

Perengkahan *Palm Fatty Acid Distillate* (PFAD) Menjadi Alkana Cair Menggunakan Katalis Ni/Zeolit Dengan Variasi Temperatur Reaksi Dan Nisbah Berat Katalis/PFAD

Hendra Haogododo Harefa, Ida Zahrina, Elvi Yenie

Laboratorium Teknik Reaksi Kimia dan Katalisis
Program Studi Teknik Kimia S1, Fakultas Teknik Universitas Riau
Kampus Binawidya UR Km 12,5 Panam, Pekanbaru Telp. 0761-566937
E-mail: ndra_harefa@yahoo.com

Abstract

Palm fatty acid distillate (PFAD) is made from refining crude palm oil. During this PFAD untapped well as alternative fuel feedstock. PFAD potential to produce liquid alkanes by catalytic cracking process because it has a long hydrocarbon chain. The purpose of this study was to determine the effect of temperature and catalyst weight ratio of Ni/Zeolite: PFAD to yield products resulting in cracking PFAD into liquid alkanes. Cracking catalyst Ni/Zeolite produce liquid alkanes using STR reactor (Stirred Tank Reactor). Inserted in the reactor feed 200 grams and N₂ gas with a flow rate of 300 ml/min. Cracking process carried out at the temperature 350°C, 360°C and 370°C, the weight ratio of the catalyst Ni/Zeolite: PFAD 1/100, 2/100 and 3/100 cracking process carried out for 120 minutes. Catalyst Ni/Zeolite were characterized by X-ray diffraction (XRD). The results showed metallic Ni catalyst characterization has been impregnated. From the results obtained yield alkane cracking reaction at a temperature of 370°C with the highest ratio of catalyst Ni/Zeolite:ALSD 3/100 by 50.09%. The results of the physical characteristics of the products obtained density of 0.84 g/ml, the viscosity of 0.84 mm²/s, the flash point 38°C and calorific value of 42.70 MJ/kg. The result were analyzed by the method of cracking GCMS (Gas Chromatography Mass Spectra), from the analysis of known producing liquid alkane diesel dominant faction.

Keywords: Cracking, liquid alkanes, Ni/Zeolite, PFAD

1. Pendahuluan

Krisis Bahan Bakar Minyak (BBM) yang melanda dunia akibat dari tingginya permintaan kebutuhan minyak dunia dan menipisnya cadangan minyak bumi memaksa seluruh negara di dunia, termasuk Indonesia untuk mengambil langkah dalam mengatasi hal tersebut. Data Kementerian ESDM tahun 2010, energi fosil di Indonesia tidak akan lama. Untuk minyak bumi diperkirakan akan bertahan sekitar 24 tahun lagi (Hasrul, 2011). Sehingga, perlunya energi alternatif lain selain bahan bakar minyak bumi.

Sejalan dengan itu pemerintah juga mendorong upaya-upaya untuk

penggunaan sumber-sumber energi alternatif yang dianggap layak dilihat dari segi teknis, ekonomi, dan lingkungan hidup antara lain yaitu Bahan Bakar Nabati (BBN) atau Bioenergi (*Biofuel*).

Biofuel merupakan bahan bakar baik cair, padat, maupun gas hasil konversi dari material-material biologis yang disebut biomassa yang ketersediaannya sangat melimpah dan murah, sehingga dapat terus diperbaharui dan ramah terhadap lingkungan. Bioenergi (*Biofuel*) berdasarkan sumber dan produk yang dihasilkan diantaranya: biodiesel, bioalkohol, dan alkana cair (Butarbutar, 2010).

Produksi sawit Indonesia yang terus meningkat, yang akan diprediksi pada tahun 2012 akan meningkat 1 sampai 1,4 juta ton dibandingkan dengan kapasitas tahun 2011. Luasnya perkebunan kelapa sawit yang semakin meningkat setiap tahun menempatkan Indonesia sebagai negara penghasil CPO terbesar di dunia dengan produksi 25,2 juta ton (Dorab, 2011). Pada industri minyak goreng terdapat tahap *refining* yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas minyak yang dihasilkan. Pada tahap ini, selain dihasilkan produk utama berupa minyak goreng, juga dihasilkan produk samping yaitu *Palm Fatty Acid Distillate* (PFAD) (Kurniasih, 2008).

Proses pembuatan minyak goreng dari CPO (*Crude Palm Oil*) akan menghasilkan 73% olein, 21% stearin, dan 5-6% PFAD. Olein digunakan untuk minyak goreng, sedangkan stearin digunakan untuk membuat margarin, shortening, bahan baku industri sabun dan deterjen. Sedangkan PFAD tidak dipergunakan karena dianggap mengandung toksin. Sehingga harga PFAD relatif lebih murah 80% dari harga CPO standar (Prihandana dkk, 2006). Oleh karena itu, PFAD cocok untuk digunakan sebagai bahan baku sumber energi alternatif.

Handoko dkk (2009) melakukan proses perengkahan metil ester minyak goreng jelantah (*MEWCO*) dengan katalis Ni/Zeolit. Reaksi perengkahan dilakukan pada temperatur 450°C selama 30 menit, proses perengkahan dilakukan dengan reaktor sistem *fluidized bed*. Hasil yang di peroleh dari proses perengkahan ini adalah senyawa fraksi bahan bakar cair (total fraksi solar dan gasoline) diperoleh 50,43 %.

