

**PENGARUH TEMPERATUR KALSINASI KATALIS SILIKA CERIUM  
(IV) SULFAT ( $\text{Ce}(\text{SO}_4)_2\text{-SiO}_2$ ) DENGAN *TEMPLATE* KHFTALAT SERTA  
APLIKASINYA UNTUK DEHIDRASI ISOPROPIL ALKOHOL**

**SKRIPSI**

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



**INDAH PERMATA SARI**

**08031181924012**

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

**2023**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**PENGARUH TEMPERATUR KALSINASI KATALIS SILIKA CERIUM  
(IV) SULFAT ( $Ce(SO_4)_2 \cdot SiO_2$ ) DENGAN *TEMPLATE* KHFTALAT SERTA  
APLIKASINYA UNTUK DEHIDRASI ISOPROPIL ALKOHOL**

**SKRIPSI**

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

**oleh:**

**INDAH PERMATA SARI**

**08031181924012**

**Indralaya, 4 Agustus 2023**

**Mengetahui,**

**Pembimbing 1**



**Fahma Riyanti, M. Si  
197204082000032001**

**Mengetahui,**

**Dekan FMIPA**



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

**NIP. 197111191997021001**

## HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa skripsi Indah Permata Sari (08031181924012) dengan judul "Pengaruh Temperatur Kalsinasi Katalis Silika Cerium (IV) Sulfat ( $Ce(SO_4)_2-SiO_2$ ) Dengan *Template* Khftalat Serta Aplikasinya Untuk Dehidrasi Isopropil Alkohol" telah disidangkan di hadapan Tim Penguji Sidang Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada tanggal 4 Agustus 2023 dan telah diperbaiki, diperiksa, serta disetujui sesuai masukan yang telah diberikan.

Indralaya, 4 Agustus 2023

Ketua :

1. **Dr. Eliza, M.Si.**

NIP. 196407291991022001

(  )

Pembimbing :

1. **Fahma Riyanti, M.Si.**

NIP. 197204082000032001

(  )

Penguji:

1. **Dr. Addy Rachmat, M.Si.**

NIP. 197409282000121001


(  )

2. **Dra. Fatma, MS.**


NIP. 196207131991022001

(  )

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 : Indah Permata Sari

NIM : 08031181924012

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, Agustus 2023

Penulis



Indah Permata Sari

NIM. 08031181924012

## HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Indah Permata Sari  
NIM : 08031181924012  
Fakultas/Jurusan : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam/Kimia  
Jenis Karya : 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 : “Pengaruh Temperatur Kalsinasi Katalis Silika Cerium (IV) Sulfat ( $Ce(SO_4)_2-SiO_2$ ) Dengan *Template* Khftalat Serta Aplikasinya Untuk Dehidrasi Isopropil Alkohol”. Dengan hak bebas royalti non eksklusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, 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.

Indralaya, Agustus 2023  
Penulis



Indah Permata Sari  
NIM. 08031281924023

## HALAMAN PERSEMBAHAN

Sesungguhnya jika kamu bersyukur, niscaya Aku akan menambah (nikmat) kepadamu, tetapi jika kamu mengingkari (nikmat-Ku), maka pasti azab-Ku sangat berat

**(QR. Ibrahim : 7)**

Sesungguhnya, sesudah kesulitan itu ada kemudahan.”

**(QS. al-Insyirah: 6)**

Skripsi ini saya persembahkan kepada :

1. Papa, Bapak Suhendri dan Mama, Ibu Yusmiati, S.Pd yang saya sayangi dan hormati, terima kasih papa mama yang selalu memberikan doa, motivasi, dukungan terbaik, dan saran sehingga penulis berada di tahap ini.
2. Imel Dwi Putri dan Muhammad Sa’ad yang kakak sayangi yang selalu menghibur dan menemani selama ini.
3. Dosen pembimbing saya, Fahma Riyanti, M. Si
4. Dosen Pembimbing Penelitian saya, Prof. Dr. Hasanudin, M.Si
5. Keluarga besar, saudara, dan teman-teman yang saya sayangi.
6. Kampus tercinta, Universitas Sriwijaya.

