



## PRODUKSI GASOLINE DARI MINYAK KELAPA SAWIT MENGGUNAKAN KATALIS Ni-MCM-41 DAN Co/Ni-MCM-41

### *Gasoline Production from Coconut Oil Using The Ni-MCM-41 and Co/Ni-MCM-41 Catalyst*

Lailatul Badriyah<sup>1,\*</sup> dan lip Izul Falah<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Fakultas Sains, Institut Ilmu Kesehatan Bhakti Wiyata, Kediri, Indonesia

<sup>2</sup> Fakultas MIPA, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia

\* Untuk Korespondensi, e-mail: [blailatul@gmail.com](mailto:blailatul@gmail.com)

Received: March 29, 2017

Accepted: April 26, 2017

Online Published: April 30, 2017

DOI : 10.20961/jkpk.v2i1.8516

### ABSTRAK

Telah dilakukan produksi *gasoline* dari minyak kelapa sawit menggunakan katalis MCM-41, NiMCM-41, dan Co/NiMCM-41. Keasaman katalis dianalisis menggunakan *Fourier Transformation Infra Red Spectroscopy* (FTIR), produk hasil perengkahan dianalisis menggunakan *Gas Chromatography-Mass Spectroscopy* (GC-MS). Katalis Co/NiMCM-41 memiliki keasaman tertinggi dibandingkan MCM-41 dan NiMCM-41. Hal ini disebabkan adanya pengaruh orbital *d* dari penambahan logam Co dan Ni. Proses *cracking* dilakukan melalui sistem *batch*, dengan peletisasi katalis pada temperatur 400 °C. Hasil konversi *gasoline* tertinggi pada katalis Co/NiMCM-41 89,53 % b/b. Perkiraan senyawa produk cair terbesar hasil *cracking* katalis MCM-41, NiMCM-41, dan Co/NiMCM-41 berturut-turut 1-oktena, oktana, nonana; 1-oktena, 1-nonena, nonana; dan 1-oktena, oktana, nonana.

**Kata Kunci:** Minyak kelapa sawit, *cracking*, *gasoline*

### ABSTRACT

Gasoline have been produced from coconut oil using MCM-41, NiMCM-41, and Co/NiMCM-41 catalyst. The acidity of catalyst was analysed by *Fourier Transformation Infra-Red Spectroscopy* (FTIR). The yields of cracking product were analysed by *Gas Chromatography-Mass Spectroscopy* (GC-MS). The catalyst of Co/NiMCM-41 has the highest acidity than MCM-41 and NiMCM-41. It is caused by the effect of adding *d* orbital from Co and Ni. This cracking process is *batch* system, and the catalyst pellets were made at the temperature of 400 °C. The highest *gasoline* product was obtained using the Co/NiMCM-41 catalyst with 89.53 % w/w yield. The major liquid product from the cracking process using MCM-41, NiMCM-41, dan Co/NiMCM-41 catalysts were estimated as 1-oktena, octane, nonane; 1-octene, 1-nonene, nonane; 1-octene, octane, nonane, respectively.

**Keyword:** Palm oil, *cracking*, *gasoline*

### PENDAHULUAN

Ekonomi Indonesia sangat dipengaruhi oleh kondisi ekonomi luar negeri. Saat ini,

Indonesia masih melakukan impor BBM karena konsumsi energi bertambah tiap tahunnya. Permintaan yang begitu tinggi tidak dapat ditangani sendiri oleh pemerintah

sehingga alternatif yang dilakukan adalah impor BBM. Harga minyak mentah bernilai diatas 100 dollar AS/barrel sejak tahun 2010. Data BPS tahun 2014 [1] menyatakan bahwa nilai impor Indonesia tertinggi tercatat pada Desember 2013 dengan nilai mencapai US\$ 4.222,0 juta dan terendah terjadi di Mei 2013, yaitu sebesar US\$ 3.435,5 juta. Hal ini tentu ada hubungannya dengan krisis energi. Sumber energi tersebut merupakan energi tak terbarukan, perlu waktu lama untuk pemulihannya. Hal ini menyebabkan muncul dan berkembangnya berbagai teknik baru untuk dapat menggantikan sumber energi menjadi biofuel untuk mengurangi impor BBM mentah dari luar. Menurut Center for International Forestry Research, Indonesia menjadi produsen minyak sawit mentah teratas di dunia. Pada periode 2008 hingga 2010 produksi minyak sawit meningkat untuk tiap tahunnya. Produk minyak 70% sampai dengan 80% digunakan sebagai bahan pangan atau kosmetik, sedangkan 10% hingga 20% digunakan untuk lainnya [2]. Minyak ini dapat diubah menjadi bahan bakar yang sifatnya mirip dengan bahan bakar lainnya yang berasal dari olahan bahan bakar fosil.

