

**STUDI PREPARASI DAN KARAKTERISASI KATALIS BENTONIT  
TERPILAR NIKEL FOSFAT UNTUK KONVERSI ETANOL  
MENJADI DIETIL ETER**

**SKRIPSI**

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



**PUJI KARTIKA APRIANTI**

**08031281621034**

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

**2020**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**STUDI PREPARASI DAN KARAKTERISASI KATALIS BENTONIT  
TERPILAR NIKEL FOSFAT UNTUK KONVERSI ETANOL  
MENJADI DIETIL ETER**

**SKRIPSI**

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

Oleh :

**PUJI KARTIKA APRIANTI**

**08031281621034**

Indralaya, 15 April 2020

**Pembimbing I**



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

**Pembimbing II**



**Dr. Ady Mara, M.Si.**  
NIP. 196404301990031003

**Mengetahui,**

**Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**Prof. Dr. Iskhaq Iskandar, M.Sc**  
NIP. 197210041997021001

## HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa skripsi ini dengan judul “Studi Preparasi dan Karakterisasi Katalis Bentonit Terpillar Nikel Fosfat Untuk Konversi Etanol Menjadi Dietil Eter” telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Sidang Sarjana Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada Tanggal 09 April 2020 dan telah diperbaiki, diperiksa, serta disetujui sesuai masukan yang diberikan.

Indralaya, 15 April 2020

**Ketua :**

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

NIP. 197205151997021003

(  )

**Anggota :**

**2. Dr. Ady Mara, M.Si.**

NIP. 196404301990031003

(  )


**3. Fahma Riyanti, M.Si.**

NIP. 197204082000032001

(  )

**4. Prof. Dr. Elfita, M.Si.**

NIP. 196903261994122001

(  )

**5. Dra. Fatma, M.S.**

NIP. 196207131991022001

(  )

Mengetahui,

**Dekan FMIPA**  
  
**Dr. Iskhak Iskandar, M.Sc**  
NIP. 197210041997021001

**Ketua Jurusan Kimia**  
  
**Dr. Hasanudin, M.Si**  
NIP. 197205151997021003

## PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama mahasiswa : Puji Kartika Aprianti  
NIM : 08031281621034  
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.

Demikianlah surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Indralaya, 15 April 2020

Penulis,



Puji Kartika Aprianti

NIM. 08031281621034

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

Sebagai civitas akademik Universitas Sriwijaya, yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Mahasiswa : Puji Kartika Aprianti

NIM : 08031281621034

Fakultas/Jurusan : MIPA/Kimia

JenisKarya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya “hak bebas royalti non-eksklusif (*non-exclusively royalty-free right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul: “Studi Preparasi dan Karakterisasi Katalis Bentonit Terpillar Nikel Fosfat Untuk Konversi Etanol Menjadi Dietil Eter”. Dengan hak bebas royalti non-eksklusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalih, edit/memformatkan, 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.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya.

Indralaya, 15 April 2020

Yang menyatakan,



Puji Kartika Aprianti

NIM. 08031281621034

## ABSTRAK

### STUDI PREPARASI DAN KARAKTERISASI KATALIS BENTONIT TERPILAR NIKEL FOSFAT UNTUK KONVERSI ETANOL MENJADI DIETIL ETER

Puji Kartika Aprianti

08031281621034

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Sriwijaya

E-mail : [pujikatikaa05@gmail.com](mailto:pujikatikaa05@gmail.com)

Studi pembuatan katalis bentonit terpillar nikel fosfat telah berhasil dilakukan dengan variasi konsentrasi nikel fosfat yakni 2, 4, 6, 8 dan 10 meq. Katalis bentonit terpillar nikel fosfat kemudian dikarakterisasi menggunakan analisis keasaman, XRD, spektrofotometer FT-IR, SEM-EDS dan analisis GSA. Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai keasaman Na-Bentonit akan meningkat menjadi 5,587 mmol/g setelah dipilar menggunakan  $\text{NiHPO}_4$ . Karakterisasi XRD menunjukkan bahwa terjadi pergeseran sudut  $2\theta$  dari  $6,75^\circ$  menjadi  $6,94^\circ$ . Spektra FTIR pada Bentonit- $\text{NiHPO}_4$  ditandai dengan munculnya puncak lebar pada panjang gelombang  $3183\text{ cm}^{-1}$  yang merupakan puncak khas dari gugus  $-\text{HPO}_4$ . Morfologi dan komposisi unsur berdasarkan data SEM-EDS menunjukkan peningkatan pada atom Ni sebesar 4,96% dan atom P sebesar 5,19%. Hasil analisis GSA terjadi peningkatan luas permukaan pori menjadi  $100,086\text{ m}^2/\text{g}$ , volume pori menjadi  $0,1693\text{ cc/g}$  serta diameter pori menjadi  $67,66\text{ \AA}$  setelah dipilar menggunakan  $\text{NiHPO}_4$ . Kinerja katalis Bentonit- $\text{NiHPO}_4$  ditunjukkan dalam mengkonversi etanol menjadi dietil eter dan hasil konversi diukur menggunakan GC-MS. Produk dietil eter yang terbentuk sebesar 6,84% saat dikonversi dengan katalis Bentonit- $\text{NiHPO}_4$  konsentrasi 6 meq.

