

# Aktivitas Katalis Ni/Zeolit pada Konversi Katalitik Metil Ester Minyak Goreng Jelantah (*Mewco*) pada Temperatur 450°C Menjadi Senyawa Fraksi Bahan Bakar

Oleh: D. Setyawan PH<sup>(1)</sup>, Triyono<sup>(2)</sup>, Morina<sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup>. Jurusan Kimia FMIPA Universitas Jember, Jl. Kalimantan III / 25 Jember, Jawa Timur

Email : [kreka\\_zeolit@yahoo.com](mailto:kreka_zeolit@yahoo.com) atau [dsetyawanph@yahoo.com](mailto:dsetyawanph@yahoo.com).

<sup>(2)</sup>. Jurusan Kimia FMIPA Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

<sup>(3)</sup>. Pengkaji Teknologi ESDM pada Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi "LEMIGAS" Teregistrasi I Tanggal 22 Desember 2008; Diterima setelah perbaikan tanggal 31 Maret 2009

Disetujui terbit tanggal: 25 Mei 2009

## ABSTRAK

Aktivitas katalis Ni/Zeolit dalam reaksi konversi metil ester minyak goreng jelantah (*MEWCO*) menjadi senyawa fraksi bahan bakar cair khususnya fraksi solar dan gasoline telah dipelajari. Reaksi konversi berlangsung dalam kolom reaktor sistem *fluidized bed* yang dioperasikan pada temperatur 450°C selama 30 menit dengan metanol dan butanol sebagai inisiator. Jenis katalis yang dipelajari adalah Ni-1/ $H_5$ -NZA, Ni-5/ $H_5$ -NZA, Ni-10/ $H_5$ -NZA. Metode preparasi katalis melalui teknik modifikasi zeolit alam yang melibatkan proses dealuminasi melalui perlakuan asam (HF 1%, HCl 6 M dan  $NH_4Cl$  0,1 M), proses hidrotermal, kalsinasi dengan  $N_2$ , oksidasi dengan  $O_2$  dan pengembangan logam Ni (1%, 5% dan 10%) melalui teknik impregnasi 'semi basah'. Jelantah sebagai umpan (*feed stocks*) sebelum digunakan dalam proses katalitik diesterkan terlebih dahulu dengan menggunakan natrium metoksida ( $CH_3ONa$ ). Metil ester minyak goreng jelantah (*MEWCO*) yang diperoleh kemudian diproses dalam reaktor sistem *fluidized bed* dan katalis Ni/zeolit ditempatkan didalamnya, kemudian uap alkohol (metanol atau butanol) bersama gas nitrogen (*carrier gas*) dialirkan melalui katalis pada temperatur 450°C. Proses katalitik berlangsung selama 30 menit. Reaksi *MEWCO* dengan katalis Ni/Zeolit dan alkohol (metanol atau butanol) sebagai inisiator dalam reaktor sistem *fluidized bed* diperoleh senyawa fraksi bahan bakar cair dalam rentang fraksi solar dan gasoline. Prosen konversi *MEWCO* menjadi senyawa fraksi bahan bakar cair (total fraksi solar dan gasoline) diperoleh 50,43%. Sedangkan aktivitas katalis yang paling baik dalam reaksi konversi katalitik *MEWCO* untuk menghasilkan produk selektif terhadap senyawa fraksi solar adalah katalis Ni-5/ $H_5$ -NZA dengan inisiator butanol, untuk katalis Ni-10/ $H_5$ -NZA dengan inisiator butanol dihasilkan produk senyawa fraksi gasoline.

Kata kunci : metil ester minyak goreng jelantah, katalis, zeolit, bahan bakar

## ABSTRACT

*The study of converting of waste cooking oil to fuel fraction has been carried out via 'flow fixed bed' reactor with Ni/zeolite as catalyst and alcohol as an initiator. Before waste cooking oil was proceed in 'flow fixed bed' reactor, the waste cooking oil was firstly reacted with  $CH_3ONa$  to produce methyl ester waste cooking oil (MEWCO). This methyl ester was then converted to hydrocarbons fuel in the reactor using Ni/zeolite as the catalyst. The vapour of alcohol was flowed through the reactor with  $N_2$  as the carrier gas, at the operating temperature of 350 – 450 °C. The present study demonstrated that by using this technology, the converting of MEWCO to fuel fraction of diesel fuel and gasoline as approx 50,43 %. The best catalyst for producing diesel fraction is Ni-5/zeolite with percent conversion of approx 36,08 % and butanol was used as the initiator. Moreover the best catalyst for preparing gasoline fraction is the Ni-10/ $H_5$ -NZA catalyst with percent conversion of approx 27,50 %. Butanol was also applied for running this process.*

*Keywords : methyl ester waste cooking oil (MEWCO), catalyst, zeolite, fuel*

## I. PENDAHULUAN

Limbah *Jelantah* tergolong limbah organik yang banyak mengandung senyawa hidrokarbon (asam lemak bebas), bila terdegradasi didalam lingkungan akan meningkatkan keasaman lingkungan, menimbulkan bau yang tidak sedap, dan lain-lain. Sementara itu dalam berita IPTEK (2001), menyebutkan bahwa penelitian terakhir di Jepang telah mengembangkan mesin diesel pembangkit listrik [TYPE ME-40] yang siap dipakai oleh konsumen, yang menarik dari penelitian ini adalah bahan bakar yang digunakan berasal dari minyak goreng *jelantah* yang dicampur dengan metanol dan katalis. Prosentase daur ulang minyak goreng *jelantah* tersebut mencapai kurang lebih 95% dan lebih ekonomis jika dibandingkan dengan minyak solar, kelebihan bahan bakar alternatif berbasis minyak nabati (BBN) tersebut adalah penurunan smoke dalam gas buang mencapai 30%, karbon monoksida 20%, dan tidak mengeluarkan gas buang  $\text{NO}_x$  dan  $\text{SO}_x$  yang disinyalir sebagai penyebab terjadinya hujan asam.

Minyak goreng dapat diperoleh dari daging buah kelapa segar atau dari sawit. Proses untuk membuat minyak kelapa dari daging buah kelapa segar dikenal dengan proses basah (*wet process*), karena pada proses ini ditambahkan air untuk mengekstraksi minyak. Sedangkan pembuatan minyak kelapa dengan bahan baku sawit dikenal dengan (*dry process*).