Sundryono dan Budiyanto (2011) melakukan penelitian pembuatan bahan bakar hidrokarbon cair melalui perengkahan minyak pada limbah cair pengolahan kelapa sawit. Suhu perengkahan yang digunakan 350°C dengan menggunakan katalis Ni/Zeolit.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa limbah cair pengolahan kelapa sawit dapat dikembangkan menjadi bahan bakar hidrokarbon cair melalui reaksi *cracking* katalitik dihasilkan sebesar 24,59%.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya diatas, maka perengkahan katalitik mengkonversi asam lemak dapat dilakukan untuk memperoleh alkana cair. Untuk itu perlu diadakan penelitian perengkahan katalitik asam lemak dengan menggunakan PFAD. Penggunaan PFAD dikarena memiliki komposisi yang hampir sama dengan asam lemak sawit yang telah diteliti pada pada penelitian sebelumnya dan harganya lebih murah dibandingkan asam lemak sawit.

Adapun tujuan penelitian ini adalah mempelajari pengaruh temperatur reaksi pada perengkahan PFAD menjadi alkana cair menggunakan katalis Ni/zeolit dan mempelajari pengaruh nisbah berat katalis Ni/Zeolit : PFAD terhadap *yield* produk yang dihasilkan pada perengkahan PFAD menjadi alkana cair.

2. Metodologi

2.1 Pembuatan Katalis Ni/Zeolit

Pembuatan katalis Ni/Zeolit dibagi dua tahap. Tahap pertama yaitu, aktivasi zeolit alam dan selanjutnya pengembangan logam Ni pada zeolit aktif.

2.1.1 Aktivasi Zeolit Alam

Zeolit alam dalam bentuk kerikil yang diayak hingga terbentuk serbuk ukuran 100 mesh. Zeolit alam dilakukan analisa difraksi sinar-X (XRD) untuk mengidentifikasi kandungan kualitatif kristal pada zeolit alam di Laboratorium Kimia Analitik FMIPA, Universitas Gajah Mada (UGM) Yogyakarta.

Zeolit alam yang telah terbentuk bubuk kemudian direndam dalam akuades sambil diaduk dengan pengaduk listrik (*Heidolph*) 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 dikalsinasi pada temperatur 500°C selama 3 jam (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 katalis hasil refluks. Katalis tersebut kemudian dikeringkan dengan oven selama 2 jam pada temperatur 130°C. Selanjutnya katalis dicampurkan ke dalam NH₄Cl 2 M dipanaskan 90 °C pada kecepatan 250 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 teraktivasi (Butarbutar, 2010). Kemudian zeolit aktif yang telah dibuat dianalisa difraksi sinar-X (XRD) untuk mengidentifikasi kandungan kualitatif kristal pada zeolit aktif. Sehingga dapat dibandingkan dengan difraktogram zeolit alam dan diketahui bahwa zeolit aktif terjadi perubahan struktur kristal yang diasumsi bahwa zeolit telah teraktivasi.

2.1.2 Proses Impregnasi Logam pada Zeolit

Impregnasi logam Ni pada permukaan katalis 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 yang telah diberi perlakuan seperti diatas sambil diaduk selama 2 jam. Campuran dengan perbandingan tersebut diatas diuapkan pada temperatur 80 hingga 90°C sambil

diaduk sehingga komponen air akan teruapkan. 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 (Handoko, 2009). Selanjutnya katalis Ni/Zeolit dilakukan analisa difraksi sinar-X (XRD) untuk mengidentifikasi kandungan kualitatif kristal pada katalis. Sehingga dapat dibandingkan dengan difraktogram zeolit aktif dan diketahui bahwa katalis Ni/Zeolit aktif terjadi perubahan struktur kristal yang diasumsi telah terimpregnasi logam Ni pada zeolit aktif.

2.2 Perengkahan PFAD

Reaksi perengkahan *palm fatty acid distillate* (PFAD) akan berlangsung secara semi *batch* dengan reaktan yang berupa PFAD. Reaktor yang digunakan ialah STR (*Stirred Tank Reactor*) atau disebut reaktor tangki berpengaduk. Reaksi dilakukan pada rentang suhu 350°C, 360°C, dan 370°C dan nisbah berat katalis Ni/Zeolit terhadap PFAD divariasikan 1/100, 2/100, dan 3/100. Katalis Ni/Zeolit dalam bentuk serbuk dimasukkan ke dalam reaktor bersama PFAD dengan rasio berat katalis per PFAD yang telah divariasikan. Selanjutnya gas nitrogen dialirkan ke dalam reaktor dengan laju alir 300 ml/menit, kecepatan pengadukan 250 rpm dan kemudian dilakukan perengkahan, reaksi perengkahan di lakukan selama 120 menit. Proses reaksi perengkahan katalitik yang berlangsung dalam reaktor akan diperoleh produk dalam bentuk fase gas yang langsung didinginkan dengan kondensor, sehingga produk gas akan

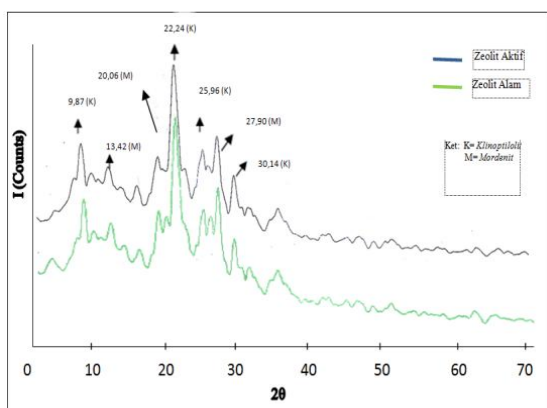
terkondensasi dan menghasilkan alkana cair.