Mulai tahun 2016, negara ASEAN memberlakukan Masyarakat Ekonomi Asean (MEA). Indonesia salah satu negara yang mau tidak mau mengikuti aturan tersebut. Pemberlakuan pasar bebas keluar masuk ke Indonesia menjadikan persaingan dari beberapa negara untuk menanamkan modal di Indonesia. Hal ini karena Indonesia merupakan negara yang kaya akan sumber daya alamnya, yang banyak dibutuhkan dalam pasar dunia. Salah satu langkah untuk

mengatasi permasalahan MEA adalah dengan perbaikan mutu sumber daya manusia dan industri. Diantaranya dengan memanfaatkan sumber daya alam, berupa kelapa sawit yang diolah menjadi *biofuel*.

Kelapa sawit merupakan tanaman yang banyak ditanam di wilayah Indonesia, misalnya Pulau Kalimantan. Banyak industri yang mengolah kelapa sawit menjadi minyak goreng. Menurut Indonesian Palm Oil Platform (InPOP) [3], produksi kelapa sawit di Indonesia pada tahun 2015 tercatat terbagi menjadi 3 sektor, yaitu pemerintah 7%, perusahaan pribadi 51%, dan perkebunan kecil 42%. Berdasarkan data tersebut menjadikan bukti bahwa produksi kelapa sawit dalam skala industri dan perkebunan kecil menjadi sumber energi lebih besar, sehingga nilai fungsinya lebih tinggi dibandingkan minyak goreng biasa, mengingat dewasa ini makin menjamurnya kendaraan pribadi.

Pemanfaatan katalis dalam industri sangat luas, terutama industri petrokimia. Katalis yang banyak digunakan untuk menghasilkan *gasolin* adalah material berpori. Dewasa ini, teknologi sudah beralih ke nanopori. Selain karena ukuran pori yang lebih kecil dibandingkan mikropori, material nanopori juga memiliki banyak keunggulan dalam aplikasinya. MCM-41 merupakan material berpori yang memiliki keseragaman pori dengan diameter 2 nm hingga 50 nm. Material ini memiliki keasaman yang lebih rendah dibandingkan dengan zeolit. Oleh karena itu, perlu ditambahkan logam transisi yang dapat meningkatkan keasaman dalam aplikasinya sebagai katalis sehingga material yang didapat memiliki kemampuan untuk memecah rantai C yang panjang menjadi lebih

pendek. Keberadaan diameter pori yang besar ini menjadikan material lebih efektif untuk bereaksi dengan molekul yang lebih besar, yaitu minyak sawit. Minyak sawit merupakan senyawa makromolekul. Minyak sawit sebelum dilakukan perengkahan mengandung asam lemak bebas dan rantai C yang panjang.

Beberapa penelitian *cracking* minyak kelapa sawit diantaranya, *cracking* menggunakan katalis Al/MCM-41, produk *gasolinnya* sebesar 31,29 % [4], menggunakan katalis HZSM-5 dengan produk gasolin yang dihasilkan sebesar 44,6% [5], dan menggunakan katalis  $\gamma$ -alumina dalam proses *cracking* minyak sawit dengan produk *gasolin* sebesar 45,35% [6]. Material zeolit, HZSM-5 merupakan material dengan besar pori medium sedangkan MCM-41 merupakan material mesopori yang jauh lebih besar dibandingkan zeolit. Upaya meningkatkan fraksi gasolin tersebut dengan cara modifikasi katalis menggunakan logam transisi. Berdasarkan latar belakang tersebut, dilakukan *cracking* minyak sawit menggunakan MCM-41 modifikasi untuk menghasilkan produk *gasolin*.

## METODE PENELITIAN

### Bahan

Minyak sawit kualitas *Refined Bleached Deodorized (RBD)* diperoleh dari pasar lokal, katalis MCM-41, Ni-MCM-41, dan Co/Ni-MCM-41.

