

**DEHIDRASI ISOPROPANOL MENJADI DIISOPROPIL ETER DENGAN  
KATALIS ZEOLIT NIKEL FOSFAT**

**SKRIPSI**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh  
Gelar Sarjana Sains Bidang Studi Kimia**



**LOLA ANDINI  
08031381823076**

**JURUSAN KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
INDRALAYA  
2022**

## **HALAMAN PENGESAHAN**

### **DEHIDRASI ISOPROPANOL MENJADI DIISOPROPIL ETER DENGAN KATALIS ZEOLIT NIKEL FOSFAT**

#### **SKRIPSI**

Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Sains  
Bidang Studi Kimia

**Lola Andini**

**08031381823076**

Indralaya, Juli 2021

**Pembimbing**



**Dr. Hasanudin, M. Si**

**NIP. 197205151997021003**

**Mengetahui,**

**Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**Prof. Hermansyah, S. Si., M. Si., Ph. D**  
**NIP. 197111191997021001**

## HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa skripsi ini dengan judul “Dehidrasi Isopropanol Menjadi Diisopropil Eter dengan Katalis Zeolit Nikel Fosfat” telah dipertahankan dihadapan Tim Penguji Sidang Sarjana Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada Tanggal 22 Juni 2022 dan telah diperbaiki, diperiksa serta disetujui sesuai masukan yang diberikan.

Indralaya, Juli 2022

Ketua:

1. **Dr. Hasanudin, M. Si**  
NIP. 197205151997021003

Anggota:

2. **Drs. Dasril Basir, M. Si**  
NIP. 195810091986031005
3. **Dr. Ady Mara, M. Si**  
NIP. 196405101991022001

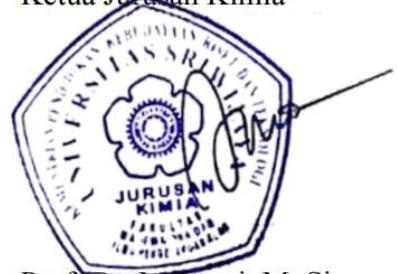
Mengetahui

Dekan FMIPA



Prof. Hermansyah, S. Si., M. Si., Ph. D  
NIP. 197111191997021001

Ketua Jurusan Kimia



Prof. Dr. Muharni, M. Si  
NIP. 196903041994122001

## **PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH**

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : Lola Andini

NIM : 08031381823076

Fakultas/Jurusan : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam/ Kimia

Menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri dan karya ilmiah ini belum pernah diajukan sebagai pemenuhan persyaratan untuk memperoleh gelar kesarjanaan strata (S1) dari Universitas Sriwijaya maupun perguruan tinggi lain. Semua informasi yang dimuat dalam skripsi ini yang berasal dari penulis lain baik yang dipublikasikan atau tidak telah diberikan penghargaan dengan mengutip nama sumber penulis secara benar. Semua isi dari skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya sebagai penulis.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Indralaya, Juli 2022



Lola Andini  
NIM. 08031381823076

## **HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademik Universitas Sriwijaya, yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : Lola Andini  
NIM : 08031381823076  
Fakultas/Jurusan : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam/ Kimia  
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya “Dehidrasi Isopropanol Menjadi Diisopropil Eter dengan Katalis Zeolit Nikel Fosfat”. Dengan hak bebas royalty non-ekslusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalih, edit/menformatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat dan mempublikasikan tugas akhir atau skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya.

Indralaya, Juli 2022



Lola Andini

NIM. 08031381823076

## SUMMARY

### DEHYDRATION OF ISOPROPANOL TO DIISOPROPYL ETHER WITH ZEOLITE NICKEL PHOSPHATE CATALYST

Lola Andini: Supervised by Dr. Hasanudin, M.Si

Department of Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences,  
Sriwijaya University

xvii + 76 pages + 16 pictures + 3 tables + 8 attachments

The preparation of nickel phosphate impregnated zeolite catalyst has been carried out with various concentrations of Zeolite-Ni(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>, namely 2, 4, 6, 8 and 10 mEq/g. The purpose of this study was to apply the Zeolite-Ni(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> catalyst during the dehydration of isopropanol to diisopropyl ether and to characterize the best synthesis using XRD, SEM-EDS, and FTIR. The performance of Zeolite-Ni(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> catalyst was shown in the dehydration process of isopropanol to diisopropyl ether and the dehydration result was measured using GC-MS. The diisopropyl ether product formed selectivity and yield of 81.51% and 33.16% when dehydrated with a Zeolite-Ni(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> catalyst of 8 mEq/g. Acidity analysis was carried out using the gravimetric method by calculating the amount of pyridine absorbed, the results of the analysis showed an increase in the total acidity after impregnation with the addition of phosphate from 0.543 mmol/g to 1.271 mmol/g. Based on the XRD characterization the impregnation has been successfully carried out, indicated by an angle of 2θ in the area of 15.41°; 20.0°; 24.22°. SEM-EDS results showed changes in morphology and elements. Zeolite which originally had a surface structure with partially open pores indicated by black spots, while Zeolite-Ni(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> partially covered with nickel phosphate showed morphological changes that were dense and square in shape. Impregnation was successfully carried out as indicated by an increase in the original Ni element from 0% atom to 6.24% atom and the P element from 0% atom to 21.00% atom. The FTIR spectra of Zeolite-Ni(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> were indicated by the appearance of an absorption band of 1383.89 cm<sup>-1</sup> which was impregnated Ni metal, while Lewis acid and Bronsted acid were shown at wave numbers of 14380.90 cm<sup>-1</sup> and 1660.71 cm<sup>-1</sup>.

