

Perengkahan Asam Lemak Sawit Distilat Menjadi *Biofuel* Menggunakan Katalis Ni/Zeolit Dengan Variasi Temperatur Reaksi dan Rasio Umpan/Katalis

Jesmar Pandiangan, Ida Zahrina, Elvi Yenie

Laboratorium Teknik Reaksi Kimia, Jurusan Teknik Kimia
Fakultas Teknik, Universitas Riau
Kampus Binawidya UR Km 12,5 Panam, Pekanbaru Telp. 0761-566937
E-mail: jesmar.pandi@yahoo.com

Palm Fatty Acid Distillate (PFAD) is a by-product of the manufacture of cooking oil. Cracking PFAD to produce biofuel has been done through the process of catalytic cracking using Ni/zeolite catalysts. The reaction was carried out at 340, 355, 370 °C and variation ratio reactant/catalysts 200/4, 220/4, 240/4 gram. The results of cracking PFAD obtained by physical characteristics of the product approaching specification diesel fuel the density 832 kg/m³, viscosity 1.66 cSt, flash point 33 °C and calorific value of 10.191,862 kal/g. PFAD cracking results obtained product with the highest yield of 23,78% at temperature of 355 °C with a variation ratio reactant/catalysts 220/4 gram. Product cracking at analysis with method GCMS and known biofuel dominant contain compound of pentadecane (C₁₅H₃₂).

Keywords: biofuels, cracking, Ni/zeolite, palm fatty acid distillate.

1. Pendahuluan

Bahan bakar minyak merupakan kebutuhan yang sangat penting dalam kehidupan. Hampir semua kegiatan yang dilakukan membutuhkan bahan bakar. Bahan bakar yang digunakan sekarang berasal dari minyak mentah yang diambil dari perut bumi. Namun minyak bumi merupakan bahan bakar yang tidak dapat diperbaharui, sehingga untuk beberapa tahun ke depan diperkirakan masyarakat akan mengalami kekurangan bahan bakar. Cadangan minyak bumi di tahun 2012 hanya sekitar 3,92 miliar barel, menurun dari cadangan tahun 2011 yang berada di angka 4,03 miliar barel. Diperkirakan akan habis dalam 13 tahun mendatang (Rubiandini, 2011). Oleh karena itu, mulai saat ini perlu dipikirkan energi alternatif yang dapat dikembangkan sebagai pengganti minyak bumi.

Proses pembuatan minyak goreng dari CPO akan menghasilkan 73% olein, 21% stearin dan 5-6% asam lemak sawit distilat (ALSD). Olein digunakan sebagai minyak goreng, stearin digunakan untuk membuat margarin, shortening, bahan baku industri

sabun dan deterjen, sedangkan ALSD tidak digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan minyak goreng karena beracun dan belum banyak pemanfaatannya dan tidak bersaing dengan kebutuhan pokok manusia. Harganya ALSD juga relatif murah sekitar 80% harga CPO standar (Prihandana dkk, 2006).

Pada pengilangan minyak bumi, minyak yang memiliki rantai hidrokarbon direngkah sehingga dihasilkan rantai yang lebih pendek sehingga diperoleh fraksi diantaranya bensin, *diesel*, *kerosin*. Hidrokarbon pada minyak nabati juga merupakan senyawa rantai panjang dan bila direngkah akan menghasilkan bahan bakar. Oleh karena itu, teknologi katalis dalam perengkahan minyak mentah dapat diadopsi untuk perengkahan minyak nabati menghasilkan bahan bakar minyak (Nasikin dkk, 2006).

Nasikin dkk (2009) melakukan perengkahan dan hidrogenasi secara bersamaan terhadap CPO untuk menghasilkan *biogasoline*. Handoko dkk (2009), melakukan proses perengkahan metil ester minyak goreng jelantah (*MEWCO*) dengan katalis Ni/zeolit

Menghasilkan fraksi solar dan *gasoline*. Perengkahan ALSD dengan katalis Ni/zeolit menjadi bahan bakar alternatif, memiliki peluang yang cukup besar untuk dikembangkan pada saat sekarang ini.