**Kata Kunci** : Pilarisasi, Bentonit, Nikel Fosfat, Katalis.

## ABSTRACT

### STUDY OF PREPARATION AND CHARACTERIZATION OF NICKEL PHOSPHATE BENTONITE CATALYST FOR ETHANOL CONVERSION TO DIETHYL ETHER

Puji Kartika Aprianti

08031281621034

Departement of Chemistry, Faculty of Mathematics And Natural Sciences  
Sriwijaya University

E-mail : [pujikatikaa05@gmail.com](mailto:pujikatikaa05@gmail.com)

The study of manufacture nickel phosphate pillared bentonite catalyst had successfully carried out with variations in the concentration of nickel phosphate are 2, 4, 6, 8 and 10 meq. The characterization of nickel phosphate pillared bentonite using acidity analysis, XRD, FT-IR spectrophotometer, SEM-EDS and GSA analysis. The acidity value of Na-Bentonite increase to 5.587 mmol/g after being pillared using NiHPO<sub>4</sub>. The XRD characterization showed that there was a shift of angle 2θ from 6.75° to 6.94°. The FTIR spectra of Bentonite-NiHPO<sub>4</sub> showed that by the appearance of a wide peak 3183 cm<sup>-1</sup> as the -HPO<sub>4</sub> group. The morphology and composition of the elements based from SEM-EDS data show an increase in Ni atoms of 4.96% and P atoms of 5.19%. The results of the GSA analysis showed an increase in pore surface area to 100,086 m<sup>2</sup>/g, pore volume to 0.1693 cm<sup>3</sup>/g and pore diameter to 67.66 Å after pillared using NiHPO<sub>4</sub>. The performance Bentonite-NiHPO<sub>4</sub> catalysts was shown in converting ethanol to diethyl ether and the conversion results measured by using GC-MS. The diethyl ether product obtained at 6.84% when converted with Bentonite-NiHPO<sub>4</sub> catalyst concentration of 6 meq.

**Keywords:** Pilarization, Bentonite, Nickel Phosphate, Catalyst.

## HALAMAN PERSEMBAHAN

"Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya,..."

*(Al-Baqarah : 286)*

"... Allah akan menaikkan derajat orang-orang yang beriman di antaramu serta orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat di atasnya."

*(Al-Mujadalah : 11)*

"Dan (ingatlah) ketika Tuhanmu memaklumkan, "sesungguhnya jika kamu bersyukur, niscaya aku akan menambah (nikmat) kepadamu, tetapi jika kamu mengingkari (nikmat-Ku), maka pasti azab-Ku sangat berat".

*(Surah Ibrahim : 7)*

"Jangan Menyerah. Hari ini keras, besok akan semakin berat, tetapi lusa akan indah."

*Jack Ma*






"Prinsip, dasar yang harus dipegang teguh untuk mewujudkan suatu mimpi menjadi kenyataan, diiringi dengan usaha dan doa"

*Ruji Kartika A*

Skripsi ini sebagai tanda syukurku kepada:

-  Allah SWT
-  Nabi Muhammad SAW

Dan kupersembahkan kepada:

-  Bapak dan ibuku yang senantiasa selalu mendoakan dan mendukungku dalam setiap langkah yang ku ambil.
-  Adik-adikku serta mbah uti dan kakung yang selalu mensupportku.
-  Orang-orang yang selalu mendoakanku untuk menjadi orang yang sukses.
-  Pembimbing, para sahabatku serta teman-temanku.
-  Almamater tercinta (Universitas Sriwijaya).



## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur hanyalah milik Tuhan Yang Maha Esa semata, kita memujinya, memohon pertolongan dan ampunan hanya kepada-Nya dan pada akhirnya penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul: “Studi Preparasi dan Karakterisasi Katalis Bentonit Terpilar Nikel Fosfat Untuk Konversi Etanol Menjadi Dietil Eter”. Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains (S.Si) pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Jurusan Kimia Universitas Sriwijaya.

Proses penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari berbagai rintangan, mulai dari pengumpulan literatur, pengumpulan data sampai pada pengolahan data maupun dalam tahap penulisan. Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak Dr. Hasanudin, M.Si dan Bapak Dr. Ady Mara, M.Si yang telah banyak memberikan bimbingan, motivasi, saran dan petunjuk kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan nikmat-Nya yang begitu besar tak terhitung jumlahnya.
2. Bapak Prof. Dr. Iskhaq Iskandar, M.Sc selaku Dekan MIPA Universitas Sriwijaya.
3. Bapak Dr. Hasanudin, M.Si selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya atas motivasi dan bimbingannya selama ini.
4. Bapak Dr. Addy Rachmat, M.Si selaku Sekretaris Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya atas motivasi serta informasi yang diberikan berkaitan dengan jurusan kimia.
5. Ibu Prof. Dr. Poedji Loekitowati H., M.Si selaku dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan motivasi, bimbingan serta solusi terkait masalah yang saya hadapi selama perkuliahan berlangsung.
6. Ibu Fahma Riyanti, M.Si, Ibu Prof. Dr. Elfita, M.Si. dan Ibu Dra. Fatma, M.S. selaku penguji sidang sarjana. Selain itu terima kasih atas ilmu baru yang saya dapatkan saat proses pengujian selama ini.

7. Ibu Ferlina Hayati, M.Si selaku Koordinator Seminar yang membantu dalam segala hal dalam pengurusan jadwal seminar.
8. Seluruh staf Dosen jurusan Kimia Fakultas MIPA UNSRI yang telah mendidik, membimbing serta memberikan ilmunya selama masa kuliah.
9. Staf analis Laboratorium Kimia FMIPA (Yuk Niar, Yuk Nur dan Yuk Yanti), terima kasih atas bantuannya selama penelitian.
10. Kepada kedua orang tuaku, Sumadi dan Sumarni yang telah mencintai, menyayangi, mendoakan dan mendukung segala keputusan yang aku ambil dalam meraih masa depan yang lebih baik dan terima kasih atas semua yang kalian berikan kepadaku baik dari segi finansial maupun moril, love you my support system.
11. Adikku Damar Ibnu Ramadani yang sudah mau antar jemput mbakmu ini, walaupun lebih sering antar jemput yang lain dan buat Asmira Wedhatami, my mood booster, rajin-rajin belajar ya buat menggapai cita-citanya.
12. Kepada partner TA yang tergabung dalam Kost Griya (Fitri Yani, S.Si, Husnaini Aprianti, S.Si dan Qodria Utami Putri, S.Si), terima kasih atas bantuannya selama penelitian berlangsung dan ilmu yang kalian bagikan kepadaku, serta pengalaman gimana rasanya menjadi anak kost, terima kasih buat semuanya, ku tunggu undangan berikutnya ya, hehe.
13. Kepada sista-sistaku (Kharimah Tafa'wulan, Penti Triani Putri, Luvita Andarini W.R, Lepa Husnia, Fitri Yani S.Si dan Husnaini Aprianti, S.Si) yang sebagian masih OTW S.Si (ayook Wisuda bareng), ku doakan akan berganti menjadi OTW HALAL, terima kasih telah menjadi partner kuliah, belajar, titip bangku, contekan (Cuma diawal semester karena selebihnya udah tobat), dan juga berbagi ilmu serta rahasia, terima kasih untuk support yang kalian berikan kepadaku saat kuliah maupun penelitian berlangsung, semoga kita selalu dalam lindungan Allah SWT, dilancarkan dalam meraih masa depan yang lebih baik. Walaupun kita bakal dipisahkan oleh jarak dan waktu, semoga silaturahmi kita selalu terjaga. Untuk masalah undangan yang berkaitan dengan partner hidup, ku menghormati yang udah cukup umur untuk disegerakan, tapi mungkin dikarenakan hal lain, bisa saja aku yang ngundang duluan. Wkwk

