

## HIDRORENGKAH MINYAK LAKA MENJADI FRAKSI BAHAN BAKAR CAIR MENGGUNAKAN KATALIS ZEOLIT ALAM

Ahmad Nasir Pulungan<sup>1)</sup>, Junifa Layla Sihombing<sup>2)</sup>, Wega Trisunaryanti<sup>3)</sup> Triyono<sup>4)</sup>

<sup>1)</sup>Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sutomo Medan, <sup>2)</sup>Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Medan,  
<sup>3)dan4)</sup>Jurusan Kimia FMIPA Universitas Gadjah Mada Yogyakarta

*pulunganahmadnasir@yahoo.co.id*

### ABSTRAK

Kulit biji mete sebagai hasil samping pengolahan biji mete mengandung minyak laka yang tidak dapat digunakan sebagai bahan pangan, memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai *renewable resources*. Hidrorengkah minyak laka menjadi fraksi bahan bakar cair menggunakan katalis Zeolit alam telah dilakukan. Zeolit alam diperoleh dari klaten, diaktivasi dengan metode pengasaman. Aktivasi zeolit alam (ZA) dilakukan dengan refluks HCl 3M pada suhu 90°C selama 30 menit, dilanjutkan kalsinasi dengan metode *microwave* dengan daya 450 watt selama 10 menit, kemudian dioksidasi pada temperatur 500°C selama 2 jam dengan aliran gas O<sub>2</sub> (diperoleh Katalis ZAA). Karakterisasi katalis meliputi penentuan jumlah situs asam total dengan metode gravimetric dengan adsorpsi uap NH<sub>3</sub> dan piridin, Spektroskopi IR, dan kristanilitas katalis dengan *X-ray diffraction* (XRD). Hidrorengkah minyak laka secara katalitik dan termal dilakukan dengan menggunakan reaktor sistem *flow* jenis *fixed bed*, pada temperatur 400°C dan 450°C selama 1 jam dengan rasio berat katalis:umpan 0,17, 0,25, dan 0,50 (b/b). Produk cair hasil hidrorengkah dianalisis dengan GC. Produk yang dihasilkan dari hidrorengkah minyak laka berupa cairan, kokas dan gas. Konversi produk cair optimum diperoleh pada rasio katalis/umpan 0,25 dengan temperatur 450°C, yaitu sebesar 46,80% (b/b) dengan selektivitas terhadap fraksi bensin, diesel, dan minyak berat masing-masing sebesar 39,19%, 18,57%, dan 42,24%.

**Kata kunci:** Minyak laka, Zeolit alam, aktivasi, hidrorengkah.

### 1. PENDAHULUAN

Berbagai sumber energi baru yang dapat terbarukan (*renewable resources*) adalah berasal dari berbagai jenis minyak nabati seperti minyak kelapa sawit, minyak kedelai, minyak jarak, dll. Minyak laka atau CNSL (*Cashew Nut Shell Liquid*) merupakan senyawa fenolat kompleks yang mengandung rantai cabang yang panjang dan sifatnya tidak jenuh. Ditinjau dari komposisi kimianya CNSL berbeda-beda tergantung pada cara memperolehnya atau cara ekstraksi yang digunakan dan pemberian panas yang telah dilakukan dalam proses penggorengan (*roasting*). CNSL alami (*cold solvent extracted*) terdiri dari 70 % asam anarkadat, 18 % kardol dan 5 % kardanol. Senyawa tersebut terdiri dari campuran unsur yang mempunyai berbagai rantai gugus alkil tidak jenuh. Adapun komposisi dari CNSL teknis (*heat extracted process*) mengandung 52 % kardanol, 10 % kardol dan 30 % senyawa polimer (Andriyanti dkk., 2006). Rantai cabang yang panjang pada senyawa fenolat kompleks tersebut melalui reaksi

hidrorengkah dapat dipecah menjadi senyawa hidrokarbon dengan rantai karbon yang lebih pendek.