### Alat

Seperangkat alat gelas kualitas *pyrex*, seperangkat alat destilasi, termometer 150 °C, kompor listrik, timbangan digital tipe And GR-

200, oven merk Memmert German, Spektrometer Inframerah Shimadzu model FTIR-8201 PC, dan Gas Chromatography-Mass Spectrometer (GC-MS) Simadzu QP-2010S.

### Prosedur Penelitian

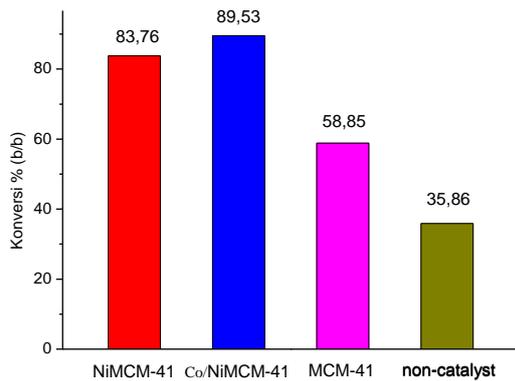
Katalis MCM-41, Ni-MCM-41, dan Co/Ni-MCM-41 disintesis melalui metode sol-gel dengan penambahan logam Ni 1% dan Co 1%. Katalis yang dihasilkan di *furnace* pada suhu 540 °C selama 6 jam. Sedangkan perengkahan dilakukan dengan menggunakan *batch furnace* pada temperatur 400 °C. Produk perengkahan dialirkan melalui pendingin dan ditampung, kemudian ditentukan konversinya sebagai berikut:

$$\% \text{Konversi} = \frac{\text{berat produk (g)}}{\text{berat umpan (g)}} \times 100\%$$

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Minyak sawit merupakan senyawa makromolekul. Minyak sawit sebelum dilakukan perengkahan mengandung asam lemak bebas dan rantai C yang panjang. Berdasarkan penelitian analisis terhadap minyak sawit yang mengandung C<sub>12</sub> – C<sub>18</sub> [7].

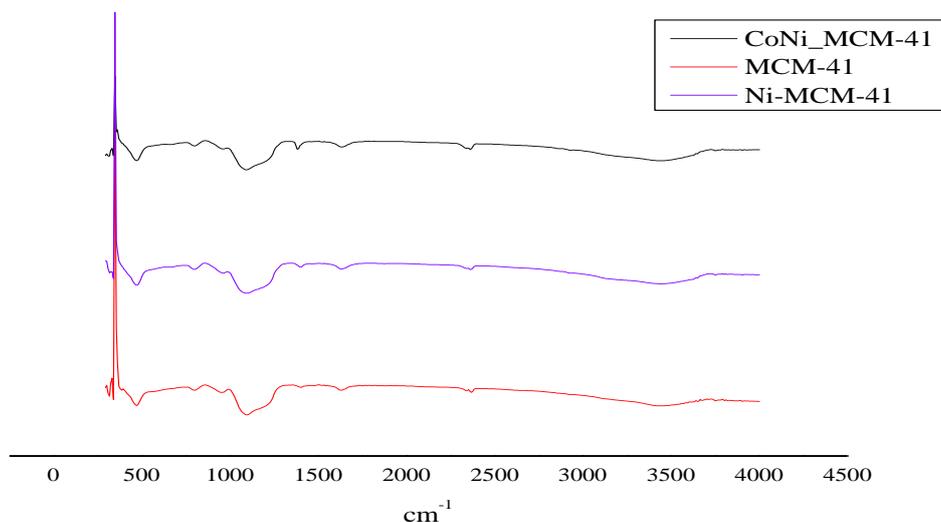
Perengkahan dilakukan dengan menggunakan berbagai katalis, yaitu MCM-41, NiMCM-41, dan Co/NiMCM-41. Proses perengkahan menggunakan reaktor batch dengan temperatur yang digunakan 400 °C selama 30 menit. Kemudian produk destilasi dianalisis menggunakan GC-MS. Hasil analisis ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Hasil analisis GC-MS *cracking* minyak sawit

Berdasarkan hasil data Gambar 1 teramati bahwa katalis yang memiliki hasil konversi tertinggi adalah Co/NiMCM-41 dan yang terendah adalah menggunakan katalis MCM-41 (tanpa katalis sebagai kontrol).

