

# **Perengkahan Katalitik Metil Ester dari Minyak Jelantah Menggunakan Katalis Ni/ZSM5 yang Dihasilkan dengan Metode Ion *Exchange***

Titin Anggraini

Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Jambi

## **Abstrak**

Kebutuhan dan penggunaan bahan bakar saat ini semakin meningkat yang mengakibatkan ketersediaan bahan bakar itu sendiri menurun dan berkurang. Maka harus dikembangkan energi alternatif yang dapat diperbarui. Sumber daya alam yang dapat digunakan salah satunya limbah kelapa sawit yaitu minyak jelantah. Minyak jelantah dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan metil ester, yang selanjutnya direngkah menggunakan katalis ZSM5. Katalis ZSM5 disintesa menggunakan metode sintesis yang di kembangkan Nazarudin (2012). Proses ion *exchange* logam Ni dilakukan dengan memvariasikan konsentrasi logam Ni dalam larutan ion-*exchange*. Adapun variabel yang diterapkan dalam penelitian ini yaitu variasi konsentrasi katalis Ni/ZSM5 yaitu 1%, 2%, dan 3% dengan variasi temperatur yaitu 400 °C, 450 °C, 500 °C dengan rasio 1:30 dan waktu 100 menit operasi. Karakteristik katalis dilakukan analisa menggunakan XRD dan SEM-EDX. Hasil analisa XRD menunjukkan bahwa ZSM5 dan Ni/ZSM5 yang menghasilkan disintesis mempunyai tingkat kristalinitas dan sesuai standar *Collection of Simulated XRD Powder Patterns for Zeolits*, serta hasil analisa SEM-EDX sesuai dengan morfologi untuk ZSM5. Persen cairan hasil perengkahan (CHP) tertinggi dihasilkan sebesar 77,91% dihasilkan pada suhu 450 °C dengan katalis ZSM5 dengan perlakuan Ni 1%. Studi kinetika reaksi yang dilakukan menunjukkan bahwa nilai K tertinggi terdapat pada perengkahan katalitik ZSM5 dengan perlakuan Ni 3% pada suhu 500 °C.

Kata Kunci : Metil Ester, ZSM5, logam Ni, Perengkahan Katalitik, Ion Exchange.

## **PENDAHULUAN**

Indonesia merupakan salah satu negara didunia terkenal akan sumber daya alam (SDA) yang melimpah, terutama minyak bumi dan gas alam. Minyak bumi dan gas alam merupakan salah satu sumber daya yang tidak dapat diperbaharui (*fossil fuel*). Maka dari itu dibutuhkan energi alternatif yang dapat terus menerus diperbaharui. Salah satunya yaitu biodiesel yang dapat dibuat dari minyak nabati maupun minyak hewani. Pemanfaatan minyak nabati salah satunya adalah minyak jelantah.

Minyak jelantah dapat dimanfaatkan kembali sebagai bahan bakar alternatif dan bahan baku pembuatan biodiesel. Biodiesel dapat disintesis melalui esterifikasi asam lemak bebas atau transesterifikasi trigliserida dengan metanol sehingga menghasilkan metil ester. (Budiman, 2015).

Secara umum penelitian yang dilakukan adalah penelitian yang ingin menghasilkan produk bahan bakar minyak dan gas yang dihasilkan dari berbagai macam jenis sumber hidrokarbon yang terdiri dari

dua katagori yakni hidrokarbon yang berasal dari limbah dan non limbah, seperti residu minyak bumi (Nazarudin, 2014). Selain itu biodiesel yang diproduksi dari minyak jelantah memiliki kualitas yang hampir sama dengan biodiesel standar ASTM, sehingga hasil konversi minyak memiliki peluang untuk dipasarkan (Wijaya, 2011).

Teknologi yang digunakan untuk mengubah metil ester dari minyak jelantah menjadi bahan bakar minyak, yaitu dengan proses *cracking* (perengkahan). Proses yang sering digunakan dalam proses perengkahan adalah proses *catalytic cracking*. Proses ini dipilih karena tidak memerlukan energi yang besar dibanding *thermal cracking*. Selain itu, konversi yang dihasilkan lebih besar dibanding dengan proses *hydrocracking*. (Hassan, 2015).

Pada proses konversi hidrokarbon rantai panjang maupun polimer membutuhkan peran katalis. Dimana peran katalis berfungsi untuk menurunkan energi aktivasi dari suatu reaksi. Salah satu dari sifat katalis yang penting adalah total asamnya serta kestabilan termal yang tinggi, seperti katalis ZSM5 (Trisunaryanti dkk., 2005, Widiawati, 2017).

Untuk meningkatkan kinerja katalis dibutuhkan modifikasi dengan cara pengembanan logam. Salah satu logam yang dapat digunakan adalah logam Nikel. Pemilihan logam Nikel dikarenakan harganya jauh lebih murah dibandingkan logam Pd dan Pt, stabilitas termal tinggi dan daya tahan yang kuat terhadap racun katalis (Bijang dkk., 2002). Metode pengembanan logam yang digunakan adalah metode *ion exchange*. Metode

pengembanan logam dengan *ion exchange* menghasilkan katalis dengan efisiensi lebih tinggi.

## **TINJAUAN PUSTAKA**

### **Minyak Jelantah**

Minyak jelantah (*waste cooking oil*) adalah minyak bekas atau limbah dari minyak goreng yang pemakaiannya dilakukan berulang-ulang untuk kebutuhan rumah tangga pada umumnya. Minyak yang telah dipakai setelah melakukan penggorengan akan menjadi lebih kental dan berwarna kecokelatan, serta memiliki asam lemak bebas yang cukup tinggi.

### **Metil Ester**

Biodiesel adalah metil atau etil ester dari asam lemak yang bersumber dari minyak tanaman (atau hewan) melalui reaksi transesterifikasi dengan bantuan katalis (Meher dkk., 2006). Biodiesel juga dapat diproduksi dari transesterifikasi metanol. Penggunaan *supercritical methanol* dalam produksi biodiesel mengakibatkan konversi lebih tinggi dari pada ethanol. Biodiesel yang diperoleh dari metanol secara kimia merupakan asam lemak metil ester yang memiliki lubrisitas lebih baik dari pada asam lemak etil ester. (Budiman, Arif. Dkk, 2015)

Proses pembuatan Metil ester dilakukan dengan proses transesterifikasi. Reaksi transesterifikasi adalah suatu reaksi yang mengubah trigliserida/minyak (96-98 %) dan alkohol menjadi ester sebagai produk utama, serta produk samping yaitu gliserol. (Encinar, 1999).

## **Proses Perengkahan (*Cracking*)**

### **1. *Thermal Cracking***

Proses *thermal cracking* merupakan proses perengkahan yang membutuhkan panas yang sangat tinggi. Perengkahan termal membutuhkan suhu operasi yang tinggi yakni 850 °C, selain itu jenis bahan baku yang digunakan akan menentukan jenis produk yang dihasilkan (Hassan dalam Tambun dkk, 2016).

### **2. *Catalytic Cracking***

Proses *catalytic cracking* merupakan proses perengkahan dengan cara menambahkan katalis pada saat proses berlangsung dengan suhu yang tidak terlalu tinggi. Proses perengkahan ini biasanya terjadi pada temperatur yang sangat rendah dan bentuk hidrokarbon yang didapat berada dalam range fraksi-fraksi minyak bumi (Tiwari dkk, 2009).

Reaksi perengkahan berkatalis merupakan suatu cara untuk memecah hidrokarbon kompleks menjadi molekul yang lebih sederhana sehingga dapat meningkatkan kualitas dan juga dapat menurunkan jumlah residu yang dihasilkan. Salah satu proses katalitik perengkahan ialah dengan menggunakan katalis berupa zeolit (Fatimah, 2002).

## **Katalis**

Katalis merupakan suatu zat yang dapat mempercepat laju reaksi tanpa mengalami suatu perubahan kimia atau terpakai oleh reaksi itu sendiri. Katalis juga berfungsi untuk menurunkan energi aktivasi reaksi saat reaksi berlangsung. (Atkins, 2006)

## **Logam Ni (Nikel)**

Logam Ni merupakan logam transisi golongan VIIIB pada sistem periodik unsur dengan konfigurasi elektron [Ar] 3d<sup>8</sup> 4s<sup>2</sup>. Selain itu, logam Ni memiliki konfigurasi elektron yang belum penuh sehingga logam Ni sangat berperan baik jika digunakan dalam berbagai reaksi katalitik, terutama dalam reaksi hidrogenasi. (Trisunaryanti W, 2018).

Logam Ni selain memiliki kelebihan sebagai katalis, logam Ni juga dapat digunakan sebagai logam pengemban pada katalis. Karena keuntungan yang dimiliki dari pengembangan logam Ni terhadap katalis, yaitu komponen aktif yang dimiliki logam dapat didistribusikan secara merata ke seluruh pori-pori pengemban sehingga luas permukaan katalis menjadi besar. Serta menghasilkan katalis dengan efisiensi yang tinggi dan luas permukaan spesifik logam maksimum (Triyono dalam Yusnani, 2008).

## **Katalis ZSM5**

ZSM5 (*Zeolit Socony Mobil-5*) merupakan salah satu jenis zeolit sintesis yang pertama kali dibuat oleh divisi katalis *Mobil Oil Corporation* pada tahun 1972. ZSM5 merupakan suatu jenis zeolit yang memiliki struktur MFI yang memiliki sifat fisik serta kimia yang sangat di pengaruhi oleh berbagai keadaan yaitu antara faktor kisi dan pori. (Purnamasari, 2011). Kandungan unsur Si pada katalis ZSM-5 lebih tinggi dibandingkan dengan unsur Al (Buzetzkii dkk., 2009).

ZSM5 katalis dapat digunakan untuk memproduksi berbagai produk

melalui proses *catalytic cracking*. Jenis produk yang dapat diproduksi oleh ZSM5 katalis dipengaruhi oleh sifat-sifat fisik dari bahan katalitik dan konstituen dari katalis ZSM5. Ada beberapa parameter yang dapat mempengaruhi sifat-sifat katalis ZSM5. Parameter ini adalah sumber silika, sumber alumina, *template*, dan kondisi kristalisasi. Untuk memahami parameter ini, karakterisasi katalis dilakukan dengan cara morfologi, kristalinitas, dan analisis struktur kerangka katalis (Widayat dan Annisa, 2017).