Reaksi hirorengkah dapat dilakukan secara termal maupun katalitik. Proses hirorengkah secara termal sudah lama diketahui, tetapi kurang ekonomis karena bekerja pada suhu dan tekanan yang tinggi, tetapi hasilnya tidak optimal. Proses perengkahan menggunakan katalis lebih banyak diminati karena karena memberikan hasil yang optimal dan lebih efisien dari sisi ekonominya. Hal ini disebabkan karena perengkahan dengan menggunakan katalis bekerja pada suhu dan tekanan yang lebih rendah bila dibandingkan dengan suhu dan tekanan pada proses perengkahan secara termal (Gates dkk., 1995). Twaig dkk. (2003) telah menggunakan sistem katalis heterogen aluminosilikat untuk proses perengkahan katalik untuk mengkonversi minyak kelapa menjadi bahan bakar cair. Hasil penelitiannya menyimpulkan bahwa telah terjadi konversi sebesar 80- 90 % dengan selektivitas yang tinggi terhadap produk hidrokarbon cair.

Pada umumnya reaksi-reaksi kimia di dalam industri kimia (seperti pengolahan minyak bumi) menggunakan katalis dalam prosesnya. Proses

menggunakan katalis sangat menguntungkan, karena laju proses kimia dapat menjadi lebih cepat. Zeolit sebagai katalis asam banyak digunakan pada industri petrokimia dan petroleum. Mineral zeolit banyak terdapat di Indonesia karena sebagian besar wilayah Indonesia terdiri dari batuan gunung berapi. Zeolit merupakan kristal alumino-silikat yang tersusun atas tetrahedral  $[AlO_4]^{5-}$  dan  $[SiO_4]^{4-}$  dengan tatanan tertentu. Pada permukaan zeolit mengandung gugus asam yang penting untuk rekasi katalitik, yaitu asam Bronsted dan Lewis. Adanya sifat asam ini menjadikan zeolit dapat dimanfaatkan sebagai katalis ataupun pengemban bagi katalis- katalis logam (Anderson dan Boudart, 1984). Trisunaryanti dkk. (1996) telah melakukan karakterisasi dan modifikasi zeolit alam Indonesia untuk reaksi *hydrocracking paraffin*. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa zeolit alam Indonesia mengandung silika-alumina amorf dan kristal mordenit, yang setelah diaktivasi dan dimodifikasi mempunyai aktivitas katalitik yang baik. Salah satu karakter zeolit alam yang dapat dimodifikasi adalah keasaman, Keasaman zeolit alam dapat ditingkatkan dengan dealuminasi maupun dengan menambahkan logam atau oksida logam tertentu.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

### 2.1 Alat

Peralatan yang digunakan antara lain: seperangkat alat gelas, seperangkat alat refluks, seperangkat alat oksidasi, penyaring Buchner, pompa vakum, *Hot plate stirrer*, *Thermocouple*, *Thermometer*, *furnace*, reaktor, neraca analitik, pemanas listrik, pengaduk magnetik, saringan 100 mesh, oven, desikator, alat pres elektrik (Lab. PAU UGM), reaktor *fixed bed*, termometer, regulator, flowmeter dan GC HEWLET PACARD 5890 series II, (Lab. Kimia Organik FMIPA UGM), Difraktometer sinar-X Shimadzu model XRD-6000 (Lab. FMIPA UGM).

### 2.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah: aquades, aquabidest (Lab. PAU UGM), minyak laka/CSNL, HCl (p.a. Merck), Aseton teknis, gas oksigen dan gas hidrogen ( teknis, P.T.Samator Gas), Kulit biji mete dari wonosari.

### 2.3. Prosedur Penelitian

#### 2.3.1 Preparasi Katalis

Zeolit alam, dihancurkan dan diayak sehingga didapat zeolit dengan ukuran lolos ayakan 100 mesh. Zeolit alam berukuran 100 mesh ini kemudian dicuci dengan perendaman dalam akuades selama sehari semalam pada temperatur kamar. Kemudian zeolit disaring dan endapan yang bersih dikeringkan pada temperatur  $100^\circ C$  diperoleh sampel zeolit alam (ZA). Sampel zeolit alam (ZA) yang sudah

dibersihkan pada penanganan awal dilakukan dealuminasi menggunakan HCl 3M lalu direfluks pada suhu  $90^\circ C$  selama 30 menit, larutan hasil refluks disaring, endapan yang dihasilkan dicuci dengan aquadest sampai sisa HCl hilang (ditandai dengan sudah tidak terbentuknya endapan lagi dengan penambahan  $AgNO_3$  pada filtrat), endapan disaring kemudian diovenkan pada suhu  $120^\circ C$  sampai kering selama 3 jam, Kemudian dikalsinasi dengan metode microwave dengan daya 450 watt selama 10 menit, dilanjutkan oksidasi pada suhu  $500^\circ C$  selama 1 jam dengan dialiri gas Oksigen sehingga diperoleh zeolit alam teraktivasi asam (ZAA).

