

PERENKAHAN KATALITIK *PALM FATTY ACID DESTILLATE* (PFAD) MENGHASILKAN *BIOFUEL* MENGGUNAKAN KATALIS Ni/ZEOLIT

Gustina Devi¹, Ida Zahrina², Yelmida²

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
devi08_tk22@yahoo.co.id¹

ABSTRACT

Utilization of renewable alternative energy is needed to overcome the dependence on fossil fuels. One alternative energy that can be harnessed from the vegetable. Biofuel can be produced from the cracking of fatty acids, one of which is Destillate Palm Fatty Acid (PFAD). PFAD can be converted into biofuels through a catalytic cracking process using a catalyst Ni / Zeolite. Metal concentration was varied at 0%, 0.5%, 1% and 1.5% with a variation of reaction temperature 360°C, 380°C, 400°C and 420°C. Cracking process using nitrogen gas with a flow rate of 150 ml / min. Yield (%) of products and highest biofuel conversion obtained respectively 97% and 67% at the reaction temperature of 400°C with a concentration of 1% Ni metal. Biofuel composition obtained Gasoline are 8%, and 60.61% Kerosene plus Diesel.

Key Words: Biofuel, Catalytic Cracking, Ni/Zeolite, PFAD

1. Pendahuluan

Minyak bumi merupakan bahan bakar yang jumlahnya terbatas dan tidak dapat diperbaharui, untuk beberapa tahun ke depan diperkirakan masyarakat akan mengalami kekurangan bahan bakar sehingga perlu mencari bahan bakar alternatif pengganti bahan bakar *gasoline*, solar, dan *kerosene* dari minyak nabati. Salah satu upaya yang dilakukan pemerintah melalui Peraturan Presiden No. 5 tahun 2006 tentang kebijakan energi nasional yang berprinsip pada kebijakan harga, diversifikasi, dan konversi energi. Diversifikasi energi adalah pemanfaatan energi alternatif, salah satunya adalah bahan bakar nabati (BBN), yang merupakan energi alternatif yang mudah diperoleh di Indonesia. Produksi CPO meningkat menjadi 21,8 juta pada 2010 dari tahun sebelumnya 19,4 juta ton. Sementara itu, total ekspor juga meningkat, pada 2010

tercatat sekitar 15,65 juta ton. Sampai saat ini Indonesia masih menempati posisi teratas sebagai negara produsen CPO terbesar dunia, dengan produksi sebesar 21,8 juta ton pada 2010. Dari total produksi tersebut diperkirakan hanya sekitar 25% atau sekitar 5,45 juta ton yang dikonsumsi oleh pasar domestik (Anonim, 2011). Sehingga dengan ketersediaan minyak sawit yang cukup banyak, maka minyak sawit merupakan salah satu bahan baku alternatif yang sangat potensial untuk membuat bahan bakar pengganti *gasoline*, *kerosene* dan solar.

Pada proses pengolahan minyak sawit, akan menghasilkan 73% olein, 21% stearin, 5-6% PFAD dan 0,5-1% CPO parit. PFAD tidak digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan minyak goreng karena beracun. Sehingga PFAD sangat cocok dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan BBM alternatif karena harganya sekitar 80% lebih

murah dari harga CPO standar [Prihandana dkk, 2006].

Saat ini telah dikembangkan penelitian tentang pembuatan *biofuel* dari minyak nabati dengan proses perengkahan katalitik, proses ini merupakan suatu cara untuk memecahkan rantai karbon yang panjang menjadi suatu molekul dengan rantai karbon yang lebih sederhana dengan berbagai tipe katalis. Pada beberapa penelitian proses perengkahan minyak nabati dengan berbagai tipe katalis menghasilkan *biofuel* yang komposisinya dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya faktor reaksi, suhu reaksi, laju alir umpan dan katalis [Nurjanah dkk, 2009].

Nurjanah dkk (2012) melakukan perengkahan minyak kelapa sawit menggunakan katalis Au/HZSM-5 dan komposisinya menghasilkan *biofuel*. Dari analisa gas kromatografi diketahui *yield* tertinggi kerosin 25,24%, gasoline 15,69% dan diesel 10,71% pada temperatur reaktor 500°C dengan laju alir gas N₂ 90 ml/menit.