*Last but no least, I wanna thank me for believing in me, I wanna thank me for doing all this hard work, I wanna thank me for having no days off, I wanna thank me for never quitting, I wanna thank me for just being me all times.*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT berkat rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan karya tulis ilmiah berupa skripsi yang berjudul “Pengaruh Temperatur Kalsinasi Terhadap Karakter *Porous* Silika Cerium Tersulfatasi dengan *Template* Khftalat dan Aplikasinya untuk Dehidrasi Isopropil Alkohol”. Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya. Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Ibu **Fahma Riyanti, M. Si.** dan Bapak **Prof. Dr. Hasanudin, M.Si.** yang telah membimbing penulis selama penelitian dan penulisan skripsi sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Penulis juga menyampaikan rasa terima kasih kepada :

1. Keluarga penulis Papa, Mama, Imel, dan Sa'ad yang kakak sayangi serta banyak berperan penting dalam memotivasi penulis selama penelitian dan penulisan skripsi ini.
2. Bapak Prof. Hermansyah, S.Si., M.Si., Ph.D. selaku Dekan FMIPA Universitas Sriwijaya
3. Ibu Prof. Dr. Muharni, M.Si. selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.
4. Bapak Dr. Addy Rachmat, M.Si. selaku sekretaris Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.
5. Ibu Dr. Eliza, M.Si., Bapak Dr. Addy Rachmat, M.Si., dan Ibu Dra. Fatma, M.S. selaku ketua dan dosen penguji sidang sarjana penulis.
6. Seluruh Dosen Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya yang telah membagikan ilmu selama masa perkuliahan.
7. Analis Laboratorium Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya (Yuk Niar, Yuk Nur, dan Yuk Yanti).
8. Kak Chosiin dan Mbak Novi selaku admin Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.
9. Keluarga ‘Anak Bufer’ (Rajiban, Piti, Saritiw, Beyya, Niakk, Nanash, Hanifa). Rajib Mulia Hakiki, partner in crime, manusia paling random yang selalu menemani, mau direpotkan selama huru hara perkuliahan dan banyak

membantu dari maba hingga penulis menyelesaikan studi di kimia, makasii jib sudah banyak mengingatkan kebaikan dan saran selama ini, tetep jadi orang baik kakk. Fitria Nursari, human diary, partner di segala bidang, partner berbagi makan, orang yang sangat paham dan mengerti penulis, piti orang yang selalu mendengarkan keluh kesah kehidupan yang fana ini, orang yang selalu ada saat senang dan susah hingga saat ini, makasiii buat semua memory yang tercipta ketika kita bersama pitt Sayang pitii banyak banyak. Sari Mawarni Juniarti, sahabat berkeluh kesah dari maba hingga sekarang, partner nugas dikala gampuran kehidupan di perkuliahan, sahabat yang banyak membantu dan menemani penulis hingga saat ini, makasii mba sari yang selalu mengerti sifat bocil penulis, makasii atas semua effort yang diberikan kadang teraru dengan manusia satu inii baik bangettt, terus jadi orang baik seperti idolanya “taylor swift”. Bella Meypilia, sahabat dari awal kuliah hingga kapanpun, partner ngelab, partner skripsian yang tidak pernah lelah menghadapi tingkah laku penulis yang buat beyya naek darah, 2 orang yang memiliki kemiripan sifat dan ego yang sama tapi tetep saling mengerti walaupun sambil emosi, timaaccii buat semuanya beyyaa lupyuu bell. Annash Nabilla Untari, Partner sambat kehidupan, orang yang memiliki jiwa yang selalu positif dan selalu sabar dan mengerti penulis, tempat meminta saran kalo bingung pake outfit, timaaccii nanash yang banyak membantu dan tetep pertahanakan aura positifnyo nass, sayang nanashh pokoknyo. Vania Putri Andita, partner bucin KPOP, niakk yang selalu tahan ketika sifat bocil penulis kambuh, gomawoo niakk banyak membantu dan menemani dikala hilang arah, semoga suatu saat impian kito ketemu bias tercapai yachh, tetep jadi orang baik, dan semangattt ayankk. M. Hanif Manishe, sosok abang yang banyak memberikan saran mengenai kehidupan yang kadang tidak sesuai realita, orang yang selalu berbagi jawaban ketika deadline menyerang, makasiii atas uluran tangan selama ini bang. Terima kasih buat semua momen yang tercipta ketika kita bersama all member keluarga anak buffer, see you on top. Semoga suatu saat bisa kembali lengkap kumpul dan berbagi cerita.

