

**AKTIVITAS KATALIS Ni/H<sub>5</sub>-NZA DAN MEKANISMENYA PADA KONVERSI JELANTAH MENJADI SENYAWA FRAKSI SOLAR DAN BENJIN DENGAN UMPAN PANCINGAN JENIS METANOL DAN BUTANOL**

*(The Activity of Ni/H<sub>5</sub>-NZA Catalyst And It's Mechanism in The Conversion of Waste Cooking Oil to Diesel and Gasoline Fuel fraction Within Methanol and Butanol as Catching-Feed )*

D. Setyawan PH  
Jurusan kimia FMIPA Universitas Jember  
Jl. Kalimantan III/25 Jember  
Email : [kreka\\_zeolit@yahoo.com](mailto:kreka_zeolit@yahoo.com)  
[dsetyawanph@yahoo.com](mailto:dsetyawanph@yahoo.com)

**Abstrak**

Aktivitas katalis Ni/Zeolit dalam reaksi konversi jelantah menjadi senyawa fraksi bahan bakar cair khususnya fraksi solar dan bensin telah dipelajari. Reaksi konversi berlangsung dalam kolom reaktor sistem *flow fixed bed* yang dioperasikan pada temperatur 450 °C selama 30 menit dengan metanol dan butanol sebagai umpan pancingan.

Jenis katalis yang dipelajari adalah Ni-1/ H<sub>5</sub>-NZA, Ni-5/ H<sub>5</sub>-NZA, Ni-10/ H<sub>5</sub>-NZA. Metode preparasi katalis melalui teknik modifikasi zeolit alam yang melibatkan proses dealuminasi melalui perlakuan asam (HF 1%, HCl 6 M dan NH<sub>4</sub>Cl 0,1 M), proses hidrotermal, kalsinasi dengan N<sub>2</sub>, oksidasi dengan O<sub>2</sub> dan pengembunan 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. Metil ester jelantah yang diperoleh kemudian diproses dalam reaktor sistem *flow fixed bed* dan katalis ditempatkan didalamnya, kemudian uap alkohol (metanol atau butanol) bersama gas nitrogen dialirkan melalui katalis pada temperatur 450 °C. Proses katalitik berlangsung selama 30 menit.

Reaksi metil ester jelantah dengan katalis Ni/Zeolit dan alkohol (metanol atau butanol) sebagai umpan pancingan dalam reaktor sistem *flow fixed bed* diperoleh senyawa fraksi bahan bakar cair dalam rentang fraksi solar dan bensin. Prosen konversi jelantah menjadi senyawa fraksi bahan bakar cair (total fraksi solar dan bensin) diperoleh 50,43 %. Sedangkan aktivitas katalis yang paling baik dalam reaksi konversi katalitik metil ester jelantah untuk menghasilkan produk selektif terhadap senyawa fraksi solar adalah katalis Ni-5/H<sub>5</sub>-NZA dengan umpan pancingan butanol, untuk katalis Ni-10/H<sub>5</sub>-NZA dengan umpan pancingan butanol dihasilkan produk senyawa fraksi bensin.

Kata kunci : jelantah, katalis, zeolit, fuel

**Abstract**

The activity of Ni/H<sub>5</sub>-NZA catalyst in conversion of waste cooking oil to liquid fuel fraction especially diesel and gasoline have studied. The reaction was proceeded in flow fixed bed system of reactor that was operated at the temperature of 450 °C for 30 minutes with methanol and butanol as the catching-feed.

A kind of catalysts that were studied are Ni-1/ H<sub>5</sub>-NZA, Ni-5/ H<sub>5</sub>-NZA, Ni-10/ H<sub>5</sub>-NZA. They were prepared by acid (HF 1%, HCl 6 M dan NH<sub>4</sub>Cl 0,1 M), hydrothermal, calcination with nitrogen, oxydized with O<sub>2</sub> and impregnation nickel (1%, 5%, 10% w/w) treatments. The waste cooking oil as feed stocks was reacted with sodium methoxy (CH<sub>3</sub>ONa) to produce methyl ester. The catalytic process was done by placed the methyl ester from waste cooking oil in the flow fixed bed reactor system, then the alcohol (methanol or butanol) was vaporized so the nitrogen was flowed through the vapor of alcohol to react with surfaces of catalyst. The reactor was operated at temperature of 450 °C for 30 minutes.