Mutu minyak goreng ditentukan oleh titik asapnya, yaitu suhu pemanasan minyak dimana sampai terbentuk akrolein yang tidak diinginkan karena senyawa tersebut menimbulkan rasa gatal di tenggorokan. Asap yang dihasilkan saat minyak goreng dipanaskan merupakan indikator telah terjadinya penguraian. Secara normal titik asap terjadi pada temperatur 200 – 221°C dan berkurang dengan adanya penguraian produk. Semakin tinggi titik asap, semakin baik mutu minyak goreng tersebut. Titik asap suatu minyak goreng tergantung dari kadar gliserol dan asam lemak bebas (Belitz dan Grosch, 1999). Minyak yang telah digunakan untuk menggoreng titik asapnya akan turun, karena telah terjadi hidrolisis (Winarno, 1992).

Hidroperoksida yang terbentuk melalui proses pemanasan minyak merupakan senyawa yang bersifat sangat tidak stabil dan mudah menjadi senyawa

dengan rantai karbon yang lebih pendek oleh radiasi energi tinggi, energi panas, katalis logam, atau enzim. Senyawa-senyawa dengan rantai karbon yang lebih pendek ini adalah asam-asam lemak, aldehida-aldehida, dan keton yang bersifat volatil dan menimbulkan bau tengik pada minyak (Winarno, 1992).

Senyawa-senyawa volatil yang terbentuk selama degradasi minyak memiliki panjang rantai karbon dalam kisaran  $\text{C}_3 - \text{C}_{17}$  dengan produk yang dominan pada kisaran  $\text{C}_6 - \text{C}_{11}$ . Senyawa-senyawa tersebut memiliki gugus-gugus aktif terutama keton, aldehyd, alkohol, alkena, dan asam karboksilat, baik berdiri sendiri maupun kombinasi dari gugus-gugus tersebut. Gugus-gugus aktif ini dapat dengan mudah direduksi dalam lingkungan gas hidrogen dengan kehadiran katalis yang cocok untuk mempercepat reaksi pada temperatur tertentu.

Katalis yang sesuai untuk reaksi reduksi ini adalah katalis yang mempunyai kekuatan asam yang cukup besar dan dapat membantu hidrogenasi senyawa organik. Syarat ini cukup terpenuhi oleh zeolit alam yang telah dimodifikasi dan logam nikel. Salah satu penelitian telah membuktikan bahwa zeolit alam yang telah dimodifikasi mengalami kenaikan kekuatan asam dan kenaikan rasio Si/Al mencapai  $\pm 8,25$  (D. Setyawan, 2001: 48). Menurut Twaiq Farouq (2003) rasio Si/Al pada zeolit dalam penggunaannya sebagai

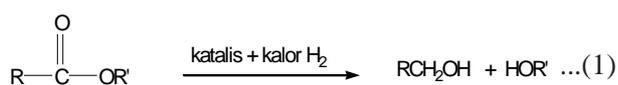
**Tabel 1**  
Komposisi beberapa asam lemak  
minyak sawit

Jenis asam	Jumlah atom C	Persen komposisi
Asam lemak jenuh		
Oktanoat	8	-
Dekanoat	10	-
Laurat	12	1
Miristat	14	1 – 2
Palmitat	16	32 – 47
Asam lemak tidak jenuh		
Oleat	18	38 – 56
Linoleat	18	5 – 14
Linolenat	18	1

Sumber : Ketaren, 1986.

katalis merupakan salah satu pengaruh jenis reaktan yang bersifat polar atau non polar. Pada rasio Si/Al antara 30 hingga 50, maka katalis tersebut lebih sesuai untuk jenis reaktan yang lebih bersifat polar, sedangkan untuk rasio Si/Al rendah maka jenis katalis tersebut lebih sesuai untuk jenis reaktan yang bersifat non polar.

Gugus asam karboksilat memiliki sifat *inert* (lamban) terhadap kebanyakan zat pereduksi seperti hidrogen dan katalis. Kelambanan ini dapat direaktifkan dengan merubah asam karboksilat menjadi ester dan kemudian ester tersebut dapat direduksi menjadi alkohol (Fessenden, 1986, Aloysius: 84). Alkohol dan senyawa asam organik akan mengalami reaksi esterifikasi. Ester dapat pula direduksi melalui reaksi hidrogenasi katalitik, suatu reaksi yang kadang-kadang disebut hidrogenolisis ester, menghasilkan sepasang alkohol (sekurangnya satu adalah alkohol primer) (Fessenden, 1986, Aloysius: 130).



**Gambar 1**  
**Reaksi hidrogenolisis ester.**  
(Fessenden, 1986, Aloysius: 130)

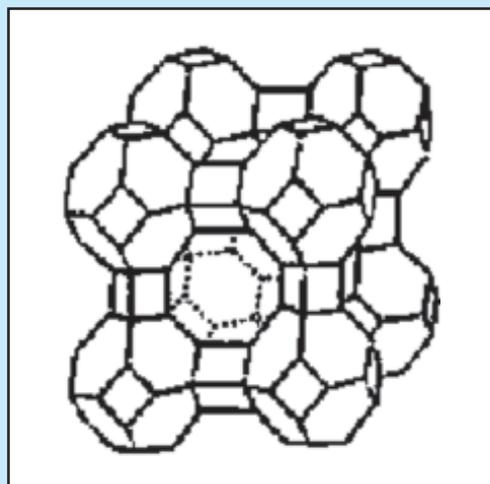
Reaksi perengkahan secara katalitik adalah suatu reaksi pemutusan ikatan rantai karbon -(C-C)- dengan menggunakan katalis sebagai media pada kondisi temperatur tertentu. Produk dari reaksi ini meliputi alkena dan alkana dengan berat molekul lebih rendah daripada yang terdapat dalam fraksi sebelum proses.