### **Metode Ion Exchange**

Proses pertukaran ion/resin penukar ion (*ion exchange*) yang dimaksud dengan pertukaran ion adalah proses, dimana ion-ion dari suatu larutan elektrolit diikat pada permukaan bahan padat. Sebagai pengganti ion-ion dari bahan padat diberikan ke dalam larutan (Bernasconi, 1995). Dalam penelitian kali ini, dicoba menggunakan metode ion exchange. Metode *ion exchange* memiliki kelebihan yaitu kemampuan dalam menangkap logam berat dengan efisiensi yang tinggi. Pertukaran ion menyangkut antara penempatan ion yang diberikan sama dari pertukaran material yang tidak akan larut dengan ion-ion yang berbeda sehingga larutan yang terakhir dibawa sampai mengontak, berhubungan atau pun bercampur. (Lenvil G. Rich, 2008).

### **Modifikasi Sintesis Katalis**

Modifikasi ZSM5 dapat dilakukan dengan penukaran ion, karena ZSM5 memiliki sifat yang baik sebagai katalis, yaitu adanya ion

yang dapat ditukar sehingga dapat dilakukannya pertukaran ion dengan suatu logam tertentu yang sesuai untuk katalis. Untuk memperoleh katalis ZSM5 yang baik, dibuat suatu sistem logam pengemban yaitu dengan cara menempelkan komponen aktif logam Ni.

Tujuan dari pemodifikasian katalis dengan logam pengemban akan memberikan kondisi stabil sehingga dapat memperpanjang waktu pemakaian katalis dan luas permukaan pengemban yang besar akan meningkatkan dispersi logam serta dapat meningkatkan keasaman katalis. (Nurhayati, 2016)

### **Analisa XRD**

Analisa Difraksi sinar X dan *X-Ray Diffraction* (XRD) adalah suatu metode analisa yang digunakan untuk mengidentifikasi fasa kristalin dalam material dengan cara menentukan parameter struktur kisi serta untuk mendapatkan ukuran partikel pada suatu katalis. Profil XRD juga dapat memberikan data kualitatif dan semi kuantitatif pada padatan atau sampel (Ramadhani et al, 2017).

### **Analisa SEM-EDX**

Analisa SEM dapat digunakan mengukur ketebalan sample serta sebagai pengukuran ukuran partikel yang mutlak karena dapat memeriksa setiap partikel, termasuk partikel agregat, secara individual (Ashok, 2016). SEM-EDX dapat mengidentifikasi komposisi unsur-unsur yang terkandung dalam suatu material.

### **Energi Aktivasi**

Energi aktivasi adalah energi minimum yang dibutuhkan oleh suatu reaksi kimia agar dapat berlangsung. Temperatur reaksi mempengaruhi harga konstanta laju reaksi sesuai dengan persamaan Arrhenius  $k = k_0 e^{-E_a/RT}$ . Kenaikan temperatur berbanding lurus dengan kenaikan laju reaksi.

Energi aktivasi ( $E_a$ ) diperoleh dari plot  $\ln k$  vs  $1/T$  diperoleh intersep  $\ln k_0$  dan slope  $E_a/R$  digunakan untuk menentukan  $E_a$  dan faktor frekwensi ( $k_0$ ) (Nurjanah and Ifa, 2012).

### Uji Densitas

Densitas adalah suatu angka yang menyatakan perbandingan berat dari bahan bakar minyak terhadap volume pada temperatur yang sama. Bahan bakar diesel pada umumnya mempunyai densitas antara 0,86 – 0,89 gr / ml dengan kata lain bahan bakar minyak lebih ringan dari pada air. Berat jenis (*specific gravity*) minyak adalah perbandingan antara rapat minyak pada suhu tertentu rapat air pada suhu tertentu (Siswani, 2012).

### Uji Kalor

Nilai kalor (*Calorific Value*) adalah suatu angka yang menyatakan jumlah panas atau kalori yang dihasilkan dari proses pembakaran sejumlah tertentu bahan bakar dengan udara atau oksigen. Nilai kalor dari bahan bakar minyak umumnya berkisar antara 18,300 – 19,800 Btu/lb atau 10,160 -11,000 kkal/kg. Nilai kalori umumnya dinyatakan dalam satuan Kcal/kg atau Btu/lb (satuan *british*).

## METODE PENELITIAN

### Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Energi dan Nano Material Universitas Jambi. Waktu pelaksanaan penelitian ini dimulai bulan Juli 2018 sampai dengan Januari 2019.

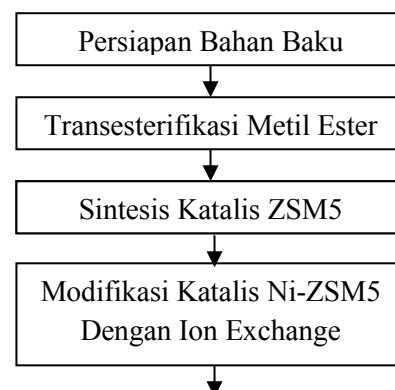
### Alat

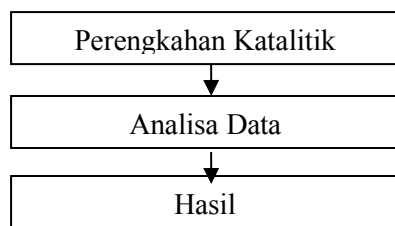
Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah condenser, labu leher tiga, gelas *beaker*, pemanas, pompa vakum, timbangan digital, *thermometer*, reaktor perengkahan, rangkaian sintesis katalis ZSM5, sortal, saringan 100 mesh, desikator, krus porselen, oven, *magnetik stirrer*, pompa, *furnace* silinder.

### Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Aquades, Metanol, dan minyak jelantah yang didapat dari hasil sisa penggorengan dengan pemakaian sebanyak 3 kali penggorengan, *Tetraethyl Orthosilicate* ( $\text{Si}(\text{OEt})_4$ ), *Sodium Hydroxide* ( $\text{NaOH}$ ), *Tetrapropylammonium Hydroxide* (TPAOH), *Aluminium Isopropoxide* ( $\text{Al}(\text{OPr})_3$ ), dan larutan Ni-Nitrat ( $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ ), kertas pH, gas nitrogen dan gas oksigen.

## PROSEDUR KERJA





### Persiapan Bahan Baku

Minyak jelantah yang dipakai dalam penelitian ini harus dilakukan proses penyaringan terlebih dahulu menggunakan arang aktif. Sediakan pipa berukuran 50 cm dengan diameter pipa sebesar 6 cm. Minyak jelantah yang di saring diukur sebanyak 600 ml. Kemudian masukkan arang aktif tadi kedalam pipa hingga batas 25 cm. Setelah masukkan minyak jelantah yang telah di ukur tadi kedalam pipa dan tunggu hingga minyak tersaring dan ukur volume yang didapat.

### Proses Pembuatan Metil Ester

Minyak jelantah diukur sesuai rasio perbandingan bahan baku. Rasio yang digunakan dalam pembuatan metil ester adalah 1:3 yaitu 100 ml minyak jelantah dan 300 ml metanol. Pembuatan metil ester menggunakan minyak jelantah, metanol dan NaOH 0,25 %. Bahan baku yang akan di gunakan di ukur volumenya sesuai perbandingan rasio bahan baku. NaOH padat yang digunakan sebanyak 1 gram dan sebagai katalis di larutkan terlebih dahulu dengan alkohol (metanol). Kemudian campurkan larutan alkohol dan NaOH dengan minyak jelantah yang telah disiapkan dan panaskan hingga suhu 65 °C selama 1 jam. Setelah di lakukan pemanasan dilanjutkan dengan proses destilasi

pada suhu 80 °C sampai alkohol dan minyak terpisah.

Setelah dilakukan destilasi larutan akhir di masukan ke dalam corong pisah yang berfungsi untuk memisahkan metil ester dengan gliserol yang terbentuk. Lalu diamkan selama 24 jam. Kemudian didiamkan selama 24 jam di lakukan proses pencucian menggunakan aquades pada suhu 50 °C sebanyak 3 kali. Lalu panaskan kembali hingga suhu 100 °C untuk memisahkan air dan metil ester. Kemudian diukur volume dan ditimbang, setelah itu larutan metil ester di uji bakar.

### Pembuatan Larutan Ni-Nitrat ( $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ )

Larutan Ni-Nitrat 3% dibuat terlebih dahulu dan untuk membuat larutan Ni-Nitrat 1% dan 2% dilakukan dengan pengenceran.

$\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$  ditimbang terlebih dahulu sebanyak 44,1105 gram untuk labu ukur 250 ml dengan konsentrasi 3 %. Setelah ditimbang  $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$  akan dilarutkan terlebih dahulu dalam beaker gelas dengan aquades sampai semua  $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$  larut. Setelah larutan,  $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$  dimasukkan kedalam labu ukur 250 ml dan ditambahkan aquades hingga volume menjadi 250 ml, kemudian larutan di kocok hingga merata. Setelah itu, larutan  $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$  dipindahkan kedalam botol kaca dan di simpan dilemari es. Untuk pembuatan larutan  $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$  1 % sebanyak 100 ml. Larutan  $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$  diambil sebanyak 33,33 ml. Larutan  $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$  dimasukkan kedalam labu ukur 100 ml, ditambahkan aquades sampai volume 100 ml. Setelah itu larutan

$\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$  1 % disimpan dibotol kaca disimpan dilemari es. Untuk pembuatan larutan  $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$  2 % sebanyak 100 ml. Larutan  $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$  diambil sebanyak 66,66 ml. Larutan  $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$  dimasukkan kedalam labu ukur 100 ml, ditambahkan aquades sampai volume 100 ml. Setelah itu larutan  $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$  2% disimpan dibotol kaca disimpan dilemari es.