Setyawan, dkk (2006) melakukan reaksi perengkahan secara katalitik MEWCO (metil ester jelantah) dengan katalis Ni/Zeolit dan inisiator alkohol pada temperatur 450°C dalam reaktor sistem *fluidized bed* diperoleh senyawa fraksi bahan bakar fraksi solar dan gasoline dengan persen konversi maksimal 50,43 %.

Yelmida dkk (2011) melakukan perengkahan PFAD menggunakan katalis zeolit sintesis untuk menghasilkan *biofuel*. Konversi reaksi tertinggi (98,7%) diperoleh pada temperatur 280°C dan waktu reaksi 100 menit. Dari analisa menggunakan FTIR dan GCMS diketahui bahwa proses perengkahan PFAD belum menghasilkan *biofuel*. Senyawa yang terbentuk diantaranya berupa metil vinil keton (C₄H₆O).

Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh variasi temperatur dan konsentrasi logam terhadap produksi *biofuel* yang

dihasilkan, menentukan hasil yang maksimal dan senyawa yang terkandung dalam produk yang dihasilkan dari proses perengkahan katalitik PFAD menggunakan katalis Ni/zeolit.

2. Metodologi

Prosedur yang dilakukan pada penelitian ini terdiri dari beberapa tahap yaitu:

2.1 Pembuatan Katalis Ni/zeolit

Tahap pertama dilakukan pengecilan ukuran terhadap zeolit alam. Zeolit alam yang masih kasar dihaluskan kemudian diayak menggunakan ayakan *mesh* (ukuran 100 dan 200 *mesh*). Zeolit alam yang digunakan yaitu lolos pada ukuran 100 *mesh* dan tertahan pada 200 *mesh*. Selanjutnya dilakukan proses aktivasi fisika dan kimia pada zeolit alam. Aktivasi fisika dilakukan dengan pemanasan zeolit alam pada suhu 300°C selama 3 jam. Dilanjutkan metode kimia dengan cara merendam zeolit alam dalam larutan asam sulfat (H₂SO₄) 0,2N selama 30 menit kemudian disaring dan dicuci dengan aquadest berulang kali hingga pH netral. Selanjutnya dikeringkan dalam oven pada temperatur 110°C selama 2 jam [Sugiarti dan Amiruddin, 2008]

Tahap berikutnya adalah pengembunan (impregnasi) logam Ni. Logam Ni yang digunakan berasal dari senyawa Ni(NO₃)₂·6H₂O sebagai sumber Ni. Senyawa ini digabungkan ke zeolit dengan metode impregnasi basah, direndam dalam 20 ml aquadest pada labu alas bulat, ditambahkan zeolit alam aktif, direfluks sambil diaduk selama 6 jam pada temperatur 120°C. Padatan yang diperoleh dikeringkan lagi menggunakan oven pada temperatur 110°C selama 3 jam [Nurjanah dkk, 2010]. Padatan dimasukkan ke dalam *tube furnace* kemudian dikalsinasi menggunakan *tube furnace* dengan aliran gas N₂ (400 ml/menit) pada temperatur 500°C selama 4 jam, dilanjutkan tahap oksidasi dengan gas O₂ (400 ml/menit) pada temperatur 400°C

selama 2 jam dan direduksi dengan gas H₂ (400 ml/menit) pada temperatur 400°C selama 2 jam. Padatan yang diperoleh berupa Ni/zeolit. Pengembangan logam divariasikan sebesar 0,5%, 1% dan 1,5% b/b terhadap sampel zeolit.

Zeolit alam, zeolit aktif dan katalis Ni/Zeolit selanjutnya dianalisa menggunakan *X-Ray Diffractometer* (XRD).

2.2 Perengkahan PFAD

PFAD sebanyak 150 gr (175 ml) dimasukkan ke dalam reaktor perengkahan yang sebelumnya telah diisi dengan katalis Ni/Zeolit sebanyak 2 gr. Reaksi perengkahan dilakukan selama 120 menit dengan variasi temperatur reaksi 360°C, 380°C, 400°C, dan 420°C. Bahan diaduk menggunakan pengaduk listrik dengan kecepatan pengadukan 300 rpm dan dialiri gas nitrogen 150 ml/menit untuk menghindari keterlibatan oksigen dalam reaksi. Produk keluar dari reaktor dalam bentuk gas, yang kemudian akan dikondensasi untuk merubahnya menjadi fase cair dan ditampung dalam *erlenmeyer*. Produk yang terbentuk dianalisa komponen kimianya menggunakan *Gas Chromatography-Mass Spectroscopy* (GC-MS).