Produk alkana cair yang didapat kemudian dikarakterisasi berdasarkan sifat fisika (densitas, viskositas, nilai kalor dan titik nyala) dan kimia menggunakan *gas chromatography-mass spectroscopy* (GC-MS).

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Karakteristik Katalis

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 pola difraksi antara zeolit alam dan zeolit aktif di tunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Pola Difraktogram Sinar-X Zeolit Alam dan Zeolit Aktif

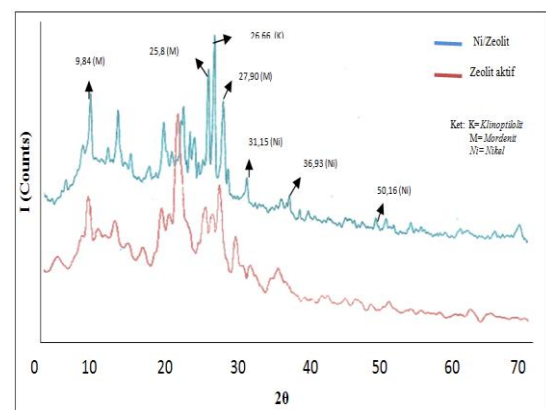
Pada difraktogram zeolit aktif yang ditunjukkan pada Gambar 3.1 terdapat puncak dengan intensitas paling tinggi yaitu pada 2θ 22,214°. Puncak ini menunjukkan mineral *klinoptilolit*.

Identifikasi puncak-puncak pada zeolit alam dan zeolit aktif dicocokkan dengan data JCPDS 6-239 dan dari penelitian yang dilaporkan oleh Marita (2010). Pergeseran puncak dan perubahan intensitas pada zeolit alam dan zeolit aktif selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 3.1.

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

Tabel 3.1 Pergeseran Puncak dan Perubahan Intensitas pada Zeolit Alam dan Zeolit Aktif

Dari Tabel 3.1 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 pengembunan logam.



Gambar 3.2 Pola Difraktogram Sinar-X Zeolit Aktif dengan Ni/Zelolit

Pola difraksi sinar-X dapat memprediksi adanya fasa aktif yang tersebar pada permukaan dan pori katalis. Pada difraktogram Ni/Zeolit yang ditunjukkan pada Gambar 4.2 terdapat 4 puncak dengan intensitas yang tajam yaitu pada 2θ 9,84; 26,66; 25,85° dan 27,90°, 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 diimbangkan. Dari pola difraktogram Ni/Zeolit pada Gambar 4.2 menunjukkan puncak Ni berada pada 2θ 31,15; 35,88; 36,93 dan 50,16. Data-data identifikasi puncak Ni ini dicocokkan dari data JCPDS yang ditunjukkan pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Identifikasi Logam Ni pada Difraktogram Sinar-X

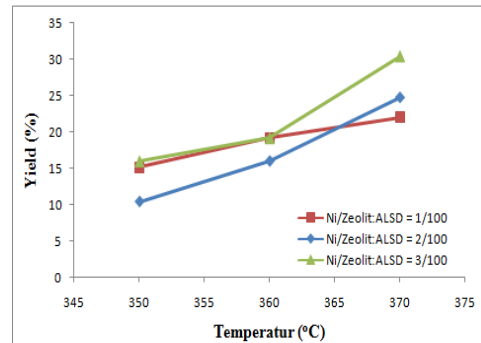
Komponen	2θ	Sumber
Ni	31,023	JCPDS No. 65-0380
	35,840	
	37,80	
	50,146	

Pola difraktogram sinar-X zeolit aktif dengan Ni/zeolit yang ditunjukkan pada Gambar 3.2 ini menunjukkan intensitas puncak yang rendah untuk Ni, ini membuktikan sedikitnya logam Ni yang terimpregnasi. Dari Gambar 3.2 ini menunjukkan bahwa logam Ni telah terimpregnasi ke dalam zeolit walaupun dalam jumlah yang kecil.

3.2 Pengaruh Temperatur Perengkahan PFAD terhadap Yield Produk

Pada penelitian perengkahan *palm fatty acid distillate* (PFAD) dengan menggunakan katalis Ni/Zeolit dilakukan pada suhu 350°C; 360°C; 370°C, waktu perengkahan dilakukan selama 120 menit. Nisbah berat katalis Ni/Zeolit : PFAD

1/100; 2/100; 3/100 dengan umpan 200 gram. Adapun data hasil analisa pengaruh temperatur perengkahan terhadap *yield* produk alkana cair dapat dilihat pada Gambar 3.3.