14. Kepada my 2nd family (hayu, ocitt, ewikk dan mputt), terima kasih udah jadi support system, mood booster yang selalu ada dari jaman SMA hingga sekarang, semangat buat kalian yang lagi mencari kerja, walaupun bentar lagi ku juga ikutan buat cari kerja dan semoga kita selalu dalam lindungan Allah SWT dan menjadi orang yang sukses dan bermanfaat kedepannya. Ku tunggu ya undangan dari kalian, kecuali ewikk, wkwk
15. Pendamping masa depan, yang masih setia menunggu, semoga stock kesabarannya masih banyak yaa.
16. Kepada Kritina Tampubolon dan Lapa Husnia, semangat ya buat kalian dan semoga dilancarkan penelitiannya hingga selesai. Terima kasih atas support dan bantuannya selama ini.
17. Kepada KF cemara, semangat buat penelitiannya, semoga cepat selesai dan S.Si pada waktunya. Untuk Dian puspita, 1 tahap lg menuju S.Si.
18. Kimia 16 atas kebersamaan selama masa perkuliahan, yang menjadi teman seperjuangan dari jaman MABA hingga sekarang.
19. Kepada Kelas genap kimia 16, terima kasih atas kerjasamanya semasa kuliah dan memberikan pesan-kesan terbaik selama masa kuliah.
20. Untuk Covid-19, terima kasih telah mengajarkan kepada kami arti dari kata bersabar, dapat memahami bahwa waktu adalah hal yang berharga dan menjadi manusia yang lebih dekat kepada Allah SWT, doanya semoga cepat berlalu dan kami dapat beraktivitas kembali seperti sedia kala. Aamiin.
21. Admin jurusan kimia (Mbak Novi dan Kak Iin) yang telah membantu dalam menyelesaikan administrasi selama perkuliahan, seminar dan sidang serta wejangannya untuk selalu bersabar.

Penulis menyadari dalam penulisan skripsi ini masih banyak terdapat kekurangan, untuk itu penulis mengharapkan saran dan masukan yang membangun dari para pembaca. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi kita semua.

Indralaya, April 2020

Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN DEPAN</b> .....	i
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	iii
<b>PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH</b> .....	iv
<b>HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH</b> .....	v
<b>ABSTRAK</b> .....	vi
<b>ABSTRACT</b> .....	vii
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	viii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	ix
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xv
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xvi
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xvii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Bentonit Alam .....	5
2.1.1 Pilarisasi Bentonit.....	6
2.2 Logam Nikel.....	8
2.2.1 Nikel Fosfat .....	9
2.3 Katalis.....	9
2.4 Dietil Eter .....	10
2.5 Dehidrasi Etanol .....	11
2.6 Gas Chromatography-Mass Spectroscopy .....	12
2.7 Teknik Karakterisasi Bentonit Terpilar Nikel Fosfat .....	13
2.7.1 <i>X-Ray Diffraction (XRD)</i> .....	13
2.7.2 <i>Gas Sorption Analyzer (GSA)</i> .....	14

2.7.2.1 Tipe Isoterm Adsorpsi.....	16
2.7.2.2 Tipe Hysteresis Loops.....	17
2.7.3 <i>Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive Spectroscopy (SEM-EDS)</i> .....	18
2.7.4 <i>Fourier Transform-Infrared (FT-IR)</i> .....	19
2.7.5 Analisis Keasaman .....	21
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>	
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	22
3.2 Alat dan Bahan .....	22
3.2.1 Alat .....	22
3.2.2 Bahan.....	22
3.3 Prosedur Kerja .....	23
3.3.1 Preparasi Na-Bentonit .....	23
3.3.2 Penentuan Nilai <i>Cation Exchange Capacity (CEC)</i> ...	23
3.3.3 Pilarisasi Bentonit dengan Nikel Fosfat .....	23
3.3.4 Analisis Keasaman .....	24
3.3.5 Dehidrasi Etanol Menjadi Dietil Eter dengan Katalis Bentonit-NiHPO <sub>4</sub> .....	24
3.3.6 Pengukuran Konversi Metanol dengan GC-MS.....	25
3.3.7 Karakterisasi Katalis Ni-Fosfat Bentonit.....	25
3.3.7.1 XRD .....	25
3.3.7.2 FT-IR.....	25
3.3.7.3 SEM-EDS.....	26
3.3.7.4 Penentuan Luas Permukaan, Porositas dan Volume Pori .....	26
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1 Nilai Cation Exchange Capacity (CEC) Bentonit Alam dan Na-Bentonit .....	27
4.2 Analisis Keasaman .....	28
4.3 Karakterisasi Na-Bentonit dan Bentonit NiHPO <sub>4</sub> dengan Menggunakan XRD.....	29
4.4 Karakterisasi Na-Bentonit dan Bentonit NiHPO <sub>4</sub> dengan	