The reaction of methyl ester from waste cooking oil with alcohol (methanol or butanol) on surface of catalyst using flow fixed bed reactor produced liquid fuel of diesel and gasoline fraction. The maximally percent of conversion from that process reached 50,43 %. The Ni-5/H<sub>5</sub>-NZA catalyst showed the selectivity to produced diesel fuel and Ni-10/H<sub>5</sub>-NZA catalyst showed the selectivity to produced gasoline using the butanol as catching-feed.

Key words : waste cooking oil, catalyst, zeolite, fuel

## PENDAHULUAN

*Jelantah* merupakan limbah sisa penggorengan yang biasanya langsung dibuang ke lingkungan karena belum bisa dimanfaatkan lebih baik. Limbah ini tergolong limbah organik yang banyak mengandung senyawa hidrokarbon, bila terdegradasi didalam lingkungan akan meningkatkan keasaman lingkungan, menimbulkan bau yang tidak sedap, dan lain-lain. Akibatnya, hanya mikro organisme tertentu yang bisa bertahan hidup dan pada umumnya merupakan mikro organisme yang merugikan bagi manusia. 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 baru tersebut adalah penurunan gas buang smoke mencapai 30%, karbon monoksida 20%, dan tidak mengeluarkan gas buang  $\text{NO}_x$  dan  $\text{SO}_x$ .

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*) (Ketaren, 1986).

Tabel 1. Komposisi Beberapa Asam Lemak Minyak Sawit

Jenis asam lemak	Jumlah atom C	Persentase 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.

Minyak goreng saat dipanaskan ditunjukkan oleh kandungan asam lemak dari titik asap minyak. Mutu minyak goreng ditentukan oleh titik asapnya, yaitu suhu pemanasan minyak sampai terbentuk akrolein yang tidak diinginkan dan 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 hingga 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 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, aldehid-aldehid, dan keton yang bersifat volatil dan menimbulkan bau tengik pada minyak (Winarno, 1992).

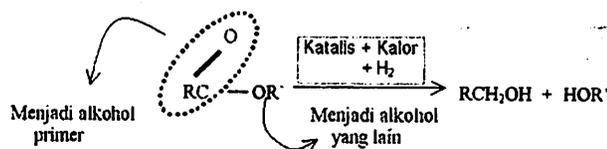
Senyawa-senyawa volatil yang terbentuk selama degradasi minyak memiliki panjang rantai karbon dalam kisaran  $\text{C}_3 - \text{C}_{17}$  dengan produk yang dominan pada kisaran  $\text{C}_6 - \text{C}_{11}$ . Senyawa-senyawa tersebut memiliki gugus-gugus aktif terutama keton, aldehyd, alkohol, alkena, dan asam karboksilat, baik berdiri sendiri maupun kombinasi 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 cocok 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  $\pm 8,25$  (Setyawan, 2002).

Menurut Twaiq Farouq (2003) rasio Si/Al pada zeolit dalam penggunaannya sebagai katalis merupakan salah satu pengaruh jenis reaktan yang bersifat polar atau non polar. Pada rasio Si/Al tinggi 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.

Suatu kenyataan bahwa gugus asam karboksilat memiliki sifat lamban (*inert*) terhadap kebanyakan zat pereduksi (seperti hidrogen plus katalis). Kelambanan ini dapat diaktifkan dengan merubah asam karboksilat menjadi ester dan kemudian ester itu direduksi (Fessenden, 1986,

Aloysius: 84). Alkohol dan senyawa asam organik akan mengalami reaksi esterifikasi. Ester dapat direduksi oleh hidrogenasi katalitik, suatu reaksi yang kadang-kadang disebut hidrogenolisis ester, menghasilkan sepasang alkohol (sekurangnya satu adalah alkohol primer) (Fessenden, 1986, Aloysius: 130).



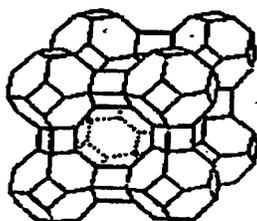
Gambar 1. Reaksi hidrogenolisis ester. (Sumber : Fessenden, 1986, Aloysius: 130)

Reaksi perengkahan secara katalitik adalah suatu reaksi pemutusan ikatan rantai karbon -(C-C)- dengan menggunakan katalis sebagai media pada kondisi temperatur yang tertentu. Produk dari reaksi ini meliputi alkena dan alkana dengan berat molekul lebih rendah daripada yang terdapat dalam fraksi sebelum proses. Alkana dari reaksi perengkahan ditambahkan pada bahan tanpa perengkahan (*straight-run*) bahan bakar untuk meningkatkan bahan bakar yang dihasilkan dari minyak mentah.