Perbedaan hasil konversi ini disebabkan katalis yang digunakan berbeda-beda. Katalis Co/NiMCM-41 memiliki aktivitas katalis lebih tinggi dibandingkan dengan NiMCM-41, dan MCM-41. Logam Co dan Ni yang keduanya memiliki orbital *d* belum penuh dapat meningkatkan situs aktif katalis. Hal demikian sesuai dengan yang dilaporkan bahwa aktivitas perengkahan dapat ditingkatkan dengan penambahan Ni dan Co [8]. Selain hal tersebut juga diakibatkan oleh sifat keasaman katalis yang tinggi dibandingkan dengan katalis lainnya sehingga kemampuan aktivitas katalisnya tinggi. Adsorpsi amonia pada katalis yang menunjukkan keasaman katalis dapat dilihat pada Gambar 2.



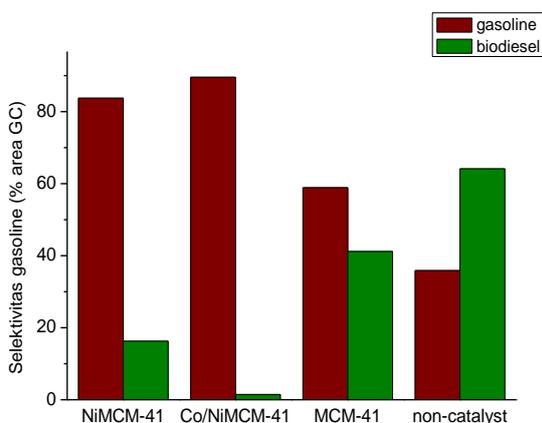
Gambar 2. Adsorpsi amonia pada katalis MCM-41, Ni-MCM-41, dan CoNi-MCM-41

Perengkahan adalah pemutusan ikatan rantai C panjang menjadi rantai-rantai yang lebih kecil. Minyak sawit memiliki rantai panjang  $C_{18} - C_{20}$ . Perengkahan dilakukan untuk mengetahui konversi produk perengkahan yang mirip dengan *gasoline* (fraksi bensin), yaitu berada pada  $C_5 - C_{12}$ .

Berdasarkan data pada Gambar 3 terlihat bahwa hasil selektivitas produk *gasolin* tertinggi ada pada katalis Co/NiMCM-41. Hal ini dimungkinkan adanya pengaruh penambahan logam yang berbeda pada katalis Co/NiMCM-41 sehingga orbital *d* belum penuh yang berperan dalam

perengkahan lebih banyak dibandingkan dengan katalis NiMCM-41 dan MCM-41.

Analisis keasaman secara kualitatif pada Gambar 2 dilakukan untuk mengetahui adanya situs asam Brønsted dan asam Lewis. Logam Ni dan Co yang memiliki orbital kosong *d* dapat menerima pasangan elektron dari ion amonium. Logam ini berperan sebagai asam Lewis. Sedangkan pada Si-OH terjadi interaksi H (asam Brønsted) dengan pasangan elektron bebas pada amonia. Hasil dari adsorpsi basa amoniak muncul vibrasi pada panjang gelombang 1489  $\text{cm}^{-1}$  untuk situs asam Brønsted dan pada panjang gelombang 1635  $\text{cm}^{-1}$  pada situs asam Lewis sesuai yang dilaporkan oleh Santi [9].



Gambar 3. Selektivitas produk cair fraksi gasolin dan diesel

Selektivitas produk destilasi hasil produk cair perengkahan minyak sawit dianalisis menggunakan GC-MS. Dalam data tersebut muncul perkiraan senyawa yang dihasilkan. Produk yang didapat ini diindikasikan sebagai selektivitas produk perengkahan. Perkiraan produk senyawa hasil perengkahan dari masing-masing katalis diambil 3 puncak utama yang disajikan pada Tabel 1.