#### 2.3.2 Karakterisasi katalis

Keasaman katalis ditentukan dengan metode gravimetri melalui adsorpsi gas ammonia (keasaman total) dan basa piridin (keasaman permukaan). Analisa Spektroskopi IR serta penentuan Kristanilitas katalis dengan metode difraksi sinar-X (XRD).

#### 2.3.3 Uji Aktivitas Katalis

Proses hidrorengkah minyak laka

Proses hidrorengkah dilakukan dengan perbandingan katalis dan umpan masing-masing 1:2, 1:4, dan 1:6. Katalis dan umpan ditimbang, selanjutnya katalis diletakkan dalam wadah katalis dan umpan diletakkan dalam wadah umpan. Kemudian keduanya dimasukkan dalam reaktor *fixed-bed* yang terbuat dari *stainless steel*. Setelah itu reaktor dimasukkan kedalam *furnace* dan dipanaskan sampai temperatur  $400^\circ C$  dengan laju alir gas hidrogen diatur 20 mL/menit dan umpan diuapkan serta dialirkan ke dalam reaktor. Produk yang terbentuk dialirkan melalui selang silikon dengan melewati kondesor dan produk cair dianalisis dengan GC. Produk terdiri dari fraksi cair, gas dan kokas. Jumlah %(b/b) kokas, fraksi cair, dan gas dihitung dengan persamaan:

$$\%(\text{b/b}) \text{ kokas} = \frac{WK_1 - WK_2}{W_u} \times 100\%$$

Di mana  $WK_1$  = berat katalis sebelum proses hidrorengkah (g),  $WK_2$  = berat katalis sesudah proses hidrorengkah (g),  $W_u$  = berat umpan (g),

$$\%(\text{b/b}) \text{ Produk cair} = \frac{W_{pc}}{W_u} \times 100\%$$

Dengan  $W_{pc}$  = berat produk cair (g)

$$\%(\text{b/b}) \text{ residu} = \frac{W_{wu2} - W_{wu1}}{W_u} \times 100\%$$

Dengan  $W_{wu1}$  = Wadah umpan sebelum proses hidrorengkah, dan  $W_{wu2}$  = wadah umpan sesudah proses hidrorengkah (g)

$$\%(\text{b/b}) \text{ produk gas} = 100\% - (\% \text{ produk cair} + \% \text{Kokas} + \% \text{ Residu})$$

$$\% \text{ K fraksi B/D/MB} = \frac{LKGC \text{ B/D/MB}}{LKGC} \times 100\%$$

Dengan: K= kromatogram, B= fraksi bensin, D= fraksi diesel, MB= fraksi minyak berat, LKGC= luas kromatogram kromatografi gas

lebih banyak untuk menghasilkan situs asam Bronsted dan asam lewis.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Karakterisasi Katalis

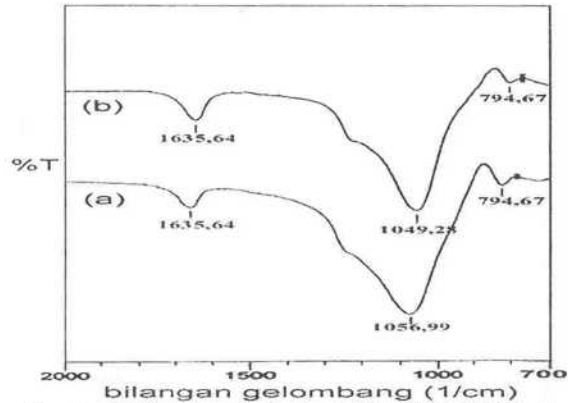
Keasaman merupakan salah satu karakter penting dari suatu padatan untuk dapat digunakan sebagai katalis. Keasaman adalah jumlah milimol asam persatuan berat atau luas permukaan. Uji keasaman dilakukan untuk mengetahui banyaknya situs asam di dalam katalis tanpa melihat seberapa kuat situs asamnya. Makin besar sifat sifat keasamannya berarti semakin banyak situs asam pada padatan katalis tersebut. Keasaman katalis, seperti defenisi Bronsted, menunjukkan kemampuan katalis dalam memberikan proton, atau menurut Lewis, menerima pasangan elektron dari molekul-molekul basa sehingga terikat secara kimia pada permukaan katalis.