### Sintesis Katalis ZSM5

Katalis ZSM5 adalah katalis sintesis yang dimana dalam penelitian ini di buat dari bahan utama. *Tetraethyl orthosilicate* digunakan sebagai sumber zeolit. Pembuatan sintesis katalis ZSM5 meliputi persiapan bahan baku dan ditimbang sesuai dengan data yaitu  $\text{H}_2\text{O}$  sebanyak 4,178 gram,  $\text{NaOH}$  sebanyak 0,0043 gram,  $\text{Si}(\text{OEt})_4$  sebanyak 6,348 gram,  $\text{TPAOH}$  sebanyak 3,098 gram dan  $\text{Al}(\text{Opr})_3$  sebanyak 0,138 gram. Kemudian dicampurkan dan diaduk selama  $\pm 24$  jam didalam *strirer*. Kemudian campuran ZSM5 dimasukkan kedalam oven dengan suhu  $165^\circ\text{C}$  selama 5 hari. Campuran ZSM5 dikeluarkan dari oven, kemudian katalis dicuci dengan aquades sambil disaring menggunakan pompa vakum hingga mencapai pH netral yaitu 7. Katalis ZSM5 ditempatkan didalam cawan kemudian dimasukkan kedalam oven dengan suhu  $105^\circ\text{C}$  selama 24 jam. Kemudian katalis dikeluarkan dari oven dan dipindahkan ke botol kecil dan ditimbang.

### Modifikasi Katalis ZSM5 Dengan Logam Ni Dengan Metode *Ion Exchange*

Pembuatan katalis Ni/ZSM5 menggunakan larutan Ni-Nitrat ( $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ ) dengan variasi konsentrasi, yaitu 1%, 2% dan 3%. Lalu katalis dan larutan yang sudah dibuat dicampur dengan rasio perbandingan 1:10. Pencampuran larutan Ni-Nitrat dan katalis ZSM5 dilakukan selama 24 jam dengan suhu kamar. Setelah larutan Ni-Nitrat dan katalis ZSM5 tercampur, dilakukan pencucian dan penyaringan. Hasil saringan dikeringkan di dalam oven dengan suhu  $105^\circ\text{C}$  selama 24 jam, sedangkan sisa larutan disimpan dan dapat digunakan untuk metode impregnasi. Padatan katalis yang dihasilkan selanjutnya dikalsinasi pada suhu  $550^\circ\text{C}$  selama 5 jam dengan aliran gas oksigen di dalam reaktor.

### Proses Perengkahan Katalitik (*Catalytic Cracking*)

Pada proses perengkahan katalitik ini, reaktor yang digunakan adalah reaktor kaca. Sampel biji plastic yang telah disiapkan, ditimbang sesuai dengan rasio yang telah ditentukan. Lalu sampel yang telah ditimbang dan katalis Ni/ZSM5, dimasukkan ke dalam *beaker glass*.

Pada proses perengkahan, metil ester dalam bentuk *liquid* di masukan ke dalam furnace ( $B_2$ ). Kemudian di alirkan ke reaktor ( $B_1$ ). Setelah bahan baku dimasukkan kedalam reaktor, kemudian dialirkan gas nitrogen selama proses perengkahan katalitik berlangsung. Hasil keluaran reaktor dialirkan ke *ice trap* untuk di dinginkan. Kondisi

operasi yang digunakan yaitu dengan variable suhu, 400 °C, 450 °C, 500 °C dan waktu 100 Menit operasi. Hasil perengkahan berbentuk liquid berupa minyak berwarna coklat.

### **Analisa Data**

#### **Analisa Katalis**

Analisa XRD digunakan untuk mengidentifikasi tingkat kekristalan dalam suatu material. Serta analisa SEM-EDX untuk mengetahui dan menggambarkan morfologi serta kandungan atau unsur yang terkandung didalam material.

#### **Analisa Energi Aktivasi**

Cairan hasil perengkahan yang didapat, didata menggunakan Microsoft Excel dimana menggunakan aplikasi data analysis untuk *mencari* regresi tiap suhu dalam satu konsentrasi untuk mendapatkan nilai K, lalu mencari nilai ln K untuk mendapatkan nilai slope. Nilai slope digunakan untuk mencari nilai energi aktivasi hasil perengkahan tiap konsentrasi katalis.

#### **Analisa Cairan Hasil Perengkahan**

Cairan hasil perengkahan dilakukan analisa uji densitas yang dilakukan di Laboratorium Energi Pusat Studi Energi dan Nano Material Universitas Jambi. Sedangkan untuk uji kalor dilakukan di Pertamina. Untuk menentukan persen konversi masing-masing produk perengkahan dapat menggunakan analisis gravimetri. Analisis ini dilakukan dengan menimbang berat produk perengkahan. Perhitungan untuk

mencari presentase-presentase tersebut adalah:

a.

% Produk Perengkahan =

$$\left( \frac{\text{Berat Produk Perengkahan}}{\text{Berat Feed Mula} - \text{Mula}} \right) \times 100 \%$$

b.

% sisa perengkahan =

$$\left( \frac{\text{Berat Feed Sisa}}{\text{Berat Feed Mula} - \text{Mula}} \right) \times 100 \%$$

(Nazarudin, 2012)

## **HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

Penelitian ini menggunakan metil ester sebagai bahan baku serta menggunakan katalis ZSM5 hasil sintesis dengan dimodifikasi menggunakan larutan Ni yang konsentrasinya divariasikan. Metode perengkahan yang digunakan adalah perengkahan katalitik dimana dalam perengkahan membutuhkan peran dari katalis. Suhu untuk perengkahan divariasikan, yaitu 400°C, 450°C dan 500°C selama 100 menit.

### **Modifikasi Dan Karakterisasi Katalis**

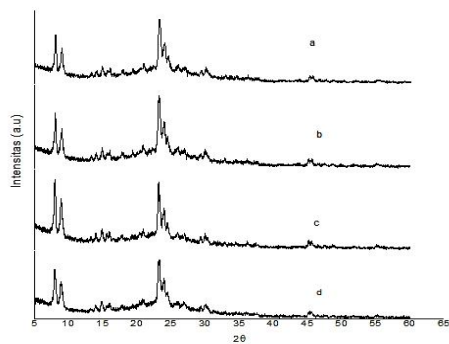
Hasil sintesis katalis yang dihasilkan menunjukkan bahwa hasil katalis ZSM5 berupa bubuk atau serbuk halus berwarna putih. Kemudian katalis dimodifikasi atau proses pengembangan dengan larutan logam Ni (Nitrat) menggunakan metode *ion exchange*, katalis yang dihasilkan menjadi berwarna hijau. Kemudian dilakukan proses pencucian dan kalsinasi, katalis berubah warna menjadi putih. Katalis divariasikan dengan berbagai konsentrasi. Setelah itu dilakukan uji karakteristik dengan melakukan



analisa menggunakan XRD (*X-ray Diffractometer*) dan SEM-EDX (*Scanning Electron Microscopy dan Energy Dispersive X-ray Spectroscopy*).

## XRD

Analisa XRD digunakan untuk mengidentifikasi tingkat kekristalan dalam suatu material. Analisa XRD dilakukan pada sampel katalis ZSM5 murni, katalis ZSM5 dengan berbagai konsentrasi yaitu dengan perlakuan Ni 1%, 2% dan 3%. Hasil analisa XRD pada sampel katalis dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



**Gambar 1.** Pola difraksi XRD a) katalis ZSM5 b) Katalis ZSM5 dengan perlakuan *ion-exchange* Ni 1% c) Katalis ZSM5 dengan perlakuan *ion-exchange* Ni 2% d) Katalis ZSM5 dengan perlakuan *ion-exchange* Ni 3%

Berdasarkan pola difraksi diatas dapat dilihat dari semua pola difraksi memiliki bentuk yang hampir sama. Sedangkan untuk semua puncak atau pola difraksi katalis ZSM5, memiliki intensitas yang cukup tinggi di  $2\theta = 7.9^\circ$ ;  $8.1^\circ$ ;  $8.8^\circ$ ;  $23.1^\circ$ ;  $23.3^\circ$ ;  $23.9^\circ$ . Puncak-puncak ini sesuai dengan puncak-puncak ZSM-5 yang berstruktur MFI Hal ini juga menunjukkan bahwa pola difraksi diatas memenuhi

standarisasi dengan tipe *tetrapropylammonium* ZSM5, berdasarkan data dari *Collection of Simulated XRD Powder Patterns for Zeolits* (Treacy and Higgins, 2001).

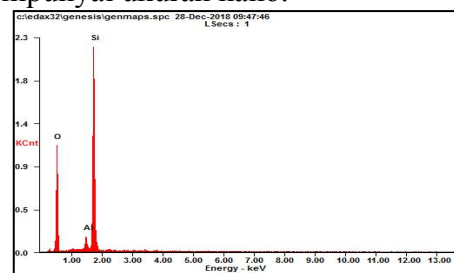
## SEM-EDX

Analisa SEM-EDX ini digunakan untuk mengetahui dan menggambarkan morfologi serta kandungan atau unsur yang terkandung di dalam katalis. Hasil analisa SEM-EDX untuk katalis ZSM5 dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



**Gambar 2.** Struktur Katalis ZSM5

Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa morfologi dari katalis ZSM5 dengan pembesaran 20000x, memiliki bentuk agregat dengan ukuran sangat kecil dan diprediksi mempunyai ukuran nano.



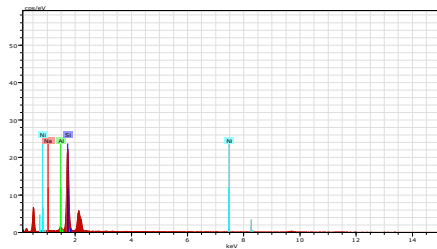
**Gambar 3.** Spektra EDX Katalis ZSM5

Berdasarkan grafik diatas, dapat dilihat bahwa didalam sampel katalis ZSM5 terdapat unsur O, Si dan Al dengan melihat puncak-puncak pada grafik diatas.

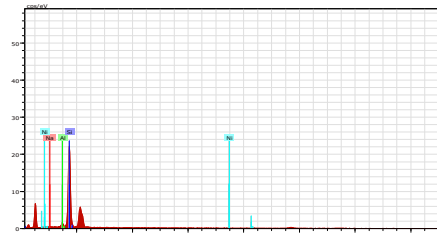
**Tabel 1.**Unsur SEM-EDX ZSM5

No	Unsur	Kadar (%)
1.	Si	33,98
2.	Al	2,31
3.	Na	63,71

Dari tabel 1 dapat dilihat bahwa jumlah kadar (%) untuk unsur yang ada di dalam sampel katalis ZSM5. Jumlah rasio Si/Al yang didapat adalah 14,71. Untuk hasil morfologi dari analisa SEM-EDX pada katalis ZSM5 dengan perlakuan Ni 1%, 2% dan 3% dilakukan pada pembesaran 1000x dengan bentuk agregat dengan ukuran partikel nano (Gambar 2). Adapun unsur yang terkandung dalam katalis ZSM5 dengan perlakuan Ni 1%, 2% dan 3% dapat dilihat pada grafik dibawah ini.