Zeolit merupakan suatu mineral berupa kristal aluminosilikat yang mempunyai struktur kerangka tiga dimensi. Kerangka ini dibentuk oleh tetrahedral alumina ( $\text{AlO}_4^{3-}$ ) 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, n = muatan kation, { } = kerangka alumina-silikat



Gambar 2. Struktur Tiga Dimensi Struktur Zeolit dari Jenis Mordenit (Sumber: Smith, 1992.)

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 dipainya 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

## METODOLOGI 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*) dimasukkan ke dalam reaktor umpan. Pemanas kolom (*furnace*) reaktor, tempat katalis dan umpan ester *jelantah* (*feedstocks*) dipanaskan hingga temperatur  $450^\circ\text{C}$  dengan mengatur regulator tegangan. Selanjutnya gas nitrogen dialirkan pelan-pelan dengan kecepatan alir  $\pm 5$  mL/detik bersama 5 mL uap umpan pancingan (alkohol) sehingga melewati ester *jelantah* 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, bomb kalorimeter.

## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

### Aktivitas dan Selektivitas Katalis terhadap Fraksi Bensin dan Solar

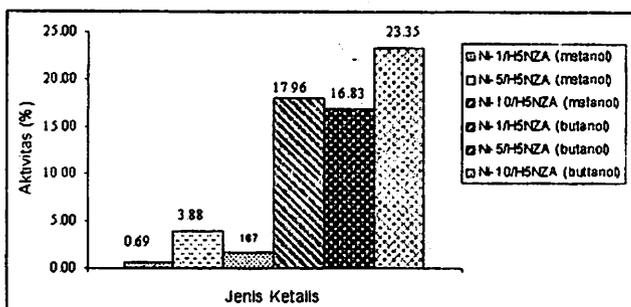
Aktivitas katalis didasarkan pada kemampuan katalis dalam memecah atau memutuskan ikatan rantai karbon dari reaktan metil ester *jelantah* menjadi

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

### 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 *bensin* dan fraksi solar. Aktivitas katalis dalam pembentukan senyawa fraksi *bensin* ditunjukkan gambar 3.



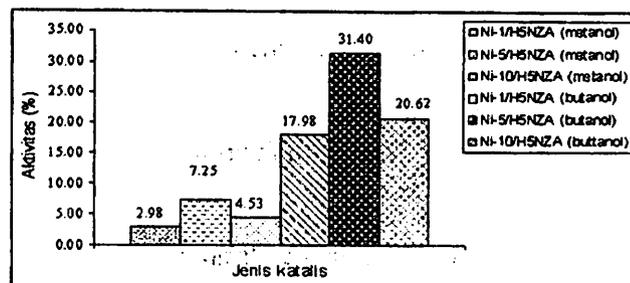
Gambar 3. Pengaruh Perbedaan Kandungan Ni terhadap Aktivitas Katalis dalam Pembentukan Senyawa Fraksi *Bensin*

Katalis Ni-5/H<sub>5</sub>-NZA dengan umpan pancingan metanol dan Ni-10/H<sub>5</sub>-NZA dengan umpan pancingan n-butanol mempunyai aktivitas lebih baik dalam pembentukan senyawa fraksi *bensin*.

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 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 *bensin*).

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.



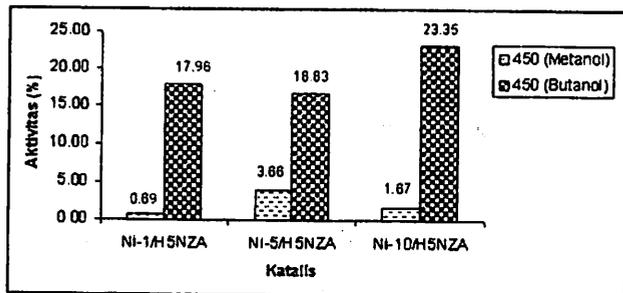
Gambar 4. Pengaruh Perbedaan Kandungan Ni terhadap Aktivitas Katalis dalam Pembentukan Senyawa Fraksi Solar