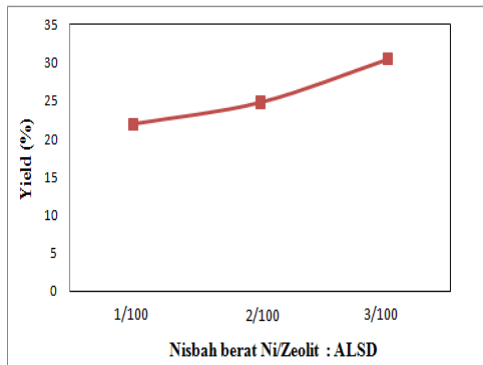
Gambar 3.3 Pengaruh Temperatur Perengkahan PFAD terhadap *Yield* Alkana Cair yang Dihasilkan dari Nisbah Berat Katalis Ni/Zeolit : PFAD

Berdasarkan Gambar 3.3 dapat dilihat bahwa dengan jumlah katalis yang tetap, sedangkan temperatur yang semakin tinggi didapatkan *yield* produk yang semakin banyak. Pengaruh temperatur dari masing-masing berat katalis Ni/Zeolit : PFAD memiliki perbandingan kurva hubungan yang sama, yaitu semakin meningkat temperatur reaksi, semakin meningkat juga *yield* produk yang dihasilkan. Berdasarkan hasil penelitian ini diperoleh kondisi *yield* tertinggi pada berat katalis Ni/Zeolit : PFAD 3/100 di temperatur 370°C dengan *yield* produk 30,4%. Kenaikan *yield* produk dapat diartikan sebagai meningkatnya reaksi perengkahan yang terjadi. Suatu reaksi perengkahan adalah reaksi endotermis dimana reaksi ini melibatkan proses pemutusan rantai karbon, sehingga proses untuk dapat memutuskan suatu ikatan diperlukan energi panas yang besar (Setiadi dkk., 2006).

3.3 Pengaruh Nisbah Berat Katalis Ni/Zeolit : PFAD Terhadap Yield Produk

Perolehan *yield* tertinggi hasil perengkahan terdapat pada temperatur 370°C. Untuk menentukan pengaruh nisbah berat katalis Ni/Zeolit : PFAD

terhadap *yield* alkana cair, maka dilakukan perbandingan terhadap kondisi temperatur 370°C. Pengaruh berat katalis Ni/Zeolit : PFAD terhadap *yield* produk berdasarkan perolehan *yield* tertinggi dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Pengaruh Nisbah Berat Katalis Ni/Zeolit : PFAD terhadap *Yield* Produk yang Dihasilkan pada Temperatur 370°C

Dari Gambar 3.4 dapat dilihat bahwa semakin besar nisbah berat katalis Ni/Zeolit : PFAD cenderung meningkatkan perolehan *yield* alkana cair. Penambahan jumlah katalis Ni/Zeolit pada proses perengkahan berfungsi meningkatkan pembentukan produk dan kualitas produk yang dihasilkan. Katalis Ni/Zeolit yang digunakan dalam reaksi perengkahan bersifat asam, artinya permukaan katalis banyak mengandung situs asam Bronsted maupun situs asam Lewis. Jumlah situs asam Bronsted dan Lewis menggambarkan keasaman total dalam katalis. Dalam penelitian ini aktivitas katalis relatif total dan katalis didefinisikan sebagai kemampuan dalam menghasilkan senyawa fraksi alkana (Handoko, 2009). Dengan seiringnya bertambah jumlah katalis pada proses reaksi perengkahan, maka hal ini meningkatkan keasaman katalis. Semakin meningkat keasaman katalis, maka aktivitas katalis semakin meningkat pula sehingga dapat meningkatkan jumlah produk. Selain meningkatnya keasaman katalis, banyaknya jumlah katalis juga berpengaruh pada luas permukaan yang dimiliki katalis selama proses. Semakin banyak jumlah katalis yang digunakan,

semakin luas permukaan katalis sehingga situs-situs pada katalis yang dapat dimanfaatkan selama proses perengkahan semakin banyak dan produk yang dihasilkan semakin baik.

3.4 Analisa GC-MS Sampel *Palm Fatty Acid Distillate* (PFAD)

Palm fatty acid distillate sebagai bahan baku perengkahan memiliki tampilan fisik berwarna kuning, dengan bentuk padatan lunak seperti margarin apabila terletak pada kondisi temperatur dibawah 48°C. Sedangkan apabila dipanaskan diatas temperatur titik beku akan berbentuk cairan kental berwarna kuning kecoklatan.

Analisa terhadap *palm fatty acid distillate* diperlukan untuk mengetahui komponen penyusun asam lemak jenuh dan tidak jenuh sampel sehingga diketahui proses reaksi perengkahan yang terjadi menghasilkan alkana cair. Berdasarkan hasil kromatogram *palm fatty acid distillate* diperoleh empat komponen senyawa penyusun dari sampel bahan baku. Adapun komponen-komponen lainnya yang terdapat pada *palm fatty acid distillate* hasil GC-MS ditunjukkan pada Tabel 3.3.

Puncak	Waktu retensi	Komponen	Area %
1	5,311	Etil Eter (C ₄ H ₁₀ O)	59,70
2	6,376	Asam Linoleat (C ₁₈ H ₃₂ O ₂)	0,1
3	70,990	Aseton Sianohidrin (C ₄ H ₇ NO)	1,45
4	88,165	Asam Palmitat (C ₁₆ H ₃₂ O ₂)	38,75

Komponen penyusun ini sedikit berbeda pada penelitian Hambali (2010), dimana terdapat 5 komponen senyawa penyusun yaitu, asam palmitat, asam oleat, asam linoleat, asam stearat, dan asam miristat. Sedangkan pada PFAD sebagai bahan baku penelitian ini memiliki 2 komponen yang sama yaitu, asam palmitat dan asam linoleat. Senyawa penyusun lainnya merupakan senyawa

aseton bersifat toksik atau beracun (C_4H_7NO) dan senyawa eter ($C_4H_{10}O$).