(a)



(b)



(c)

**Gambar 8.** (a) Spektra EDX Katalis ZSM5 dengan perlakuan Ni 1% (b) Spektra EDX Katalis ZSM5 dengan perlakuan Ni 2% (c)

Spektra EDX Katalis ZSM5 dengan perlakuan Ni 3%

Berdasarkan grafik diatas, dapat dilihat bahwa hasil menunjukkan adanya unsur Na, Si, dan Al didalam sampel katalis dengan melihat puncak-puncak grafik pada sektrum. Untuk data kandungan unsur per konsetrasi katalis ZSM5 dengan perlakuan Ni dapat dilihat pada tabel 2 dibawah ini.

**Tabel 2.**Data SEM-EDX dengan Variasi konsentrasi ZSM5 dengan perlakuan Ni

Sampel	Kandungan Unsur				Rasio Si/Al (%)
	Si	Al	Na	Ni	
1%	95,5	4,1	0,4	0	23,5
2%	94,9	4,5	0	0,5	21,1
3%	93,7	3,6	1,2	1,5	25,9

Berdasarkan data tabel diatas untuk kandungan unsur Si memiliki kandungan yang paling tinggi dibanding unsur lainnya. Selain itu pula semakin tinggi konsetrasi katalis unsur Si dan Al semakin menurun, kecuali pada konsetrasi ZSM5 dengan perlakuan Ni 2% lebih tinggi. Sehingga dapat diketahui jumlah rasio untuk unsur Si/Al pada konsetrasi ZSM5 dengan perlakuan Ni 3% memiliki rasio yang lebih tinggi dibandingkan yang lainnya yaitu sebesar 25,96%. Untuk unsur Na pada ZSM5 dengan perlakuan Ni 2% tidak ada dikarenakan unsur Na habis pada saat perlakuan *ion exchange* dengan logam Ni, tetapi meningkat pada konsentrasi ZSM5 dengan perlakuan Ni 3%. Maka dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi konsentrasi katalis maka semakin banyak pula kandungan Ni yang terdapat pada katalis ZSM5.

### Perengkahan Termal

Perengkahan Termal Metil Ester dilakukan tanpa menggunakan katalis selama 1 jam (60 menit) dengan bahan baku yang digunakan sebanyak 30 gram. Perengkahan ini dilakukan untuk mengetahui temperatur yang tepat dalam proses perengkahan metil ester. Pada perengkahan metil ester dilakukan dengan suhu 400°C, 450°C dan 500°C.

**Table 3.** Hasil CHP Perengkahan Termal

No.	Suhu	CHP (%)	Gas (%)	Sisa (%)
1.	400	41,29	55,45	3,26
2.	450	54,56	44,70	0,74
3.	500	58,10	41,22	0,68

Dari data tabel diatas bahwa hasil perengkahan termal meningkat seiring dengan semakin tingginya suhu. Sedangkan gas yang dihasilkan dari perengkahan menurun seiring tingginya suhu perengkahan.

### Perengkahan Katalitik (*Catalytic Cracking*)

Perengkahan katalitik Metil Ester yang dilakukan menggunakan beberapa variasi suhu yaitu 400°C, 450°C dan 500°C dengan memvariasikan konsentrasi larutan Ni yaitu 1%, 2% dan 3% pada katalis ZSM5 serta ZSM5 murni. Perbandingan katalis dan sampel, yaitu 1:30 dimana berat katalis 1 gr dan berat bahan baku yaitu etil ester sebanyak 30 gr. Katalis yang digunakan merupakan katalis modifikasi dengan menggunakan metode *ion exchange*. Proses perengkahan dilakukan di dalam reaktor batch dengan memasukkan katalis kedalam *bed* katalis pada

Reaktor B1 (Vertikal) dan bahan baku dimasukkan kedalam furnace atau Reaktor B2 (Horizontal). Hasil CHP yang didapatkan dianalisis menggunakan analisis gravimetri.

### Konversi Cairan Hasil Perengkahan

Berdasarkan pengamatan secara visual untuk perengkahan katalitik ZSM5 Murni, CHP yang dihasilkan berwarna kekuning-kuningan dan tidak beku pada suhu 15°C.

**Tabel 3.** Hasil CHP Perengkahan Katalitik ZSM5 Murni

No	Suhu (°C)	CHP (%)	Gas (%)	Sisa (%)
1	400	60,12	38,31	1,57
2	450	59,70	39,17	1,12
3	500	37,94	57,24	4,82

Data dari tabel diatas dapat dilihat bahwa semakin tinggi suhu semakin sedikit pula CHP yang dihasilkan. Hal ini menyebabkan semakin tinggi suhu produk yang dihasilkan berupa gas, serta untuk hasil CHP semakin sedikit. Untuk persen sisa reaksi yang dihasilkan dari semua perengkahan berkisar antara  $\pm 1$ -5%. Sedangkan pada suhu 500°C memiliki persen sisa lebih tinggi dibandingkan yang lain yaitu sebesar 4,82% dikarenakan bahan baku didalam furnace tidak terkonversi menjadi uap dengan baik.

CHP yang dihasilkan dari perengkahan katalitik (ZSM5 Dengan Perlakuan Ni 1%) berwarna kekuning-kuningan dan tidak pada suhu 15°C. Hal ini berdasarkan dari pengamatan secara visual.

**Tabel 5.** Hasil CHP Perengkahan Katalitik (ZSM5 Dengan Perlakuan Ni 1%)

No	Suhu	CHP	Gas	Sisa
----	------	-----	-----	------

	(°C)	(%)	(%)	(%)
1	400	63,50	35,83	0,67
2	450	77,91	21,04	1,05
3	500	41,45	41,73	16,82

Data dari tabel diatas dapat dilihat bahwa pada suhu 450°C persen CHP yang dihasilkan lebih tinggi dibandingkan dengan suhu lainnya. Untuk persen residu yang dihasilkan dari semua perengkahan berkisar antara  $\pm 0,6-1\%$ . Sedangkan pada suhu 500°C memiliki persen residu lebih tinggi dibandingkan yang lain yaitu sebesar 16,82% dikarenakan bahan baku didalam furnace tidak terkonversi menjadi uap dengan baik selama proses perengkahan berlangsung.

CHP yang dihasilkan dari perengkahan katalitik (ZSM5 Dengan Perlakuan Ni 2%) berwarna kekuning-kuningan dan tidak pada suhu 15°C. Hal ini berdasarkan dari pengamatan secara visual.

**Tabel 6.** Hasil CHP Perengkahan Katalitik (ZSM5 Dengan Perlakuan Ni 2%)

No	Suhu (°C)	CHP (%)	Gas (%)	Sisa (%)
1	400	58,29	40,62	1,09
2	450	70,72	26,11	3,18
3	500	39,30	52,79	7,91

Dari data tabel diatas, pada suhu 450°C persen CHP yang dihasilkan lebih tinggi dibandingkan dengan suhu yang lain. Persen residu yang dihasilkan dari semua perengkahan berkisar antara  $\pm 1-3\%$ . Sedangkan pada suhu 500°C memiliki persen residu lebih tinggi dibandingkan yang lain yaitu sebesar 7,91% dikarenakan bahan baku didalam furnace tidak terkonversi menjadi uap dengan baik.

Dilihat dari pengamatan secara visual untuk perengkahan katalitik (ZSM5 Dengan Perlakuan Ni 3%), CHP yang dihasilkan berwarna kekuning-kuningan dan tidak beku pada suhu 15°C.

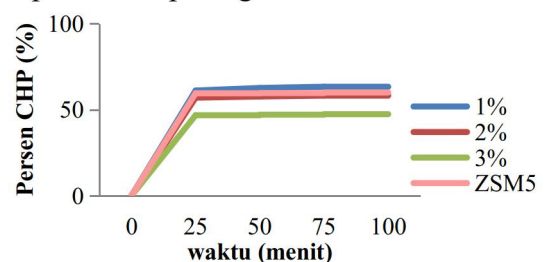
**Tabel 7.** Hasil CHP Perengkahan Katalitik (ZSM5 Dengan Perlakuan Ni 3%)

No	Suhu (°C)	CHP (%)	Gas (%)	Sisa (%)
1	400	47,50	51,90	0,60
2	450	64,74	34,25	1,01
3	500	36,25	62,10	1,65

Berdasarkan analisis gravimetri, dari tabel diatas bahwa pada suhu 450°C persen CHP yang dihasilkan lebih tinggi dibandingkan dengan suhu yang lain. Persen residu yang dihasilkan dari semua perengkahan berkisar antara  $\pm 0,5-1,6\%$ .

#### Persen CHP Kumulatif Perengkahan Katalitik ZSM5 Berdasarkan Suhu

Untuk persen CHP kumulatif dengan suhu 400°C yang sama dengan konsentrasi yang berbeda dapat dilihat pada grafik di bawah ini.

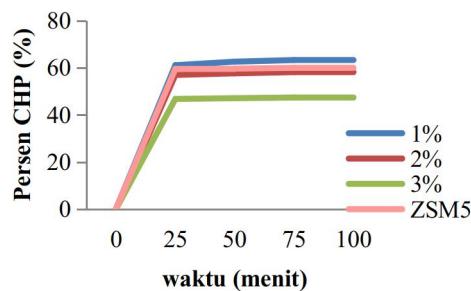


**Gambar 9.** Grafik Persen Kumulatif Suhu 400°C Dengan Variasi Konsentrasi Katalis

Berdasarkan dari grafik dapat dilihat bahwa persen CHP terbanyak didapat pada katalis ZSM5 dengan perlakuan Ni 1% di menit ke-100. Perengkahan katalitik dilakukan

selama 100 menit dengan pengamatan hasil (berat) yang dilakukan per 25 menit. Sedangkan untuk ZSM5 murni dan ZSM5 dengan perlakuan Ni 2% dan 3% persen CHP yang dihasilkan mengalami kenaikan yang tidak signifikan.

