki.kbm/operamini/Kilang%20Minyak%20Bumi.pdf?1362934262>, diakses 10 Maret 2013.
- Richardson, J., T. (1989). *Principles of Catalyst Development*. New York : Plenum Press.
- Rini, K., Dian, Fendy, A., L. 2010. Optimasi Aktivasi Zeolit Alam Untuk Dehumidifikasi. Tesis. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Rodiansono, Trisunaryanti, Wega., & Triyono. (2007). Pembuatan, Karakterisasi dan Uji Aktivitas Katalis NiMo/Z-Nb2O5 Pada Reaksi Hidrorengkah Fraksi Sampah Plastik Menjadi Fraksi Bensin. *Berkala MIPA*, 17(2), Mei 2007. <http://pdm-mipa.ugm.ac.id/ojs/index.php/bimipa/article/viewFile/21/32>, diakses 17 September 2012.
- Sakata, Y., Uddin, M.,A, & Muto, A. (1999). Degradation of Polyethylene and Polypropylene into Fuel Oil by Using Solid Acid and Non-Acid Catalysts. *J. Anal. App. Pyrol.*, Vol 51, No. 1-2.P.135-155.
- Sakata, Y., Uddin, M.,A., Koizumi, K. & Murata, K. (1996). Catalytic Degradation

- of Polypropylene Into Liquid Hydrocarbons Using Silica-Alumina Catalyst. *Chem. Lett*, 245-246.
- Satterfield, C., N. 1991. *Heterogeneous Catalysis in Industrial Practice*, 2nd ed, pp 471-523, McGraw-Hill Book Inc, New York.
- Setyawan, D. 2002. Pengaruh Perlakuan Asam, Hidrotermal dan Impregnasi Logam Kromium pada Zeolit Alam dalam Preparasi Katalis. *Jurnal Ilmu Dasar* 3(2) ,103-109.
- Siti Fatimah. 2008. Industri Minyak Bumi. http://file.upi.edu/Direktori/FPMIPA/JUR._PEND._KIMIA/196802161994022%20SOJA_SITI_FATIMAH/Kimia_industri/INDUSTRI_MINYAK__BUMI.pdf, diakses 27 September 2012.
- Smith, J., M. (1981). *Chemical Engineering Kinetics*, 3rd ed, pp 359-388. Singapura : McGraw-Hill Book Co.
- Songip, A.,R., Masuda, T., Kuwahara, H., & Hashimoto, K., (1994). Kinetics Studies for Catalytic Cracking of Oil From Waste Plastik over REY Zeolite. *Energy & Fuels*, 8, 131.
- Suharto. Rancangan Produk Bahan Plastik Daur Ulang Sebagai Upaya Peningkatan Industri Kreatif. http://www.polines.ac.id/rekayasa/upload/jurnal/jurnal_rekayasa_1335760925.pdf, diakses 8 Juli 2013.
- Suryadi., I. (2004). Penggunaan Katalis MCM_41 pada Proses Pirolisis Plastik. *Jurnal Seminar Teknik Kimia Soehadi Reksowardojo*, ITB, Bandung.
- Tempo. 2011. Konsumsi Plastik Diperkirakan Naik 7,8%. <http://www.tempo.co/read/news/2011/05/25/090336621/Konsumsi-Plastik-Diperkirakan-Naik-78-Persen>, diakses pada 26 Februari 2013.
- Uddin, A., Koizumi, K., & Sakata, Y. (1997). Thermal and Catalytic Degradation of Structurally Different Into Fuel Oil. *Polym. Degrad. Stab.*, 56, 37.
- Ukei, H, Hirose, T, Horikawa, S, Takai, Y, Taka, M, Azuma, N, & Ueno, A, (2000). Catalytic degradation of polystyrene into styrene and a design of recyclable polystyrene with dispersed catalysts. *Catalysis Today* 62, 67-75.
- Uki, M. 2010. Sintesis dan Uji Aktivitas Bentonit Terpilarisasi Nikel Oksida sebagai Katalis pada Reaksi Hydrocracking Minyak Nabati. Skripsi. UPI. Bandung.
- Ulfah, M. 2010. Zeolit sebagai Penukar Ion, Adsorben, Bahan Pengemban Katalis. <http://www.scribd.com>, diakses 11 Maret 2013.
- Utomo, G., R. 2011. Polistirena. <http://bilangapax.blogspot.com/2011/02/polistirena.html>, diakses 10 Juli 2013.
- Walendziewski, J., & Steininger, M. (2001). Thermal and Catalytic Conversion of Waste Polyolefins. *Catalysis Today*, 65, 323-330.
- Weitkamp, J., & Puppe, L. (1999). *Catalysis and Zeolites, Fundamentals and Applications*. Jerman : Springer-Verlag Berlin.
- Yuniardo, Nadia. 2008. Cermati Plastik yang Anda Pakai. <http://kumpulan.info/sehat/artikel-kesehatan/48-artikel-kesehatan/66-cermati-plastik.html>, diakses 5 Februari 2010.