3.5 Analisa Sifat Kimia Alkana Cair

3.5.1 Analisa GC-MS Alkana Cair pada Nisbah Berat Katalis Ni/Zeolit : PFAD 1/100 dengan Temperatur 350°C, 360°C, 370°C

Kondisi alkana cair yang di analisa ialah pada proses perengkahan *palm fatty acid distillate* (PFAD) dengan nisbah berat katalis Ni/Zeolit : PFAD 1/100 dengan umpan sampel 200 gram dan dilakukan dengan variasi temperatur 350°C; 360°C ; 370°C. Analisa alkana cair

menggunakan GC-MS bertujuan untuk mengetahui jenis berikut komposisi senyawa yang terkandung di dalam alkana cair hasil perengkahan. Hasil kromatogram GC-MS perengkahan katalitik dengan persentase kandungan alkana cair nisbah berat katalis Ni/Zeolit : PFAD 1/100 dapat dilihat pada Tabel 3.4 Pengelompokan untuk senyawa alkana cair yang dihasilkan dibagi menjadi tiga fraksi senyawa rantai hidrokarbon, yaitu fraksi bensin (*gasoline*) memiliki jumlah rantai karbon C_5-C_{10} , fraksi *kerosene* memiliki jumlah rantai karbon $C_{11}-C_{12}$ dan fraksi *diesel* mempunyai jumlah rantai karbon $C_{13}-C_{18}$ (Adzani, 2012).

Tabel 3.4 Persentase Kandungan Senyawa Alkana Cair pada Nisbah Berat Katalis Ni/Zeolit : PFAD 1/100

Fraksi	Senyawa	Suhu Nisbah berat katalis Ni/Zeolit : PFAD 1/100		
		350 °C (%)	360 °C (%)	370 °C (%)
<i>Gasoline</i>	<i>Hexane</i> (C_6H_{14})	-	0,16	0,09
	<i>Heptane</i> (C_7H_{16})	0,08	0,34	0,34
	<i>Octane</i> (C_8H_{18})	0,26	0,77	0,75
	<i>Nonane</i> (C_9H_{20})	0,51	1,18	1,06
	<i>Decane</i> ($C_{10}H_{22}$)	0,40	1,08	0,70
	<i>Undecane</i> ($C_{11}H_{24}$)	0,58	1,37	0,92
<i>Kerosine</i>	<i>Dodecane</i> ($C_{12}H_{26}$)	0,55	1,45	0,87
	<i>Tridecane</i> ($C_{13}H_{28}$)	1,33	2,31	1,83
	<i>n-Tetradecane</i> ($C_{14}H_{30}$)	0,33	1,05	1,29
<i>Diesel</i>	<i>Pentadecane</i> ($C_{15}H_{32}$)	35,70	25,94	32,10
	<i>Hexadecane</i> ($C_{16}H_{34}$)	-	5,45	3,50
	<i>Octadecane</i> ($C_{18}H_{38}$)	7,47	0,46	-
	Jumlah Fraksi Alkana (%)	47,21	41,56	43,45

Berdasarkan Tabel 3.4 bahwa katalis Ni/Zeolit dapat digunakan pada proses perengkahan PFAD menghasilkan fraksi alkana cair. Terbukti dihasilkannya fraksi alkana cair kandungan tertinggi pada temperatur 350°C sebesar 47,21%, dengan komponen senyawa dominan alkana cair ialah Pentadecane. Pada temperatur 360°C hasil perengkahan menjadi fraksi senyawa alkana menurun, kemudian *yield* alkana cair meningkat lagi pada temperatur 370°C. Hal ini disebabkan pada temperatur 350°C, aktivitas katalis pada suhu ini mampu merengkah rantai karbon *palm fatty acid distillate* menjadi rantai karbon fraksi *diesel*. Selanjutnya dengan adanya kenaikan temperatur menyebabkan aktivitas katalis mulai

menurun. Penyebabnya ialah jumlah katalis yang sedikit, sehingga luas permukaan katalis cenderung kecil pula. Luas permukaan katalis yang kecil menyebabkan selektifitas katalis pada perengkahan kurang optimal untuk memperoleh alkana cair fraksi *diesel*, dan sebaliknya proses perengkahan hanya memanfaatkan kondisi panas reaktor untuk proses pemutusan rantai karbon membentuk alkana cair (Suyati dkk, 2007)

3.5.2 Analisa GC-MS Alkana Cair Pada Nisbah Berat Katalis Ni/Zeolit : PFAD 2/100 Dengan Temperatur 350°C, 360°C, 370°C

Proses perengkahan ini nisbah berat katalis Ni/Zeolit : PFAD 2/100 dengan

variasi temperatur 350°C; 360°C ; 370°C. Senyawa alkana yang terkandung pada

sampel hasil dari perengkahan ini dapat dilihat pada Tabel 3.5.