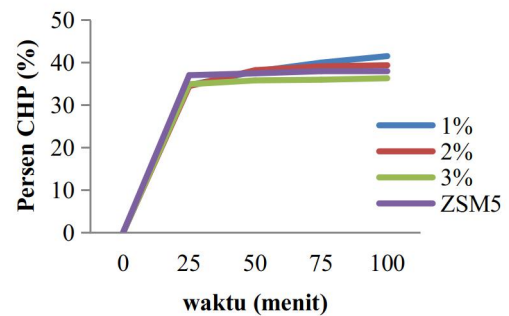
Untuk persen CHP dengan suhu 450°C yang sama dengan konsentrasi yang berbeda dapat dilihat pada grafik di bawah ini.



**Gambar 10.** Grafik Persen Kumulatif Suhu 450°C Dengan Variasi Konsentrasi Katalis

Dari grafik di menit ke-75 persen CHP terbanyak didapatkan pada ZSM5 dengan perlakuan Ni 1%. Perengkahan katalitik dilakukan selama 100 menit dengan pengamatan hasil (berat) yang dilakukan per 25 menit. Sedangkan untuk ZSM5 murni dan ZSM5 dengan perlakuan Ni 3% dan 2% persen CHP yang dihasilkan mengalami kenaikan yang tidak signifikan.

Untuk persen CHP dengan suhu 500°C yang sama dengan konsentrasi katalis yang berbeda dapat dilihat pada grafik di bawah ini.

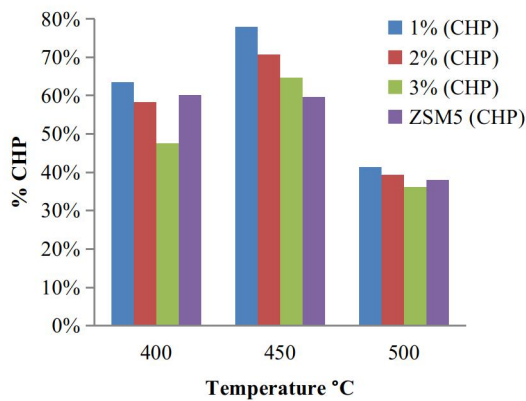


**Gambar 12.** Grafik Kumulatif Suhu 500°C Dengan Variasi Konsentrasi Katalis

Dari grafik dapat dilihat bahwa persen CHP terbanyak didapatkan pada ZSM5 dengan perlakuan Ni 1% di menit ke-100. Perengkahan katalitik dilakukan selama 100 menit dengan pengamatan hasil (berat) yang dilakukan per 25 menit. Sedangkan untuk ZSM5 dengan perlakuan Ni 2% Persen CHP pada menit ke-50 menghasilkan persen yang lebih banyak dibandingkan ZSM5 dengan perlakuan Ni 1% serta untuk perengkahan katalis ZSM5 Murni dan ZSM5 dengan perlakuan Ni 3% persen CHP yang dihasilkan tidak mengalami kenaikan yang signifikan dengan jumlah hasil CHP yang hampir sama.

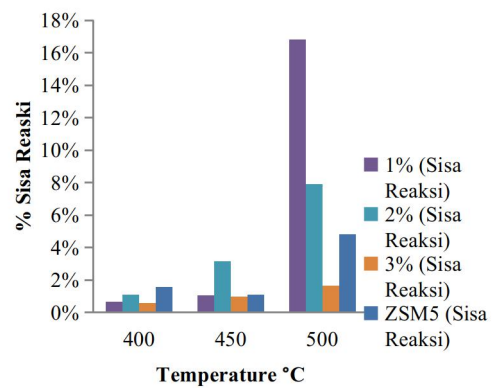
### Persen Hasil CHP Dengan Variasi Konsentrasi Katalis

Berdasarkan dari data persen hasil CHP disetiap suhu pada masing-masing konsentrasi katalis ZSM5 Murni dan ZSM5 dengan perlakuan Ni 1%, 2% dan 3%. Maka dapat dibuat grafik perbandingan antara persen CHP, persen sisa dan persen gas, grafik dapat dilihat dibawah ini.



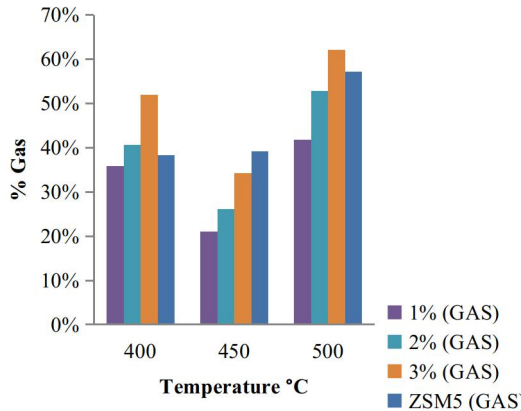
**Gambar 8.** Diagram Perbandingan Persen CHP dengan Suhu di Setiap Konsentrasi Katalis ZSM5

Berdasarkan data diatas bahwa penggunaan katalis ZSM5 dengan perlakuan Ni 1% pada suhu 450°C memiliki persen CHP lebih tinggi dibandingkan penggunaan konsentrasi katalis ZSM5 dengan perlakuan Ni lainnya.



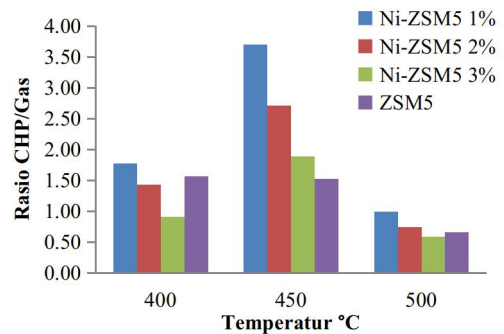
**Gambar 10.** Diagram Perbandingan Persen Sisa Reaksi dengan Suhu di Setiap Konsentrasi Katalis ZSM5

Berdasarkan data diatas bahwa penggunaan katalis ZSM5 dengan perlakuan Ni 1% pada suhu 500°C memiliki persen sisa reaksi lebih tinggi dibandingkan penggunaan konsentrasi katalis ZSM5 lainnya. Maka dari itu, didapat rasio CHP/Gas pada setiap konsentrasi katalis dengan variasi temperatur dilihat pada diagram dibawah ini.



**Gambar 9.** Diagram Perbandingan Persen Gas dengan Suhu di Setiap Konsentrasi Katalis ZSM5

Berdasarkan data diatas bahwa penggunaan katalis ZSM5 dengan perlakuan Ni 3% memiliki persen gas lebih tinggi dibandingkan penggunaan konsentrasi katalis ZSM5 dengan perlakuan Ni lainnya.



**Gambar 11.** Diagram Perbandingan Rasio CHP/Gas dengan Suhu di Setiap Konsentrasi Katalis ZSM5

Berdasarkan diagram diatas, rasio CHP/Gas yang memiliki rasio tertinggi pada penggunaan katalis ZSM5 dengan perlakuan Ni 1% pada suhu 450° C. Hal ini menunjukkan



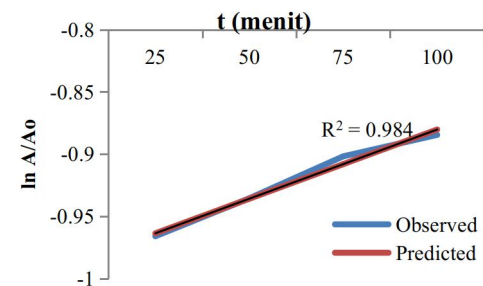
bahwa rasio CHP/Gas dapat menentukan selektifitas dari produk CHP yang dihasilkan. Sehingga semakin besar selektifitas yang didapat maka semakin banyak produk CHP yang dihasilkan.

### Studi Kinetik

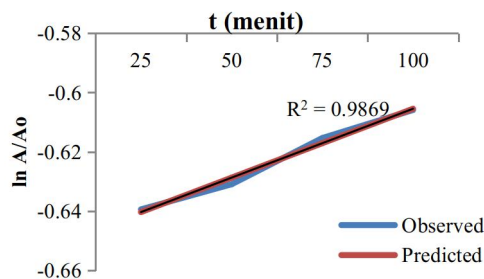
Energi aktivasi merupakan suatu energi minimum yang dibutuhkan agar terjadinya suatu reaksi kimia tertentu, yang mana memerlukan nilai  $1/T$  serta  $\ln K$  untuk mengetahui berapakah energi aktivasi pada perengkahan tersebut. Nilai  $K$  didapatkan melalui nilai persen CHP per waktu.

### Menentukan Nilai $K$ Pada perengkahan Termal Metil Ester

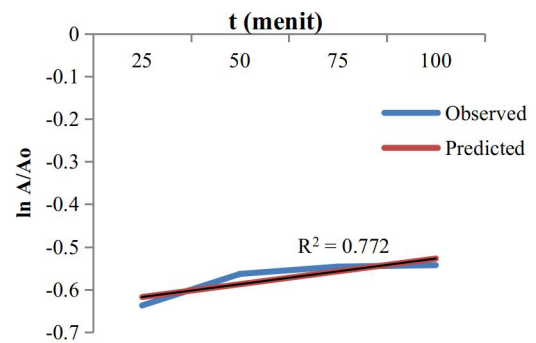
Untuk mencari kinetika suatu reaksi pada perengkahan termal ini, diperlukan mencari nilai  $K$  terlebih dahulu dari data yang telah ada. Hasil dari regresi untuk suhu  $400^{\circ}\text{C}$ ,  $450^{\circ}\text{C}$ ,  $500^{\circ}\text{C}$  dapat dilihat dari grafik dibawah ini.