**Keywords** : Nickel phosphate zeolite catalyst, Isopropanol dehydration, Diisopropyl ether.

Citation : 66 (2007-2021)

## RINGKASAN

### DEHIDRASI ISOPROPANOL MENJADI DIISOPROPIL ETER DENGAN KATALIS ZEOLIT NIKEL FOSFAT

Lola Andini: Dibimbing oleh Dr. Hasanudin, M.Si

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya

xvii + 76 halaman + 16 gambar + 3 tabel + 8 lampiran

Pembuatan katalis zeolit terimpregnasi nikel fosfat telah dilakukan dengan berbagai variasi konsentrasi Zeolit-Ni(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> yaitu 2, 4, 6, 8 dan 10 mEq/g. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengaplikasikan katalis Zeolit-Ni(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> pada saat dehidrasi isopropanol menjadi diisopropil eter dan mengkarakterisasi hasil sintesis terbaik dengan XRD, SEM-EDS, dan FTIR. Kinerja katalis Zeolit-Ni(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> ditunjukkan dalam proses dehidrasi isopropanol menjadi diisopropil eter dan hasil dehidrasi diukur menggunakan GC-MS. Produk diisopropil eter yang terbentuk menghasilkan selektivitas dan yield sebesar 81,51% dan 33,16% saat didehidrasi dengan katalis Zeolit-Ni(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> 8 mEq/g. Analisis keasaman dilakukan menggunakan metode gravimetri dengan menghitung jumlah piridin yang terserap, hasil analisis menunjukkan peningkatan jumlah keasaman total setelah dilakukan impregnasi dengan penambahan fosfat semula 0,543 mmol/g menjadi 1,271 mmol/g. Berdasarkan karakterisasi XRD impregnasi telah berhasil dilakukan, ditunjukkan dengan sudut 2θ di daerah 15,41°; 20,0°; 24,22°. Hasil SEM-EDS menunjukkan perubahan morfologi dan unsur. Zeolit yang semula memiliki struktur permukaan yang pori-pori yang terbuka sebagian yang ditunjukkan bintik hitam sedangkan Zeolit-Ni(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> sebagian permukaan ditutupi oleh nikel fosfat ditunjukkan perubahan morfologi yang rapat dan berbentuk persegi. Impregnasi berhasil dilakukan ditunjukkan dengan peningkatan unsur Ni semula 0% atom menjadi 6,24% atom dan unsur P semula 0% atom menjadi 21,00% atom. Spektra FTIR pada Zeolit-Ni(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> ditandai dengan munculnya pita serapan 1383,89 cm<sup>-1</sup> yang merupakan logam Ni terimpregnasi, sedangkan asam lewis dan asam bronsted masing-masing ditunjukkan pada bilangan gelombang 14380,90 cm<sup>-1</sup> dan 1660,71 cm<sup>-1</sup>.

**Kata Kunci :** Katalis zeolit nikel fosfat, Dehidrasi isopropanol, Diisopropil eter.

**Situsi :** 66 (2007-2021)

## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

*Bismillahirrohmanirrohim.....*

Allah tidak membebani seseorang itu melainkan sesuai dengan kesanggupannya  
(Q.S Al-Baqarah; 286)

“Akan selalu ada jalan menuju sebuah kesuksesan bagi siapapun, selama orang tersebut mau berusaha dan bekerja keras untuk memaksimalkan kemampuan yang ia miliki”  
-Bambang Pamungkas

Skripsi ini sebagai salah satu rasa syukur kepada Allah SWT. dan Nabi Muhammad SAW atas segala nikmat, rahmat dan kasih sayangnya dalam hidup sehingga penulis bisa menyelesaikan dengan baik dan penuh keyakinan hati.

Dan kupersembahkan juga kepada

1. Kedua Orangtua ku, yang selalu mendoakan, memberi support baik secara moril maupun materil serta mempercayakan Penulis untuk menentukan pilihan sampai bisa ke tahap ini.
2. Adik-adikku Valen, Adel dan Kasih yang saya sayangi terimakasih selalu menghibur dan mendukung penulis.
4. Pembimbing, pembahas serta sahabat dan semua orang baik yang selalu membantu Penulis pada penyusunan skripsi ini.
5. Almamaterku (Universitas Sriwijaya).

## KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan *Bismillahirahmanirrahim* dan segala puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karuniannya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Dehidrasi Isopropanol Menjadi Diisopropil Eter dengan Katalis Zeolit Nikel Fosfat”. Penulis menyadari bahwa karya manusia tak luput dari ketidaksempurnaan, keterbatasan, kekurangan serta rintangan dalam penyelesaian proses penyusunan. Namun, atas kesabaran dan rasa tanggung jawab sebagai mahasiswa yang sedang mengemban tugas akhir serta adanya bantuan dan dorongan semangat oleh orang-orang baik, Alhamdulillah penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulis juga sangat mengucapkan banyak terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak **Dr. Hasanudin, M. Si** yang telah banyak memberikan ilmu, bimbingan, bantuan, motivasi, semangat, saran dan petunjuk kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Hermansyah, Ph. D selaku Dekan FMIPA Universitas Sriwijaya.
2. Ibu Prof. Dr. Muharni, M. Si selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.
3. Bapak Dr. Addy Rachmat, M. Si selaku Sekretaris Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.
4. Bapak Dr. Hasanudin, M. Si selaku dosen Pembimbing Skripsi sekaligus Pembimbing Akademi yang telah memberikan bimbingan dalam penulisan skripsi ini, terimakasih telah memberikan banyak pelajaran berharga dan melatih kedisiplinan Penulis selama proses penelitian berlangsung.
5. Bapak Drs. Dasril Basir, M. Si., Ibu Fahma Riyanti M. Si., dan Bapak Dr. Ady Mara, M. Si. selaku pembahas dan penguji seminar hasil dan sidang sarjana.
6. Seluruh Dosen FMIPA Kimia Universitas Sriwijaya yang telah memberikan banyak ilmu, mendidik dan membimbing selama masa kuliah.