Zeolit merupakan suatu mineral berupa kristal aluminosilikat yang mempunyai struktur kerangka tiga dimensi. Kerangka ini dibentuk oleh tetrahedral alumina ( $\text{AlO}_4^{5-}$ ) dan silika ( $\text{SiO}_4^{4-}$ ) dengan rongga-rongga di dalam yang terisi ion-ion logam, biasanya alkali atau alkali tanah dan molekul air yang dapat bergerak bebas. Secara umum formula zeolit dapat dituliskan sebagai berikut (Hamdan, 1992) :



di mana :

- M = kation bermuatan positif n yang dapat dipertukarkan,
- x = jumlah Al,
- y = jumlah Si,
- p = jumlah air kristal,



**Gambar 2**  
**Struktur tiga dimensi dari salah satu jenis zeolit (Sumber: Smith, 1992)**

- n = muatan kation,
- { } = kerangka alumina-silikat

Menurut Satterfield (1980), pengertian dasar mengenai katalis adalah suatu substansi dalam jumlah yang relatif sedikit tetapi dapat mengakibatkan perubahan laju reaksi yang besar. Katalis dapat meningkatkan laju reaksi, akan tetapi tidak mengubah stoikiometri atau konstanta kesetimbangan reaksi dan tidak bereaksi untuk menghasilkan produk, meskipun katalis terlibat dalam sistem reaksi mulai dari proses fisisorpsi, kemisorpsi dan desorpsi. Pada dasarnya katalis hanyalah mempercepat dicapainya keadaan kesetimbangan dari suatu reaksi. Oleh karena itu jika secara termodinamika suatu reaksi tidak dapat terjadi maka dengan adanya katalis dalam reaksi tersebut juga tidak akan menyebabkan terjadinya reaksi, sehingga dapat dikatakan bahwa katalis bukan suatu substansi yang memulai terjadinya reaksi.

Tahapan reaksi katalitik heterogen diawali dengan proses fisisorpsi, kemudian kemisorpsi dan membentuk produk yang selanjutnya produk akhir tersebut terlepas dari permukaan katalis (tahap desorpsi). Interaksi antara katalis dengan reaktan dapat menghasilkan senyawa yang lebih aktif sebagai intermediet serta dapat meningkatkan kecepatan, ketepatan dan konsentrasi tumbukan (*encounter*) akibat dari lokalisasi reaktan. Sebagai konsekuensi dari keadaan tersebut maka energi pengaktifan dari reaksi akan menjadi lebih rendah.

## II. PROSEDUR PENELITIAN

Sampel katalis sebanyak 4 gram dimasukkan ke dalam kolom reaktor perengkah sistem *flow fixed-bed* dan 7,5 mL sampel minyak goreng *jelantah* yang telah diesterkan (metil ester *jelantah*, *MEWCO*) dimasukkan ke dalam reaktor umpan. Pemanas kolom (*furnace*) reaktor, tempat katalis dan umpan *MEWCO* (*feedstocks*) dipanaskan hingga temperatur 450°C dengan mengatur regulator tegangan. Selanjutnya gas nitrogen dialirkan pelan-pelan dengan kecepatan alir ± 5 mL/detik bersama 5 mL uap inisiator (alkohol) sehingga melewati *MEWCO* dan katalis. Selama proses perengkahan berlangsung botol penampung produk dan selang dari pipa kaca ulir didinginkan dengan pendingin es dan garam. Setelah proses reaksi selesai produk atau *organic liquid product* (*OLP*) dianalisis dengan menggunakan GC.

Variabel dalam penelitian ini adalah jenis katalis (Ni-1/H<sub>5</sub>NZA, Ni-5/H<sub>5</sub>NZA, Ni-10/H<sub>5</sub>NZA), inisiator (metanol dan butanol).

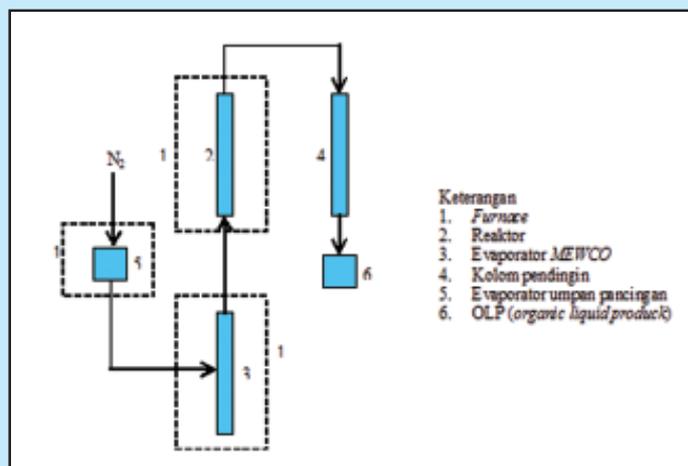
## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Aktivitas dan Selektivitas Katalis terhadap Fraksi Gasoline dan Solar

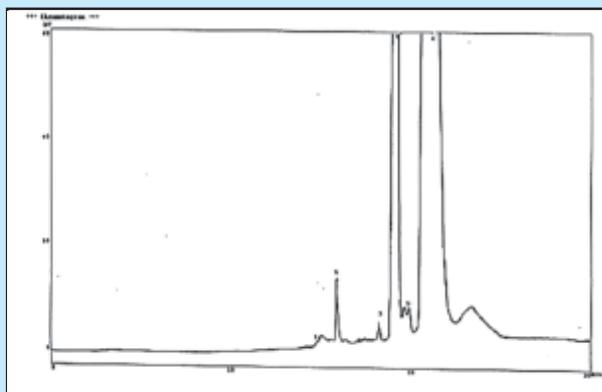
Aktivitas katalis didasarkan pada kemampuan katalis dalam memecah atau memutuskan ikatan rantai karbon dari reaktan metil ester *jelantah* (*MEWCO*) menjadi senyawa fraksi *gasoline* dan fraksi solar. Aktivitas katalis dalam menghasilkan

produk senyawa fraksi *gasoline* didefinisikan sebagai konsentrasi senyawa yang terbentuk pada rentang fraksi *gasoline* dibandingkan dengan konsentrasi awal *MEWCO* sebelum proses dengan katalis.