(a)



(b)



(c)

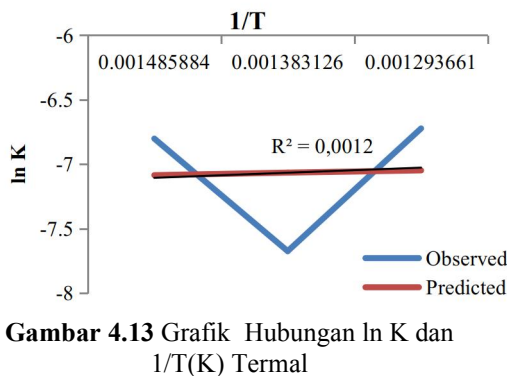
**Gambar 12.** (a) Nilai  $K$  dengan Temperatur  $400^{\circ}\text{C}$  (Termal) (b) Nilai  $K$  dengan Temperatur  $450^{\circ}\text{C}$  (Termal) (c) Nilai  $K$  dengan Temperatur  $500^{\circ}\text{C}$  (Termal)

Berdasarkan dari grafik diatas, untuk nilai  $K$  didapat dari hubungan nilai  $\ln A/Ao$  per waktu, sehingga terbentuk regresi dimana dari regresi ini akan menghasilkan nilai  $R$ . Dari hasil regresi, nilai  $R$  yang didapat pada setiap temperatur yaitu 0,9839, 0,9869, 0,7720. Nilai  $R$  dari regresi ini dapat diterima. Maka regresi ini termasuk ke dalam regresi linear sederhana. Sehingga nilai  $K$ ,  $1/T$  dan  $\ln K$  untuk perengkahan termal dapat dilihat dari tabel dibawah ini.

**Tabel 8.** Hubungan  $1/T$  dan  $\ln K$  Perengkahan Termal

T ( $^{\circ}\text{C}$ )	T (K)	$1/T$ (K)	K	$\ln K$
400	673	0,00148	0,00111	-6,8019
450	723	0,00138	0,00046	-7,6746
500	773	0,00129	0,00120	-6,7229

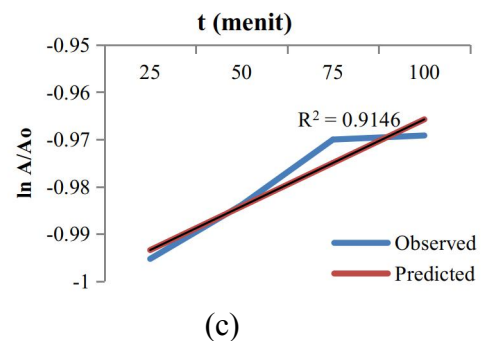
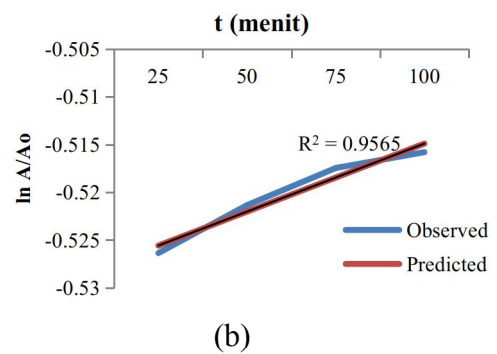
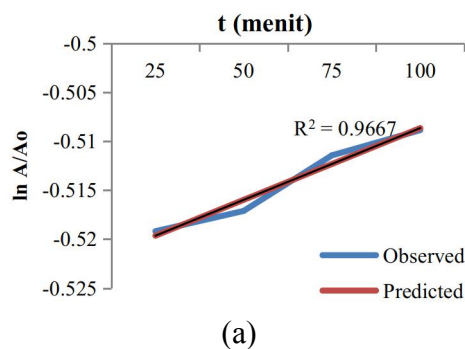
Dari data diatas, maka grafik hubungan  $1/T$  dan  $\ln K$  dimana diperoleh regresi seperti pada gambar dibawah ini.



Persamaan Arhenius merupakan suatu persamaan yang menyatakan bahwa adanya hubungan linear tetapi laju reaksi dengan temperatur. Hubungan tersebut menghasilkan nilai  $E_a$  yang merupakan nilai dari Slope. Dari hasil regresi diatas, maka didapatkan nilai R, yaitu 0,00121. Nilai R dari regresi ini tidak dapat diterima. Sehingga diperlukan menggunakan metode lain dalam regresi, seperti metode regresi multivle atau non linear.

#### Menentukan Nilai K Pada Perengkahan Katalitik Metil Ester dengan Katalis ZSM5 Murni

Untuk mencari nilai kinetika suatu reaksi dari perengkahan katalitik dengan mencari nilai K terlebih dahulu dari data yang telah ada. Hasil dari regresi untuk suhu 400°C, 450°C, 500°C ZSM5 Murni dapat dilihat dari grafik dibawah ini.



**Gambar 14.** (a) Nilai K dengan Temperatur 400°C (ZSM5 Murni) (b) Nilai K dengan Temperatur 450°C (ZSM5 Murni) (c) Nilai K dengan Temperatur 500°C (ZSM5 Murni)

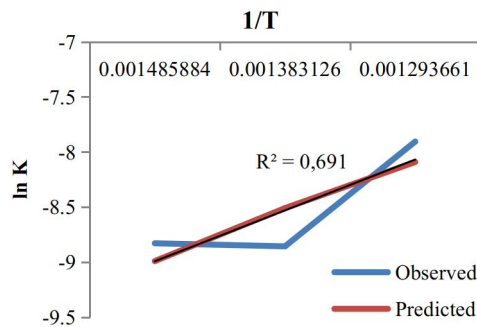
Berdasarkan dari grafik diatas, untuk nilai K didapat dari hubungan  $\ln A/A_o$  per waktu, sehingga terbentuk regresi dimana dari regresi ini akan menghasilkan nilai R. Dari hasil regresi, nilai R yang didapat pada setiap temperatur yaitu 0,9666, 0,9570, 0,9145. Nilai R dari regresi ini dapat diterima. Maka regresi ini termasuk ke dalam regresi linear sederhana. Sehingga nilai K,  $1/T$  dan  $\ln K$  untuk perengkahan katalitik ZSM5 murni dapat dilihat dari tabel dibawah ini.

**Tabel 10.** Hubungan  $1/T$  dan  $\ln K$  Perengkahan Katalitik ZSM5 Murni

T (°C)	T (K)	1/T (K)	K	Ln K
400	673	0,00148	0,00014	-8,8286
450	723	0,00138	0,00014	-8,8563
500	773	0,001294	0,00037	-7,90540



Dari data diatas, maka grafik hubungan  $1/T$  dan  $\ln K$  dimana diperoleh regresi seperti gambar dibawah ini.

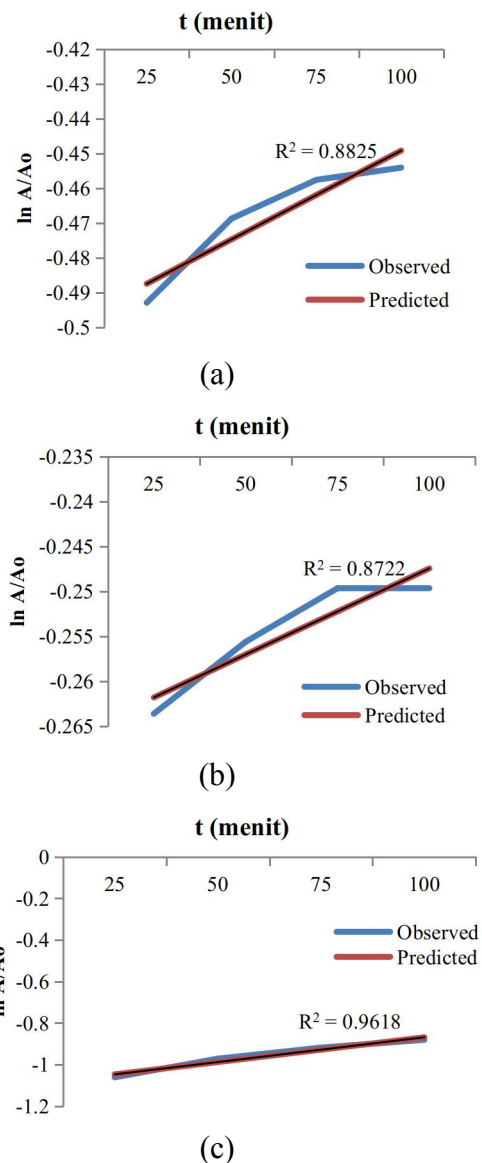


**Gambar 15.** Grafik Hubungan  $\ln K$  dan  $1/T(K)$  Katalis ZSM5 Murni

Persamaan Arrhenius merupakan suatu persamaan yang menyatakan bahwa adanya hubungan linear tetapi laju reaksi dengan temperatur. Hubungan tersebut menghasilkan nilai  $E_a$  yang merupakan nilai dari Slope. Dari hasil regresi diatas, maka didapatkan nilai R, yaitu 0,6913. Nilai R dari regresi ini tidak dapat diterima. Sehingga diperlukan menggunakan metode lain dalam regresi, seperti metode regresi multivle atau non linear.

### Menentukan Nilai K Pada Perengkahan Katalitik (ZSM5 Dengan Perlakuan Ni 1%)

Untuk mencari nilai kinetika suatu reaksi dari perengkahan katalitik dengan mencari nilai K terlebih dahulu dari data yang telah ada. Hasil dari regresi untuk suhu 400°C, 450°C, dan 500°C (ZSM5 dengan perlakuan Ni 1%) dapat dilihat dari grafik dibawah ini.



**Gambar 16.** (a) Nilai K dengan Temperatur 400°C (ZSM5 dengan perlakuan Ni 1%) (b) Nilai K dengan Temperatur 450°C (ZSM5 dengan perlakuan Ni 1%) (c) Nilai K dengan Temperatur 500°C (ZSM5 dengan perlakuan Ni 1%)

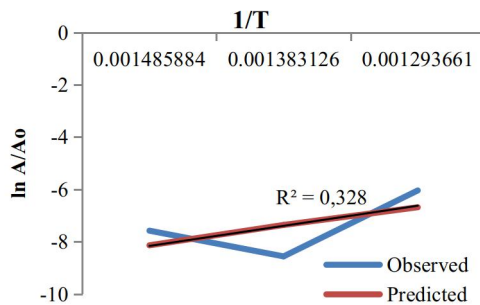
Berdasarkan dari grafik diatas, untuk nilai K didapat dari hubungan persen CHP per waktu, sehingga terbentuk regresi dimana dari regresi ini akan menghasilkan nilai R. Dari hasil regresi, nilai R yang didapat pada setiap temperatur yaitu 0,8825, 0,8727, 0,9618. Nilai R dari regresi

ini dapat diterima. Maka regresi ini termasuk ke dalam regresi linear sederhana. Sehingga nilai  $K$ ,  $1/T$  dan  $\ln K$  untuk perengkahan katalitik (ZSM5 dengan perlakuan Ni 1%) dapat dilihat dari tabel dibawah ini.