7. Kedua orang tua tersayang Bapak dan Umak yang selalu mendoakan, memberikan semangat, bekerja keras siang dan malam dan selalu mencintai dan menyayangi Lola sampai akhirnya Lola bisa ke tahap ini dan bisa menyelesaikan skripsi dan studi ini, serta kepada adik-adikku tersayang Valen, Adel, dan Kasi terimakasih telah banyak menghibur dan menemani Penulis, Kalian calon-calon orang yang sukses.
8. Mbak Novi dan Kak Cosiin selaku Admin Jurusan Kimia Universitas Sriwijaya yang telah banyak membantu dalam proses kelengkapan administrasi atau syarat yang diperlukan selama kuliah sampai siding, sehat selalu.
9. Ayuk analis (yuk niar, yuk nur dan yuk yanti) terimakasih telah banyak membantu dalam proses peminjaman alat dan bahan, serta membantu dalam hal analisis yang diperlukan untuk data skripsi dan banyak membantu kami dalam kesusahan jika terdapat hal yang tidak dipahami terimakasih telah mengajarkan banyak ilmu-ilmu baru, sehat selalu.
10. Kakandaku Dzul Akbar Kayogi, S.Ikom., yang telah membantu, menghibur, menemani, dan memberikan warna dan semangat kepada Penulis sehingga bisa sampai di titik ini, semoga kita sukses dan selalu memberikan support satu sama lain.
11. Zeolit Metal (Rahmawati dan Jenniva), terimakasih atas kebersaman, dan kerjasama saling bantu membantu bahu membahu dengan menjalankan penelitian ini sampai selesai, penulis sangat terharu karena kita bisa melewati semua ini dengan penuh banyak rintangan dan tantangan, hal tersebutlah menjadikan diri kita sosok yang bersemangat dan membuat kenangan indah untuk masa depan yang bisa kita ceritakan kepada dunia kalau kita bisa melewati masa ini. semoga kita selalu diberi kemudahan dan sukses untuk kedepannya.
12. Teman-teman kost kosim (Dayah, Elak, dan Aini), Congrast! Akhirnya kita bisa melewati semua ini, tanpa adanya kalian penulis belum tentu bisa sampai di titik ini. Dayah yang selalu semangat, Elak pantang menyerah dan Aini yang selalu berpikir positif, kalian yang telah memberikan rasa semangat dan selalu berusaha. Semoga kalian sehat-sehat terus, aamiin.

13. Sahabat-sahabatku (Vivin, Dea, Tina, dan Olga) terimakasih atas warna dan hiburan serta semangat yang kalian sehingga penulis bisa sampai dititik ini.
14. Guru-guruku (Ibuk dwi guru kimia, pak sugik, pak iswadi, kak dedi serta guru-guru lainnya) terimakasih telah mengajarkan penulis tentang arti perjuangan terutama ibu dwi yang telah mengenalkan mapel kimia bahwa kimia itu menyenangkan dan menjadikan penulis berada ditiitik ini.
15. Angkatan 18 kimia yang telah melewati kebersamaan, perjuangan dan kerjasama lebih kurang empat tahun, terimakasih bisa mengenal orang-orang baik seperti kalian semoga sukses, aamiin.
16. Terakhir untuk diriku sendiri, terimakasih telah menjadi sosok yang kuat, berani, pantang menyerah. Ini merupakan permulaan, masih banyak yang perlu kau lakukan dan bahagiakan terutama orang tua, adik-adik, dan orang-orang terdekatmu.

Semoga bimbingan dan masukan yang diberikan kepada penulis menjadi amal shaleh dan pahala yang setimpal dari Allah SWT. Akhirnya dengan kerendahan hati, penulis meminta maaf apabila dalam penulisan ini terdapat kekhilafan dan kata yang menyenggung hati. Penulis menyadari skripsi ini masih banyak kekurangan, sehingga penulis sangat mengharapkan kritik dan saran dari pembaca. Mudah-mudahan skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua dan semoga Tuhan melindungi dan memberkati kita semua

Indralaya, Juni 2022

Penulis

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>HALAMAN KEASLIAN KARYA ILMIAH.....</b>	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....</b>	<b>v</b>
<b>SUMMARY.....</b>	<b>vi</b>
<b>RINGKASAN.....</b>	<b>vii</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN .....</b>	<b>viii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xvi</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xvii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Manfaat Penelitian .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>4</b>
2.1 Dehidrasi Isopropanol.....	4
2.2 Diisopropil Eter .....	4
2.3 Pembuatan Diisopropil eter .....	5
2.4 Dasar Reaksi.....	7
2.5 Katalis .....	8
2.6 Zeolit .....	9
2.7 Impregnasi Katalis Zeolit .....	11
2.8 Nikel Fosfat .....	12
2.9 Gas Cromatography-Mass Spectroscopy (GC-MS) .....	13
2.10 Karakterisasi.....	14
2.10.1 X-Ray Diffraction (XRD).....	14