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh rasio umpan/katalis pada perengkahan ALSD dengan katalis Ni/zeolit. Mempelajari pengaruh temperatur reaksi pada perengkahan asam lemak sawit distilat dengan katalis Ni/zeolit.

2. Metodologi Penelitian

2.1 Pembuatan katalis Ni/zeolit

a. Aktivasi zeolit

zeolit alam dalam ukuran serbuk dengan ukuran 100 mesh direndam dalam akuades sambil diaduk selama 1 jam pada temperatur kamar. Kemudian disaring, endapan yang bersih dikeringkan dalam oven pada temperatur 105 °C selama 2 jam. Kemudian dihaluskan dengan cara digerus hingga diperoleh serbuk kembali, kemudian di kalsinasi pada temperatur 500 °C selama 3 jam, sehingga diperoleh sampel (Butarbutar, 2010).

Setelah itu zeolit direfluks dengan menggunakan HCl 6 M selama 30 menit (perbandingan volume zeolit : HCl = 1 : 2) pada temperatur 80 °C. Setelah itu, disaring dan dicuci dengan akuades. Kemudian dikeringkan dalam oven pada temperatur 105 °C dan digerus sehingga diperoleh zeolit hasil refluks. zeolit tersebut kemudian dikeringkan dengan oven selama 2 jam pada temperatur 130 °C. Selanjutnya zeolit ditambahkan ke dalam larutan NH₄Cl 2 M lalu dipanaskan pada suhu 90 °C dan diaduk dengan kecepatan 400 rpm selama 4 jam. Setelah selesai, zeolit disaring dan dicuci dengan akuades hingga pH 6, dikeringkan dalam oven pada temperatur 130 °C. Setelah dingin, dihaluskan dan diletakkan dalam cawan porselin dan dikalsinasi selama 3 jam, pada temperatur 500 °C dalam

furnace. Selanjutnya didinginkan dan diperoleh zeolit aktif (Butarbutar, 2010).

b. Proses impregnasi logam pada zeolit

Impregnasi logam Ni pada permukaan zeolit teraktivasi dilakukan dengan menggunakan metode impregnasi basah. Sebanyak 9,9 gram Ni(NO₃)₂·6H₂O dilarutkan ke dalam 100 mL H₂O, selanjutnya ditambahkan ke dalamnya 100 gram sampel zeolit aktif yang telah diberi perlakuan seperti diatas sambil diaduk selama 2 jam. Campuran dengan perbandingan tersebut diatas dipanaskan pada temperatur 80 °C hingga 90 °C sambil diaduk. Kemudian katalis dikeringkan dalam oven pada temperatur 120 °C selama 2 jam dilanjutkan dengan proses kalsinasi dengan gas nitrogen pada temperatur 500 °C selama 2 jam, kemudian dilanjutkan oksidasi dengan gas oksigen pada temperatur 500 °C selama 2 jam, selanjutnya proses reduksi dengan gas hidrogen pada temperatur 500 °C selama 2 jam. Laju alir gas untuk proses kalsinasi, oksidasi dan reduksi adalah 25 ml/menit. Selanjut didinginkan dan diperoleh katalis Ni/zeolit (Handoko dkk, 2009).

2.2 Proses Perengkahan ALSD

Pada perengkahan ALSD reaksi ini berlangsung secara semi *batch*. Reaksi dilakukan pada temperatur 340 °C, 355 °C, 370 °C dan rasio umpan/katalis 200/4, 220/4, 240/4 gram . Umpan ditempatkan di dalam kolom reaktor selanjutnya gas nitrogen dialirkan ke dalam reaktor dengan laju alir 0,3 lit/menit dan dilakukan pengadukan. Reaksi perengkahan di lakukan selama 120 menit. Hasil *biofuel* yang diperoleh kemudian dikarakterisasi berdasarkan sifat fisika dan sifat kimianya. Karakterisasi sifat fisika meliputi densitas, viskositas, titik nyala dan nilai kalor. Karakterisasi sifat kimia *biofuel* dianalisa dengan menggunakan *gas*