10. Lucky & Rani, duo cunik kesayangan penulis yang selalu berusaha ada hingga saat ini, duo cunik yang menjadi tempat berpulang ketika penulis berada di titik



terendah, duo cunik yang selalu mengerti dan paham tingkah penulis, duo cunik yang selalu mendengarkan dan memberikan saran ketika jenuh menghadapi huru hara kehidupan. Semoga persahabatan ini selalu terjaga hingga kapan pun cunikk

11. Sam'aaan gengs (Ditoy, Selvi, & Sawa) tiga orang yang banyak menemani dan membantu penulis selama tinggal di asrama sam'aaan tercinta, tiga orang yang selalu mendengarkan keluh kesah penulis yang tiada hentinya, tiga orang yang selalu sabar dan mengerti tingkah bocil penulis, tiga orang random yang banyak menghibur penulis, semangatt buat kita semuaa yok semangat bentar lagi log out bareng gengss.
12. Ciwi ciwi kf (Beyya, Difa, Nina, Afifa, Bellana, Ratri, Della) para penghuni lab KF yang banyak menghibur penulis ketika jenuh penelitian, ciwi yang selalu berbagi cerita random kadang diluar nalar, ciwi yang meramaikan lab serta selalu siap buat lembur di lab.
13. Bimbinga TA Pak Hasan (bang rajes, bella, difa, nina, afifa, dan rahmad) terima kasih banyak membantu penulis ketika menjalani penelitian dan penulisan skripsi.
14. Yollanda Nurcholifah, makasii banyak yoll sudah menemani serta memberikn bantuan dan support positif selama di bangku perkuliahan.
15. Teman teman seperjuangan "Chemistry'19" terima kasih telah kebersamai dari maba hingga saat ini, terima kasih atas bantuan yang tleah diberikan selama ini sukses buat kita semua. *see you on top guyss !*
16. Adik adik angkatan 2020 terima kasih telah memberikan kenangan di masa perkuliahan. Terima kasih terkhusus untuk Alifia, Icaa, Sera, Nandya, Ziza, Betty, dan Dina yang sudah menjadi adik yang baik selama ini.
17. Adik adik angkatan 2021 terkhusus adik adik kelas A terima kasih untuk kenangan 2 semester ketika praktikum dan telah menjadi adik adik yang baik. Terima kasih juga untuk adik adik kelas C atas kenangan selama praktikum dan telah menghibur selama di lab.
18. Terima kasih aduk asuh (Suci) telah menjadi adik yang baik selama ini dan terima kasih untuk adik asuh angkat (Andini) sudah menjadi adik yang baik. Semangatt buat suci dan andinii!!!

19. BTS (Bangtan Sonyeondan) terima kasih untuk Kim Seokin, Kim Nam joon, Min Yoongi, Jung Hoseok, Park Jimin, Kim Taehyung, dan Jeon Jungkook telah menemani dan menghibur melalui karya dan musik selama ini. Terima kasih telah memberikan motivasi dan semangat, semoga suatu saat bisa bertemu secara nyata *my bias*.
20. Seluruh pihak yang terlibat dan turut berperan selama masa perkuliahan hingga pembuatan skripsi ini selesai.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan masukan yang membangun dari para pembaca. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi yang membacanya.