Menggunakan FT-IR .....	30
4.5 Karakterisasi Na-Bentonit dan Bentonit NiHPO <sub>4</sub> dengan Menggunakan SEM-EDS .....	31
4.6 Karakterisasi Na-Bentonit dan Bentonit NiHPO <sub>4</sub> dengan Menggunakan GSA .....	33
4.7 Pengukuran Hasil Konversi Etanol menjadi Dietil Eter Menggunakan GC-MS.....	34
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1 Kesimpulan .....	39
5.2 Saran .....	39
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>40</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>46</b>

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Struktur Bentonit .....	5
Gambar 2. Mekanisme Pilarisasi Bentonit.....	7
Gambar 3. Skema Instrumen GC-MS .....	12
Gambar 4. Tipe-tipe Kurva Adsorpsi .....	16
Gambar 5. Tipe-Tipe <i>Hysteresis Loops</i> .....	17
Gambar 6. Diagram SEM.....	18
Gambar 7. Mekanisme Reaktor Batch .....	24
Gambar 8. Difaktogram dari Na-Bentonit dan Bentonit-NiHPO <sub>4</sub> .....	29
Gambar 9. Spektrum FTIR Na- Bentonit dan Bentonit-NiHPO <sub>4</sub> .....	30
Gambar 10. SEM Na-Bentonit dan Bentonit-NiHPO <sub>4</sub> .....	32
Gambar 11. Profil adsorpsi dan desorpsi nitrogen Na-Bentonit dan Bentonit-NiHPO <sub>4</sub> .....	33
Gambar 12. Kromatogram Hasil Konversi Tanpa Katalis dan dietil eter ...	34
Gambar 13. Spektra Massa Etanol dan Dietil Eter .....	35
Gambar 14. Hasil Konversi Etanol menggunakan katalis Na-Bentonit, Bentonit-NiHPO <sub>4</sub> 2 meq, Bentonit-NiHPO <sub>4</sub> 4 meq, Bentonit-NiHPO <sub>4</sub> 6 meq, Bentonit-NiHPO <sub>4</sub> 8 meq, Bentonit-NiHPO <sub>4</sub> 10 meq .....	36

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Komposisi Kimia Bentonit .....	6
Tabel 2. Karakteristik Katalis Heterogen dan Homogen .....	10
Tabel 3. Sifat Fisika Dietil Eter.....	11
Tabel 4. Nilai CEC dari Bentonit Alam dan Na-Bentonit .....	27
Tabel 5. Hasil analisis keasaman Na-Bentonit dan Bentonit-NiHPO <sub>4</sub> .....	28
Tabel 6. EDS dari Na-Bentonit dan Bentonit-NiHPO <sub>4</sub> .....	32
Tabel 7. Data Hasil GSA.....	33
Tabel 8. Waktu retensi masing-masing Katalis .....	37



## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Penentuan <i>Cation Exchange Capacity</i> (CEC) menggunakan adisi standar .....	46
Lampiran 2. Analisis Keasaman Na-Bentonit dan Bentonit-NiHPO <sub>4</sub> .....	48
Lampiran 3. Data X-Ray Diffraction .....	49
Lampiran 4. Data SEM-EDS.....	51
Lampiran 5. Data Gas Sorption Analyzer .....	53
Lampiran 6. Perhitungan Luas Permukaan Spesifik .....	54
Lampiran 7. Data Total Volume Pori.....	57
Lampiran 8. Perhitungan Diameter Pori .....	58
Lampiran 9. Kromatogram GC-MS 0 Katalis .....	59
Lampiran 10. Kromatogram GC-MS Dietil Eter .....	60
Lampiran 11. Kromatogram GC-MS Bentonit-NiHPO <sub>4</sub> 2 meq.....	61
Lampiran 12. Kromatogram GC-MS Bentonit-NiHPO <sub>4</sub> 4 meq.....	62
Lampiran 13. Kromatogram GC-MS Bentonit-NiHPO <sub>4</sub> 6 meq.....	63
Lampiran 14. Kromatogram GC-MS Bentonit-NiHPO <sub>4</sub> 8 meq.....	64
Lampiran 15. Kromatogram GC-MS Bentonit-NiHPO <sub>4</sub> 10 meq.....	65
Lampiran 16. Ms dari hasil konversi 0 katalis .....	66
Lampiran 17. Ms dari dietil eter.....	67
Lampiran 18. Ms dari hasil konversi menggunakan Bentonit-NiHPO <sub>4</sub> .....	68
Lampiran Gambar .....	69
Riwayat Hidup .....	71

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Bentonit merupakan salah satu sumber daya mineral yang banyak dijumpai di Indonesia. Bentonit memiliki berbagai macam mineral *phyllosilicate* yang mengandung silika, aluminium oksida dan hidroksida yang memiliki kemampuan untuk mengikat air serta mengembang (*swelling*). Selain itu mineral yang terkandung di dalam bentonit mempunyai kapasitas penukar ion yang tinggi sehingga dapat menyesuaikan kation antar lapisnya dalam jumlah yang besar (Siregar dan Irma, 2016).

Mineral bentonit memiliki kelemahan yaitu pemanasan yang dilakukan pada temperatur tinggi mengakibatkan rusaknya struktur lapis dan hilangnya porositas. Proses pilarisasi dapat dilakukan dengan menyisipkan ion atau molekul ke dalam interlayer untuk mengatasi kelemahan tersebut. Kation yang dapat digunakan sebagai agen pemilar antara lain ion-ion alkil ammonium, kation amina bisiklis dan beberapa kation kompleks serta kation hidroksi logam polinuklir dari Al, Zr, Ti, Fe dan lain-lain (Sekewael *et al*, 2015). Bentonit yang telah dipilarisasi menggunakan logam maupun kation dapat memodifikasi sifat dan struktur dari bentonit. Selain unsur golongan 1A, 2A 3A, unsur transisi juga dapat digunakan sebagai agen pemilar dalam meningkatkan konversi katalitik dari suatu katalis.