Penentuan jumlah situs asam dengan piridin sebagai basa adsorbat merupakan jumlah situs asam permukaan dengan asumsi bahwa ukuran molekul piridin yang relatif besar menyebabkan ikatan yang terjadi hanya terdapat pada permukaan. Penentuan jumlah situs asam dengan amoniak sebagai basa adsorbat merupakan jumlah situs asam total katalis dengan asumsi bahwa ukuran molekul NH<sub>3</sub> yang kecil memungkinkan masuk sampai ke dalam pori-pori katalis. Hasil penentuan jumlah situs asam masing-masing katalis disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data hasil penentuan jumlah situs asam total dan permukaan

Jenis Katalis	Keasaman	
	Piridin (mmol/gram)	Amoniak (mmol/gram)
ZA	0,45	2,12
ZAA	1,53	3,20

Dari tabel 1 dapat dilihat bahwa jumlah situs asam total baik menggunakan amoniak maupun piridin sebagai basa adsorbatnya dalam katalis ZAA lebih besar dibandingkan ZA. Hal ini dapat pahami bahwa telah terjadi dealuminasi selama proses pengasaman. Proses pencucian dan perlakuan HCl pada zeolit alam dapat menghilangkan kation-kation pengotor yang menutupi pori-pori zeolit menjadi lebih terbuka dan permukaan padatannya menjadi lebih bersih dan luas sehingga lebih efektif menyerap basa. Peningkatan keasaman zeolit dengan perlakuan asam menunjukkan banyaknya jumlah situs asam Bronsted dan asam Lewis yang ada pada kerangka zeolit, Walaupun diketahui bahwa pada zeolit dengan perlakuan asam akan mengalami dealuminasi. Hal ini menunjukkan bahwa dealuminasi zeolit alam dengan perlakuan asam hanya melepaskan aluminium kerangka yang tidak aktif, sehingga jumlah aluminium yang aktif menjadi

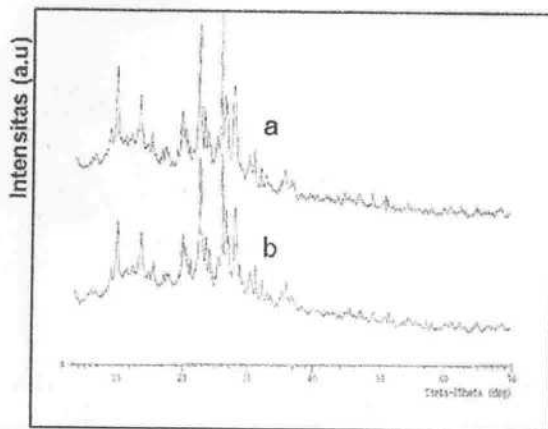


Gambar 1 Perbandingan spektra IR (a) ZAA dan (b) ZA.

