

Studi Cracking Katalitik Plastik High Density Polyethylene (Hdpe) Menjadi Bahan Bakar Minyak.

¹Trifani Aprilia Lestari, ²Darwanta, ³Yohanes BJ Rusmanta, ⁴Himawan*

^{1,2,3,4}Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Cenderawasih

*Co-Author: E-mail: himawanhim.11@gmail.com

ABSTRAK

Upaya pemenuhan bahan bakar minyak dari sumber-sumber terbarukan telah menjadi kepedulian para peneliti dunia. Telah dilakukan penelitian proses pengolahan limbah plastic HDPE menjadi BBM sejenis bensin dengan metode cracking berkatalis. Penggunaan katalis lempung alam Merauke, dan zeolite alam Wonosari, Yogyakarta telah dikaji dan dikoreksi dengan thermal cracking dalam proses cracking semi batch pada suhu 450°C berpendingin air es pada durasi 2 jam. Katalis zeolite dikaji pada rasio berat 1:1; 1:2; 1:3; dan 1:4 terhadap plastic HDPE. Kemampuan katalis dievaluasi berdasar nilai konversi total dan selektivitas pembentukan produk cair. Karakterisasi produk cair dilakukan dengan penentuan rapat massa (metode ASTM-D1298) dan uji GC-MS.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa cracking dengan katalis zeolite lebih efektif dibanding katalis lempung alam dan thermal cracking. Katalis meningkatkan fraksi bensin sekaligus mengurangi produk minyak berat pada fraksi cair hasil cracking. Proses cracking optimal diperoleh dengan katalis zeolite 1:3 yang menghasilkan konversi total 96,65% dan selektivitas pembentukan produk cair 77,59%. Produk cair yang dihasilkan berwarna kuning jernih berbau khas bensin premium dengan berat jenis 0,7479 g/mL dan terdiri atas 81,13% bensin, 14,73% solar, dan 4,16% minyak berat.

Kata kunci: plastic HDPE, cracking HDPE, katalis zeolite alam, lempung.

Pendahuluan

HDPE adalah produk komoditi plastik ketiga setelah polyvinyl chloride dan polypropylene yang penggunaannya terus naik 3,6% pertahun. Peningkatan

penggunaan plastic membawa konsekuensi peningkatan limbah plastic yang dihasilkan. Limbah plastik yang terbuang akan mencemari lingkungan karena sulit diuraikan oleh mikroba memerlukan

penanganan lebih lanjut. Di sisi lain, telah terjadi krisis energy dan kekhawatiran terus menipisnya persediaan minyak dunia. Salah satu sumber energy alternative yang menjanjikan adalah pengolahan limbah plastic menjadi bahan bakar minyak (BBM). HDPE merupakan jenis plastic yang populer yang biasanya berupa kemasan oli mesin, pengemas minyak sawit mentah, dan kemasan makanan dan minuman.

Penelitian tentang pemanfaatan limbah plastic menjadi BBM melalui proses cracking berkatalis telah dilakukan. Tikoalu (2011) melakukan proses cracking dengan katalis lempung Merauke terhadap plastic kemasan oli. Pada penelitian ini dihasilkan produk utama (52%) minyak berat sedangkan fraksi bensin hanya mencapai 9,27%. Hasil penelitian lain yang dilakukan Manuputty (2012) dengan katalis lempung Koya, Jayapura juga masih menghasilkan fraksi berat berupa pasta mencapai 69%.

Penelitian ini bertujuan untuk: (i) Mempelajari pengaruh jenis katalis terhadap konversi total dan rapat massa fraksi cair hasil cracking; (ii) mengevaluasi pengaruh katalis terhadap jumlah dan mutu produk cair cracking; serta (iii) Menentukan jumlah zeolit yang tepat pada proses cracking plastic HDPE.