3. Hasil Analisa Katalis

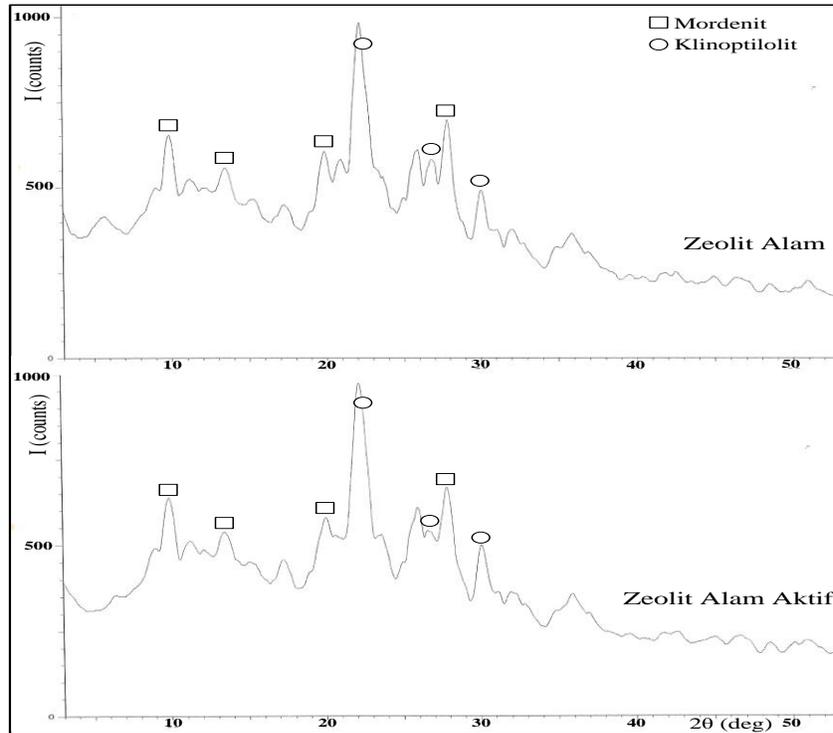
3.1 Analisa *X-Ray Diffraction* (XRD) pada Zeolit

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

Zeolit alam memiliki kandungan mineral utama berupa klinoptilolit dan mordenit. Mineral-mineral ini yang akan diidentifikasi melalui pola difraktogram sinar X yang terbentuk dari analisa XRD pada zeolit. Identifikasi puncak-puncak mineral utama zeolit ini dicocokkan dari data JCPDS 6-239 dan dari penelitian Marita (2010), data identifikasi dapat dilihat pada Tabel 1. Perbandingan hasil difraktogram sinar-X zeolit alam dan zeolit aktif ditunjukkan pada Gambar 1.

Tabel 1. Identifikasi Jenis Mineral pada Difraktogram Sinar - X

Komponen	2 θ Standar	2 θ	
		Zeolit Alam	Zeolit Aktif
Mordenit (JCPDS 6-239)	9,85	9,86	9,87
	13,43	13,38	13,42
	25,61	25,92	25,96
	27,65	27,8	27,9
Klinoptilolit (Marita, 2010)	22,31	22,21	22,25
	26,6	26,82	26,78
	29,96	30,05	30,14



Gambar 1 Perbandingan Hasil Difraktogram Sinar X Zeolit Alam dengan Zeolit Alam Aktif

Hasil difraktogram sinar-X menunjukkan adanya perubahan pola difraksi antara zeolit alam dan zeolit aktif. Dari Gambar 1, dapat dilihat bahwa di dalam zeolit terdapat keberadaan mineral klinoptilolit dan mordenit. Hal ini ditunjukkan dengan adanya puncak-puncak mineral klinoptilolit dan mordenit pada zeolit alam. Hasil analisa XRD ini membuktikan bahwa zeolit alam yang digunakan mengandung mineral-mineral utama dari zeolit.