Katalis padat yang dapat digunakan untuk konversi etanol menjadi dietil eter diantaranya  $Al_2O_3$ , alumina termodifikasi dengan silika,  $TiO_2-ZrO_2$ , zeolit serta bentonit (Said *et al*, 2014). Penggunaan katalis yang dimodifikasi bertujuan untuk mengoptimalkan produksi dietil eter agar didapatkan produk yang baik serta meningkatkan stabilitas katalis. Selain zeolit, peneliti mulai memodifikasi bentonit untuk meningkatkan kinerja bentonit serta kemampuan katalitiknya. Penelitian yang berfokus pada rancangan katalis baru dengan sifat tekstur yang memadai, keasaman terkontrol dan struktur yang stabil dapat terbentuk dengan penggunaan unsur transisi sebagai agen aktif untuk mengkatalisis dehidrasi etanol menjadi dietil eter secara efisien (Armenta *et al*, 2019). Oleh karena itu, unsur transisi seperti nikel dapat dijadikan alternatif sebagai rancangan katalis baru

dengan konversi dan selektivitas yang tinggi serta untuk meningkatkan stabilitas katalis menjadi lebih baik.

Nikel fosfat ditemukan dalam beberapa aplikasi seperti superkapasitor, baterai litium maupun reaksi katalitik. Nikel fosfat dikembangkan dalam reaksi katalitik dengan mempertimbangkan sifat-sifat struktural dan morfologi yang menjadi alasan nikel fosfat dapat digunakan dalam beberapa aplikasi. Hal ini dikarenakan fosfat banyak digunakan sebagai katalis, adsorben, bahan *fluoresence*, untuk perawatan permukaan logam dan lain sebagainya. Sifat katalitik dan adsorpsi fosfat dipengaruhi oleh luas permukaan yang spesifik. Dalam meningkatkan sifat fungsional fosfat, pori yang memiliki luas permukaan spesifik dapat diperbesar dengan menggunakan nikel sebagai bahan fungsional (Onoda and Sakumura, 2011). Oleh karena itu, nikel fosfat dikembangkan sebagai agen pemilar untuk meningkatkan sifat fungsional dari nikel dan fosfat. Dengan demikian, karakteristik yang dimiliki nikel fosfat dapat diaplikasikan ke dalam pilarisasi bentonit sebagai katalis dalam mengkonversi etanol menjadi dietil eter.

Dietil eter merupakan salah satu bahan kimia yang banyak digunakan untuk keperluan laboratorium dan industri, baik sebagai pelarut, bahan pereaksi, sintesis bahan peledak dan bahan bakar. Dietil eter digunakan sebagai bahan bakar karena memiliki volatilitas yang tinggi, titik nyala yang rendah serta dapat meningkatkan angka *cetane* dan *octane* pada bahan bakar mesin diesel, sehingga dietil eter digunakan sebagai bahan campuran untuk meningkatkan proses pembakaran pada mesin diesel dan mengurangi emisi  $\text{NO}_x$ . Oleh karena itu, dietil eter dapat dijadikan sebagai bahan bakar transportasi alternatif untuk mengurangi penggunaan bahan bakar fosil sebagai sumber bahan bakar utama (Alviany *et al*, 2018). Dietil eter diproduksi dari proses dehidrasi etanol dengan temperatur rendah menggunakan asam sulfat atau alumina sebagai katalis. Proses dehidrasi etanol pada temperatur yang rendah mengakibatkan hasil konversi etanol yang diperoleh akan sedikit. Oleh karena itu, diperlukan desain katalis yang memiliki kinerja tinggi pada suhu rendah sehingga diperoleh selektivitas dietil eter yang tinggi (Kamsuwan *et al*, 2017).

Sejauh ini dalam proses konversi etanol menjadi dietil eter belum ditemukan penggunaan katalis bentonit yang terpilar nikel fosfat. Oleh karena itu, dilakukan

studi awal yang difokuskan pada pembuatan katalis bentonit terpillar nikel fosfat berdasarkan variasi konsentrasi nikel fosfat dengan rasio tertentu, menganalisa situs asam pada Na-bentonit dan Bentonit-NiHPO<sub>4</sub> dengan analisis keasaman, menganalisa morfologi dari bentonit terpillar nikel fosfat melalui analisis SEM-EDS (*Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive Spectroscopy*), kristalinitas Bentonit terpillar nikel fosfat dengan XRD (*X-Ray Diffraction*), mengidentifikasi gugus fungsi dengan FTIR (*Fourier Transform Infra Red*), menganalisa luas permukaan pori dengan GSA (*Gas Sorption Analyzer*) dan menganalisa kinerja katalis bentonit terpillar nikel fosfat pada konversi etanol menjadi dietil eter dengan mengukur hasil konversi menggunakan GC-MS (*Gas Chromatography-Mass Spectroscopy*).

## 1.2 Rumusan Masalah

Bentonit merupakan salah satu sumber daya mineral yang banyak dijumpai di Indonesia. Bentonit memiliki kemampuan untuk mengikat air dan mengembang (*swelling*) serta memiliki kapasitas penukar ion yang tinggi. Namun, pemanasan yang dilakukan pada temperatur tinggi mengakibatkan rusaknya struktur lapis dan hilangnya porositas pada bentonit. Dalam mengatasi kekurangan tersebut, bentonit dapat dilakukan penyisipan ion atau molekul ke dalam interlayer atau yang dikenal dengan proses pilarisasi menggunakan agen pemilar seperti ion-ion alkil ammonium, kation amina bisiklis, kation kompleks serta unsur transisi, salah satunya menggunakan nikel fosfat dengan mempertimbangkan sifat fisik, morfologi serta katalitiknya dalam mengkonversi etanol menjadi dietil eter. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan studi awal yang difokuskan pada pembuatan katalis bentonit terpillar nikel fosfat dengan menganalisa kinerja katalis bentonit terpillar nikel fosfat dalam mengkonversi etanol menjadi dietil eter berdasarkan variasi konsentrasi katalis nikel fosfat bentonit dengan rasio tertentu.