Dealuminasi dapat menyebabkan lepasnya alumina dari struktur kerangka tetrahedral zeolit, sehingga secara kualitatif terjadinya dealuminasi dapat ditentukan dengan mengamati pergeseran bilangan gelombang spektra IR akibat vibrasi rentangan asimetris gugus TO<sub>4</sub> pada bilangan gelombang 1000-1100 cm<sup>-1</sup>. Jumlah fraksi atom Al yang terdapat pada struktur tetrahedral zeolit berbanding lurus dengan bilangan gelombang rentangan asimetris utama sehingga jika terjadi pengurangan atom Al pada kerangka struktur tetrahedral zeolit akan menimbulkan pergeseran bilangan gelombang vibrasi rentangan asimetris gugus TO<sub>4</sub> (T=Si dan Al) ke arah frekuensi yang lebih besar. Pada gambar 1 dapat dilihat bahwa spektra IR eolit sebelum perlakuan pengasaman (ZA) memiliki bilangan gelombang vibrasi rentangan asimetris 1049,28 cm<sup>-1</sup>, sedangkan zeolit alam setelah perlakuan asam (ZAA) memiliki bilangan gelombang 1064,71 cm<sup>-1</sup>. Pergeseran ini disebabkan oleh berkurangnya atom Al dalam kerangka (*framework*) menjadi Al luar kerangka (*non framework*) akibat terjadinya dealuminasi. Hal ini menunjukkan bahwa proses pengasaman pada zeolit alam dapat menyebabkan terjadinya dealuminasi.

Difraksi sinar-X digunakan untuk mengidentifikasi jenis mineral zeolit yang terkandung dalam sampel katalis dan kristalinitasnya. Posisi sudut difraksi (2θ derajat) dan jarak antar bidang akan menggambarkan jenis kristal, sedangkan intensitas menunjukkan kristalinitas suatu sampel. Metode analisis kualitatif suatu material kristalin menggunakan pola difraksi sinar-X adalah berdasarkan fakta bahwa setiap material kristalin mempunyai pola difraksi sinar-X yang karakteristik. Analisis secara kualitatif ini yaitu dengan membandingkan difraktogram ZA dan ZAA.

Pada gambar 2 dapat dilihat bahwa katalis ZAA memiliki intensitas yang lebih tinggi dibanding ZA.

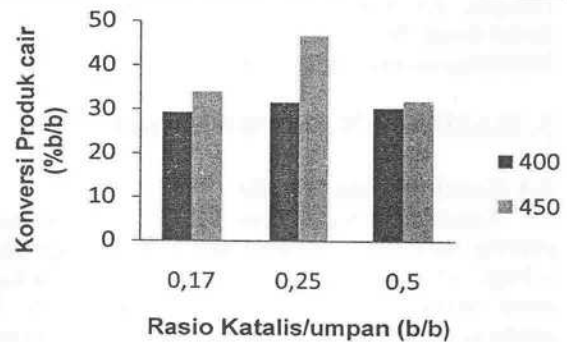


Gambar 2. Difraktogram XRD (a) ZAA, dan (b) ZA

Peningkatan intensitas ini terjadi karena dealuminasi zeolit alam dengan aktivasi asam akan meningkatkan kristalinitas dari padatan dikarenakan ikatan kerangka tetrahedral zeolit alam menjadi relatif lebih seragam. Selain itu, padatan katalis menjadi lebih bersih dari pengotor-pengotor. Karakteristik kristal padatan mordenit dan pada zeolit alam menjadi lebih meningkat akibat proses pencucian dan pengasaman yang ditunjukkan dengan peningkatan pada  $2\theta$  (derajat) 13,77 dari intensitas 143 berubah menjadi  $2\theta$  (derajat) 13,56 intensitas 169, pada  $2\theta$  (derajat) 26,00 dari intensitas 430 berubah menjadi  $2\theta$  (derajat) 25,78 intensitas 491 dan pada  $2\theta$  (derajat) 28,11 dari intensitas 238 berubah menjadi  $2\theta$  (derajat) 27,85 intensitas 257. Ketiga puncak pada  $2\theta$  (derajat) merupakan puncak-puncak pita difraktogram dari padatan mordenit. Mordenit merupakan salah satu jenis kristal penyusun utama zeolit alam Indonesia (Trisunaryanti dkk, 1996). Jenis zeolit alam lain selain mordenit adalah klinoptilolit. Kristal klinoptilolit memiliki unit bangunan sekunder  $T_{10}O_{20}$ . Perubahan pada  $2\theta$  (derajat) 22,65 dari intensitas 375 berubah menjadi  $2\theta$  (derajat) 22,45 intensitas 413 dan pada  $2\theta$  (derajat) 26,98 dari intensitas 142 berubah menjadi  $2\theta$  (derajat) 26,74 intensitas 191 merupakan puncak-puncak perubahan yang mengkarakterkan kristal klinoptilolit.