3.2 Analisa X-Ray Diffraction (XRD) Ni/Zeolit

Pola difraksi sinar-X dapat memprediksi adanya fasa aktif yang tersebar pada permukaan dan pori katalis. Analisa XRD dilakukan pada katalis untuk dapat mengidentifikasi keberadaan logam nikel pada katalis. Puncak-puncak 2θ yang terbentuk pada difraktogram katalis dicocokkan dengan data standar JCPDS logam nikel. Data standar JCPDS logam nikel dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Data standar JCPDS logam nikel

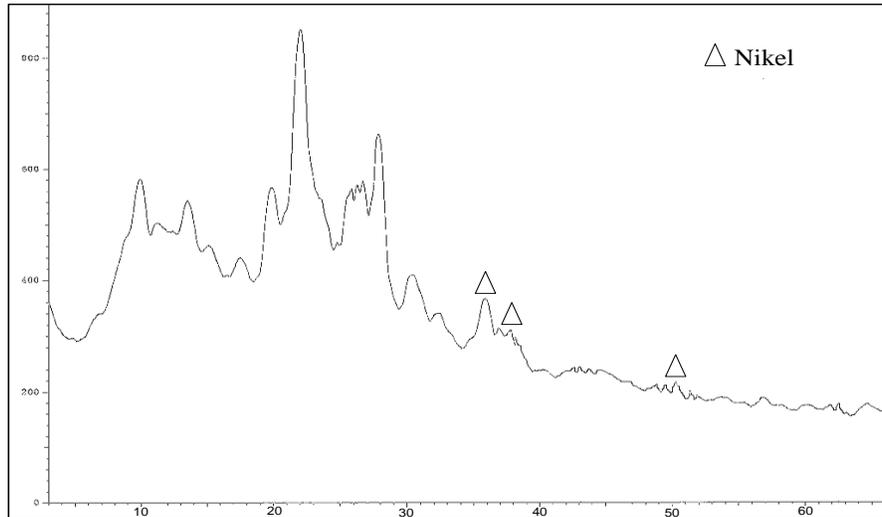
Komponen	2θ standar	2θ katalis	Sumber
Ni	35,840	35,85	JCPDS No. 65-0380
	37,80	37,83	
	50,146	50,15	

Puncak-puncak 2θ logam nikel pada Tabel 2 dicocokkan dengan difraktogram

katalis Ni/Zeolit. Analisa XRD dilakukan pada katalis dengan konsentrasi logam nikel

0,5%. Puncak-puncak dari mineral klinoptilolit dan mordenit masih dapat diidentifikasi pada katalis Ni/Zeolit, yang membuktikan bahwa proses impregnasi, kalsinasi, oksidasi dan reduksi yang

dilakukan pada zeolit alam aktif tidak merusak struktur utama dari zeolit tersebut. Hasil difraksi sinar X pada katalis Ni/Zeolit dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Difraktogram Sinar X Katalis Ni/Zeolit

Pada difraktogram katalis Ni/Zeolit, terbentuk beberapa puncak baru. Puncak baru yang terbentuk ini diidentifikasi sebagai puncak logam nikel (Ni), yaitu pada nilai 2θ $35,85^\circ$, $37,83^\circ$ dan $50,15^\circ$. Keberadaan puncak logam nikel pada difraktogram katalis membuktikan bahwa logam nikel menempel pada katalis yang digunakan.

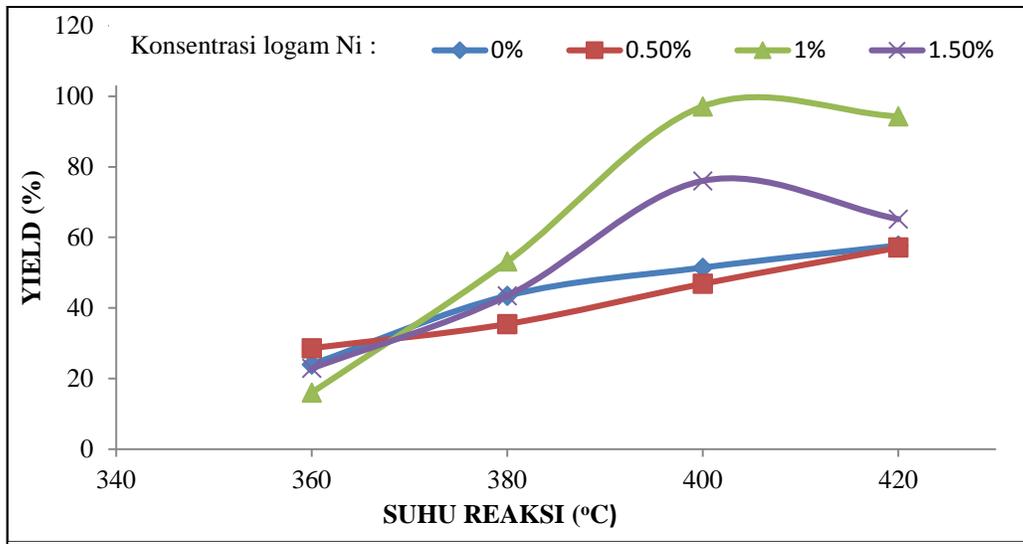
4. Hasil Analisa Katalis

Pada penelitian ini, dilakukan perhitungan *yield* (%) produk dan analisa GC-MS untuk mengetahui komponen senyawa yang terdapat pada produk yang dihasilkan. Hasil analisa GC-MS digunakan

untuk menghitung nilai konversi PFAD menjadi *biofuel*.