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

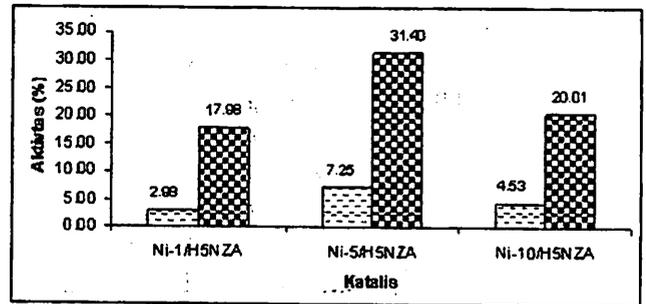
### Pengaruh Umpau Paueiugan Terhadap Aktivitas Katalis

Temperatur mempunyai hubungan erat dengan energi (energi kinetik) dalam suatu reaksi kimia. Temperatur yang terlalu rendah dapat menyebabkan kurangnya suplai energi untuk reaksi sehingga kativitas katalis. Temperatur yang terlalu tinggi dapat menyebabkan terlalu tingginya energi sehingga akan menurunkan aktivitas katalis. Pengaruh temperatur terhadap aktivitas katalis dalam pembentukan produk senyawa fraksi *bensin* ditunjukkan gambar 5.



Gambar 5. Pengaruh Umpau Pancingan terhadap Aktivitas Katalis dalam Pembentukan Senyawa Fraksi Bensin.

Katalis Ni-5/H<sub>5</sub>-NZA dan katalis Ni-10/H<sub>5</sub>-NZA memiliki aktivitas pembentukan senyawa fraksi *bensin* meningkat. Aktivitas katalis juga dipengaruhi karakter katalis itu sendiri. Katalis Ni-1/H<sub>5</sub>-NZA memiliki keasaman paling kecil jika dibandingkan dengan Ni-5/H<sub>5</sub>-NZA maupun Ni-10/H<sub>5</sub>-NZA. Kecilnya keasaman tersebut menyebabkan lemahnya ikatan intermediet reaktan dan katalis sehingga energi yang diperlukan relatif kecil dengan demikian katalis lebih aktif pada temperatur yang relatif lebih rendah sedangkan pada katalis Ni-5/H<sub>5</sub>-NZA dan Ni-10/H<sub>5</sub>-NZA yang memiliki keasaman yang lebih tinggi aktivitas meningkat pada temperatur yang relatif tinggi. Keasaman yang lebih tinggi menyebabkan ikatan intermediet lebih kuat sehingga memerlukan energi yang lebih besar untuk meningkatkan aktivitas katalitiknya. Redeposisi (penataan ulang) Ni yang tidak terdistribusi secara merata juga dapat saja terjadi pada katalis Ni-5/H<sub>5</sub>-NZA dan Ni-10/H<sub>5</sub>-NZA yang akan meningkatkan aktivitas katalis.

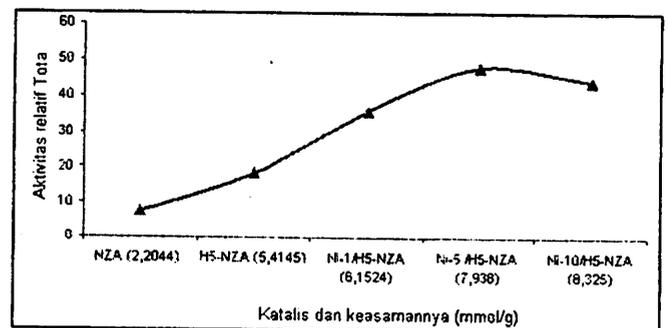


Gambar 6. Pengaruh Umpau Pancingan terhadap Aktivitas Katalis dalam Pembentukan Senyawa Fraksi Solar

Secara umum katalis Ni-1/H<sub>5</sub>-NZA, Ni-5/H<sub>5</sub>-NZA dan Ni-10/H<sub>5</sub>-NZA dalam pembentukan produk senyawa fraksi solar aktivitasnya relatif paling tinggi pada temperatur reaksi 450 °C.

### 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 untuk sebagai inisiator dalam pembentukan ion karbonium pada permukaan katalis dari umpau pancingan yang diberikan. Ion karbonium merupakan tahap penentu dalam reaksi katalitik khususnya untuk jenis katalis heterogen.