**Tabel 11.** Hubungan  $1/T$  dan  $\ln K$  Perengkahan Katalitik (ZSM5 dengan perlakuan Ni 1%)

T (°C)	T (K)	1/T (K)	K	Ln K
400	673	0,00148	0,00051	-7,57948
450	723	0,00138	0,00019	-8,56149
500	773	0,00129	0,00237	-6,04132

Dari data diatas, maka grafik hubungan  $1/T$  dan  $\ln K$  dimana diperoleh regresi seperti pada gambar dibawah ini.

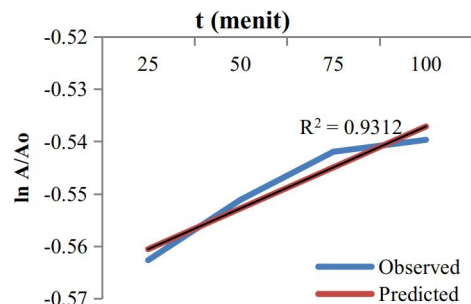


**Gambar 17.** Grafik Hubungan  $\ln K$  dan  $1/T(K)$  (ZSM5 dengan perlakuan Ni 1%)

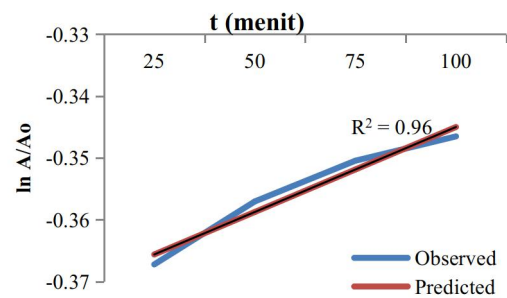
Persamaan Arrhenius merupakan suatu persamaan yang menyatakan bahwa adanya hubungan linear tetapi laju reaksi dengan temperatur. Hubungan tersebut menghasilkan nilai  $E_a$  yang merupakan nilai dari Slope. Dari hasil regresi diatas, maka didapatkan nilai  $R$ , yaitu 0,3285. Nilai  $R$  dari regresi ini tidak dapat diterima. Sehingga diperlukan menggunakan metode lain dalam regresi, seperti metode regresi multivle atau non linear.

### Menentukan Nilai $K$ Pada Perengkahan Katalitik (ZSM5 Dengan Perlakuan Ni 2%)

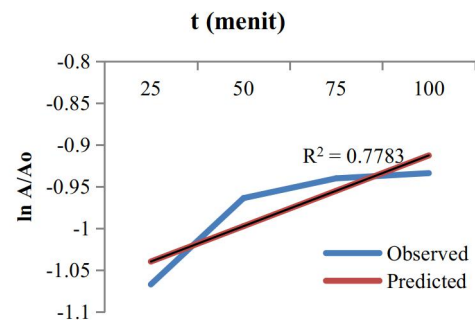
Untuk mencari nilai kinetika suatu reaksi, maka nilai  $K$  dicari terlebih dahulu dengan menggunakan data yang telah ada. Hasil dari regresi untuk suhu 400°C (ZSM5 dengan perlakuan Ni 2%) dapat dilihat dari grafik dibawah ini.



(a)



(b)



(c)

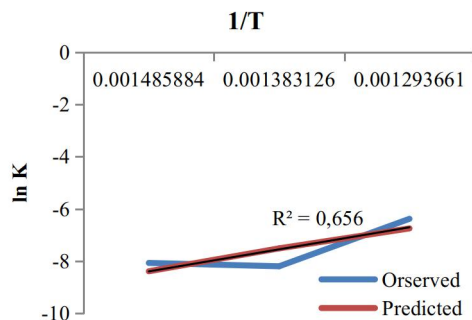
**Gambar 18.** (a) Nilai  $K$  dengan Temperatur 400°C (ZSM5 dengan perlakuan Ni 2%) (b) Nilai  $K$  dengan Temperatur 450°C (ZSM5 dengan perlakuan Ni 2%) (c) Nilai  $K$  dengan Temperatur 500°C (ZSM5 dengan perlakuan Ni 2%)

Dari grafik diatas, maka di dapatkan nilai R yaitu 0,9311, 0,9600, dan 0,7784. Nilai R dapat diterima. Berdasarkan dari nilai R disetiap suhu hasil dari regresi dapat diterima. Maka regresi ini termasuk ke dalam regresi linear sederhana. Sehingga nilai K, Hubungan  $1/T$  dan  $\ln K$  untuk perengkahan katalitik (ZSM5 dengan perlakuan Ni 1%) dapat dilihat dari tabel dibawah ini.

**Tabel 12.** Hubungan  $1/T$  dan  $\ln K$  Perengkahan Katalitik (ZSM5 dengan perlakuan Ni 2%)

T (°C)	T (K)	1/T (K)	K	Ln K
400	673	0,00148	0,00031	-8,0715
450	723	0,00138	0,00027	-8,1996
500	773	0,00129	0,00169	-6,3812

Dari data diatas, maka energi aktivasi pada perengkahan katalitik (ZSM5 dengan perlakuan Ni 2%) dapat dicari dengan grafik hubungan  $1/T$  dan  $\ln K$  dimana diperoleh regresi seperti pada gambar dibawah ini.



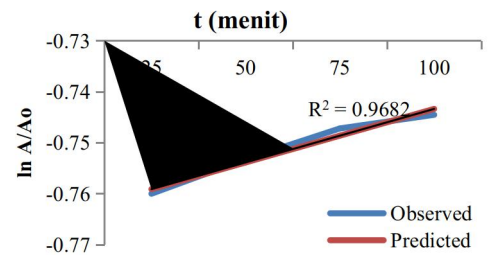
**Gambar 19.** Grafik Hubungan  $\ln K$  dan  $1/T$  (ZSM5 dengan perlakuan Ni 2%)

Persamaan Arrhenius merupakan suatu persamaan yang menyatakan bahwa adanya hubungan linear tetapi laju reaksi dengan temperatur. Hubungan tersebut menghasilkan nilai  $E_a$  yang merupakan nilai dari Slope. Dari

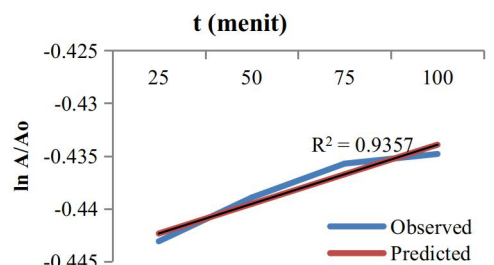
hasil regresi, nilai R yang didapat yaitu 0,6561. Nilai R yang ini tidak dapat diterima. Maka metode ini tidak termasuk merode regresi linear sederhana. Sehingga diperlukan menggunakan metode lain dalam regresi, seperti metode regresi multivle atau non linear.

### Menentukan Nilai K Pada Perengkahan Katalitik (ZSM5 Dengan Perlakuan Ni 3%)

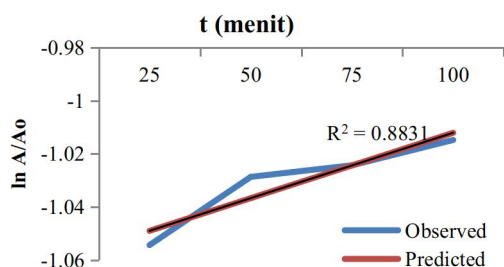
Nilai K didapatkan dari data yang telah ada. Hasil dari regresi untuk suhu 400°C, 450°C, 500°C (ZSM5 dengan perlakuan Ni 3%) dapat dilihat dari grafik dibawah ini.



(a)



(b)



(c)

**Gambar 20.** (a) Nilai K dengan Temperatur 400°C (ZSM5 dengan perlakuan Ni 3%) (b) Nilai K dengan Temperatur 450°C (ZSM5

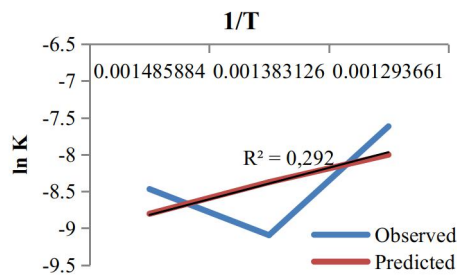
dengan perlakuan Ni 3%) (c) Nilai K dengan Temperatur 500°C (ZSM5 dengan perlakuan Ni 3%)

Berdasarkan dari grafik diatas, hasil regresi nilai R yang didapatkan, yaitu 0,9682, 0,9357 dan 0,8831. Nilai R dari regresi ini dapat diterima. Berdasarkan data nilai R tiap suhu hasil regresi dapat diterima. Maka regresi ini termasuk ke dalam regresi linear sederhana. Sehingga nilai K,  $1/T$  dan  $\ln K$  untuk perengkahan katalitik (ZSM5 dengan perlakuan Ni 3%) dapat dilihat dari tabel dibawah ini.

**Tabel 13.** Hubungan  $1/T$  dan  $\ln K$  Perengkahan Katalitik (ZSM5 dengan perlakuan Ni 3%)

T (°C)	T (K)	$1/T$ (K)	K	$\ln K$
400	673	0,00148	0,00021	-8,4692
450	723	0,00138	0,00011	-9,0951
500	773	0,00129	0,00049	-7,6174

Dari data diatas, maka energi aktivasi pada perengkahan katalitik (ZSM5 dengan perlakuan Ni 3%) dapat dicari dengan grafik hubungan  $1/T$  dan  $\ln K$  dimana diperoleh regresi seperti dibawah ini.



**Gambar 21.** Grafik Hubungan  $\ln K$  dan  $1/T$  Suhu (ZSM5 dengan perlakuan Ni 3%)

Persamaan Arrhenius merupakan suatu persamaan yang menyatakan bahwa adanya hubungan linear tetapi laju reaksi dengan temperatur. Hubungan tersebut

menghasilkan nilai  $E_a$  yang merupakan nilai dari Slope. Dari hasil regresi, didapatkan nilai R, yaitu 0,2927. Nilai R yang didapat tidak dapat diterima. Sehingga diperlukan menggunakan metode lain dalam regresi, seperti metode regresi multivle atau non linear.