Indralaya, 4 Agustus 2023

Penulis

## SUMMARY

### EFFECT CALSINATION TEMPERATURE OF CATALYSIS SILICACERIUM(IV)SULFATE ( $Ce(SO_4)_2-SiO_2$ ) WITH PHTHALATE TEMPLATE AND ITS APPLICATION FOR DEHYDRATION OF ISOPROPYL ALCOHOL

Indah Permata Sari: supervised by Fahma Riyanti, M.Si.

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

x + 67 Pages, 2 Tables, 13 Figures, 11 Appediences

Ether compounds such as diisopropyl ether can be used as fuel additives. Diisopropyl ether obtained through the dehydration process of isopropyl alcohol over metal impregnated catalyst. This study aims to synthesized silica Cerium (IV) Sulfate catalyst using Phthalate as template. The catalysts prepared by calcination temperature variations at 400°C, 500°C, 600°C, 700°C, and 800°C for 3 hours. The characterization of catalyst is conducted by XRD and FTIR instruments. The measurement of acidity value of the catalyst is carried out by ammonia gas, pyridine, and back titration. The synthesized catalyst was applied to the dehydration process of isopropyl alcohol. GC-MS instrument was used to analyze the dehydrated product with  $Ce(SO_4)_2-SiO_2$  catalyst. Results XRD analysis of  $Ce(SO_4)_2-SiO_2$  catalyst 800°C obtained peak of 21,32° in accordance with JCPDS no.33-1611 has an amorphous structure with a low-crystalline phase. FTIR results of  $Ce(SO_4)_2-SiO_2$  800°C catalyst showed the presence of cerium metal at wavenumber 463,57  $cm^{-1}$  and sulfate bond at wavenumber 1095,52  $cm^{-1}$ . The total acidity of the  $Ce(SO_4)_2-SiO_2$  800°C catalyst was 0,549 mmol/g and the surface acidity was 0,064 mmol/g. The acidity of the catalyst before dehydration is 1,694 mmol/g and after dehydration is 0,739 mmol/g. The best catalyst characteristics in the study was  $Ce(SO_4)_2-SiO_2$  800°C with a conversion of 43,4%, selectivity of 72,4%, and yield of 31,4%.

Keywords : Dehydration of isopropyl alcohol,  $Ce(SO_4)_2$  catalyst, Calcination

Citation : 50 (2001-2022)

## RINGKASAN

### **PENGARUH TEMPERATUR KALSINASI KATALIS SILIKA CERIUM (IV) SULFAT ( $Ce(SO_4)_2-SiO_2$ ) DENGAN *TEMPLATE* KHFTALAT SERTA APLIKASINYA UNTUK DEHIDRASI ISOPROPIL ALKOHOL**

Indah Permata Sari : dibimbing oleh Fahma Riyanti, M.Si.