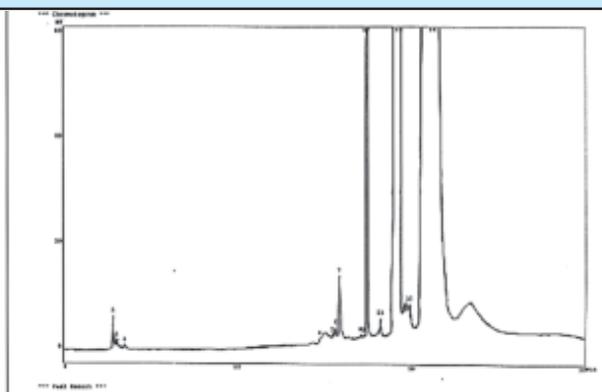
Aktivitas katalis dalam pembentukan produk fraksi solar didefinisikan sebagai konsentrasi senyawa yang terbentuk pada rentang fraksi solar dibandingkan dengan konsentrasi awal *MEWCO* sebelum proses. Selektivitas katalis didefinisikan sebagai kemampuan katalis untuk mengarah pada jenis produk tertentu atau yang dikehendaki (senyawa fraksi *gasoline* atau solar) dari sejumlah kemungkinan jenis produk yang terbentuk dalam reaksi katalitik.



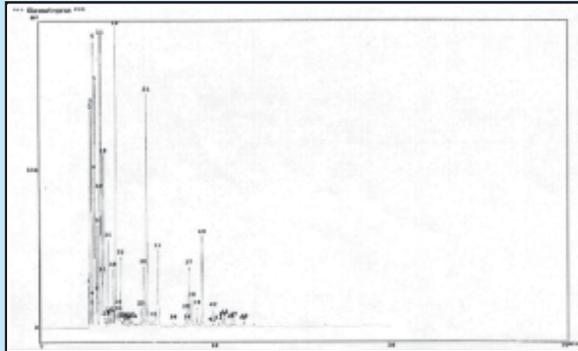
Gambar 3  
Satu unit reaktor 'flow fixed bed'



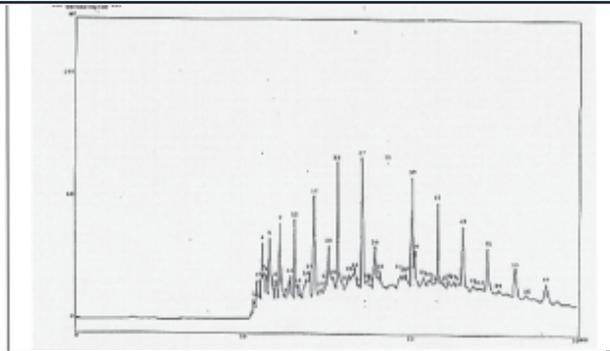
Gambar 4  
Kromatogram metil ester jelantah



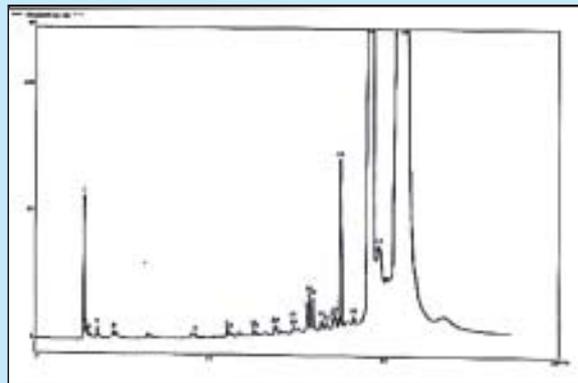
Gambar 5  
Kromatogram OLP perengkahan termal



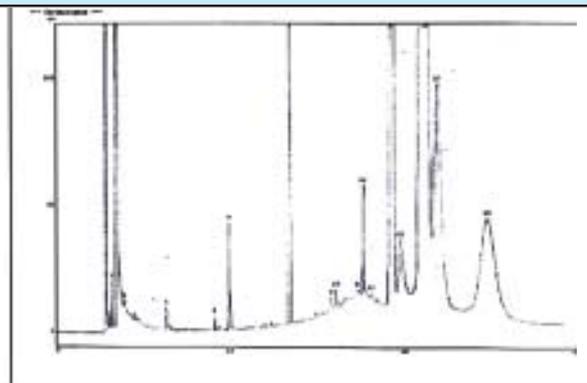
Gambar 6  
Kromatogram gasoline



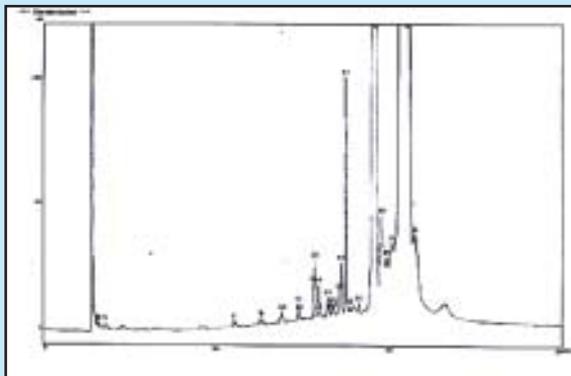
Gambar 7  
Kromatogram solar



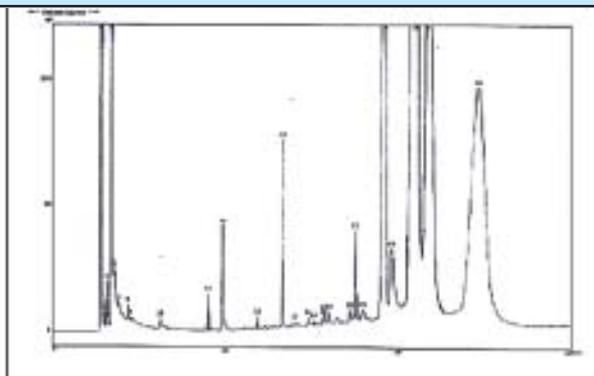
Gambar 8  
Kromatogram OLP dengan katalis  
Ni-1/H<sub>5</sub>-NZA dan UP metanol



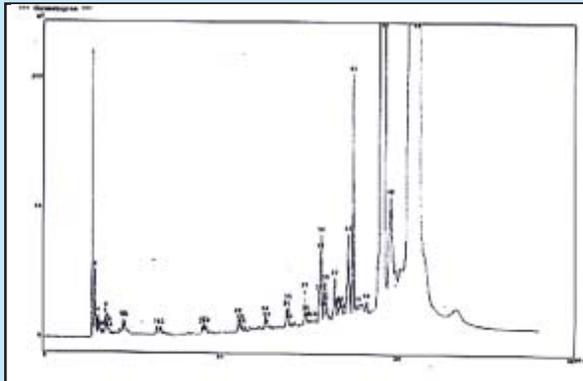
Gambar 9  
Kromatogram OLP dengan katalis  
Ni-1/H<sub>5</sub>-NZA dan UP butanol