Metode Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Jurusan Kimia Fakultas MIPA Universitas Cenderawasih dan Laboratorium Kimia FMIPA Universitas Gadjah Mada. Alat yang digunakan berupa reaktor cracking, termokopel, alat destilasi, GC-MS QP-5000, dan seperangkat alat gelas pendukung lainnya. Sampel plastic HDPE berupa kemasan oli dibersihkan dari sisa oli, kotoran, dan kertas label. Selanjutnya plastic dicacah menggunakan mesin menghasilkan plastic halus diameter sekitar 0,5 cm. Bahan katalis berupa lempung alam Merauke dan zeolit alam Wonosari, Yogyakarta terlebih dahulu dikeringkan dan digrinding untk mengecilkan ukuran. Selanjutnya dilakukan pengayakan 200 mesh untuk keseragaman ukuran partikel dan meningkatkan efektivitas katalisis. Penggunaan katalis lempung, dan zeolit alam telah dikaji dan dikoreksi dengan thermal cracking dalam proses cracking semi batch pada suhu 450°C berpendingin air es pada durasi 2 jam. Katalis zeolit dikaji pada rasio berat 1:1; 1:2; 1:3; dan 1:4 terhadap plastic HDPE. Kemampuan katalis dievaluasi berdasar nilai konversi total dan selektivitas pembentukan produk cair. Karakterisasi produk cair dilakukan dengan penentuan rapat massa (metode ASTM-D1298) dan uji GC-MS.

Hasil Dan Pembahasan

Pengaruh jenis katalis terhadap konversi total dan rapat massa fraksi cair hasil cracking

Untuk mengetahui efektifitas penggunaan katalis, dilakukan proses cracking plastic menggunakan katalis berupa Lempung, Zeolit Alam, dan tanpa katalis (thermal Cracking). Hasilnya secara ringkas disajikan pada Tabel 1. Dapat ditunjukkan bahwa zeolite alam paling baik berperan sebagai katalis dengan konversi total 95,60% disusul lempung Merauke (92,88%) dan termal cracking. Keefektifan reaksi perengkahan dengan katalis zeolit juga ditunjukkan oleh paling rendahnya massa jenis produk cair yang dihasilkan (0,7528 g/mL). Sebaliknya termal craking tanpa katalis menghasilkan produk cair dengan berat jenis tertinggi (0,7825 g/mL) karena bercampur dengan pasta berwarna kuning muda. Sebaliknya produk cair cracking zeolite alam berupa cairan jernih berwarna Kuning muda.

Tabel 1. Konversi Total dan Hasil Produk Cair pada Berbagai Teknik Cracking

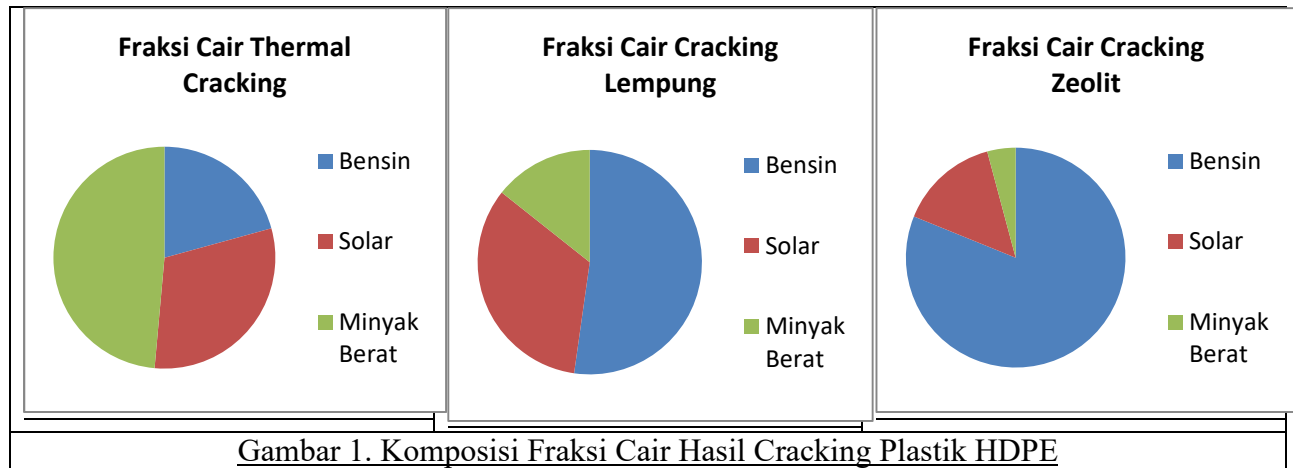
Proses Cracking	Konversi Total	Produk Cair		
		Proporsi	Densitas	Keterangan
Termal nonkatalis	83,35 %	48,32 %	0,7825	Produk cair bercampur pasta warna kuning muda
Lempung Merauke	92,88 %	47,56 %	0,7670	Produk cair berupa pasta warna coklat muda keruh
Zeolit Alam	95,60 %	65,04 %	0,7528	Cairan Kuning muda jernih