4.1 Pengaruh Variasi Konsentrasi Logam dan Suhu Reaksi Terhadap *Yield* (%) Produk

Proses perengkahan katalitik PFAD berlangsung pada temperatur 360, 380, 400 dan 420°C dengan variasi konsentrasi logam Ni 0; 0,5; 1 dan 1,5% wt. Proses perengkahan berlangsung selama 3 jam dengan laju alir gas N_2 150 ml/menit. Pengaruh temperatur dan konsentrasi logam terhadap *yield* (%) *biofuel* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Pengaruh Temperatur Reaksi dan Konsentrasi Logam Terhadap *Yield (%)* Produk

Pada Gambar 3 terlihat bahwa temperatur reaksi dan konsentrasi logam berpengaruh terhadap *yield (%)* produk. *Yield (%)* produk yang dihasilkan cenderung meningkat seiring dengan meningkatnya temperatur reaksi. Sebelum terjadi reaksi, molekul pereaksi harus saling bertumbukan membentuk suatu molekul kompleks aktif, yang kemudian berubah menjadi hasil reaksi (produk). Zat akan bereaksi membentuk produk bila energi aktivasi terpenuhi. Energi yang dibutuhkan untuk membentuk kompleks aktif dinamakan energi aktivasi (Sukarjo, 1985). Energi aktivasi reaksi akan lebih cepat tercapai jika suhu pada sistem ditingkatkan, sehingga partikel zat menjadi lebih mudah bergerak yang menyebabkan lebih mudah terjadi tumbukan. Laju reaksi juga akan meningkat seiring dengan peningkatan suhu reaksi, sehingga mengakibatkan jumlah produk yang dihasilkan akan semakin besar.

Begitu pula pengaruh dari konsentrasi logam. Semakin tinggi konsentrasi logam yang diemban, *yield (%)* yang dihasilkan juga cenderung meningkat. Penambahan logam transisi pada pengemban zeolit dapat meningkatkan *yield (%)* produk yang diinginkan. *Yield (%)* produk tertinggi diperoleh sebesar 97% pada temperatur

reaksi 400°C dengan konsentrasi logam Ni 1%.

4.2 Analisa *Gas Chromatography - Mass Spectrometry* (GC-MS)

Analisa GC-MS dilakukan untuk mengetahui jenis dan komposisi senyawa-senyawa yang terdapat dalam produk yang dihasilkan dari proses perengkahan. Pada penelitian ini, analisa GC-MS hanya dilakukan pada dua produk dengan *yield* tertinggi untuk setiap konsentrasi logam, yaitu produk pada suhu 400 dan 420°C. Dari hasil analisa GC-MS yang dilakukan, dapat diketahui besarnya fraksi *biofuel* yang berupa *gasoline*, *kerosene* dan *diesel* yang terkandung didalam produk yang dihasilkan. Sehingga dapat diketahui nilai konversi *biofuel* dengan membandingkan volume *biofuel* dengan volume PFAD yang digunakan pada proses perengkahan.

Pengembanan logam nikel pada zeolit alam aktif dapat meningkatkan fraksi total *biofuel* yang dihasilkan. Hasil ini menunjukkan bahwa logam nikel berperan aktif dalam meningkatkan selektivitas katalis terhadap produk yang diinginkan. Pada temperatur 420°C dan 400°C diperoleh fraksi total *biofuel* tertinggi pada

konsentrasi logam 1,5% masing-masing sebesar 70,98% dan 72,19%.