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya

x + 67 Halaman, 2 Tabel, 13 Gambar, 11 Lampiran

Senyawa eter seperti diisopropil eter dapat digunakan sebagai aditif bahan bakar. Diisopropil eter diperoleh melalui proses dehidrasi isopropil alkohol dengan katalis yang terimpregnasi logam. Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis katalis silika Cerium (IV) Sulfat dengan menggunakan KHFTalat sebagai template. Katalis dibuat dengan variasi temperatur kalsinasi pada 400°C, 500°C, 600°C, 700°C, dan 800°C selama 3 jam. Karakterisasi katalis dilakukan dengan instrumen XRD dan FTIR. Pengukuran nilai keasaman katalis dilakukan dengan menggunakan gas amonia, piridin, dan titrasi balik. Katalis hasil sintesis diaplikasikan pada proses dehidrasi isopropil alkohol. Instrumen GC-MS digunakan untuk menganalisis produk hasil dehidrasi dengan katalis  $Ce(SO_4)_2-SiO_2$ . Hasil analisa XRD katalis  $Ce(SO_4)_2-SiO_2$  800°C diperoleh puncak 21,32° sesuai dengan JCPDS no.33-1611 yang memiliki struktur amorf dengan fasa *low-cristobalite*. Hasil FTIR katalis  $Ce(SO_4)_2-SiO_2$  800°C menunjukkan adanya logam cerium pada bilangan gelombang 463,57  $cm^{-1}$  dan ikatan sulfat pada bilangan gelombang 1095,52  $cm^{-1}$ . Keasaman total katalis  $Ce(SO_4)_2-SiO_2$  800°C sebesar 0,549 mmol/g dan keasaman permukaan sebesar 0,064 mmol/g. Keasaman katalis sebelum dehidrasi sebesar 1,694 mmol/g dan setelah dehidrasi sebesar 0,739 mmol/g. Karakteristik katalis terbaik dalam penelitian ini adalah  $Ce(SO_4)_2-SiO_2$  800°C dengan konversi 43,4%, selektivitas 72,4%, dan yield 31,4%.

Kata kunci : Dehidrasi isopropil alkohol, Katalis  $CeSO_4-SiO_2$ , Kalsinasi

Kutipan : 50 (2001-2022)

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH</b> .....	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS</b> .....	<b>v</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	<b>vi</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>vii</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>xi</b>
<b>RINGKASAN</b> .....	<b>xii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xvi</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xvii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xviii</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 Isopropil Alkohol .....	4
2.2 Diisopropil Eter .....	5
2.3 Kalium Hidrogen Ftalat (KHFtalat) .....	5
2.4 Dehidrasi Isopropil Alkohol.....	6
2.5 Katalis .....	7
2.6 Logam Cerium .....	8
2.7 Kalsinasi.....	8
2.8 Karakterisasi.....	9
2.8.1 <i>X-ray Diffraction</i> (XRD).....	9
2.8.2 <i>Fourier-Transform Infrared Spectroscopy</i> (FTIR) .....	9

2.8.3 <i>Gas Chromatography Mass Spectrometry (GC-MS)</i> .....	10
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>12</b>
3.1 Waktu dan tempat .....	12
3.2 Alat dan Bahan.....	12
3.2.1 Alat.....	12
3.2.2 Bahan.....	12
3.3 Prosedur Kerja.....	12
3.3.1 Preparasi <i>SiO<sub>2</sub> Template KHFTalat</i> .....	12
3.3.2 Preparasi Katalis <i>Ce(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>-SiO<sub>2</sub></i> .....	13
3.3.3 Dehidrasi Isopropil Alkohol.....	14
3.3.4 Karakterisasi Katalis .....	14
3.3.4.1 Karakterisasi Katalis dengan <i>X-ray Diffraction (XRD)</i> .....	14
3.3.4.2 Karakterisasi Katalis dengan <i>Fourrier Transform Infrared (FTIR)</i> .....	15
3.3.4.3 Karakterisasi Analisa Keasaman Katalis .....	15
3.3.5 Analisa Data .....	17
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>18</b>
4.1 Preparasi <i>SiO<sub>2</sub> Template KHFTalat</i> .....	18
4.2 Preparasi Katalis <i>Ce(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>-SiO<sub>2</sub></i> .....	19
4.3 Hasil Karakterisasi Katalis <i>CeSO<sub>4</sub>-SiO<sub>2</sub></i> .....	21
4.3.1 Hasil Karakterisasi Katalis <i>CeSO<sub>4</sub>-SiO<sub>2</sub></i> Menggunakan <i>X-ray Diffraction (XRD)</i> .....	21
4.3.2 Hasil Karakterisasi Katalis <i>CeSO<sub>4</sub>-SiO<sub>2</sub></i> Menggunakan <i>Fourrier Transform Infrared (FTIR)</i> .....	22
4.3.3 Hasil Analisa Keasaman Katalis <i>Ce(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>-SiO<sub>2</sub></i> .....	23
4.3.3.1 Hasil Analisa Keasaman Katalis <i>Ce(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>-SiO<sub>2</sub></i> Menggunakan Gas Piridin dan Ammonia.....	23
4.3.3.2 Hasil Analisa Keasaman Katalis <i>Ce(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>-SiO<sub>2</sub></i> Menggunakan Metode Titrasi Balik .....	25
4.4 Dehidrasi Isopropil Alkohol dengan Katalis <i>CeSO<sub>4</sub>-SiO<sub>2</sub></i> Menggunakan <i>Gas Chromatography Mass Spectrometry (GC-MS)</i> .....	26
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>30</b>