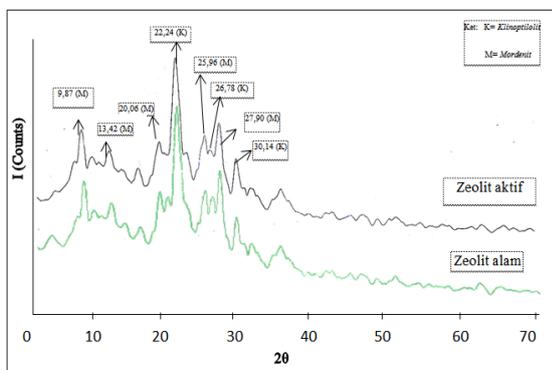
chromatography-mass spectroscopy (GC-MS).

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Analisis XRD Katalis Ni/zeolit

Pola difraksi sinar-X sampel memberikan informasi tentang jenis mineral dan tingkat kristalinitas struktur komponen penyusun sampel. Jenis mineral penyusun sampel ditunjukkan oleh daerah munculnya puncak (2θ), sedangkan tingkat kristalinitas struktur komponen ditunjukkan oleh tinggi rendahnya intensitas puncak. Pola difraksi mineral dari hasil analisis difraksi sinar-X dicocokkan nilai 2θ nya dengan data JCPDS (*Joint Committee for Powder Diffraction Standards*) atau hasil penelitian lain yang dilakukan sehingga akan diketahui jenis mineral di dalam sampel.

Pola difraksi sinar-X menunjukkan adanya perubahan intensitas antara zeolit alam dan zeolit aktif. Difraktogram sinar-X zeolit alam dan zeolit aktif ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Pola Difraktogram Sinar-X Zeolit Alam dan Zeolit Aktif

Pada difraktogram zeolit aktif yang ditunjukkan pada Gambar 1 terdapat puncak dengan intensitas paling tinggi yaitu pada $2\theta=22,24^\circ$. Puncak ini menunjukkan mineral *klinoptilolit*. Identifikasi puncak-puncak pada zeolit alam dan zeolit aktif dicocokkan dengan data JCPDS 6-239 dalam Marita (2010) dan dari penelitian yang dilaporkan oleh

Marita (2010). Identifikasi puncak-puncak utama zeolit selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Pergeseran Puncak dan Perubahan Intensitas Pada Zeolit Alam dan Zeolit Aktif.

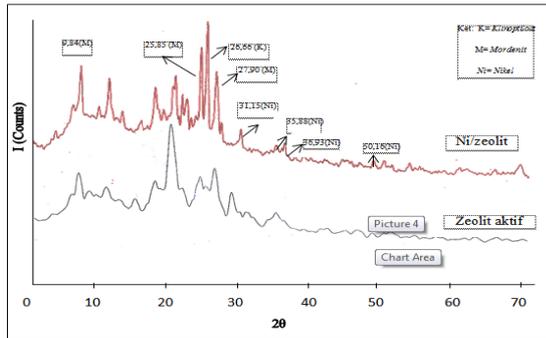
Komponen	2θ standar	2θ		Intensitas	
		zeolit alam	zeolit aktif	zeolit alam	zeolit aktif
<i>Mordenit</i> (JCPDS 6-239)	9,85	9,86	9,87	186	202
	13,43	13,38	13,42	116	124
	19,60	20,96	20,06	137	152
	25,61	25,92	25,96	171	188
	27,65	27,80	27,90	239	235
<i>Klinoptilolit</i> (Marita, 2010)	22,31	22,21	22,24	410	421
	26,60	26,82	26,78	155	141
	29,96	30,05	30,14	114	133

Dari Tabel 1 tampak bahwa zeolit alam yang digunakan merupakan jenis *mordenit* dan *klinoptilolit*. Perubahan intensitas puncak-puncak ini menunjukkan terjadinya peningkatan kristalinitas dari zeolit alam setelah dilakukan aktivasi. Peningkatan kristalinitas ini erat kaitannya dengan larutnya pengotor-pengotor dan sebagian rangka Al pada zeolit karena proses dealuminasi. Terlepasnya pengotor pada zeolit menyebabkan lebih membukanya pori zeolit sehingga luas permukaan katalis meningkat dan memudahkan pengembangan logam (Marita, 2010).