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Membandingkan situs asam pada Na-Bentonit dan Bentonit-NiHPO<sub>4</sub> dengan menggunakan analisis keasaman.

2. Mengkarakterisasi struktur bentonit terpillar nikel fosfat menggunakan XRD (*X-Ray Diffraction*), FTIR (*Fourier Transform Infra Red*), SEM-EDS (*Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive Spectroscopy*), serta GSA (*Gas Sorption Analyzer*).
3. Menganalisis kinerja katalis Bentonit-NiHPO<sub>4</sub> dengan mengukur hasil konversi etanol menjadi dietil eter menggunakan GC-MS (*Gas Chromatography-Mass Spectroscopy*).

#### **1.4 Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan mampu memberikan informasi tentang pemanfaatan bentonit sebagai katalis dalam mengkonversi etanol menjadi dietil eter, memberikan informasi tentang kondisi optimum bentonit terpillar nikel fosfat, serta diharapkan dapat menambah ilmu pengetahuan tentang pemanfaatan bentonit sebagai katalis heterogen yang ramah lingkungan dengan biaya relatif murah.

## DAFTAR PUSTAKA

- Al-Jabri, M. 2008. Kajian Metode Penetapan Kapasitas Tukar Kation Zeolit Sebagai Pembenh Tanah Untuk Lahan Pertanian Terdegradasi. *Jurnal Standardisasi*. 10(2): 56–69.
- Al-omair, M. A., Touny, A. H., and Saleh, M. M. 2017. Reflux-Based Synthesis and Electrocatalytic Characteristics of Nickel Phosphate Nanoparticles. *Journal of Power Sources*. 342: 1032–1039.
- Ali, M. H. M. *et al.* 2016. Application of Fourier Transform Infrared (FTIR) Spectroscopy and Atomic Force Microscopy in Stroke-Affected Brain Tissue . *Swift Journal of Medicine and Medical Sciences*. 2(2): 11–24.
- Alviany, R. *et al.* 2018. Diethyl Ether Production as a Substitute for Gasoline. *MATEC Web of Conferences*. 156: 1–8.
- Anam, C., Sirojudin. dan Firdausi, K. S. 2007. Analisis Gugus Fungsi Pada Sampel Uji, Bensin dan Spiritus Menggunakan Metode Spektroskopi FTIR. *Berkala Fisika*. 10(1): 79–85.
- Arfin, T., Falch, A., and Kriek, R. J. 2012. Evaluation of Charge Density and The Theory for Calculating Membrane Potential for a Nano-composite Nylon-6,6 Nickel Phosphate Membrane. *Physical Chemistry*. 14(48): 16760–16769.
- Arif, I. 2018. *Nikel Indonesia*. Jakarta: PT.Gramedia Pustaka Utama.
- Arita, S., Sari, R. dan Liony, I. 2015. Purifikasi Limbah Spent Acid dengan Proses Adsorpsi Menggunakan Zeolit dan Bentonit. *Jurnal Teknik Kimia*. 21(4): 65–72.
- Armenta, M. A. *et al.* 2019. Thermodynamic and Catalytic Properties of Cu- and Pd- Oxides Over Mixed  $\gamma$ - $\chi$ -  $\text{Al}_2\text{O}_3$  for Methanol Dehydration Toward Dimethyl Ether. *International Journal of Hydrogen Energy*. 1(1): 1–12.
- Bahmanpour, H. *et al.* 2017. Optimizing Absorbent Bentonite and Evaluation of Contaminants Removal from Petrochemical Industries Wastewater. *International Journal of Constructive Research in Civil Engineering*. 3(2): 34–42.
- Bansal, R. C. and Goyal, M. 2005. *Activated Carbon Adsorption*. New York: CRC Press.
- Bergaya, F. and Vayer, M. 1997. CEC of Clays : Measurement by Adsorption of a Copper Ethylenediamine Complex. *Applied Science Clay*. 12: 275–280.
- Bunaciu, A. A., Udriștioiu, E. and Aboul-enein, H. Y. 2015. X-Ray Diffraction : Instrumentation and Applications. *Critical Review in Analytical Chemistry*. 45(4): 289–299.

- Chong, S. L., Soh, J. C. and Cheng, C. K. 2017. Production of Ethylene From Ethanol Dehydration Over  $\text{H}_3\text{PO}_4$ -Modified Cerium Oxide Catalysts. *Malaysian Journal of Analytical Science*. 21(4): 839–848.
- Coppe, B. C. *et al.* 2016. Multianalytical Method Validation for Qualitative and Quantitative Analysis of Solvents of Abuse in Oral Fluid by HS-GC / MS. *International Journal of Analytical Chemistry*. 1(1): 1–8.
- Cromain, C. dan Cahyaningrum, S. 2016. Karakterisasi Bentonit Terpillar  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  Sebagai Adsorben. *UNESA Journal of Chemistry*. 5(3): 48–53.
- Devika, V. *et al.* 2013. Fourier Transform Infra Red (FT-IR) Spectral Studies of *Foeniculum Vulgare*. *International Research Journal of Pharmacy*. 4(3): 203–206.
- Dewi, T., Mahdi. dan Novriyansyah, T. 2016. Pengaruh Rasio Reaktan pada Impregnasi dan Suhu Reduksi Terhadap Karakter Katalis Kobalt/Zeolit Alam Aktif. *Jurnal Teknik Kimia*. 22(3): 34–42.
- Efiyanti, L. dan Santi, D. 2016. Pengaruh Katalis NiO dan NiOMoO Terhadap Perengkahan Minyak Cangkang Biji Jambu Mete. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 34(3): 189–197.
- Emam, E. A. 2013. Clays as Catalysts in Petroleum Refining Industry. *ARPN Journal of Science and Technology*. 3(4): 356–375.
- Erlangga, B. D., Mulyadi, D. dan Cahyarini, S. Y. 2016. Petrographic and X-Ray Diffraction Analysis for Non Destructive Calcite Detection of Porites Fossil. *Ris. Geo. Tam*. 26(1): 15–21.
- Goodarzi, A. R., Naja, S. and Shekary, H. 2016. Applied Clay Science Impact of Organic Pollutants on The Macro and Microstructure Responses of Na-Bentonite. *Applied Clay Science*. 122: 17–28.
- Haerudin, H., dan Rinaldi, N. 2002. Characterization of Modified Bentonite Using Aluminum Polycation. *Indonesian Journal of Chemistry*. 2(3): 173–176.
- Hasanudin, Wijaya, K. dan Santoso, B. 2009. Preparasi dan Aktivitas Katalitik Perengkahan Isopropil Benzen Katalis Co, Mo dan Co/Mo- Monmorilonit Terpillar  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . *Indo. J. Chem. Sci*. 9(2): 189–194.
- Hosseinejad, S., Afacan, A. and Hayes, R. E. 2012. Catalytic and Kinetic Study of Methanol Dehydration to Dimethyl Ether. *Chemical Engineering Research and Design*. 90(6): 825–833.
- Hussain, S. Z. and Maqbool, K. 2014. GC-MS: Principle, Technique and its Application in Food Science. *Int J Curr Sci*. 13: 116–126.
- Istinia, Y.dkk. 2003. Pilarisasi dan Karakterisasi Montmorillonit. *Jurnal Sains Materi Indonesia*. 4(3): 1–7.