Pengaruh katalis terhadap jumlah dan mutu produk cair cracking

Karakteristik produk cair proses cracking dengan dan tanpa katalis, secara ringkas disajikan pada Tabel 2 dan diilustrasikan pada Gambar 1. Tabel 2 menunjukkan bahwa penggunaan katalis lempung dan zeolit selain meningkatkan konversi total (Tabel 1) juga meningkatkan rendemen hasil minyak ringan dari 24,84% (nonkatalis) menjadi 40,71% dan 62,35%. Dengan adanya sisi-sisi aktif pada lempung dan zeolite maka energi termal yang dihasilkan pada pemanasan mampu digunakan dengan lebih efektif untuk memutuskan ikatan polimer HDPE dan membentuk hidrokarbon yang lebih sederhana seperti bensin (C5–C10) dan solar (C12 – C20).

Tabel 2. Proporsi Produk Cair pada Berbagai Kondisi Cracking

Proses Cracking	Rendemen Minyak Ringan	Bensin	Solar	Minyak berat
Termal nonkatalis	24,84 %	20,75	30,65	48,60
Lempung Merauke	40,71 %	52,22	33,39	14,34
Zeolit Alam	62,35 %	81,13	14,73	4,16



Dari Gambar 1 dapat dilihat bahwa penggunaan katalis lempung dan zeolite (gambar dari kiri ke kanan) menyebabkan peningkatan fraksi bensin sekaligus secara teratur disertai penurunan fraksi minyak berat. Fraksi bensin dengan proporsi terendah pada thermal cracking meningkat bertahap dan menjadi fraksi yang dominan pada proses cracking zeolit. Tren sebaliknya (semakin menurun) berlaku untuk fraksi

minyak berat. Fraksi bensin merupakan fraksi cair paling ringan dengan berat molekul terendah. Hal ini menunjukkan bahwa katalis lempung dan zeolite meningkatkan efektifitas perengkahan polimer HDPE yang merupakan supramolekul menjadi molekul hidrokarbon berukuran kecil.. Penentuan jumlah zeolit yang tepat pada proses cracking plastik HDPE

Tabel 3. Hasil produk Cracking pada Berbagai Rasio Plastik-Zeolit

Rasio Plastik : Zeolit	Konversi Total (%)	Pembentukan Produk Cair	Cair	Gas	Berat Jenis Destilat	Kenampakan Destilat
1 : 1	95,60	65,04 %	62,18	33,42	0,7528	Coklat muda jernih
2 : 1	95,13	79,07 %	75,22	19,91	0,7456	Kuning muda jernih
3 : 1	96,65	77,59 %	75,00	21,64	0,7479	Kuning muda jernih
4 : 1	98,02	88,78 %	87,03	10,99	0,7720	Kuning keruh, gel