2.10.2 Scanning Electron Microscopy (SEM).....	14
2.10.3 Fourier Transformasi Infrared (FTIR).....	15
<b>BAB III METODE PENELITIAN.....</b>	<b>17</b>
3.1 Waktu dan Tempat.....	17
3.2 Alat dan Bahan .....	17
3.2.1 Alat .....	17
3.2.2 Bahan .....	17
3.3 Prosedur Kerja .....	17
3.3.1 Preparasi Sampel Zeolit .....	17
3.3.2 Aktivasi Zeolit Alam .....	17
3.3.3 Modifikasi katalis Zeolit-Ni( $H_2PO_4$ ) <sub>2</sub> dengan Variasi Konsentrasi Ni <sup>2+</sup> Dengan Perbandingan 10, 20, 30, 40 dan 50 mEq/ 5 g Zeolit .....	18
3.3.4 Proses Dehidrasi Isopropanol dengan Katalis Zeolit dan Zeolit-Ni( $H_2PO_4$ ) <sub>2</sub> .....	18
3.3.5 Karakterisasi katalis zeolit .....	19
3.3.5.1 Karakterisasi Menggunakan XRD .....	19
3.3.5.2 Karakterisasi Analisis Keasaman Menggunakan Piridin Cair	19
3.3.5.3 Karakterisasi Menggunakan SEM-EDS.....	20
3.3.5.4 Karakterisasi Menggunakan FT-IR.....	20
3.3.6 Analisa Data .....	20
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>22</b>
4.1 Preparasi dan Aktivasi Zeolit Alam.....	22
4.2 Modifikasi Zeolit Alam dengan Ni( $H_2PO_4$ ) <sub>2</sub> .....	23
4.3 Pengukuran Hasil Dehidrasi Isopropanol dengan Katalis Zeolit-Ni( $H_2PO_4$ ) <sub>2</sub> dan Zeolit-Ni Menggunakan GC-MS.....	24
4.4 Analisis Keasaman dengan piridin.....	28
4.5 Karakterisasi Menggunakan XRD.....	29
4.6 Karakterisasi Menggunakan SEM-EDS.....	32
4.7 Karakterisasi Menggunakan Spektrofotometer FTIR.....	33
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>37</b>
5.1 Kesimpulan.....	37
5.2 Saran .....	38

<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>39</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>45</b>

## DAFTAR GAMBAR

### **Halaman**

Gambar 1. Struktur dari Zeolit Serta Sistem dan Dimensi Mikroporinya .....	10
Gambar 2. Jenis gugus hidroksil dan situs asam pada zeolit .....	11
Gambar 3. Skema GC-MS .....	13
Gambar 4. Difraksi sinar-X pada XRD.....	14
Gambar 5. Ilustrasi Difraksi Sinar-X .....	14
Gambar 6. Skematik Prinsip Kerja SEM .....	15
Gambar 7. Skema FTIR .....	16
Gambar 8. Proses Preparasi dan Aktivasi Zeolit Alam.....	23
Gambar 9. a) Katalis Zeolit setelah terimpregnasi logam $\text{Ni}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ b) Katalis zeolit- $\text{Ni}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ setelah kalsinasi .....	24
Gambar 10.Kromatogram Standar isopropanol 50% dan diisopropil eter 50% ....	24
Gambar 11.Hasil Dehidrasi Isopropanol menggunakan katalis Zeolit- $\text{Ni}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ a) 2 mEq b) 4 mEq c) 6 mEq d) 8 mEq e) 10 mEq dan f) Zeolit-Ni6 mEq .....	26
Gambar 12. <i>Mass Spectroscopy</i> a) Isopropanol dan b) Diisopropil Eter.....	27
Gambar 13.Difraktogram Katalis a)Zeolit b)Zeolitt-Ni dan c)Zeolit- $\text{Ni}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ .	30
Gambar 14.Marfologi permukaan katalis a)Zeolit, b)Zeolit-Ni, dan c)Zeolit- $\text{Ni}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ .....	32
Gambar 15.Spektra FTIR Katalis a)Zeolit-Ni b)Zeolitt- $\text{Ni}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ dan c)Zeolit- $\text{Ni}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ Setelah Menyerap Piridin .....	34
Gambar 16.Grafik Adsorbansi Katalis a)Zeolit- $\text{Ni}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ Sebelum Menyerap Piridin dan b)Zeolit- $\text{Ni}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ Setelah Menyerap Piridin .....	36

## **DAFTAR TABEL**

### **Halaman**

Tabel 1. Waktu retensi dan hasil konversi, selektivitas dan yield dari isopropanol dan diisopropil eter dari katalis Zeolit-Ni( $H_2PO_4$ ) <sub>2</sub> 2,4,6,8 dan 10 mEq dan katalis Zeolit-Ni .....	27
Tabel 2. Data <i>peak</i> dan intensitas tertinggi Katalis Zeolit-Ni( $H_2PO_4$ ) <sub>2</sub> dan Katalis Zeolit-Ni .....	29
Tabel 3. Hasil analisis keasaman katalis Zeolit-Ni dan Zeolit-Ni( $H_2PO_4$ ) <sub>2</sub> .....	30
Tabel 4. Data EDS dari Katalis Zeolit, Zeolit-Ni dan Zeolit-Ni( $H_2PO_4$ ) <sub>2</sub> .....	33

## **DAFTAR LAMPIRAN**

### **Halaman**

Lampiran 1. Perhitungan Penambahan Logam Nikel dan Ammonium Dihidrogen Fosfat .....	46
Lampiran 2. Data Pengukuran GC-MS dari Katalis Zeolit-Ni dan Zeolit- $\text{Ni}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ .....	50
Lampiran 3. Perhitungan Konversi, Selektivitas dan <i>Yield</i> dari data GC-MS ....	57
Lampiran 4. Data Karakterisasi dengan XRD dari Katalis Zeolit-Ni dan Zeolit- $\text{Ni}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ .....	62
Lampiran 5. Perhitungan Analisis Keasaman Permukaan pada Katalis Zeolit-Ni dan Zeolit-Ni( $\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ .....	67
Lampiran 6. Data Karakterisasi dengan FT-IR dari Katalis Zeolit-Ni, Zeolit- $\text{Ni}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ Sebelum dan Menyerap Piridin .....	69
Lampiran 7. Data Karakterisasi dengan SEM-EDS dari Katalis Zeolit, Zeolit-Ni, Zeolit-Ni( $\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ .....	72
Lampiran 8. Dokumentasi Penelitian .....	75

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang**

Dewasa ini, penggunaan bahan bakar minyak semakin meningkat seiring dengan bertambahnya di industri dan penduduk. Bahan-bahan yang digunakan oleh individu dalam kehidupan sehari-hari seperti *premium*, *pertalite*, *pertamax* dan bahan bakar lainnya masih mengadung bahan aditif yang dapat membahayakan manusia. Bahan aditif ini adalah senyawa timbal yang terdapat dalam TEL (*Tetra Ethyl Lead*) yang dapat menyebabkan kanker dan kerusakan otak. Oleh karena itu, diperlukan alternatif bahan aditif pengganti yang lebih ramah lingkungan dan memiliki kualitas yang tidak jauh berbeda adalah diisopropil eter (Abdullah dan Bandar, 2007).