- Kamsuwan, T., Prasertdam, P. and Jongsomjit, B. 2017. Diethyl Ether Production During Catalytic Dehydration of Ethanol Over Ru- and Pt-Modified H-Beta Zeolite Catalysts. *Journal of Oleo Science*. 66(2): 199–207.
- Krisnandi, Y. K., Sihombing, R. and Sunu, O. 2013. Bentonit Alam Tapanuli Diinterkalasi Surfaktan Kationik Benziltrimonium Klorida (BTMA-Cl) Sebagai Adsorben p-Klorofenol dan Fenol. *Skripsi*. Kimia: Universitas Sriwijaya.
- Krutpijit, C. and Jongsomjit, B. 2016. Catalytic Ethanol Dehydration over Different Acid- activated Montmorillonite Clays. *Jurnal of Oleo Science*. 65(4): 347–355.
- Mara, A. *et al.* 2016. Effect of Sulfuric Acid Concentration of Bentonite and Calcination Time of Pillared Bentonite. *The 3rd International Conference on Advanced Materials Science and Technology*. 1725: 1–8.
- Marbun, M. *et al.* 2018. Production of Diethyl Ether over Cr-Co/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Catalyst. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 543. (1): 1–6.
- Marsh, H. and Reinoso, F. R. 2006. *Activated Carbon*. Netherlands: Elsevier Science and Technology Books.
- Meçabih, Z. 2016. Characterization of Pillared Clay by SEM-EDX. *Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology*. 3(6): 5107–5109.
- Mohapatra, P. *et al.* 2017. Calcination Does Not Remove All Carbon From Colloidal Nanocrystal Assemblies. *Nature Communications*. 8(1): 1–7.
- Motlagh, K., Youzbashi, A. A. and Rigi, Z. A. 2011. Effect of Acid Activation on Structural and Bleaching Properties of a Bentonite. *Iranian Journal of Materials Science and Engineering*. 8(4): 50–56.
- Naswir, M. *et al.* 2013. Characterization of Bentonite by XRD and SEM-EDS and Use to Increase PH and Color Removal , Fe and Organic Substances in Peat Water. *Journal of Clean Energy Technologies*. 1(4): 313–314.
- Ni, W. *et al.* 2018. Catalytic Dehydration of Sorbitol and Fructose by Acid-Modified Zirconium Phosphate. *Catalysis Today*. 1(1): 66–75.
- Nugrahaningtyas, K., Widjonarko, D. dan Daryani, Y. 2016. Kajian Aktivasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> Terhadap Proses Pemiliran Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Pada Lempung Alam Pacitan. *Jurnal Penelitian Kimia*. 12(2): 190–204.
- Nugroho, W., Suseno, A. and Priyono. 2014. Pengaruh Temperatur Kalsinasi pada Modifikasi Lempung dengan Oksida Aluminium sebagai Pemilar. *Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi*. 17(2): 43–47.
- Omar, F. *et al.* 2016. Ultrahigh Capacitance of Amorphous Nickel Phosphate for Asymmetric Supercapacitor Applications. *RSC Advances*. 6(80): 298–306.



- Onoda, H. and Sakumura, T. 2011. Synthesis and Pigmental Properties of Nickel Phosphates by the Substitution with Tetravalent Cerium Cation. *Materials Sciences and Applications*. 2(3): 1578–1583.
- Rahman, A. dkk. 2015. Sintesis Dan Karakterisasi Organolempung Dari Bentonit Indonesia. *Spektra: Jurnal Fisika Dan Aplikasinya*. 16(1): 42–47.
- Ruslan, Hardi, J. dan Mirzan, M. 2017. Sintesis dan Karakterisasi Katalis Lempung Terpilar Zirkonia Tersulfatasi Sebagai Katalis Perengkah. *Prosiding Seminar Nasional Kimia*. 1(1): 319–324.
- Sahil, K. *et al.* 2011. Gas Chromatography-Mass Spectrometry : Applications. *International Journal of Pharmaceutical & Biological Archives*. 2(6): 1544–1560.
- Said, A., El-wahab, M. and El-aal, M. 2014. The catalytic performance of Sulfated Zirconia in the Dehydration of Methanol to Dimethyl Ether. *Journal of Molecular Catalysis :A Chemical*. 394: 40–47.
- Sangwichien, C., Aranovich, G. L. and Donohue, M. D. 2002. Density Functional Theory Predictions of Adsorption Isotherms with Hysteresis Loops. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. 206(1): 313–320.
- Saputri, W. dan Nugraha, I. 2017. Pengaruh Penambahan Montmorillonit Terhadap Interaksi Fisik dan Laju Transmisi Uap Air Komposit Edible Film Xanthan Gum-Montmorillonit. *Jurnal Kimia VALENSI*. 1(1): 142–150.
- Sekewael, S. J., Tehubijuluw, H. dan Lefmanut, I. C. 2015. Interkalasi Surfaktan terhadap Lempung dan Pemanfaatannya sebagai Adsorben Ion  $Pb^{2+}$ . *Ind.J.Chem.Res.* 1(3): 231–237.
- Setiabudi, A., Hardian, R. dan Muzakir, A. 2012. *Karakterisasi Material; Prinsip dan Aplikasinya dalam Penelitian Kimia*. Bandung: UPI PRESS.
- Setianingsih, T. 2018. *Karakterisasi Pori dan Luas Muka Padatan*. Malang: UB Press.
- Setiawan, K., Achmadi, T. dan Lazuardi, D. 2018. Analisis Skala Penambangan Mineral dan Pengangkutan (Studi Kasus : Angkutan Nikel di Sulawesi Tenggara). *Jurnal Teknik ITS*. 7(1): 1-8.
- Sezer, İ. 2018. A Review Study on Using Diethyl Ether in Diesel Engines: Effects on Fuel Properties, Injection, and Combustion Characteristics. *Energy and Environment*. 7(4): 164–183.
- Siregar, S. dan Irma, W. 2016. Sintesis dan Perbandingan Struktur, Tekstur Bentonit Alam dan Bentonit Teraktivasi Asam. *Jurnal Photon*. 7(1): 137–140.