Tabel 3.5 Persentase Kandungan Senyawa Alkana Cair pada Nisbah Berat Katalis Ni/Zeorlit : PFAD 2/100

Fraksi	Senyawa	Suhu Nisbah berat katalis Ni/Zeorlit : PFAD 2/100		
		350 °C (%)	360 °C (%)	370 °C (%)
Gasoline	<i>Hexane</i> (C ₆ H ₁₄)	-	0,20	0,58
	<i>Heptane</i> (C ₇ H ₁₆)	0,37	0,65	0,66
	<i>Octane</i> (C ₈ H ₁₈)	1,13	1,20	1,17
	<i>Nonane</i> (C ₉ H ₂₀)	2,16	1,36	1,56
	<i>Decane</i> (C ₁₀ H ₂₂)	2,25	0,96	1,39
Kerosine	<i>Undecane</i> (C ₁₁ H ₂₄)	3,31	1,00	1,61
	<i>Dodecane</i> (C ₁₂ H ₂₆)	3,28	0,75	2,01
	<i>Tridecane</i> (C ₁₃ H ₂₈)	4,80	1,57	3,39
Diesel	<i>n-Tetradecane</i> (C ₁₄ H ₃₀)	3,24	1,12	2,71
	<i>Cyclotetradecane</i> (C ₁₄ H ₂₈)	-	-	4,22
	<i>Pentadecane</i> (C ₁₅ H ₃₂)	34,20	29,82	20,38
	<i>Hexadecane</i> (C ₁₆ H ₃₄)	3,20	0,23	-
	<i>Pentadecane, 2,6,10-Trimethyl</i>	-	3,42	-
	<i>Heptadecane</i> (C ₁₇ H ₃₆)	3,43	-	3,66
Jumlah Fraksi Alkana (%)		61,37	42,28	43,34

Pada Tabel 3.5, diperoleh fraksi alkana tertinggi proses perengkahan PFAD pada temperatur 350°C sebesar 61,37%. Pada temperatur 360°C konversi alkana cair menurun, sedangkan pada temperatur 370°C konversi alkana cairnya meningkat. Hal ini disebabkan pada temperatur 350°C, proses pemutusan rantai karbon lebih selektif untuk membentuk senyawa alkana cair fraksi diesel, dan seiring bertambahnya temperatur pemutusan rantai karbon dari rantai panjang menjadi rantai pendek. Jumlah alkana fraksi *diesel* yang menurun disebabkan aktifitas katalis mulai menurun dengan naiknya temperatur, sebab pada temperatur yang tinggi keasamaan katalis meningkat sehingga konversi yang dihasilkan semakin besar, jika konversi meningkat maka selektifitas dari produk akan menurun (Nurjannah, 2012). Menurunnya selektifitas disebabkan karena menurunnya peranan asam bronsted yang ada pada katalis.

Dengan turunnya peranan asam bronsted maka katalis akan semakin sedikit mendonorkan proton kepada molekul, sehingga hasil perengkahan juga semakin sedikit (Setiadi dkk, 2007).

3.5.3 Analisa GC-MS Alkana Cair Pada Nisbah Berat Katalis Ni/Zeorlit : PFAD 3/100 Dengan Temperatur 350°C, 360°C, 370°C

Karakterisasi GC-MS menampilkan fraksi alkana yang merupakan fraksi alkana cair yang diinginkan. Karakterisasi alkana cair dari reaksi perengkahan *palm fatty acid distillate* (PFAD) pada temperatur 350°C; 360°C ; 370°C dan nisbah berat katalis Ni/Zeorlit : PFAD 3/100. Hasil analisa senyawa-senyawa alkana cair menggunakan GC-MS ditunjukkan pada Tabel 3.6.

Tabel 3.6 Persentase Kandungan Senyawa Alkana Cair pada Nisbah Berat Katalis Ni/Zeolit : PFAD 3/100

Fraksi	Senyawa	Suhu Nisbah berat katalis Ni/Zeolit : PFAD 3/100		
		350 °C (%)	360 °C (%)	370 °C (%)
Gasoline	<i>Hexane</i> (C ₆ H ₁₄)	0,16	-	-
	<i>Heptane</i> (C ₇ H ₁₆)	0,50	0,15	0,17
	<i>Octane</i> (C ₈ H ₁₈)	1,04	0,55	0,61
	<i>Nonane</i> (C ₉ H ₂₀)	1,36	1,10	1,30
	<i>Decane</i> (C ₁₀ H ₂₂)	0,93	0,89	1,22
Kerosine	<i>Undecane</i> (C ₁₁ H ₂₄)	1,16	1,18	1,64
	<i>Dodecane</i> (C ₁₂ H ₂₆)	1,04	1,14	1,87
Diesel	<i>Tridecane</i> (C ₁₃ H ₂₈)	2,17	1,97	3,35
	<i>n-Tetradecane</i> (C ₁₄ H ₃₀)	1,64	0,32	2,04
	<i>Pentadecane</i> (C ₁₅ H ₃₂)	30,77	35,38	33,53
	<i>Hexadecane</i> (C ₁₆ H ₃₄)	0,36	4,76	4,36
	<i>Heptadecane</i> (C ₁₇ H ₃₆)	3,07	-	-
Jumlah Fraksi Alkana (%)		44,20	47,44	50,09

Berdasarkan Tabel 3.6 hasil alkana cair pada GC-MS perengkahan katalitik ini cenderung meningkat, seiring bertambahnya temperatur. Hal ini disebabkan nisbah berat katalis yang meningkat, dengan banyaknya jumlah katalis berpengaruh pada luas permukaan yang dimiliki katalis selama proses. Semakin banyak jumlah katalis yang digunakan, semakin luas permukaan katalis sehingga situs-situs pada katalis yang dapat dimanfaatkan selama proses perengkahan semakin banyak dan produk yang dihasilkan semakin baik. Peningkatan luas permukaan dapat juga meningkatkan keasaman katalis sehingga menunjukkan kekuatan asam pada permukaan katalis. Katalis yang memiliki luas permukaan spesifik lebih besar akan memiliki daerah kontak lebih banyak dengan molekul reaktan sehingga diharapkan akan memiliki kemampuan mengkonversi yang lebih efektif dan selektif dalam pemutusan rantai alkana (Handoko, 2006).