Produk hasil perengkahan merupakan bahan bakar yang mengandung fraksi gasolin ( $\text{C}_5\text{-C}_{12}$ ), bahan bakar pesawat ( $\text{C}_8\text{-C}_{16}$ ) dan diesel ( $\text{C}_{12}\text{-C}_{22}$ ) [10]. Untuk mendapatkan fraksi gasolin dan diesel perlu didestilasi dengan pemanasan sampai 180 °C. Kategori titik didih gasolin pada temperatur 60 °C-120 °C, sedangkan fraksi diesel pada temperatur 120 °C-180 °C [11]. Destilat yang keluar kemudian dianalisis menggunakan GC-MS. Berdasarkan data pada Tabel 1 terlihat bahwa perengkahan pada minyak sawit menggunakan katalis Co/NiMCM-41 memiliki luas area yang lebih besar dibandingkan dengan yang lainnya.

Tabel 1. Perkiraan senyawa utama pada produk cair hasil destilasi perengkahan minyak sawit<sup>\*</sup>

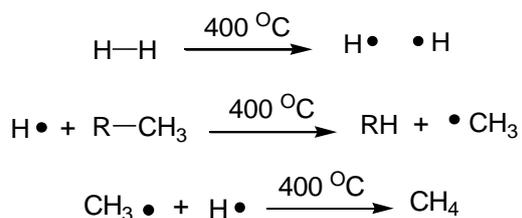
Katalis	Waktu retensi (menit)	Luas area (%)	Perkiraan senyawa
Co/NiMCM-41	4,621	25,29	1-oktena
	4,844	30,95	Oktana
	8,018	11,71	Nonana
NiMCM-41	4,669	10,40	1-oktena
	7,804	8,79	1-nonena
	8,137	7,80	Nonana
MCM-41	4,643	6,04	1-oktena
	4,868	6,02	Oktana
	8,053	6,11	Nonana
Tanpa Katalis	24,12	8,08	1-tetradecena
	26,78	8,26	1-pentadecena
	27,00	18,64	Tetradecana

Hasil analisis MS diambil 3 puncak tertinggi pada masing-masing katalis yang disajikan pada Tabel 1 terlihat untuk katalis Co/NiMCM-41 menghasilkan 3 puncak tertinggi yang diindikasikan sebagai  $\text{C}_8\text{H}_{16}$ ,  $\text{C}_8\text{H}_{18}$ , dan  $\text{C}_9\text{H}_{20}$ . Senyawa tersebut memiliki rantai yang lebih pendek dibandingkan dengan umpannya yang memiliki rantai  $\text{C}_{18}$  sampai dengan  $\text{C}_{20}$ . Dalam proses ini perengkahan telah berhasil dilakukan, produk yang dihasilkan memiliki C

yang lebih pendek. Hal yang serupa juga terjadi pada katalis NiMCM-41 dan MCM-41 yang menghasilkan produk C<sub>8</sub>H<sub>16</sub>, C<sub>8</sub>H<sub>18</sub>, dan C<sub>9</sub>H<sub>20</sub>. Namun dengan luas area yang lebih rendah dibandingkan Co/NiMCM-41.

Perkiraan produk yang terdeteksi dari *library* pada tiap perengkahan diambil 3 puncak tertinggi. Secara keseluruhan pada produk katalis NiMCM-41, Co/NiMCM-41, dan MCM-41 menghasilkan senyawa oktana, 1-oktana, nonana, dan 1-nonena. Senyawa tersebut merupakan senyawa yang mirip sebagai fraksi *gasolin*, sedangkan untuk perengkahan tanpa katalis menghasilkan produk yang masih panjang rantai C-nya, yaitu 1-tetradekena, tetradekana, dan 1-pentadekena.

Proses perengkahan dengan katalis berbasis NiMCM-41 dapat terjadi 2 kemungkinan reaksi, yaitu reaksi secara termal karena pengaruh temperatur tinggi dan katalitik karena pengaruh asam Lewis dan Brønsted. Usulan reaksi tersebut dapat dilihat pada Gambar 4 dengan menyesuaikan mekanisme reaksi oleh Geem *et al* [12].



Gambar 4. Mekanisme reaksi *cracking*

Pembentukan produk *cracking* akibat pemanasan temperatur tinggi menghasilkan radikal-radikal. Tahapan pembentukan radikal dimulai dari proses inisiasi, yaitu molekul diatomik menghasilkan senyawa-senyawa radikal. Kemudian dilanjutkan tahapan proses

propagasi, radikal menyerang senyawa lain menghasilkan radikal lagi. Proses propagasi tersebut berlanjut terus-menerus hingga radikal menyerang radikal sehingga menghasilkan senyawa netral. Tahapan ini disebut sebagai terminasi yang merupakan tahapan terakhir dan tidak menghasilkan radikal lagi.