- Song, X. *et al.* 2017. Nickel Phosphate-Based Materials with Excellent Durability for Urea Electro-Oxidation. *Electrochimica Acta*. 251: 284–292.
- Sparkman, O. D. 2011. *Gas Chromatography and Mass Spectrometry*. California: Elsevier.
- Stadtländer, C. T. 2007. Scanning Electron Microscopy and Transmission Electron Microscopy of Mollicutes : Challenges and Opportunities. *Modern Research and Educational Topics in Microscopy*, 1(1), 122–131.
- Stashenko, E. and Martínez, J. R. 2014. Gas Chromatography-Mass Spectrometry. *Advances in Gas Chromatography*. 1:1-10.
- Sudarlin. 2012. Prinsip dan Teknik Penggunaan Gas Sorption Analyzer (GSA). *Jurnal Kimia*. 1(5): 1–9.
- Sujatno, A. dkk. 2015. Studi Scanning Electron Microscopy (SEM) Untuk Karakterisasi Proses Oksidasi Paduan Zirkonium. *Jurnal Forum Nuklir*. 9(2): 44–50.
- Sulistiyani, M. dan Huda, N. 2017. Indonesian Journal of Chemical Science Optimasi Pengukuran Spektrum Vibrasi Sampel Protein Menggunakan Spektrofotometer Fourier Transform Infrared (FT-IR). *Indonesian Journal of Chemistry Science*. 6(2): 173-180.
- Syuhada, Wijaya, R., Jayatin dan Rohman, S. 2009. Modifikasi Bentonit (Clay) menjadi Organoclay dengan Penambahan Surfaktan. *Jurnal Nanosains dan Nanoteknologi*. 2(1): 48–51.
- Touny, A. H. and Saleh, M. 2018. Enhanced Methanol Oxidation on Nanoporous Nickel Phosphate Modified Platinum Electrode in Alkaline Solution. *International Journal of Electrochemical Science*. 13(1): 1042–1050.
- Trisunaryati, W. 2018. *Material Katalis dan Karakternya*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Ulfa, M. dan Fawzia, F. N. 2017. Study of Adsorption Capacity of Dibenzotiofen Molecules on Mesoporous Carbon with Pore Geometry Model. *JKPK (Jurnal Kimia Dan Pendidikan Kimia)*. 2(2): 110.
- Ulfah, F. dan Nugraha, I. 2014. Pengaruh Penambahan Montmorillonit Terhadap Sifat Mekanik Komposit Film Karagenan-Montmorillonit. *Molekul*. 9(2): 155–165.
- Wahyuningsih, P. dan Wijaya, K. 2014. Pengaruh Perlakuan Temperatur pada Sintesis Bentonit Terpilar  $Al_2O_3$  terhadap Karakternya dan Aplikasinya Sebagai Katalis dalam Reaksi Esterifikasi. *Jurnal Ilmiah Jurutera*. 1(2): 24–28.
- Widayat, W., Roesyadi, A. and Rachimoallah, M. 2013. Diethyl Ether Production

- Process with Various Catalyst Type. *International Journal of Science and Engineering*. 4(1): 6–10.
- Widayat, W. dan Satriadi, H. 2008. Optimasi Pembuatan Dietil Eter Dengan Proses Reaktif Distilasi. *Reaktor*. 12(1): 7–11.
- Wijaya, K., Syoufian, A. and Ariantika, S. 2014. Hydrocracking of Used Cooking Oil Into Biofuel Catalyzed by Nickel-Bentonite. *Asian Journal of Chemistry*. 30(18): 2424–2430.
- Wijaya, K., Tahir, I. dan Baikuni, A. 2002. The Synthesis of Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Pillared Montmorillonite (CrPM) and Its Usage For Host Material of p-Nitroaniline. *Indonesian Journal of Chemistry*. 2(1): 12–21.
- Wu, H., Gao, Y. and Li, H. 2010. Controlled Synthesis of Nickel Phosphate Hexahedral and Flower-Like Architectures Via a Simple Template-Free Hydrothermal Route. *Cryst Engg Comm*. 4: 3607–3611.
- Yusnani, A. 2008. Konsentrasi Prekursor Logam dan Metode Impregnasi Pada Preparasi NiMo/Zeolit Y Terhadap Karakter Katalis. *Skripsi*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Zaimahwati. dkk. 2018. Isolasi dan Karakterisasi Bentonit Alam Menjadi Nanopartikel Monmorillonit. *Jurnal Katalisator*. 3(1): 12–18.