3.6 Karakterisasi Sifat Fisika Alkana Cair

Alkana cair yang diperoleh dari perengkahan *palm fatty acid distillate* (PFAD) ini kemudian dianalisa sifat fisiknya yaitu, viskositas, massa jenis (*densitas*), titik nyala (*flash point*) dan nilai kalor. Sampel alkana cair yang di

analisa adalah sampel dengan perolehan *yield* tertinggi pada kondisi temperatur 370°C dengan nisbah berat katalis Ni/Zeolit : PFAD 3/100.

Hasil alkana cair yang diperoleh ini dibandingkan dengan standar bahan bakar. Berdasarkan hasil penelitian alkana cair dominan yang diperoleh ialah fraksi *diesel*, maka hasil alkana cair dibandingkan dengan nilai standar spesifikasi *diesel* menurut ASTM D-975. Karakteristik fisika alkana cair dapat dilihat pada Tabel 3.8.

Tabel 3.8 Karakteristik-Karakteristik Alkana Cair Secara Fisika

Parameter	Alkana Cair	Nilai Standar Diesel (ASTM D-975)		
		No.1-D	No.2-D	No.4-D
Viskositas (mm ² /s) cSt	0,84	1,3-2,4	1,9-4,1	5,5-24,0
Densitas g/ml	0,84	0,82-0,87	0,84-0,92	-
Flash Point (°C)	38	min 38	min 52	min 55
Nilai Kalor (MJ/Kg) min	42,70	45,30	min 42,70	-

Berdasarkan Tabel 3.8 spesifikasi karakteristik alkana cair tingkatan *diesel* ASTM D-975, nilai sifat fisika alkana cair penelitian ini mendekati spesifikasi No. 1-D dibandingkan spesifikasi lain. Spesifikasi No. 1-D merupakan bahan

bakar diesel yang digunakan untuk mesin dengan kecepatan tinggi.

Viskositas alkana cair yang diperoleh adalah $0,84 \text{ mm}^2/\text{s}$. Nilai viskositas *alkana cair* ini menunjukkan bahwa berada dibawah rentang nilai standar minyak *diesel*. Nilai viskositas yang rendah dapat memudahkan alkana cair mengalir dari tangki bahan bakar ke mesin pembakaran (Yi,2008).

Nilai densitas alkana cair sebesar $0,84 \text{ g/ml}$, nilai ini memenuhi angka standar massa jenis *diesel* ASTM D-975 No. 1-D. Makin ringan bahan bakar semakin rendah pula massa jenisnya dan sebaliknya makin berat bahan bakar semakin tinggi massa jenisnya. Menurut Prihandanna, dkk (2006), alkana cair yang menghasilkan massa jenis melebihi ketentuan akan menghasilkan reaksi pembakaran yang tidak sempurna. Sehingga akan meningkatkan emisi dan keausan mesin.

Titik nyala alkana cair yang dihasilkan 38°C , sehingga dapat dikatakan bahwa nilai *flash point* (titik nyala) yang diperoleh pada angka standar minimum. Rendahnya titik nyala alkana cair disebabkan juga oleh jumlah rantai karbon alkana cair yang dominan adalah C_{15} sehingga alkana cair lebih mudah terbakar dan memiliki beberapa alkana cair rantai karbon rendah fraksi senyawa *gasoline* dan *kerosine*.

Nilai kalor alkana cair yang diuji pada penelitian ini yaitu sebesar $42,70 \text{ MJ/Kg}$. Nilai kalor adalah ukuran energi yang terdapat dalam setiap satuan mol atau berat. Nilai ini hampir mendekati nilai kalor bahan bakar *diesel* standar yaitu sekitar 45.30 MJ/kg . Berdasarkan hasil fisika yang diperoleh menunjukkan bahwa alkana cair yang dihasilkan sudah mengarah kepada fraksi standar *diesel* pada standar ASTM D-975 No. 1-D.

4. Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian reaksi perengkahan *palm fatty acid distillate*

(PFAD) dengan katalis Ni/Zeolit memberikan beberapa kesimpulan sebagai berikut, temperatur reaksi perengkahan berpengaruh terhadap *yield* produk yang dihasilkan. Dari temperatur reaksi perengkahan 350°C ; 360°C ; 370°C , diketahui bahwa semakin meningkat temperatur reaksi perengkahan, semakin meningkat juga *yield* produk yang dihasilkan, bertambahnya jumlah nisbah berat katalis Ni/Zeolit : PFAD berpengaruh terhadap *yield* produk pembentukan alkana cair. Semakin banyak jumlah katalis, semakin luas permukaan katalis dan meningkatnya keasaman katalis sehingga meningkatkan jumlah *yield* produk, komponen kimia penyusun alkana cair hasil perengkahan dengan menggunakan katalis Ni/Zeolit lebih selektif menghasilkan fraksi *diesel*, dan sedikit fraksi *kerosine* dan *gasoline* dan karakteristik sifat fisika alkana cair hasil perengkahan PFAD dengan nisbah berat katalis Ni/Zeolit : PFAD 3/100 pada suhu 370°C , antara lain: densitas $0,84 \text{ gr/ml}$, viskositas $0,84 \text{ mm}^2/\text{s}$, titik nyala 38°C dan nilai kalor $42,70 \text{ MJ/kg}$. Karakteristik sifat fisika alkana cair yang diperoleh tidak jauh berbeda dari standar *diesel* D-975 No 1-D.