Pola difraktogram sinar-X zeolit aktif dengan Ni/zeolit ditunjukkan pada Gambar 2. Pada difraktogram Ni/zeolit yang ditunjukkan pada Gambar 2 terdapat 4 puncak dengan intensitas yang tajam yaitu pada $2\theta=9,84; 26,66^\circ; 25,85^\circ$ dan $27,90^\circ$, puncak-puncak ini masih menunjukkan mineral penyusun zeolit yaitu mineral *Klinoptilolit* dan *mordenit*. Puncak-puncak selain yang disebutkan sebelumnya diperkirakan merupakan puncak-puncak dari logam yang diembankan. Dari pola difraktogram Ni/zeolit pada Gambar 2 menunjukkan puncak Ni berada pada $2\theta=31,15^\circ; 35,88^\circ; 36,93^\circ$ dan $50,16^\circ$. Data-data identifikasi puncak Ni ini dicocokkan dari data JCPDS yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Identifikasi Logam Ni Pada Difraktogram Sinar-X

Komponen	2 θ	Sumber
Ni	31,023	JCPDS No. 65-0380
	35,840	
	36,80	
	50,146	

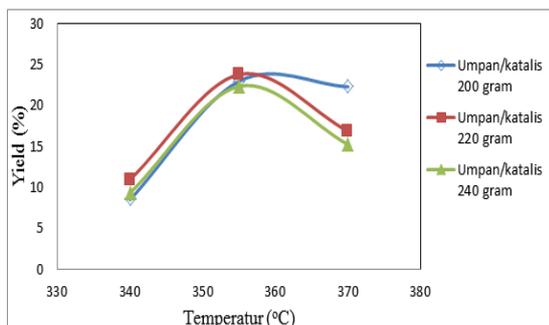


Gambar 2. Pola Difraktogram Sinar-X Zeolit Aktif dengan Ni/zeolit

Pola difraktogram sinar-X zeolit aktif dengan Ni/zeolit ini menunjukkan intensitas puncak yang rendah untuk Ni. Hal ini membuktikan sedikitnya logam Ni yang terimpregnasi.

3.2 Pengaruh Temperatur Terhadap Yield Biofuel

Proses perengkahan ALSD ini dilakukan pada temperatur 340 °C, 355 °C, 370 °C dan umpan 200 gram, 220 gram, 240 gram. Waktu proses perengkahan dilakukan selama 120 menit. Adapun data hasil analisa pengaruh variasi temperatur terhadap *yield biofuel* dapat dilihat pada Gambar 3.