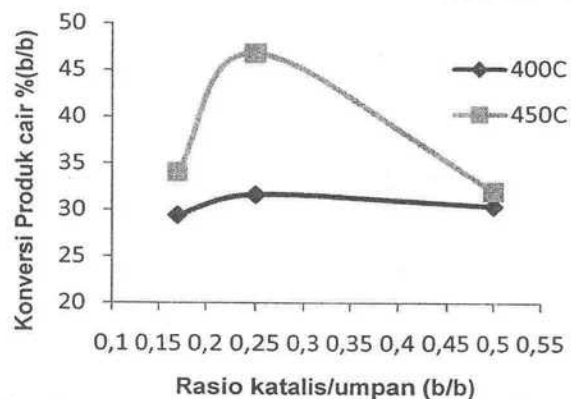
#### Aktivitas dan selektivitas Katalis

Aktivitas katalis dapat dilihat dari persen konversi produk cair yang dihasilkan. Pada reaksi hidrorengkah minyak laka, kondisi reaksi yang berbeda, menghasilkan aktivitas yang berbeda. Untuk melihat pengaruh masing-masing perlakuan dapat dilihat pada gambar 3 dan 4.



Gambar 3 Grafik hubungan konversi produk cair terhadap temperatur

Dari gambar 3 dapat dilihat pada semua kondisi reaksi, kenaikan temperatur menunjukkan peningkatan terhadap konversi produk cair yang dihasilkan. Hal ini dapat dipahami bahwa semakin tinggi temperatur reaksi, maka makin besar pula energi yang tersedia untuk terjadinya proses vibrasi, rotasi maupun translasi dari molekul-molekul reaktan, sehingga semakin besar pula kemungkinan terjadinya tumbukan antar reaktan. Hal ini menyebabkan peluang untuk terjadinya reaksi semakin besar, sehingga konversi produk cair yang dihasilkan semakin tinggi. Konversi produk cair tertinggi diperoleh pada temperatur 450°C dengan rasio katalis /umpan 0.25 yaitu sebesar 46,80 % (b/b). Untuk mengetahui pengaruh rasio katalis/umpan terhadap konversi produk cair pada reaksi hidrorengkah minyak laka maka dibuat grafik hubungan konversi produk cair terhadap rasio katalis/umpan, seperti terlihat pada gambar 4.



Gambar 4. Grafik hubungan konversi produk cair terhadap Rasio katalis/Umpan

Dari gambar 4 dapat dilihat bahwa pada kondisi temperature reaksi 400 °C dan 450°C pada rasio katalis/umpan yang semakin besar secara umum menunjukkan peningkatan terhadap konversi produk cair, namun mengalami penurunan pada saat kondisi optimum.

Tabel 2 Selektivitas katalis terhadap fraksi bensin, diesel dan minyak berat

Jenis Reaksi/tem p./Rasio katalis: Umpan	Produk Cair (% b/b)	Selektivitas /fraksi		
		bensin (%)	Diesel (%)	minyak berat (%)
Termal/ 450°C	24,30	20,96	11,61	67,43
Katalis ZAA/ 450°C/0,25	46,80	39,19	18,57	42,24