Perengkahan katalitik karena pengaruh asam berlangsung melalui proses protonasi atom karbon dalam rantai hidrokarbon (proton berasal dari situs asam Brønsted), dan atau dengan abstraksi ion hidrida dari rantai hidrokarbon oleh situs asam Lewis seperti yang dilaporkan [13]. Logam Ni memiliki orbital *d* belum penuh yang bersifat asam Lewis dapat menerima elektron dari ion hidrida dan menghasilkan ion karbonium, sehingga menjadikan reaksi perengkahan lebih efektif. Ion karbonium yang terbentuk dapat mengalami pemutusan rantai posisi β (pemutusan ikatan C-C pada posisi β) untuk membentuk produk baru [14].

Ion karbonium tersebut akan mengalami reformasi menjadi ion karbonium yang stabil, kemudian mengalami pemutusan kembali pada posisi β. Reaksi ini berlangsung terus-menerus hingga menghasilkan produk dengan rantai C yang lebih pendek. Hasil pemecahan molekul tersebut akan terdeteksi oleh MS sehingga dapat diperkirakan produk yang terbentuk dengan disesuaikan dengan data di *library*.

## KESIMPULAN

Produksi *gasolin* melalui proses *cracking* pada temperatur 400 °C menggunakan katalis MCM-41, NiMCM-41, dan Co/NiMCM-41 dengan hasil terbesar pada katalis Co/NiMCM-41 dengan konversi sebesar 89,53 % b/b.

Perkiraan senyawa produk cair yang dihasilkan berupa 1-oktena, oktana, nonana dari MCM-41; 1-oktena, 1-nonena, nonana dari NiMCM-41; dan 1-oktena, oktana, nonana dari Co/NiMCM-41.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Yazalde Mateus, Imachulada, dan Lizia Machado yang membantu dalam pelaksanaan penelitian serta dukungan dari DIKTI berupa dana sehingga penelitian dapat terselesaikan.

### DAFTAR RUJUKAN

- [1] Berita Resmi Statistik No.11/02/Th. XVII. 2014
- [2] Bart, J.C.J., Palmeri, N., dan Cavallaro, S., 2010, *Biodiesel science and technology from soil to oil*, Woodhead publishing, CRC Press, New York, Washington DC.
- [3] Anonim, 2015, Indonesia Palm Oil Platform (InPOP), Newsletter, Jakarta.
- [4] Twaiq, F. A. A., Mohamed, A. R., dan Bhatia, S., 2003, *Micropor. Mesopor. Mater.*, 64, 95-107.
- [5] Twaiq, F. A. A., Mohamad, A. R., dan Bhatia, S., 2004, *Fuel Process. Tech.*, 85, 1283-1300.
- [6] Wijanarko, A., Mawardi, D. A., dan Nasikin, M., 2006, *MAKARA, TEKNOLOGI*, 10, 2, 51-60.
- [7] Nasikin, M., Susanto, B. H., Hirsaman, M. A., dan Wijanarko, A., 2009, *World Appl. Scie. J. (Special Issue for Environment)*, 5 74-79.
- [8] Maxwell, I. E., 1987, *Cat. Today*, 1, 385-413.
- [9] Santi, D., 2013, *ISTECH*, 5, 104-108.
- [10] Wang, H., Yan, S., Salley, S. O., dan Simon Ng, K. Y., 2013, *Fuel*, 111, 81-87.
- [11] Taufiqurrahmi, N., Mohamed, A. R., dan Bhatia, S., 2011, *Bioresource Tech.*, 102, 10686-10694.
- [12] Geem, K. M. V., Reyniers, M. F., Marin, G.B., 2006, *AIChE Journal*, 52, 718-730.
- [13] Noreña, L., Aguilar, J., Mugica, V., Gutiérrez, M., dan Torres, M., 2012, *Materials and Methods for the Chemical Catalytic Cracking of Plastic Waste*, Applied Chemistry Research Group, Departamento de Ciencias Básicas, Universidad Autónoma Metropolitana, Azcapotzalco, Mexico.
- [14] Weitkamp, L dan Puppe, L, 1999, *Catalyst and Zeolite*, Springer.