Diisopropil eter merupakan senyawa kimia organik yang memiliki gugus eter. Senyawa cair yang tidak berwarna ini biasa digunakan sebagai pelarut atau *solvent* dan juga sebagai alternatif bahan aditif pada bahan bakar minyak bumi yang ramah lingkungan. Diisopropil eter dapat dibuat melalui proses dehidrasi isopropanol. Dehidrasi dari isopropanol merupakan proses kimia yang memerlukan temperatur yang tinggi (sekitar 150° C), reaksi ini umumnya dikatalisis oleh katalis homogen, biasanya asam sulfat (Hermansyah, 2010). Tetapi, katalis homogen memiliki kelemahan seperti pemisahan yang masih sulit serta bersifat korosif (Widayat, 2010). Salah satu upaya untuk mengatasi kekurangan katalis homogen adalah dengan mengembangkan katalis heterogen.

Menurut Tapanes et al., (2008) pemanfaatan katalis heterogen lebih murah dan memiliki beberapa manfaat, seperti tidak korosif, ramah lingkungan, mudah dipisahkan dari produk dan hasil selektivitas cukup tinggi. Penelitian ini akan menggunakan katalis heterogen berupa zeolit. Menurut Rahayu dkk (2013), zeolit adalah katalis yang baik karena memiliki struktur kristal yang berpori dan memiliki luas permukaan yang besar dan keasaman yang tinggi. Dengan demikian, zeolit dapat dimanfaatkan sebagai pertukaran ion, bahan adsorpsi, dan katalisator. Salah satu upaya yang dilakukan untuk meningkatkan aktivitas zeolit yang digunakan sebagai katalis adalah dengan mengaktifkan dan mentransformasikan zeolit dengan logam aktif yang dikenal dengan impregnasi.

Penggunaan zeolit yang diimpregnasi karena permukaannya berpori dan tahan panas. Bentuk *porous* memperluas luas permukaan zeolit dengan tujuan agar lebih banyak logam yang dapat terimpregnasi ke dalam zeolit (Rianto dkk, 2012).

Logam prekursor yang terimpregnasi ke dalam zeolit mampu menambahkan aktifitas zeolit sebagai katalis. Pada penelitian ini akan menggunakan logam nikel dan penambahan asam fosfat yang terimpregnasi ke dalam zeolit. Menurut Rahayu dkk (2013), penambahan logam prekursor seperti logam nikel menjadikan situs aktif pada zeolit meningkat sehingga keasaman katalis bertambah dan menghasilkan produk yang tinggi pada proses konversi. Menurut Sahara dkk (2017), penambahan asam fosfat pada katalis yang dapat meningkatkan keasaman karena kemampuan aktivator pada fosfat yang membuka pori-pori zeolit sehingga dapat memperluas permukaan zeolit. Oleh karena itu, nikel fosfat dikembangkan sebagai logam prekursor pada zeolit untuk meningkatkan sifat fungsional dari nikel dan fosfat. Dengan demikian, karakteristik yang dimiliki nikel fosfat dapat diaplikasikan ke dalam zeolit sebagai katalis dalam proses dehidrasi isopropanol menjadi diisopropil eter.

Nikel fosfat terimpregnasi ke dalam zeolit yang terlalu banyak cenderung akan terjadi aglomerat atau terbentuk penggumpalan dan sebaliknya jika logam nikel fosfat yang terimpregnasi sedikit maka logam nikel fosfat tidak akan mencukupi untuk menempel ke dalam zeolit, sehingga distribusi antar logam nikel fosfat sangat jarang (Trisuryani dkk, 2005). Menurut Fatimah dan Utami (2017), banyaknya situs aktif tersebut dapat mempengaruhi katalis yang terbentuk, semakin banyak logam nikel yang terimpregnasi dalam katalis zeolit maka keasamannya semakin rendah, meskipun masih lebih tinggi dari keasaman zeolit alam sebelum diimpregnasi.

Berdasarkan uraian diatas, maka dilakukan penelitian modifikasi zeolit alam diimpregnasi nikel fosfat dengan variasi 2, 4, 6, 8 dan 10 mEq/g Zeolit untuk mengkatalisis proses dehidrasi isopropanol menjadi isopropil eter yang bertujuan untuk mengetahui jumlah variasi konsentrasi nikel fosfat pada zeolit yang dapat memberikan karakteristik dan aktivitas terbaik. Modifikasi zeolit dengan nikel fosfat akan dikarakterisasi menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD) untuk penentuan kristalinitas katalis, *Scanning Electron Microscope* and *Energy*

*Dispersive Spectroscopy* (SEM-EDS) untuk uji morfologi pada katalis, dan menggunakan spektrofotometer FT-IR untuk melihat gugus fungsi hasil modifikasi katalis zeolit. Penentuan konversi, selektivitas dan *yield* isopropanol yang terdehidrasi menjadi diisopropil eter maka dilakukan analisa menggunakan *Gas Chromatography-Mass Spectroscopy* (GC-MS)..

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka rumusan masalah yang terdapat dalam penelitian ini adalah bagaimana pengaruh penambahan variasi logam nikel fosfat pada karakteristik dari katalis zeolit terimpregnasi logam nikel fosfat dan bagaimana kinerja katalis zeolit nikel fosfat pada proses dehidrasi isopropanol menjadi diisopropil eter.