Rasio katalis umpan berkaitan dengan peluang terjadinya kontak antara molekul-molekul reaktan dengan padatan katalis, sehingga terjadi adsorpsi molekul reaktan pada permukaan padatan katalis yang merupakan syarat terjadinya reaksi katalisis. Rasio katalis/ umpan yang tinggi memberikan peluang yang lebih besar untuk terjadinya kontak antara molekul-molekul reaktan dengan padatan katalis sehingga menghasilkan reaksi terkatalisis yang juga semakin besar. Hal ini ditandai dengan semakin besarnya konversi fraksi cair yang dihasilkan. Begitu pula sebaliknya rasio katalis/umpan yang kecil, maka akan semakin kecil pula peluang terjadinya kontak antara molekul-molekul reaktan dengan padatan katalis, sehingga reaksi terkatalisis yang dihasilkan makin kecil, sehingga konversi fraksi cair yang dihasilkan juga makin kecil. Namun pada rasio katalis/umpan yang makin besar terjadi penurunan konversi produk cair, hal ini dapat dijelaskan bahwa terjadi penurunan aktivitas katalis selama proses reaksi karena terbentuknya deposit karbon/kokas (coke). Menurut Alenazey dkk. (2009), proses pembentukan kokas diawali dengan proses kemisorpsi dari senyawa hidrokarbon yang dilanjutkan dengan dehidrogenasi hidrokarbon membentuk senyawa alifatik tidak jenuh pada permukaan katalis, kemudian diteruskan dengan dehidropolimerisasi membentuk deposit kokas. Pada reaksi hidorengkah hal yang tidak dapat dihindari adalah terbentuknya kokas, terbentuknya kokas pada permukaan katalis selama proses reaksi akan mengakibatkan terjadinya deaktivasi permukaan katalis pada proses perengkahan katalitik. Tertutupnya situs aktif katalis mengakibatkan luas permukaan yang tersedia untuk adsorpsi reaksi menurun. Hal ini menyebabkan penurunan terhadap konversi produk cair yang dihasilkan. Kecenderungan pembentukan kokas akan semakin tinggi seiring bertambah panjangnya rantai hidrokarbon. Pembentukan kokas juga akan semakin meningkat seiring dengan bertambahnya waktu dan temperatur reaksi. Untuk melihat selektivitas katalis dilakukan analisis GC terhadap konversi produk cair pada kondisi optimum dan termal. Hasil analisa GC dapat dilihat pada Tabel 2. Dari tabel 2 dapat dilihat

bahwa hidorengkah minyak laka dengan katalis ZAA memiliki aktivitas dan selektivitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan termal. Menurut Gates dkk (1995), bahwa setiap radikal yang terbentuk pada inisiasi perengkahan secara termal dapat terus menerus menginduksi proses  $\beta$ - scission sehingga terbentuk radikal baru dengan jumlah atom karbon yang lebih sedikit. Hal ini karena sangat cepatnya reaksi radikal, reaksi ini akan terus berjalan hingga terbentuk radikal metal, hal ini menyebabkan produk dominan perengkahan adalah senyawa hidrokarbon dengan fasa gas.

#### 4. KESIMPULAN

Perlakuan pengasaman terhadap zeolit alam (ZA) meningkatkan karakter zeolit sebagai katalis meliputi sifat keasaman dan kristanilitas katalis (ZAA). Kondisi optimum reaksi hidorengkah minyak laka diperoleh pada rasio katalis/umpan 0,25 pada temperatur reaksi 450°C dengan nilai konversi produk cair sebesar 46,80%. Selektivitas terhadap fraksi bensin, diesel, dan minyak berat masing-masing sebesar 39,19%, 18,57%, dan 42,24%.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Alenazey, F., Cooper, C.G., Elnashaie, S.S.E., Susu, A.A., and Adesina, A.A., 2009, *Coke Removal from Deactivated Co-Ni Steam Reforming Catalyst Using Different Gasifying Agents: An Analysis of The Gas-Solid Reaction Kinetics*, *Catal. Commun*, 10, 406-411.
- Anderson, J.R., and Boudart, J., 1984, *Dispersed Metal Catalysts*, in *Catalysis Science and Technology*, Vol. 6, Springer Verlag, Heidelberg
- Andriyanti, C., Titik S, Adrian N, 2006, *Ekstraksi Cashew Nut Shell Liquid (CSNL) dari Kulit Biji Mete*, *Ekualibrium*, 5, 40-45.
- Gates, B.C, Katzer, J.R and Schuit, G.A., 1995, *Chemistry of Catalytic Proses*, 1<sup>st</sup> Edition, Mc Graw- Hill Book Company, New York.
- Trisunaryanti, W., Shiba, R., Miura, M., Namura, M., Nashiyama, N., and Matsukata, M., 1996, *Characterization and Modification of Indonesian Natural Zeolit and Their Properties for Hydrocracking of a Parafin*, *J. Jpn. Ints. Petr.*, 39, 1, 20-25.
- Twaig F, A., Mohamed, A, R., Bhatia, S., 2003, *Liquid Hydrocarbon Fuels from Palm Oil by Catalytic Cracking Over Aluminasilicate Mesoporous Catalytic with Various Si/Al Ratio*, *Microporous and Mesoporous Material*, 64, 95-107.