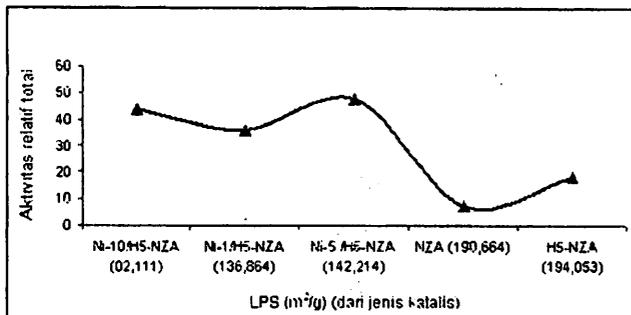


Gambar 7. Pengaruh keasaman katalis terhadap aktivitas katalis

Gambar 7 memberikan informasi bahwa semakin meningkat keasaman katalis akan berakibat pada peningkatan aktivitas katalis, akan tetapi peningkatan aktivitas katalis mencapai keadaan yang maksimal pada tingkat keasaman katalis berkisar 7,938. Pada peningkatan keasaman lebih lanjut cenderung akan menurunkan aktivitas katalis.

## 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.



Gambar 8. Pengaruh luas permukaan spesifik katalis terhadap Aktivitas katalis

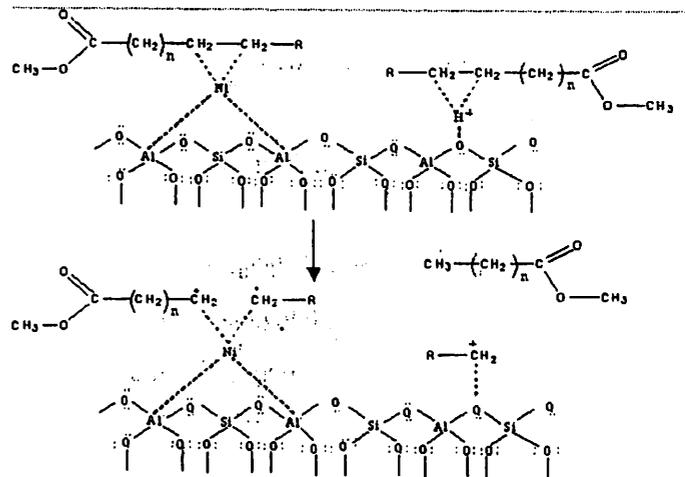
Berdasarkan gambar diatas dapat dijelaskan bahwa luas permukaan katalis optimum adalah berkisar 142,214 m<sup>2</sup>/g memberikan aktivitas katalitik yang maksimal pada kondisi proses temperatur reaksi 450 °C dengan umpan pancingan butanol. Secara umum dapat dijelaskan bahwa luas permukaan yang terlalu 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.

## MEKANISME REAKSI

### Perengkakan Katabtik tanpa Bantnan Alkohol sebagai Umpan Pancingan

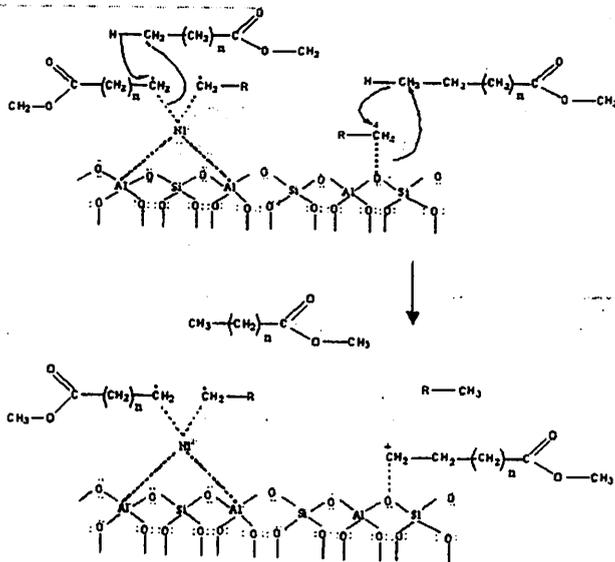
Perengkakan katalitik pada katalis yang telah diimpregnasi dengan Ni dapat berlangsung pada situs asam Bronstead (H<sup>+</sup>) yang terdapat dalam zeolit ataupun pada situs asam Lewis yang berasal dari orbital kosong Ni yang terimpregnasi.