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Menentukan katalis zeolit alam termodifikasi nikel fosfat terbaik pada variasi 2, 4, 6, 8 dan 10 mEq/g zeolit dengan melihat yield diisopropil eter dan selektivitas katalis dari data GC-MS.
2. Karakterisasi sifat fisik dan kimia dari katalis zeolit nikel fosfat menggunakan Instrumen *X-Ray Diffraction* (XRD), *Scanning Electron Microscope* and *Energy Dispersive Spectroscopy* (SEM-EDS), dan Spektrofotometer FT-IR.

## 1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini akan memberikan informasi yang lebih lanjut tentang modifikasi zeolit alam dengan nikel fosfat sebagai katalis dalam reaksi dehidrasi isopropanol menjadi diisopropil eter.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah dan Bandar. 2007. Pra Rancangan Pabrik Diisopropil Eter dari Isopropil Alkohol Kapasitas 50.000 Ton/Tahun. *Skripsi*. Universitas Islam Indonesia: Yogyakarta.
- Abdullah, M dan Khairurrijal. 2009. Karakterisasi Nanomaterial. *Jurnal Nanosains dan Nanoteknologi*. 2(1): 1-9.
- Adriati, M., Suseno, A., dan Taslimah, T. 2013. Modifikasi Zeolit Alam Menggunakan Besi (Fe) dan Kobalt (Co) untuk Katalis Degradasi Fenol. *Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi*. 16(1): 1-5.
- Alfaruqi, H. M. 2008. Pengaruh Konsentrasi Hidrogen Klorida (HCl) dan Temperatur Perlakuan Hidrotermal Terhadap Kristanilitas Material Mesopori Silika SBA-15. *Tugas Akhir Departemen Teknik Metalurgi*. Universitas Indonesia: Jakarta.
- Al-Khattaf, S. 2006. Catalytic Transformation of Toluene Over a High Acidity Y-Zeolite Based Catalyst. *Energy Fuels*. 20(1). 946-954.
- Al-omair, M. A., Tpuny, A. H., and Saleh, M. M. 2017. Reflux-Based Synthesis and Electrocatalytic Characteristics of Nickel Phosphate Nanoparticles. *Jurnal of Power Sources*. 1(342): 1032-1039.
- Amri, S. dan Utomo P. M. 2017. Preparasi dan Karakterisasi Komposit ZnO-Zeolit untuk Fotodegradasi Zat Warna Congo Red. *Jurnal Kimia Dasar*. 6(2): 29-36.
- Anam, C dan Sirojudin. 2007. Analisis Gugus Fungsi Pada Sampel Uji, Bensin Dan Spiritus Menggunakan Metode Spektroskopi FT-IR. *Berkala Fisika*. 1(10): 79–85
- Ardine, E. A. F. 2019. Sintesis dan Karakterisasi NiO/Zeolit Serta Uji Aktivitasnya Pada Catalytic Cracking Crude Biodiesel. *Skripsi*. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah: Jakarta.
- Arjek, O. C. H dan Fatimah, I. 2017. Modifikasi Zeolit dengan Tembaga (Cu) dan Uji Sifat Katalitiknya Pada Reaksi Esterifikasi. *Indonesian Journal of Chemical Research*. 2(1): 20-27.
- Bekkum, H.V., Jansen, J.C., dan Flasingen, E.M. 1991, Studies in Surface, Science and Catalysis Introduction to Zeolite Science and Practice. *Elsevire*.1(1): 153-191
- Budiyanto, R , Setyawan. D., Dan Andarini, N. 2018. Aktivitas dan Selektivitas Katalis Ni/H<sub>5</sub>NZA Terhadap Hidrorengkah Metil Oleat Menjadi Senyawa Hidrokarbon Fraksi Pendek. *Jurnal Kimia Riset*. 3(1). 58-70.

- Bunaciu, A. A., gabriela, U. E, dan Aboul, E. H. Y. 2015. X-Ray Diffraction: Instrumentation and Applications. *Crit. Rev. Anal. Chem.* 4(45): 289–299.
- Chami, F., Dermeche, L., Saadi, A., and Rabia, C. 2013. Propan-2-ol conversion to diisopropyl ether over  $(\text{NH}_4)_x\text{XyPMo}_{12}\text{O}_{40}$  salts with X 5 Sn, Sb, and Bi. The effect of salt preparation pH. *Apply Petrochem Res.* 3(1):35–45.
- Donaldson, J. D. and Beyersmann, D. 2012. Cobalt and Cobalt Compounds. *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry.* 1(9): 429–465.
- Efiyanti, L., & Santi, D. 2016. Pengaruh Katalis NiO Dan NiOMoO terhadap Perengkahan Minyak Cangkang Biji Jambu Mete. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan.*34(3): 189–197.
- Ekawandani, N. 2016. Analisis Risiko Paparan Isopropanol Pada Pekerja Offset Printing. *TEDC.* 10(3): 191-196.
- Fa'izzah, M. dan Kristian H. S. 2017. Sintesis dan Karakterisasi Senyawa Kompleks Konalt (II) dengan Ligand 1,10- Fenantrolin dan Senyawa Anion Trifluorometanasulfonat. *Skripsi.* Universitas Negeri Yogyakarta: Yogyakarta.
- Fatimah, N. F. dan Utami, B. 2017. Sintesis dan Analisis Spektra IR, Difraktogram XRD, SEM pada Material Katalis Berbahan Ni/zeolit Alam Teraktivasi dengan Metode Impregnasi. *Journal Cis-Trans (JC-T).* 1(1): 35-39.
- Febranto, A. N. 2010. Pemurnian Isopropanol Menggunakan Memberan Alginat. *Jurnal Teknik.* 2(9): 84-92.
- Goldstein, J. 2003. *Scanning Electron Microscopy and X-Ray Microanalysis: Third Edition.* US: Springer.
- Harjanti, R. S. 2008. Pemanfaatan zeolit alam klinoptilolite sebagai katalisator dalam alkoholisis minyak jarak. *Jurnal Rekayasa Proses.* 2(1): 28-32.
- Hasyim, W. 2007. Studi Aktivitas dan Selektivitas Katalis Ni(II)/H<sub>5</sub>NZA dan Zn(II)/ H<sub>5</sub>NZA dalam Konversi Plastik menjadi Senyawa Fraksi Bahan Bakar Cair. *Skripsi,* FMIPA Universitas JemberKasanah, U., Cahyono, E., dan sudarmin. 2014. Pengaruh Struktur Alkohol Terhadap Produk Esterifikasi Asam Laurat Terkatalisis Zr<sup>4+</sup>-Zeolit Beta. *Indonesian Journal of Chemical Science.* 3(1): 63-68..
- Hidayat, R., Pasaribu, S. P., and Saleh, C. 2015. Penggunaan Internal Standar Nitrobenzena untuk Penentuan Kuantitatif Btex dalam Kondensat Gas Alam dengan Kromatografi Gas. *Jurnal Kimia Mulawarman.* 12(2): 90-96.
- Holcapek, M., and Byrdwell, W. C. 2017. Handbook of advanced chromatography/mass spectrometry techniques. *Chapter.* 10(1): 365.