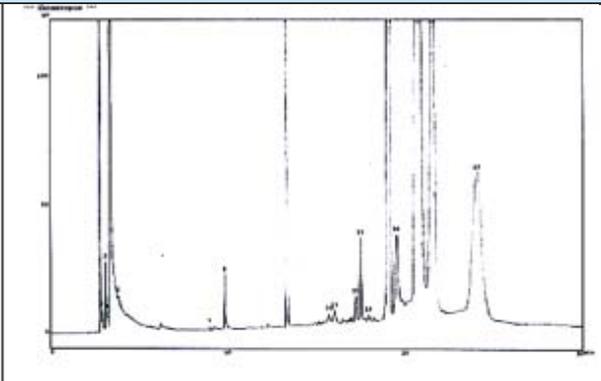
Gambar 10  
Kromatogram OLP dengan katalis  
Ni-5/H<sub>5</sub>-NZA dan metanol



Gambar 11  
Kromatogramn OLP dengan katalis  
Ni-5/H<sub>5</sub>-NZA dan butanol



**Gambar 12**  
Kromatogram OLP dengan katalis  
Ni-10/H<sub>5</sub>-NZA dan metanol

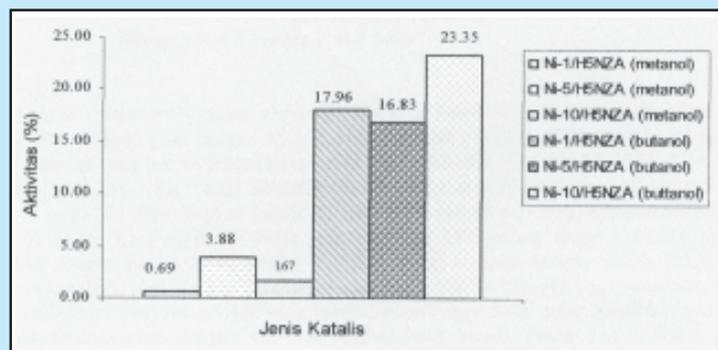


**Gambar 13**  
Kromatogram OLP dengan katalis  
Ni-10/H<sub>5</sub>-NZA dan butanol

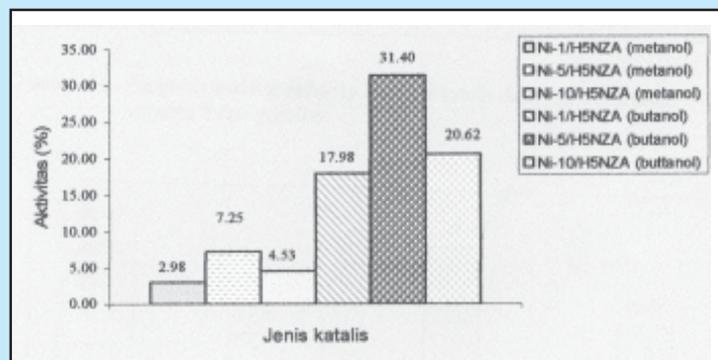
**B. Pengaruh Kandungan Ni Dalam Katalis Terhadap Aktivitas dan Selektivitas Katalis**

Penentuan aktivitas katalis dilakukan untuk mengetahui kemampuan masing-masing katalis dalam perengkahan reaktan menjadi senyawa fraksi gasoline dan fraksi solar. Aktivitas katalis dalam pembentukan senyawa fraksi gasoline ditunjukkan gambar 14.

Katalis Ni-5/H<sub>5</sub>-NZA dengan inisiator metanol dan Ni-10/H<sub>5</sub>-NZA dengan inisiator normal butanol mempunyai aktivitas lebih baik dalam pembentukan senyawa fraksi gasoline. Karakternya, katalis Ni-1/H<sub>5</sub>-NZA memiliki keasaman paling kecil (7,2679 mmol/g) jika dibandingkan katalis Ni-5/H<sub>5</sub>-NZA (7,938 mmol/g) maupun Ni-10/H<sub>5</sub>-NZA (8,325 mmol/g). Katalis Ni-1/H<sub>5</sub>-NZA memiliki luas permukaan spesifik (LPS) 136,864 m<sup>2</sup>/g dan volume total pori yang besar 80,57 e-03 cc/g sehingga memiliki aktivitas yang tinggi dalam pembentukan produknya. Katalis Ni-1/H<sub>5</sub>-NZA mempunyai distribusi ukuran pori yang tinggi pada daerah mikropori (ukuran pori < 20 Å) dan daerah dekat mikropori (ukuran 20 - 30 Å) sehingga selektif untuk pembentukan senyawa fraksi pendek (senyawa fraksi gasoline).



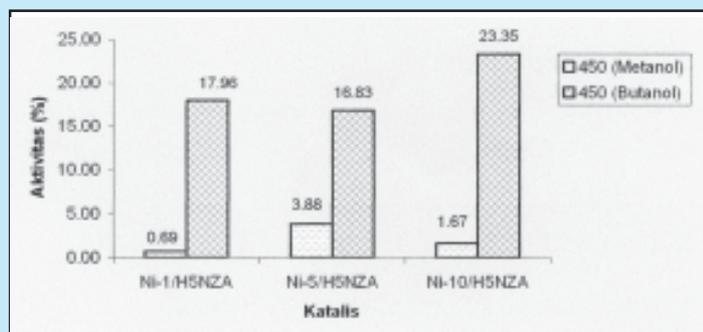
**Gambar 14**  
Pengaruh perbedaan kandungan Ni terhadap aktivitas katalis dalam pembentukan senyawa fraksi gasoline



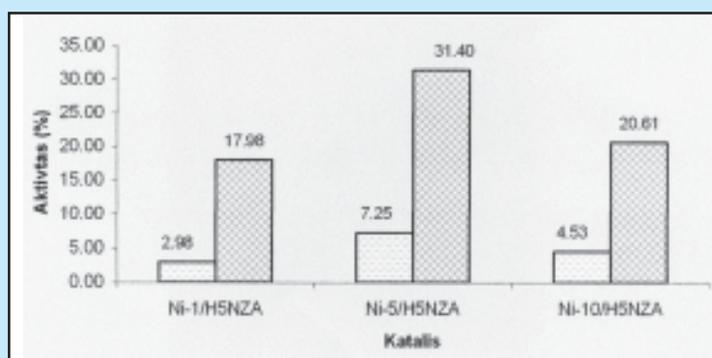
**Gambar 15**  
Pengaruh perbedaan kandungan Ni terhadap aktivitas katalis dalam pembentukan senyawa fraksi solar