Dari Tabel 3 dapat diketahui bahwa secara umum keseluruhan rasio katalis menghasilkan produk cairan yang cukup tinggi (65,04 – 88,78)% sebagai produk yang diharapkan. Pada rasio 1:1, jumlah katalis yang terlalu besar berdampak buruk pada tingginya hasil cracking berupa gas mencapai 33,42%. Rasio ini juga dinilai tidak ekonomis katalis. Sebaliknya, pada rasio 4:1, meskipun menghasilkan konversi tertinggi (98,02%), sisa padatan terendah, dan produk cair terbesar (88,78%), tetapi secara fisik terlihat bahwa hasil yang diperoleh bercampur pasta. Perbandingan foto cairan hasil cracking ditampilkan pada Gambar 2. Produk pasta ini membuktikan terbentuknya atau dihasilkannya molekul-molekul berukuran relatif besar, massa jenis relative besar selama proses cracking berlangsung. Hal ini berarti jumlah katalis yang tersedia sudah tidak mampu

mengkatalisis reaksi perengkahan sejumlah plastik yang berlebih.



Gambar 2. Kenampakan Desilat Hasil Cracking HDPE dan Bensin Premium

Pada proses cracking dengan rasio 2:1 dan 3:1 dihasilkan cairan dengan kenampakan yang mirip, berupa cairan bening berwarna kuning muda yang mirip dengan bensin premium. Hal ini mengindikasikan bahwa kedua rasio tersebut merupakan komposisi yang baik untuk perengkahan HDPE. Kedua hasil ini hampirimbang dalam hal jumlah produk cair tetapi

rasio 3:1 menghasilkan konversi total lebih besar (96,65% dibanding 95,13%) dan penggunaan katalis yang lebih efisien. Dari alasan-alasan tersebut disimpulkan bahwa rasio optimal cracking plastic HDPE dengan katalis zeolit adalah 3:1.

Zeolit yang sudah digunakan pada proses cracking plastik HDPE mengalami perubahan warna dari kuning terang menjadi hitam. Foto katalis zeolit sebelum dan sesudah proses cracking ditunjukkan pada Gambar 3. Perubahan warna katalis setelah proses cracking plastik juga terjadi pada lempung alam Merauke yang digunakan pada penelitian ini. Hal ini juga umum terjadi pada penelitian sebelumnya (Romadhoni 2010). Perubahan warna zeolit menjadi gelap mungkin akibat penumpukan kotoran, pewarna bahan plastik, dan material sisa cracking yang menempel pada permukaan dan pori zeolit.



Gambar 3. Foto Katalis Zeolit Alam Sebelum dan Sesudah Digunakan

Kesimpulan

Dari penelitian perengkahan plastic HDPE ini dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut;

1. Adanya katalis meningkatkan efektifitas perengkahan ditunjukkan dengan konversi total (sampai dengan 96,5%) dan rapat massa fraksi cair hasil cracking.
2. Pengaruh katalis lempung dan zeolite meningkatkan rendemen minyak ringan dan fraksi bensin sekaligus menurunkan fraksi minyak berat.
3. Jumlah zeolit yang optimal pada proses cracking plastic HDPE adalah 3:1 karena selain menghasilkan total konversi yang tinggi dan berat jenis destilat yang rendah juga menunjukkan kenampakan hasil seperti bensin premium.

Daftar Pustaka

- Busub, Enga. 2019. Cracking Katalitik Limbah Minyak Goreng Bekas Menjadi Bahan Bakar Serupa Bensin dengan Katalis Lempung Alam Papua. Skripsi Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Cenderawasih, Jayapura.
- Manos, G., Garforth, A., and Dwyer, J. 2000. Catalitics Degradation of High Density Polyethylene on an Ultrastable Y Zeolite, Nature of Initial Polymer Reaction, Patern of Formation of Gasand Liquid Products Temperature Effect, Ind. Eng. Chem Res, 39, 119

Darwanta, 2002. Sintesis dan Karakterisasi Lempung Terpillar-Al Serta Aplikasinya Sebagai Katalis Hidrorengkah Minyak Bumi. Tesis, Universitas Gadjah Mada.

Romadhonni, T., 2010. Sintesis Katalis Ni/Lempung Terpillar Sol Silika dan Uji Kinerjanya pada Cracking Limbah

Plastik Polipropilen. Skripsi Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Cenderawasih, Jayapura.

Vogel. 1985. Buku Teks Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimikro Bagian I. PT Kalman Media Pusaka, Jakarta