Peningkatan suhu reaksi juga mengakibatkan peningkatan nilai konversi *biofuel*. Namun pada konsentrasi logam 1% dan 1,5%, suhu reaksi 420°C terjadi penurunan konversi *biofuel*. Kenaikan temperatur yang cukup tinggi dapat menyebabkan penurunan konversi *biofuel* yang dihasilkan. Penurunan nilai konversi disebabkan karena pada temperatur yang tinggi terjadi peningkatan jumlah senyawa alkana rantai pendek C₁-C₄ yang berwujud gas pada produk reaksi. Pembentukan senyawa ini sangat dipengaruhi oleh faktor waktu dan temperatur proses, rantai C-C dari fraksi minyak ringan akan terputus pada temperatur tinggi (Hartiati, 2006).

Dari hasil penelitian, didapat nilai konversi PFAD menjadi *biofuel* yang terbesar didapat pada suhu 400°C dengan konsentrasi logam 1% yaitu sebesar 67%, dengan volume *biofuel* sebesar 116,64 ml.

5. Kesimpulan

Dari hasil penelitian perengkahan PFAD dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. *Yield* produk perengkahan PFAD yang tertinggi didapatkan sebesar 127 ml (72,57%) dengan komposisi logam pengemban katalis sebesar 1,5% pada suhu reaksi 420°C.
2. Nilai konversi PFAD menjadi *biofuel* yang terbesar didapat pada suhu 420 °C dengan konsentrasi logam 1,5% yaitu sebesar 51,66%, dengan volume *biofuel* sebesar 90,4 ml.
3. Komposisi kimia produk *biofuel* dengan *yield* (%) tertinggi yaitu 12% *Gasoline*, 59% *Kerosene* dan *Diesel*.

6. Saran

Untuk perbaikan kegiatan penelitian selanjutnya, disarankan untuk meningkatkan laju alir gas nitrogen agar mengurangi

pembentukan pembentukan produk samping yaitu fraksi aldehid dan keton.

7. Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Ibu Ida Zahrina, ST., MT dan Dra. Yelmida, M,Si yang telah membimbing dan memberikan ilmu-ilmu yang bermanfaat kepada penulis dalam menyelesaikan penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Anonim, 2011, "Profil Industri Sawit", <http://www.datacon.co.id>, 2 November 2012
- Hartiati. 2006. Hidrokonversi Katalitik Residu Minyak Bumi: Pengaruh Temperatur Dan Waktu Reaksi. Reaktor. Vol. 10 No. 2, Hal. : 82-87.
- Marita, E. 2010. Pembuatan dan Karakterisasi Katalis Ni/NZA untuk Proses *CatalyticCracking* Tandan Kosong Sawit Menjadi Bahan Bakar Cair. Skripsi Sarjana. Universitas Riau.
- Nurjannah, Irmawati, Roesyadi, A. dan Danawati, 2009, Perengkahan Katalitik Asam Oleat Untuk Menghasilkan Biofuel Menggunakan HZSM-5 Sintesis, *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia Indonesia*, Bandung.
- Nurjannah, Irmawati, Roesyadi, A., Danawati, 2010, Perengkahan Katalitik Asam Oleat Untuk Menghasilkan Biofuel Menggunakan HZSM-5 Sintesis, *Disertasi*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Nurjannah, Danawati, Tillotama A.S., 2012, Produksi *Biofuel* dari Minyak Kelapa Sawit dengan Katalis Au/HZSM-5 dan Komposisinya, *Jurnal Teknik ITS*, 1(1), 142-146, ISSN: 2301-9271.

- Prihandana, R., Hendroko, R., dan Nuramin, 2006. *Menghasilkan Biodeisel Murah Mengatasi Polusi dan Kelangkaan BBM*, Agromedia: Jakarta.
- Setyawan, Triyono, dan Morina, 2006, Aktivitas Katalis Ni/Zeolit Pada Konversi Katalitik Metil Ester Minyak Goreng Jelantah (MEWCO) Pada Temperatur 450⁰c Menjadi Senyawa Fraksi Bahan Bakar, *Jurnal Ilmu Dasar* Vol. 7 No. 1, 2006 : 42-51.
- Sugiarti dan Amiruddin, St., Z., 2008, Pengaruh Jenis Kativasi Terhadap Kapasitas Adsorpsi Zeolit Pada Ion Kromium, *Jurnal Chemical*, 2(9), 23.
- Sukardjo, 1985, *Kimia koordinasi*, Bina Aksara: Jakarta.
- Yelmida, Zahrina, I dan Akbar, F., 2011, Perengkahan PFAD (Palm Fatty Acid Distillate) Dengan Katalis Zeolit Sintesis Untuk Menghasilkan Biofuel, *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*, 1(8), 13-18, ISSN 1412-5064.