Katalis Ni-5/H<sub>5</sub>-NZA dan Ni-10/H<sub>5</sub>-NZA mempunyai keasaman yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan katalis Ni-1/H<sub>5</sub>-NZA sehingga interaksi reaktan dengan katalis lebih kuat. Diperkirakan karena keasaman katalis Ni-5/H<sub>5</sub>-NZA dan Ni-10/H<sub>5</sub>-NZA yang tinggi (sehingga ikatan intermediet reaktan dan katalis relatif kuat) maka energi yang dibutuhkan lebih besar untuk meningkatkan aktivitas katalis. Pada temperatur 450 °C energi yang diberikan cukup untuk mensuplai terjadinya reaksi, sehingga aktivitas katalis Ni-5/H<sub>5</sub>-NZA dan Ni-10/H<sub>5</sub>-NZA meningkat. Selain itu pada temperatur lebih tinggi (450°C) memungkinkan terjadinya redeposisi (penataan ulang) Ni yang tidak terdistribusi secara merata pada katalis katalis Ni-5/H<sub>5</sub>-NZA dan Ni-10/H<sub>5</sub>-NZA sehingga dapat meningkatkan LPS katalis yang pada akhirnya akan meningkatkan aktivitas katalis tersebut.

Secara umum dalam pembentukan senyawa fraksi solar katalis Ni-5/H<sub>5</sub>-NZA mempunyai aktivitas paling baik jika dibandingkan dengan Ni-1/H<sub>5</sub>-NZA maupun Ni-10/H<sub>5</sub>-NZA. Katalis Ni-5/H<sub>5</sub>-NZA memiliki keasaman yang berada diantara keasaman katalis Ni-1/H<sub>5</sub>-NZA dan Ni-10/H<sub>5</sub>-NZA sehingga aktivitas katalis Ni-5/H<sub>5</sub>-NZA tinggi. Selain itu Ni-5/H<sub>5</sub>-NZA memiliki volume total pori paling tinggi (85,103 e-03 cc/g) jika dibandingkan katalis Ni-1/H<sub>5</sub>-NZA (80,57 e-03 cc/g) maupun Ni-10/H<sub>5</sub>-NZA (50,592 e-03 cc/g). Katalis Ni-5/H<sub>5</sub>-NZA juga memiliki LPS paling tinggi (142,214 m<sup>2</sup>/g) jika dibandingkan dengan katalis Ni-1/H<sub>5</sub>-NZA (136,864 m<sup>2</sup>/g) maupun dengan katalis (82,111 m<sup>2</sup>/g). Tingginya volume total pori dan luas permukaan spesifik katalis Ni-5/H<sub>5</sub>-NZA menyebabkan tingginya aktivitas katalitiknya. Senyawa produk yang berada dalam *range* fraksi solar memiliki rantai C lebih panjang jika dibandingkan dengan senyawa produk yang berada dalam daerah fraksi *gasoline*. Selektivitas Ni-5/H<sub>5</sub>-NZA terhadap pembentukan senyawa fraksi solar dipengaruhi oleh distribusi ukuran porinya. Katalis Ni-5/H<sub>5</sub>-NZA memiliki distribusi ukuran pori dominan pada daerah dekat makropori (ukuran pori > 100 Å) sehingga katalis Ni-



Gambar 16  
Pengaruh inisiator terhadap aktivitas katalis dalam pembentukan senyawa fraksi *gasoline*



Gambar 17  
Pengaruh inisiator terhadap aktivitas katalis dalam pembentukan senyawa fraksi solar

5/H<sub>5</sub>-NZA lebih selektif untuk pembentukan senyawa fraksi solar.

### C. Pengaruh Inisiator Terhadap Aktivitas Katalis

Proses katalitik dengan katalis Ni-10/H<sub>5</sub>-NZA pada temperatur 450 °C dengan 'umpan pancangan' butanol menunjukkan aktivitas katalis yang tinggi dibandingkan dengan umpan pancangan metanol. Selektivitas produk yang dihasilkan pada 'umpan pancangan' butanol adalah *gasoline*. Pengaruh inisiator terhadap aktivitas katalis dalam pembentukan produk senyawa fraksi *gasoline* dan solar ditunjukkan gambar 16 dan gambar 17.

Penggunaan butanol sebagai 'umpan pancangan' dalam reaksi konversi *MEWCO* relatif lebih baik dibandingkan metanol dalam menghasilkan senyawa

fraksi bahan bakar *gasoline* dan solar. Keadaan ini disebabkan karena butanol merupakan senyawa non polar sehingga lebih mudah berinteraksi dengan senyawa umpan (*MEWCO*) dibandingkan dengan metanol yang bersifat polar. Dengan demikian diprediksi bahwa butanol lebih mudah membentuk ion karbonium dibandingkan metanol, dimana dalam reaksi perengkahan katalitik tahap pembentukan ion karbonium merupakan tahap inisiasi yang sangat utama.

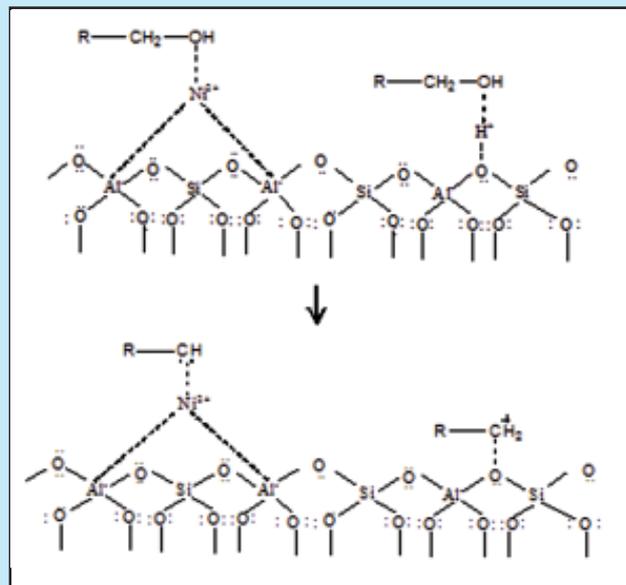
Alkohol sebagai umpan pancingan akan mengalami pembentukan ion karbonium pada situs asam Bronsted maupun dengan pembentukan radikal terstabilkan dengan bantuan situs asam Lewis dari zeolit (Campbell, 1988). Prediksi reaksi perengkahan katalitik yang melibatkan alkohol sebagai umpan pancingan ditunjukkan pada gambar 18,19 dan 20.