- Hunger, M. 2010. Catalitically Active Sites: Generation and Characterization, Zeolites and Catalysis: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KgaA. 1(1):493-546.
- Irvantino, B. 2013. Preparasi Katalis Ni/Zeolit Alam Dengan Metode Sonokimia Untuk Perengkahan Katalitik Polipropilen Dan Polietilen. *Skripsi*. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Kartika, P. 2020. Studi Preparasi dan Karakterisasi Katalis Bentonit Terpilar Nikel Fosfat Untuk Konversi Etanol Menjadi Dietil Eter. *Skripsi*. Universitas Sriwijaya: Indralaya.
- Kasanah, U., Cahyono, E., dan sudarmin. 2014. Pengaruh Struktur Alkohol Terhadap Produk Esterifikasi Asam Laurat Terkatalisis  $Zr^{4+}$ -Zeolit Beta. *Indonesian Journal of Chemical Science*. 3(1): 63-68.
- Kim, H., Jimin, P., Inchul, P., Kyoungsuk, J., Sung, E. J., Sun, H. K., Ki, T. N., and Kisuk, K. (2015). Coordination Tuning of Cobalt Phosphates Towards Efficient Water Oxidation Catalyst. *Nature Communications*. 6(1): 1–11.
- Krutpijit, C. and Jongsomjit, B. 2016. Catalytic Ethanol Dehydration over Different Acid-Activated Montmorillonite Clay. *Journal of Oleo Science*. 65(4):347-353.
- Metungku, N. A dan Darwis, D. Pemurniaan Dan Karakterisasi Senyawa  $SiO_2$  Berbasis Pasir Kuarsa Dari Desa Pendolo Kecamatan Pamona Selatan Kabupaten Poso. *Gravitasii*. 1(16): 39–43.
- Moulijn, J.A., Leeuwen, v., dan Santen, v. 1993. *Catalysis, An Integrated approach to Homogenous, Heterogeneous and Industrial Catalysis*. Elsevier Science Publishers:Amsterdam.
- Munasir, M., Triwikantoro, T., Zainuri, M., dan Darminto, D. 2012. Uji Xrd Dan Xrf Pada Bahan Meneral (Batuan Dan Pasir) Sebagai Sumber Material Cerdas ( $CaCO_3$  dan  $SiO_2$ ). *Jurnal Penelitian Fisika Dan Aplikasi*. 2(1): 20–29.
- Nasikin, M., dan Susanto, B.H. 2010. *Katalis Heterogen*. UI Press: Jakarta Indonesia.
- Ni, W. et al. 2018. Catalytic Dehydration of Sorbitol and Fructose by Acid-Modified Zirconium Phosphate. *Catalysis Today*. 1(1): 66-75.
- Nugrahaningtyas, K. D., Widjonarko, D. M., Daryani dan Haryanti, Y. 2016. Kajian Aktivasi  $H_2SO_4$  Terhadap Proses Pemilaran  $Al_2O_3$  Pada Lempung Alam Pacitan. *Jurnal Penelitian Kimia*.12(2): 190–204.
- Omar, F. et al. 2016. Ultraigh Capacitance of Amorphous Nickel Phosphate for Asymmetric Supercapacitor Applications. *RSC Advances*. 6(80): 298-306.