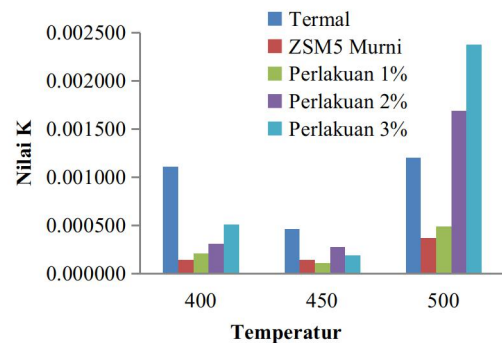
### Nilai K

Untuk melihat perbandingan nilai K pada setiap katalis ZSM5 dan Beebagai Konsentrasi ZSM5 dengan perlakuan Ni dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

**Tabel 14.** Nilai K

Suhu	Termal	ZSM5	1%	2%	3%
400	0,0001	0,0002	0,0003	0,0005	0,0005
450	0,0005	0,0001	0,0003	0,0002	0,0002
500	0,0121	0,0004	0,0005	0,0015	0,0024

Grafik nilai K secara keseluruhan dari suhu 400°C sampai 500°C dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



**Gambar 4.22** Grafik Perbandingan Nilai K dengan Konsentrasi Pada Setiap Temperatur

Berdasarkan data yang didapat bahwa nilai K yang didapat mengalami kenaikan yang tidak signifikan. Untuk nilai K tertinggi yaitu terdapat pada perengkahan katalitik ZSM5 dengan perlakuan Ni 3% pada suhu 500 °C. Sedangkan

untuk nilai K terendah terdapat pada perengkahan katalitik ZSM5 dengan perlakuan Ni 1% pada suhu 450 °C. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar nilai K pada suatu reaksi maka laju reaksi akan semakin besar.

#### Uji CHP (Cairan Hasil Perengkahan) Densitas

Berdasarkan pengamatan secara visual untuk perengkahan katalitik CHP yang dihasilkan dari katalis ZSM5 dengan perlakuan Ni dengan konsentrasi 1%, 2%, dan 3% dapat dilihat tabel dibawah ini.

**Tabel 15.** Densitas CHP Perengkahan Katalitik ZSM5 dengan perlakuan Ni

No.	Suhu (°C)	Konsentrasi Katalis	Densitas product (gr)
1	400	1%	0,91312
2	450		0,90608
3	500		0,90068
4	400	2%	0,91204
5	450		0,91286
6	500		0,90124
7	400	3%	0,90254
8	450		0,90802
9	500		0,90766

Berdasarkan tabel diatas dapat dibandingkan bahwa densitas CHP yang dihasilkan lebih kecil dibandingkan dengan densitas etil ester sebagai bahan baku yaitu 0,9154 gr.

#### Nilai Kalor

Nilai kalor digunakan sebagai identifikasi kualitas dari Cairan Hasil Perengkahan (CHP) yang dihasilkan sebagai bahan bakar. Uji kalor dilakukan pada Cairan Hasil

Perengkahan (CHP) terbanyak yaitu pada perengkahan dengan temperatur 450°C konsentrasi katalis 1%. Berdasarkan pengamatan secara visual untuk data hasil uji kalor dapat dilihat tabel dibawah ini.

**Tabel 16.** Nilai Kalor

Sampel	Nilai Kalor (cal/g)
Etil Ester	9237,3671
Biodiesel (B20)	9381,8221
CHP Etil Ester	8707,5525

Berdasarkan data diatas dapat dibandingkan bahwa nilai kalor yang dihasilkan CHP etil ester yang dihasilkan lebih kecil dibandingkan dengan kalor etil ester dan biodiesel (B20). Nilai kalor pada biodiesel B20 (20% etil ester dan 80% solar) memiliki nilai yang paling tinggi, hal tersebut bisa terjadi dikarenakan pengaruh dari kandungan solar pada biodiesel B20. Sedangkan solar memiliki nilai kalor sebesar 10.667 kal/gr.

## PENUTUP

### Kesimpulan

1. Katalis ZSM5 berhasil disintesa dan berhasil dimodifikasi dengan menggunakan metode *ion exchange*. Hasil sintesis katalis Zeolit ZSM5 berupa bubuk atau serbuk halus berwarna putih. Sedangkan untuk hasil katalis Zeolit ZSM5 dengan perlakuan Ni 1%, 2%, dan 3% berupa bubuk putih halus setelah proses kalsinasi.
2. Hasil analisa XRD dari katalis ZSM5 Murni, ZSM5 dengan perlakuan Ni 1%, 2%, dan 3% menunjukkan pola difraksi yang

memiliki puncak rata-rata tertinggi pada sudut  $8^\circ$  dan  $23^\circ$ . Sedangkan hasil dari analisa SEM-EDX pada katalis ZSM5 murni menunjukkan kandungan Si dan Al dengan rasio sebesar 14,71. Untuk hasil analisa SEM-EDX menunjukkan adanya kandungan Ni pada tiap konsentrasi katalis. Kandungan Ni pada Ni/ZSM5 1% tidak ada, pada Ni/ZSM5 2% dan 3% yaitu 0,56% dan 1,52%.

3. Hasil % konversi yang didapat pada temperatur  $400^\circ\text{C}$ ,  $450^\circ\text{C}$ ,  $500^\circ\text{C}$  pada konsentrasi Ni/ZSM5 1% yaitu 63,50%, 77,91% dan 41,45%. Pada konsentrasi Ni/ZSM5 2% yaitu 58,29%, 70,72% dan 39,30%. Pada konsentrasi Ni/ZSM5 3% yaitu 47,50%, 64,74% dan 36,25%. Adapun hasil dari uji densitas menunjukkan bahwa densitas semua hasil perengkahan (CHP) lebih kecil dibandingkan dengan metil ester sebagai bahan baku.

#### Saran

Dari penelitian yang telah dilakukan, bahwa perlu dilakukan metode dan penelitian lebih lanjut untuk mendapatkan hasil yang lebih baik.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Ashok, K. 2016. Chapter 4- Experimental Methodologies For The Characterization Of Nanoparticles. *Journal Engineered Nanoparticles*. 125-170.
- Antkins, P. & Paula, J. D. 2006. *Antkins' Physical Chemistry*

New York W. H. Freeman and Company.

- Bernasconi, G. H. Gerster, H. Hauser, H. Stauble, E. Scheiter, 1995. *"Teknologi Kimia 2"* PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Bijang, A.M., Y. Arryanto, W. Trisunaryanti. 2002. *Pengaruh Kadar Logam Nikel Terhadap Aktivitas Katalis Ni/Zeolite-Y Dalam Reaksi Hidrorengkah Minyak Bumi*.
- Budiman, A. 2015. Konversi Biodiesel : Bahan Baku, Proses dan Teknologi. *Indonesian Journal of Chemistry*, 35.
- Buzeztzki, E., Svanova, K., Cvengros, J. (2009) Zeolite catalyst in cracking of natural triacylglycerols, *44th International petroleum Conference*, Bratislava, Slovak Republic, 1 – 8.
- Cardona, S.C dan Avelino C. 1999. *Tertiary recycling of polypropylene by catalytic cracking in a semibatch stirred reactor Use of spent equilibrium FCC commercial catalyst*. *Journal of Applied Catalysis B: Environmental* 25 (2000)
- Enicar, J.M. 1999. Preparation and Properties of Biodiesel from Cynara Cardunculus L. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 38.
- Fatimah, I. 2002. *Optimasi Laju Alir Gas H<sub>2</sub> dan Perbandingan Berat Katalis Terhadap Umpan Serta Kajian Kinetika Pada Hydrocracking Isopropil Benzena Menggunakan Katalis*

- Ni/zeolit Y. Universitas Islam Indonesia.
- Hassan, S. N., Sani, Y. M., Aziz, A. R. A., Sulaiman, N. M. N. & Daud, W. M. A. W. 2015. Biogasoline: An out-of-the-box solution to the food-for-fuel and land-use competitions. *Energy Conversion and Management*, 89, 349-367.
- Lenvil, G. Rich, 1963. "Unit Processes of Sanitary Engineering" John Wiley Limited and Sons, Inc, New York.
- Meher, L. C., Sagar, D. V. & Naik, S. N. 2006. Technical Aspects of Biodiesel Production by Transesterification—A Review. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*. 10: 248-268.
- Nazarudin. 2013. *Catalytic Cracking of Plastic Waste Using Nanoporous Materials*. PhD Thesis, University College London.
- Nazarudin. 2014a. *Nanotechnology and Renewable Energy. Information and Communication and Technology for Education (Bringing Research, Conference and Academic Programme Across Countries, Indonesia-Malaysia)*. Jambi.
- Nazarudin. 2014b. *Zeolite and Zeotype (Synthesis and Its Application)*. Kuliah Umum Mahasiswa Jurusan Kimia FMIPA Lampung. Bandar Lampung.
- Nurjannah, Roesyadi, A. & Prajitno, D. H. 2010. Konversi katalitik minyak sawit untuk menghasilkan biofuel menggunakan silika alumina dan HZSM-5 Sintetis. *Jurnal Reaktor*, 13, 37-43.
- Purnamasari, I. & Prasetyoko, D. 2011. Sintesis dan Karakterisasi ZSM-5 Mesopori serta Uji Aktivitas Katalitik pada Reaksi Esterifikasi Asam Lemak Stearin Kelapa Sawit. .
- Tambun, R., Saptawaldi, R. P., Nasution, M. A. & GUSTI, O. N. 2016. Pembuatan Biofuel dari Palm Stearin dengan Proses Perengkahan Katalitik menggunakan Katalis ZSM-5. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*, 11, 46 - 52.
- Trisunaryanti, W., E. Trisunaryanti, S. Sudiono. 2005. *Preparasi, Modifikasi Dan Karakterisasi Katalis Ni-Mo/Zeolite Alam Dan Mo-Ni/Zeolit Alam*. TEKNOIN.10(4).
- Trisunaryanti, W. 2018. Konversi Fraksi Aspal Buton Menjadi Fraksi Bahan Bakar. *Indonesian Journal of Chemistry* 2, 198.
- Widayat, W. and A.N. Annisa. 2017. *Synthesis And Characterization Of ZSM5 Catalyst At Different Temperatures*. Article IOP Conference Series: Materials Science And Engineering.