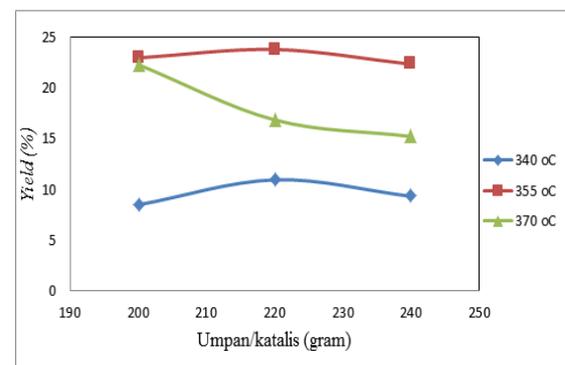


Gambar 3. Pengaruh Temperatur Perengkahan Terhadap *Yield Biofuel*

Dari hasil penelitian yang ditunjukkan pada Gambar 3 dapat dilihat *yield biofuel* tertinggi didapatkan pada temperatur 355 °C dengan umpan 220 gram sebesar 23,78% dan *yield* terendah pada temperatur 340 °C dengan umpan 200 gram sebesar 8,51%. Dari Gambar 3 dapat dilihat bahwa dengan kenaikan temperatur dapat meningkatkan *yield biofuel*, tetapi kenaikan temperatur hingga 370 °C menyebabkan penurunan *yield biofuel*. Hal ini disebabkan karena pada temperatur yang tinggi terjadi peningkatan pada produk senyawa alkana rantai pendek C₁-C₄ yang berwujud gas. Rantai C-C dari fraksi minyak ringan akan terputus pada temperatur tinggi. Pembentukan senyawa ini sangat dipengaruhi oleh faktor waktu dan temperatur proses. (Hartiati, 2006).

3.3 Pengaruh Rasio Umpan/katalis Terhadap Yield Biofuel

Pengaruh rasio umpan/katalis terhadap *yield biofuel* pada temperatur 340 °C, 355 °C dan 370 °C dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Pengaruh Rasio Umpan/katalis Terhadap *Yield Biofuel*

Dari Gambar 4 dapat dilihat bahwa pada rasio umpan/katalis 240 gram terjadi penurunan *yield biofuel*. Hal tersebut dapat terjadi karena tidak seluruh situs aktif katalis dapat berkontak langsung dengan reaktan. Akibatnya penambahan reaktan tidak signifikan dengan produk *biofuel* yang dihasilkan. Hasil yang sama diperoleh Witanto dkk (2011) untuk proses

perengkahan fraksi aspal menghasilkan fraksi bensin dan *diesel*.

3.4 Karakterisasi *Biofuel*

3.4.1 Sifat fisika *biofuel*

Biofuel yang diperoleh dari perengkahan ALSD ini kemudian dianalisa sifat fisiknya diantaranya *viskositas*, massa jenis (densitas), titik nyala (*flash point*) dan nilai kalor. Sampel *biofuel* yang dianalisa adalah sampel dengan *yield* tertinggi yaitu pada temperatur 355 °C dengan umpan ALSD 220 gram. Kemudian hasil yang diperoleh ini dibandingkan dengan standar *diesel* berdasarkan ASTM D-975 dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan Karakteristik Sifat Fisika *Biofuel*

Parameter	Standar <i>diesel</i> berdasarkan ASTM D-975	<i>Biofuel</i> hasil penelitian
Densitas, (kg/m ³)	820-870	832
Viskositas, mm ² /s (cSt)	1,3-2,4	1,66
Flash point (°C)	38	33
Nilai kalor (kal/g)	10.819,905	10.191,862

Densitas *biofuel* yang diperoleh pada penelitian ini 832 kg/m³. Nilai densitas *biofuel* pada penelitian ini berada dalam batas nilai *densitas* standar *diesel*. Menurut Prihandana dkk (2006), bahan bakar yang menghasilkan massa jenis melebihi ketentuan akan menghasilkan reaksi pembakaran yang tidak sempurna. Sehingga akan meningkatkan emisi dan keausan mesin.

Nilai *viskositas biofuel* pada penelitian ini adalah 1,66 mm²/s. Hal ini menunjukkan nilai *viskositas biofuel* berada pada batas nilai standar *diesel*. Mahmud (2010), menyatakan apabila sampel minyak memiliki *viskositas* yang tinggi, maka sampel tersebut tidak cocok jika langsung digunakan sebagai bahan bakar mesin. *Viskositas* yang tinggi dapat menimbulkan permasalahan dalam

pengoperasian, seperti perekatan jaringan minyak dan pengentalan atau pembentukan gel akibat adanya kontaminan.

Titik nyala yang diperoleh pada penelitian ini adalah 33 °C. Titik nyala *biofuel* yang dihasilkan ini berada dibawah nilai titik nyala standar *diesel* yang ditunjukkan pada Tabel 3. Rendahnya titik nyala *biofuel* disebabkan juga oleh jumlah rantai karbon *biofuel* yang dominan adalah 15 sehingga *biofuel* lebih mudah terbakar. Agar *biofuel* ini dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar perlu dilakukan proses destilasi untuk memisahkan senyawa lainnya yang tidak diinginkan.