Tahap terminasi terjadi apabila terjadi penggabungan radikal terstabilkan (pada situs asam Lewis) dan terjadi pembentukan ikatan rangkap (pada situs asam Bronsted)

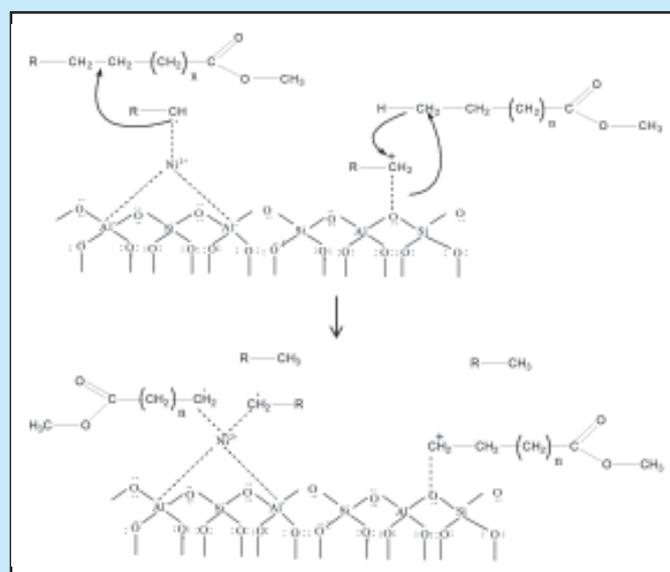
#### D. Pengaruh Keasaman Katalis Terhadap Aktivitas Katalis

Katalis yang digunakan dalam reaksi perengkahan pada umumnya 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. Situs asam yang terdapat pada permukaan katalis dimaksudkan sebagai situs aktif dalam pembentukan ion karbonium pada permukaan katalis dari inisiator yang diberikan sebagai tahap inisiasi. Ion karbonium merupakan tahap penentu dalam reaksi katalitik untuk jenis katalis heterogen.

Dalam penelitian ini aktivitas relatif total katalis didefinisikan sebagai kemampuan katalis dalam menghasilkan senyawa fraksi bahan bakar (*gasoline* dan solar). Sehingga berdasarkan gambar 21 dapat dijelaskan bahwa semakin meningkat keasaman (*acidity*) katalis, maka aktivitas relatif total katalis semakin meningkat pula. Peningkatan keasaman katalis menunjukkan kekuatan



Gambar 18  
Pembentukan radikal terstabilkan dan ion karbonium



Gambar 19  
Interaksi reaktan dengan ion karbonium dan radikal pada permukaan katalis

asam pada permukaan katalis. Meskipun kekuatan asam tidak selalu sinergis dengan peningkatan jumlah situs asam Bronsted dan Lewis secara kuantitatif.

Peningkatan aktivitas katalis mencapai keadaan yang maksimal pada tingkat keasaman katalis berkisar

7,938. Pada peningkatan keasaman lebih lanjut cenderung akan menurunkan aktivitas katalis.

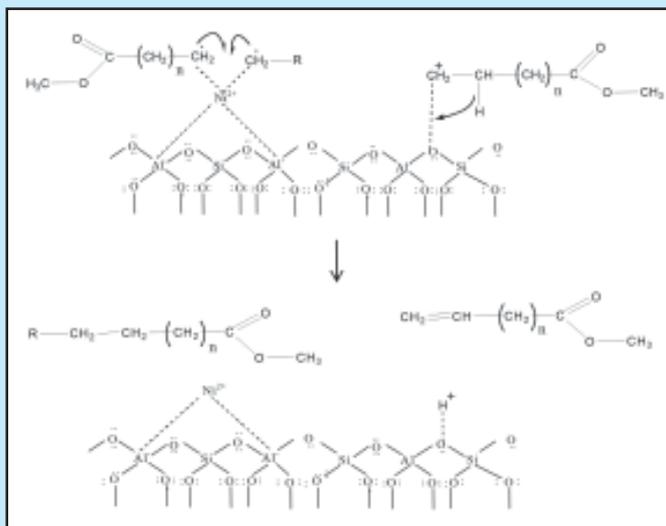
### E. Pengaruh Luas Permukaan Katalis Terhadap Aktivitas Katalis

Luas permukaan katalis juga merupakan faktor yang relatif penting disamping keasaman katalis. Luas permukaan pada katalis akan memberikan jumlah situs aktif pada permukaan yang dapat ditempati oleh reaktan. Semakin luas permukaan katalis maka peluang untuk terjadinya konsentrasi reaktan pada permukaan katalis juga akan semakin besar, dengan demikian probabilitas terjadinya tumbukan oleh reaktan dengan reaktan pada permukaan katalis juga akan semakin besar. Situs aktif pada permukaan katalis disebabkan karena adanya situs asam Bronsted dan situs asam Lewis pada permukaan katalis.

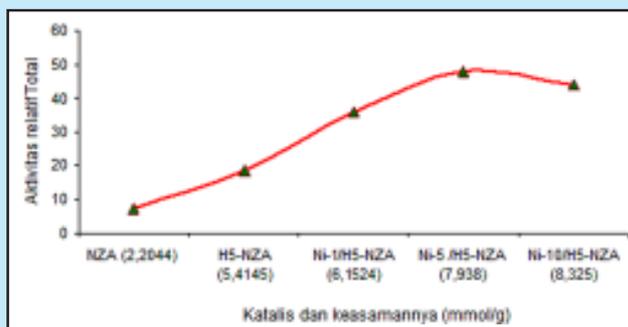
Berdasarkan gambar diatas dapat dijelaskan bahwa luas permukaan katalis optimum adalah berkisar 142,214 m<sup>2</sup>/g memberikan aktivitas katalitik yang maksimal pada kondisi proses temperatur reaksi 450 °C dengan inisiator butanol. Secara umum dapat dijelaskan bahwa luas permukaan yang terlalu tinggi tidak menjadi jaminan menghasilkan aktivitas katalis yang baik. Aktivitas katalis sangat dipengaruhi oleh luas permukaan spesifik katalis dan keasaman katalis, akan tetapi luas permukaan yang terlalu besar juga akan berdampak pada penurunan jari-jari pori katalis, sehingga pori-pori katalis tidak dapat dilewati reaktan (umpan) dalam proses adsorpsinya. Sehingga interaksi antara reaktan dengan situs aktif katalis pada permukaan katalis menjadi berkurang secara kuantitatif. Sehingga katalis dengan luas permukaan spesifik dan keasaman yang tinggi tidak menjamin bahwa aktivitas katalis akan meningkat secara signifikan.