- Qi, J., Zhu, R., Han, X., Zhao, H., Li, Q and Lei, Z. 2020. Ionic Liquid Extractive Distillation For The Recovery Of Diisopropyl Ether And Isopropanol From Industrial Effluent: Experiment And Simulation. *Journal Of Cleaner Production.* 1(1): 1-2.
- Rahman, A., Arryanto, Y., Juwono, A. L., & Roseno, S. (2015). Sintesis dan Karakterisasi Organolempung dari Bentonit Indonesia. *Spektra: Jurnal Fisika Dan Aplikasinya.* 16(1): 42–47.
- Ramadhani, D. G., Nur F. F., Alfian, W. S., Heri, S., dan Nanik Dwi Nuhayati. 2017. Synthesis of Natural Ni/Zeolite Activated by Acid as Catalyst for Synthesis Biodiesel from Ketapang Seeds Oil. *Jurnal Kimia Dan Pendidikan Kimia.* 2(1): . 72-79.
- Ramadhita, B. 2020. Analisis Gugus Fungsi dan Keasaman Zeolit Hasil Sintesis Dari Lempung Alam. *Repository.* Universitas Riau: Pekanbaru.
- Rahayu, F. L., Nuryanto, R., dan Suyati, L. 2013. Pengaruh Diameter Kanal Pelet Katalis Zeolit Aktif dan Ni-Zeolit terhadap Pirolisis Limbah Batang Pohon Sagu (*Metroxylonsp.*). *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi.* 16(1):33-37.
- Rayalu, S. S., Udhoji, J. S., Meshram, S. U., Naldu, R. R. and Evotta, S. 2005. Estimation of Crystallinity in Fly Ash-Based Zeolite A Using XRD and IR Spectroscopy. *Research Communications Current Science.* 89(1): 2147-2151.
- Rianto, A., Islamiyah., Khoir, E. P. dan Abdul, A. A. M. 2013. Sintesis Katalitik 2,2- Diisopropoksipropan dari Isopropanol Untuk Meningkatkan Angka Bahan Bakar Terbarukan. *Jurnal Penelitian Kimia.* 1(1): 1-6.
- Sankari, G., E. Kriahnamoorthy, S. Jayakumaran, S. Gunaeakaran, V.V. Priya, S. Subramanlam, S. Subramanlam, and S.K. Mohan. 2010. Analysis of serum immunoglobulins using fourier transform infrared spectral measurements. *Biol. Med.* 2(3):42-48.
- Saraswati, I. 2015. Zeolite-A Synthesis from Glass. *Jurnal Sains dan Matematika.* 23(4): 112-115
- Satriawan, M. B dan Illing, I. 2017. Uji FTIR Bioplastik Dari Limbah Ampas Sagu Dengan Penambahan Variasi Konsentrasi Gelatin. *Jurnal Dinamika.* 2(8): 1-13
- Savitri, N. A dan Aziz, I. 2016. Pembuatan Katalis Asam (Ni/y-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) dan Katalis Basa (Mg/y-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) Untuk Aplikasi Pembuatan Biodiesel dari Bahan Baku Minyak Jelantah. *Jurnal Kimia Valensi.* 2(1): 1-10.
- Septiansyah, I. 2011. Preparasi, Karakterisasi Dan Uji Performa Katalis Zeolit-Ni dalam Perengkahan Katalitik Minyak Jelantah. *Skripsi.* Universitas Tanjungpura: Pontianak.

- Setyawan, D. dan Handoko, P. (2002). Preparasi Katalis Cr/Zeolit Melalui Modifikasi Zeolit Alam. *Jurnal Ilmu Dasar.* 3(1): 15-23.
- Shawaqfeh, A. T. 2010. Isobaric Vapor–liquid equilibrium for the binary system Diisopropylether + Isopropanol at 95 kPa. *Afinidad LXVII.* 1(1):380-386.
- Sinha, A. E., Fraga, C. G., Prazen, B. J., and Synovec, R. E. 2004. Trilinear chemometric analysis of two-dimensional comprehensive gas chromatography–time-of-flight mass spectrometry data. *Journal of Chromatography A.* 1027(1-2). 269-277.
- Song, X. et al. 2017. Nickel Phosphate-Based Materials with Excellent Durability for Urea Electro-Oxidation. *Electrochimica Acta.* 1(251): 284-292.
- Suharto, T. E., Gustian, I., Sundaryono, A. 2007. Pembuatan dan Karakterisasi Katalis Bifungsional dari Zeolit Alam. *Jurnal Gradien.* 3(2). 138-146.
- Supriyanto., Ismanto., dan Nuryo, S. Natural Zeolite as Pyrolysis Catalyst of Used Tires into Liquid Fuels. Supriyanto.Ismanto dan NuryoSuwito. *Journal unimma.* 2(1): 15-21.
- Susilowati, 2006. Biodiesel dari Minyak Biji Kapuk dengan Katalis Zeolit. *Jurnal Teknik Kimia.* 1(1): 10-14.
- Tapanes, N. C. O., Aranda, D. A. G., Carneiro, J. W., and Antunes, O. A. C. 2008. Transesterification of Jatropha Curcas Oil Glycerides: Theoretical and Experimental Studies of Biodiesel Reaction. *Fuel.* 87(1):10-11.
- Tampubolon, K. 2021. Pilarisasi Bentonit Alam dengan Molibdenum Fosfida untuk Dehidrasi Isopropil Alkohol menjadi Diisopropil Eter. *Skripsi.* Universitas Sriwijaya: Indralaya.
- Trisunaryanti, W., Tri wahyuni, E., dan Sudiono, S., 2005. Preparasi, modifikasi dan karakterisasi katalis Ni-Mo/Zeolit alam dan Mo-Ni/Zeolit Alam. *Jurnal Teknoin.* 10(4): 269- 283.
- Weitkamp, J. 2000. Zeolites and catalysis. *Solid State Ionics.* 131(1): 175 – 188.
- Widayat., Ahmad, R., dan Muhammad, R. 2010. Pengaruh Waktu Dealuminasi Dan Jenis Sumber Zeolit Alam Terhadap Kinerja H-Zeolit Untuk Proses Dehidrasi Etanol. *Reaktor.* 13(1): 51-57.
- Widayat., Roesyadi, A., dan Rachimoellah, M. 2010. Pengaruh Waktu Dealuminasi Dan Jenis Sumber Zeolit Alam Terhadap Kinerja H-Zeolit Untuk Proses Dehidrasi Etanol. *Reaktor.* 13 (1): 51-57.
- Wulansari, D., Setijadji, L. D., dan Warmada, I. W. 2016. Karakterisasi Kandungan Mineral Dalam Bauksit Dengan Metode Xrd Semi-Kuantitatif Di Kawasan Tambang Tayan, Kalimantan Barat. *Proceeing Semin. Nas. Kebumian.* 1(1): 612–623.

Yolanda, T. 2018. Catalyc Cracking Minyak Jarak Pagar Menjadi Biofuel menggunakan katalis Zeolit Alam. *Skripsi*. UIN Syarif Hidayatullah: Jakarta.

Zulfa, A. 2011. Uji Adsorpsi Gas Karbon Monoksida (CO) menggunakan zeolit Alam Malang dan Lampung. *Skripsi*. Universitas Indonesia: Jakarta.