Nilai kalor yang diperoleh pada penelitian ini adalah 10191,862 kal/g. Nilai kalor adalah ukuran energi yang terdapat dalam setiap satuan mol atau berat. Nilai kalor pada penelitian ini mendekati nilai kalor standar *diesel* berdasarkan ASTM D-975. Dari sini dapat disimpulkan bahwa energi yang dihasilkan oleh *biofuel* sudah mendekati dengan energi yang dihasilkan *diesel*. Hal ini menunjukkan bahwa *biofuel* yang dihasilkan ini sudah mengarah kepada bahan bakar.

3.4.2 Analisis GC-MS *biofuel* pada umpan/katalis 200 gram dengan temperatur 340 °C, 355 °C, 370 °C

Komponen senyawa alkana cair hasil analisa GC-MS *biofuel* pada kondisi ini ditunjukkan pada Tabel 4. Adapun pengelompokan untuk senyawa alkana cair yang dihasilkan adalah fraksi bensin (*gasolin*) memiliki jumlah rantai karbon C₅-C₁₀, fraksi *kerosin* memiliki jumlah rantai karbon C₁₁-C₁₂, sedangkan *diesel* mempunyai jumlah rantai karbon C₁₃-C₁₈ (Adzani, 2011).

Tabel 4. Persentase Kandungan *Biofuel* Pada Umpan/katalis 200 gram

Fraksi	Senyawa	Perengkahan pada temperatur		
		340 °C	355 °C	370 °C
<i>Gasolin</i>	<i>Nonane</i> (C ₉ H ₂₀)	1,39	0,52	1,17
<i>Kerosin</i>	<i>Undecane</i> (C ₁₁ H ₂₄)	1,17	0,64	0,89
	<i>Dodecane</i> (C ₁₂ H ₂₆)	1,04	0,70	-
<i>Diesel</i>	<i>Tridecane</i> (C ₁₃ H ₂₈)	2,21	1,77	1,70
	<i>N-tetradecane</i> (C ₁₄ H ₃₀)	1,23	0,52	1,29
	<i>Pentadecane</i> (C ₁₅ H ₃₂)	27,85	40,07	33,35
	<i>Heptadecane</i> (C ₁₇ H ₃₆)	2,09	5,56	5,56
Jumlah fraksi alkana		36,98	49,78	43,96

Pada kondisi ini katalis Ni/zeolit dapat digunakan pada proses perengkahan ALSD menjadi fraksi alkana, terbukti dihasilkannya fraksi alkana dengan kandungan tertinggi pada temperatur 355 °C sebesar 49,78%. Dari Tabel 4 diperoleh selektifitas *biofuel* meningkat sampai temperatur 355 °C, selanjutnya dengan adanya kenaikan temperatur, selektifitas *biofuel* mulai menurun. Hal ini disebabkan menurunnya peranan asam *brönsted* pada katalis sehingga peranan katalis menurun dalam mendonorkan proton kepada molekul, sehingga hasil perengkahan juga menurun (Setiadi dan Arifianto, 2007).

Dari beberapa kondisi proses perengkahan dapat diketahui bahwa selektifitas katalis terhadap produk (fraksi alkana) tertinggi, adalah pada rasio umpan/katalis 200 gram pada temperatur 355 °C sebesar 49,78 % area GC. Pada kondisi ini katalis Ni/zeolit mampu digunakan pada proses perengkahan ALSD secara optimum, dibandingkan dengan kondisi lainnya yang memiliki persentase fraksi alkana lebih sedikit. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi pembentukan produk fraksi alkana, sehingga produk yang dihasilkan masih relatif sedikit, faktor-faktor tersebut diantaranya temperatur, katalis dan kecepatan pengadukan.