Interaksi reaktan dengan situs asam Bronstead (H<sup>+</sup>) terjadi karena adanya perbedaan kepolaran sedangkan interaksi reaktan dengan Ni terjadi akibat adanya interaksi elektron elektron  $\pi$ , pasangan elektron bebas ataupun elektron ikatan dengan orbital kosong Ni (Gasser, 1987). Tahap selanjutnya terjadi pemutusan ikatan reaktan menghasilkan ion karbonium (pada situs asam Bronstead) dan radikal yang terstabilkan (pada situs asam Lewis).



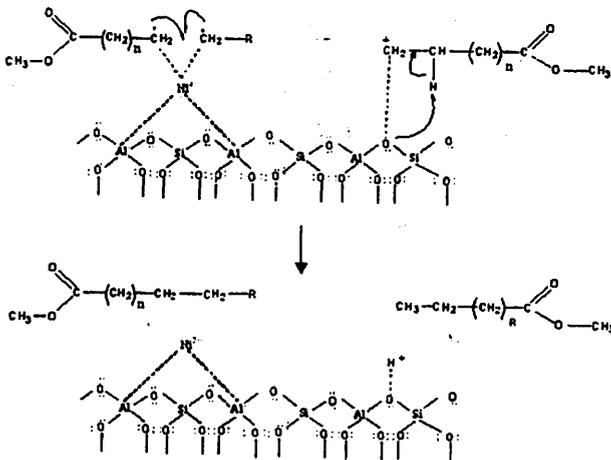
Gambar 9. Pembentukan Karbonium dan Radikal Terstabilkan pada Situs Aktif Katalis

Radikal terstabilkan dan ion karbonium selanjutnya akan bereaksi dengan reaktan lainnya.



Gambar 10. Perengkahan katalitik pada permukaan katalis.

Tahap terminasi terjadi apabila terjadi pembentukan ikatan rangkap (pada situs Bronstead) dan terjadi penggabungan radikal bebas (pada situs sama Lewis).

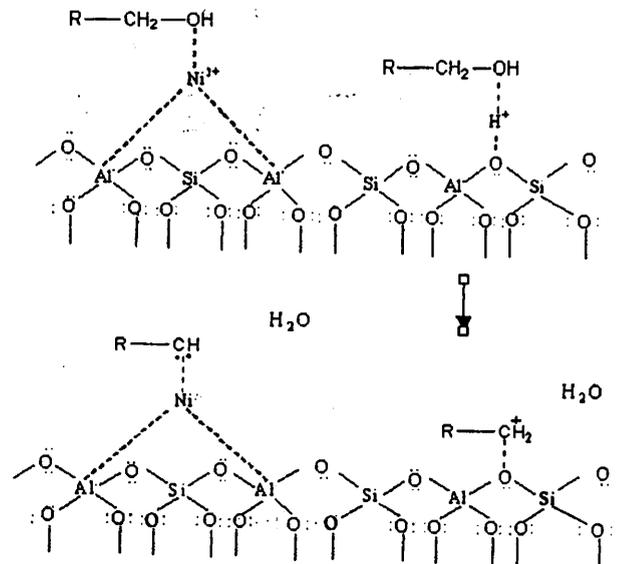


Gambar 11. Tahap Terminasi, desorpsi produk reaksi dari permukaan katalis

**Perengkahan Katalitik yang Melibatkan Alkohol sebagai Pengmpnan**

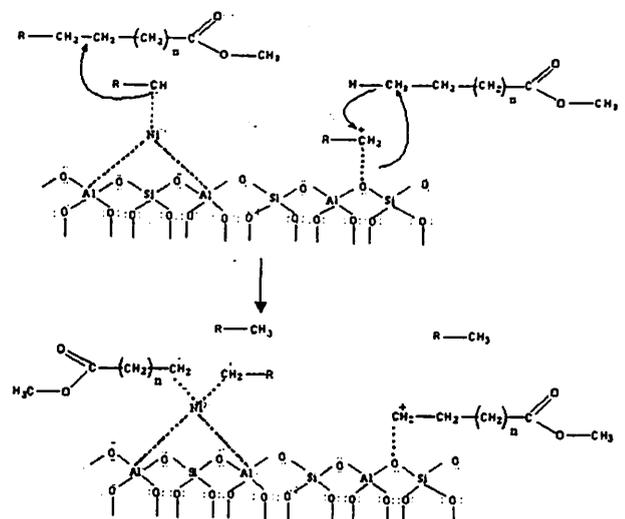
Perengkahan katalitik yang melibatkan alkohol sebagai umpan pancingan pada dasarnya mirip dengan perengkahan katalitik tanpa melibatkan alkohol sebagai umpan pancingan hanya saja pada mekanisme ini melibatkan alkohol sebagai umpan pancingan dalam reaksinya. Alkohol sebagai umpan pancingan akan mengalami pembentukan karbonium (pada situs asam Bronstead) 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 36.