## IV. KESIMPULAN

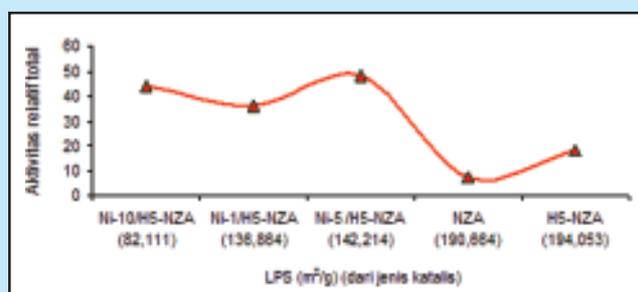
- Reaksi perengkahan secara katalitik MEWCO (metil ester jelantah) dengan



Gambar 20  
Tahap Terminasi



Gambar 21  
Pengaruh keasaman katalis terhadap aktivitas relatif total katalis



Gambar 22  
Pengaruh luas permukaan spesifik katalis terhadap aktivitas katalis

katalis Ni/Zeolit dan inisiator alkohol dalam reaktor sistem *fluidized bed* diperoleh senyawa fraksi bahan bakar fraksi solar dan gasoline.

- b. Proses katalitik *MEWCO* dengan reaktor sistem *fluidized bed* dengan katalis Ni/Zeolit dan inisiator alkohol dihasilkan senyawa fraksi bahan bakar fraksi solar dan gasoline, dengan prosen konversi maksimal 50,43 %.
- c. Aktivitas katalis yang paling baik dalam reaksi konversi katalitik *MEWCO* untuk menghasilkan produk selektif terhadap senyawa fraksi solar adalah katalis Ni-5/H<sub>5</sub>-NZA yang dioperasikan pada temperatur 450°C dengan inisiator butanol.
- d. Aktivitas katalis dalam proses konversi katalitik *MEWCO* untuk menghasilkan senyawa fraksi gasoline adalah Ni-10/H<sub>5</sub>-NZA yang digunakan pada temperatur 450°C dengan inisiator butanol.

#### V. SARAN

1. Perlu dibandingkan dengan jenis katalis lain seperti Co/Zeolit, Pt/Zeolit, Cr/Zeolit, Pd/zeolit, Ni-Pd/zeolit, Ni-Co/zeolit untuk mengetahui aktivitasnya sebagai katalis dalam mengarah selektivitas produk solar dan *gasoline*.
2. Perlu diteliti lebih lanjut dengan menggunakan reaktor bertingkat (*multiple plate coulom fluidized bed reactor*) dengan *multiple plate furnace* yang terpisah, dengan sistem yang sama, *fluidized bed*.

#### KEPUSTAKAAN

1. Augustine, R.L., 1996, *Heterogeneous Catalysis for Chemist*, Marcel Dekker Inc., New York.
2. Belitz, H.D., dan W. Grosch, 1999, *Food Chemistry*, second edition, Germany: Springer-Verlag Berlin Heidelberg
3. Bell, A.T., 1987, *Support and Metal Support Interaction in Catalyst Design*, John Wiley & Sons, New York.
4. Boudart, M., Bell A.T., 1987, *Catalyst Design*, Edisi I, A Wiley-Interscience Publication, New York.
5. Dyer, A., 1988, *An Introduction to Zeolite Mo-*

*lecular Sieves*, John Wiley and Sons Ltd., Chichester, England.

6. Fessenden, R.J dan J.S. Fessenden, 1986, *Kimia Organik Jilid II*, Edisi ketiga, terjemahan A.H. Pudjaatmaka, Jakarta: Erlangga
7. Gasser, R.P.H., 1987, *An Introduction to Chemisorption and Catalysis by Metal*, Oxford Science Publication, Clarendon Press, Oxford.
8. Hamdan, H., 1992, *Introduction to Zeolites: Synthesis, Characterization, and Modification*, Universiti Teknologi Malaysia.
9. Ketaren, 1986, *Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan*, Jakarta: Universitas Indonesia Pers.
10. Lowell, S. and J.E. Shields, 1984, *Powder Surface Area and Porosity*, Edisi II, Chapman and Hall, New York.
11. Satterfield, C.N., 1980, *Heterogeneous Catalysis in Practice*, Edisi I, McGraw Hill Inc, New York.
12. Setiaji, B., 1990, *Penentuan Keasaman Permukaan Padatan Dengan Cara Termal Analisis*, Berkala Ilmiah MIPA, FMIPA UGM, Yogyakarta.
13. Setyawan P.H.D., 2002, *Preparasi Katalis Cr/Zeolit Melalui Modifikasi Zeolit Alam*, Jurnal Ilmu Dasar, Universitas Jember, Volume 3 No.1, Januari 2002.
14. Setyawan P.H.D., 2002, *Pengaruh Perlakuan Asam, Hidrotermal dan Impregnasi Logam Kromium Pada Zeolit Alam dalam Preparasi Katalis*, Jurnal Ilmu Dasar, Universitas Jember, Volume 3 No.2, Juli 2002.
15. Setyawan P.H.D., 2002, *Pengaruh Modifikasi Zeolit Alam sbg Pengemban Kromium dalam Preparasi Katalis Cr/Zeolit Terhadap Hasil Perengkahan Kayu Bengkirei*, Jurnal Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Airlangga, Volume 7 No.2 Agustus 2002.
16. Smith, K., 1992, *Solid Support and Catalyst in Organic Synthesis*, Ellis Horwood PTR, Prentice Hall, London. ✓