4. Kesimpulan

Dari variasi umpan/katalis pada reaksi perengkahan diketahui bahwa pada rasio umpan/katalis yang memberikan *yield*

biofuel tertinggi adalah 220 gram. Variasi temperatur pada reaksi perengkahan ini diketahui bahwa pada temperatur 355 °C menghasilkan *yield biofuel* tertinggi. Dari proses perengkahan asam lemak sawit distilat dengan katalis Ni/zeolit dihasilkan senyawa fraksi bahan bakar fraksi *gasoline*, *kerosen* dan *diesel* dengan *yield* optimal 23,78 %.

Daftar Pustaka

- Adzani, S. A. A. (2011). Karakterisasi Dan Uji Aktivitas Katalis Ni/Zeolit Hasil Preparasi Pada Reaksi Hidrogenasi Perengkahan Katalitik Asam Oleat. *skripsi*, Universitas Pendidikan Indonesia.
- Butarbutar, S. (2010). Konversi Asam Oleat Menjadi Alkana Cair Melalui Metode Hidrogenasi Katalitik Dengan Katalis Ni-Zeolit. *Skripsi*, Universitas Pendidikan Indonesia.
- Handoko, D.S.P., Morina & Triyono. (2009). Aktivitas Katalis Ni/zeolit Pada Konversi Katalitik Metil Ester Minyak Goreng Jelantah (*Mewco*) Pada Temperatur 450°C Menjadi Senyawa Fraksi Bahan Bakar. *Lembaran Publikasi Minyak dan Gas Bumi*, 43 (01), 65-74.
- Handoko, D. S. P., Triyono, Narsito, & Wahyuningsih, T. D. (2009). Pengaruh Temperatur Terhadap kinerja Katalis Ni/Zeolit Pada Reaksi Hidrogenasi katalitik 1-Oktadekena. *Reaktor*, 12 (4), 218-225.
- Hartiati. (2006). Hidrokonversi Katalitik Residu Minyak Bumi: Pengaruh Temperatur Dan Waktu Reaksi. *Reaktor*, Vol. 10 No. 2, Hal. : 82-87.
- Mahmud, N.A. (2010). Penentuan Nilai Kalor Berbagai komposisi Campuran Bahan Bakar Minyak Nabati. *Skripsi*. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Marita, E. (2010). Sintesa dan Karakterisasi Katalis Ni/NZA untuk Proses *Catalytic Cracking* Tandan

Kosong Sawit Menjadi Bahan Bakar Cair.
Skripsi, Universitas Riau.

Nasikin, M., Susanto B.H., Hirsaman M.A., & Wijanarko A. (2009). Biogasoline from Palm Oil by Simultaneous Cracking and Hydrogenation Reaction over NiMo/zeolite Catalyst. *World Applied Sciences Journal (Special Issue for Environment)*. 5th ed., IDOSI Publications, Penang, 74-79.

Nasikin, M., Wijanarko, A., & Mawardi D.A. (2006). Produksi *Biogasoline* dari Minyak Sawit melalui Reaksi Perengkahan Katalitik dengan Katalis γ -Alumina. *Makara Teknologi*, 10 (2), 1-60.

Prihandana, R., Hendroko, R., & Nuramin. (2006). *Menghasilkan Biodiesel Murah*

Mengatasi Polusi dan Kelangkaan BBM. Jakarta, Agromedia.

Rubiandini, R. (2011). Cadangan Minyak 2012 Turun 2,7 Persen. <http://www.migas.esdm.go.id/tracking/berita-kemigasandetil/265276/0/Cadangan-Minyak-2012-Turun-2,7-Persen>, 18 April 2012.

Setiadi & Arifianto. (2007). Perengkahan Molekul Trigliserida Minyak Sawit Menjadi Hidrokarbon Fraksi Gasoline Menggunakan Katalis B₂O₃/Al₂O₃. *Seminar Nasional Kimia*, Depok.

Witanto, E., Trisunaryanti, W., & Triyono. (2011). Hidrorengkah Fraksi Aspalten Dari Aspal Buton Menjadi Fraksi Bensin Dan *Diesel* Menggunakan Katalis Ni-Mo/Zeolit Alam Aktif. *Seminar SDM VII Teknologi Nuklir*, Yogyakarta.