4.2 Saran

Adapun saran berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dan untuk memperoleh hasil yang lebih baik pada penelitian selanjutnya, sebaiknya dilakukan penelitian lanjutan dengan menggunakan *palm fatty acid distillate* menghasilkan alkana cair dengan katalis yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Adzani, S. A. A. 2011. Karakterisasi Dan Uji Aktivitas Katalis Ni/Zeolit Hasil Preparasi Pada Reaksi Hidrogenasi Perengkahan Katalitik Asam Oleat. Skripsi Sarjana, Universitas Pendidikan Indonesia.
- Butarbutar, S. 2010. Konversi asam oleat menjadi alkana cair melalui metode

- hidrogenasi katalitik dengan katalis Ni-Zeolit. Skripsi Sarjana, Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung.
- Dorab. 2011. Cina dan India Tetap Pasar Utama CPO, http://sawitindonesia.com/index.php?option=com_content&view=article&id=11:cina-a-india-tetap-pasar-utama-cpo&catid=4:hot-issue&Itemid=11, 3 Maret 2012.
- Handoko, D.S.P. (2002). "Preparasi Katalis Cr/Zeolit Melalui Modifikasi Zeolit Alam, *Jurnal ILMU DASAR*, Vol. 3 No. 1, 15-23.
- Handoko, D.S.P. (2006). Mekanisme Reaksi Konversi Katalitik Jelantah Menjadi Senyawa Fraksi Bahan Bakar Cair Katalis Ni/H5-NZA dan Reaktor Flow Fixed Bed, *Ilmu Dasar*, Vol. 7 No. 1, Hal : 42-51.
- Handoko, D.S.P., Triyono, & Morina. (2009). Aktivitas Katalis Ni/zeolit Pada Konversi Katalitik Metil Ester minyak Goreng Jelantah (*Mewco*) Pada Temperatur 450^oC Menjadi Senyawa Fraksi Bahan Bakar, *Lembaran Publikasi Minyak dan Gas Bumi*, Vol. 43 (01), 65-74.
- Handoko, D. S. P., Triyono, Narsito, & Wahyuningsih, T. W. (2009). Pengaruh Temperatur Terhadap kinerja Katalis Ni/Zeolit Pada Reaksi Hidrogenasi katalitik 1-Oktadekena, *Reaktor*, Vol. 12 No. 4, Hal 218-225.
- Hasrul dan Unik. (2011). Riau International Energy Expo 2011 (RIEX 2011) –Solusi Baru Sinergi Energi Fosil dan Energi Terbarukan, *Indo Petro Magazine*.
- Kurniasih, Eka. (2008). Pemanfaatan Asam Lemak Sawit Distilat Sebagai Bahan Baku Dietanolamida Menggunakan Lipase (*Rhizomucor Meihei*), *Tesis Magister*, Universitas Sumatera Utara.
- Marita, E. 2010. Sintesa dan karakterisasi katalis Ni/NZA untuk proses *catalytic cracking* tandan kosong sawit menjadi bahan bakar cair. Skripsi Sarjana, Fakultas Teknik, Universitas Riau.
- Nurjannah, Roesyadi, A., & Prajitno, D. H., (2010), Konversi Katalitik Minyak Sawit Untuk Menghasilkan Biofuel Menggunakan Silika Alumina Dan HZSM-5 Sintesis, Reaktor, Vol. 13 No. 1, Hal. 37-43.
- Nurjannah, Tillotama A. S., & Danawati H. P., (2012), Produksi *Biofuel* dari Minyak Kelapa Sawit dengan Katalis Au/HZSM-5 dan Kompositnya, *Teknik ITS*, Vol. 1, No. 1, ISSN: 2301-9271.
- Prihandana, R., Hendroko, R., & Nuramin, (2006), *Menghasilkan Biodisel Murah Mengatasi Polusi dan Kelangkaan BBM*, Jakarta, Agromedia.
- Setiadi, Darmawan Y., & Fitria, R.M. (2006). Pemanfaatan Zeolit Alam sebagai Komponen Penyangga Katalis untuk Reaksi Hidrogenasi CO₂ & Perengkahan Minyak Sawit, *Prosiding Seminar Nasional Zeolit V, Ikatan Zeolit Indonesia (IZI)*, Bandar Lampung.
- Setiadi & Arifianto, (2007), Perengkahan Molekul Trigliserida Minyak Sawit Menjadi Hidrokarbon Fraksi *Gasoline* Menggunakan Katalis B₂O₃/Al₂O₃
- Sundaryono, A & Budiyo. (2011). Pembuatan Bahan Bakar Hidrokarbon Cair Melalui Reaksi *Cracking* Minyak Pada Limbah Cair Pengolahan Kelapa Sawit, *J. Tek. Ind. Pert*, Vol. 20 (1), 14-19.
- Suyati, L., Setiaji, B., & Triyono. (2007). Perengkahan Produk Cair Batubara dengan Katalis Ni/Zeolit, *JSKA. Vol.X No.1 April*.
- Yi, L.X. (2008). Development and Charaterisation of Continuous Fast Pyrolysis of Oil Palm Shell for Bio-oil Production, *Tesis*, Universiti Teknologi Malaysia.