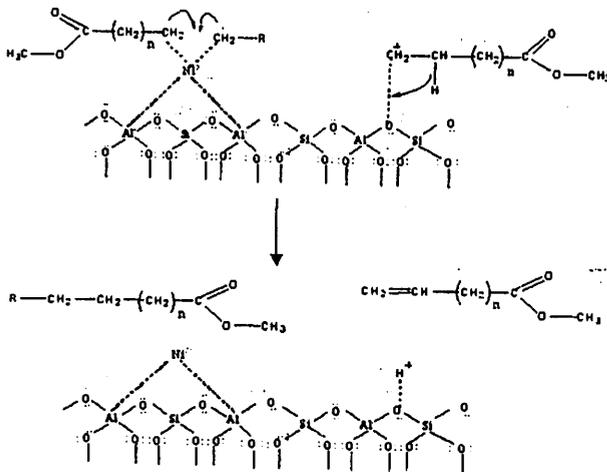
Gambar 12. Pembentukan Radikal Terstabilkan dan Ion Karbonium.

Radikal yang terbentuk selanjutnya akan bereaksi dengan reaktan lainnya sehingga perengkahan akan berlangsung.



Gambar 13. Reaksi perengkahan pada permukaan katalis

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



Gambar 14. Tahap Terminasi

## KESIMPULAN

- Reaksi perengkahan secara katalitik jelantah (metil ester jelantah) dengan katalis Ni/Zeolit dan umpan pancingan butanol dalam reaktor sistem *flow fixed bed* diperoleh senyawa fraksi bahan bakar fraksi solar dan bensin dengan prosen konversi maksimal 50,43%.
- Aktivitas katalis yang paling baik dalam reaksi konversi katalitik metil ester jelantah untuk menghasilkan produk selektif terhadap senyawa fraksi solar adalah katalis Ni-5/H<sub>5</sub>-NZA yang dioperasikan pada temperatur 450 °C dengan umpan pancingan butanol.
- Aktivitas katalis dalam proses konversi katalitik metil ester jelantah untuk menghasilkan senyawa fraksi bensin adalah Ni-10/H<sub>5</sub>-NZA yang digunakan pada temperatur 450 °C dengan umpan pancingan butanol.

## SARAN

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

## DAFTAR PUSTAKA

- Augustine, R.L., 1996, *Heterogeneous Catalysis for Chemist*, Marcel Dekker Inc., New York.
- Belitz, H.D., dan W. Grosch, 1999, *Food Chemistry*, second edition, Germany: Springer-Verlag Berlin Heidelberg
- Campbell, I.M., 1988, *Catalyst at Surfaces*, Edisi I, Chapman and Hall, New York.
- Fessenden, R.J dan J.S. Fessenden, 1986, *Kimia Organik Jilid II*, Edisi ketiga, terjemahan A.H. Pudjaatmaka, Jakarta: Erlangga
- Gasser, R.P.H., 1987, *An Introduction to Chemisorption and Catalysis by Metal*, Oxford Science Publication, Clarendon Press, Oxford.
- Hamdan, H., 1992, *Introduction to Zeolites: Synthesis, Characterization, and Modification*, Universiti Teknologi Malaysia.
- Ketaren, 1986, *Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan*, Jakarta: Universitas Indonesia Pers.
- Satterfield, C.N., 1980, *Heterogeneous Catalysis in Practice*, Edisi I, McGraw Hill Inc, New York.
- 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.
- Setyawan P.H.D., 2002, *Pengaruh Modifikasi Zeolit Alam sbg Pengembangan 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.
- Smith, J.M., 1992, *Chemical Engineering Kinetics*, second edition, New York: McGraw-Hill Book Co.
- Winarno, F.G., 1992, *Kimia Pangan dan Gizi*, cetakan ke-5, Jakarta: P.T. Gramedia Pustaka Utama

Lampiran. Kromatogram metil ester jelantah sebelum dan sesudah di proses dengan katalis dan kromatogram solar dan bensin