5.1 Kesimpulan .....	30
5.2 Saran .....	30
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>32</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>36</b>
<b>DAFTAR RIWAYAT HIDUP .....</b>	<b>69</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Struktur Isopropil Alkohol .....	5
Gambar 2. Struktur Diisopropil Eter .....	5
Gambar 3. Struktur Kalium Hidrogen Ftalat (KHFtalat) .....	6
Gamabr 4. Silika Sebelum Proses Kalsinasi, Silika Setelah Proses Kalsinasi.....	18
Gambar 5. Silika Sebelum Terimpregnasi Logam dan Silika Setelah Terimpregnasi Logam Cerium Tersulfatasi .....	20
Gambar 6. Difraktogram XRD (a) Katalis $Ce(SO_4)_2-SiO_2$ 400°C (b) $Ce(SO_4)_2-SiO_2$ 600°C (c) Katalis $Ce(SO_4)_2-SiO_2$ 800°C .....	21
Gambar 7. Spektra FTIR (a) Katalis $Ce(SO_4)_2-SiO_2$ 400°C (b) $Ce(SO_4)_2-SiO_2$ 600°C (c) Katalis $Ce(SO_4)_2-SiO_2$ 800°C.....	22
Gambar 8. Spektra FTIR Katalis $Ce(SO_4)_2-SiO_2$ 400°C.....	23
Gambar 9. Hasil Analisa Keasaman Katalis $Ce(SO_4)_2-SiO_2$ Menggunakan Gas Ammonia dan Piridin .....	24
Gambar 10. Hasil Analisa Keasaman Katalis $Ce(SO_4)_2-SiO_2$ Menggunakan Metode Titrasi Balik.....	26
Gambar 11 Hasil Dehidrasi Isopropil Alkohol .....	27
Gambar 12. Kromatogram GC-MS Dehidrasi Isopropil Alkohol dengan Katalis $Ce(SO_4)_2-SiO_2$ .....	27
Gambar 13. Kromatogram GC-MS dehidrasi isopropil alkohol dengan katalis $Ce(SO_4)_2-SiO_2$ variasi 400°C, 600°C dan 800°C .....	28



## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Hasil $\text{Ce}(\text{SO}_4)_2\text{-SiO}_2$ Terhadap Variasi Temperatur Kalsinasi .....	20
Tabel 2. Hasil Konversi, Selektivitas dan Yield Berdasarkan Hasil Dehidrasi Isopropil Alkohol dengan Menggunakan Katalis $\text{Ce}(\text{SO}_4)_2\text{-SiO}_2$ .....	29

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Diagram Alir Penelitian.....	37
Lampiran 2. Grafik Analisis XRD .....	41
Lampiran 3. Grafik Analisis FTIR .....	44
Lampiran 4. Perhitungan Total Keasaman Menggunakan Gas Piridin.....	47
Lampiran 5. Perhitungan Total Keasaman Menggunakan Gas Ammonia.....	49
Lampiran 6. Perhitungan Total Keasaman dengan Metode Titrasi Balik .....	51
Lampiran 7. Grafik Analisis GC-MS .....	57
Lampiran 8. Perhitungan Konversi dari Data GC-MS.....	60
Lampiran 9. Perhitungan Selektivitas dari Data GC-MS.....	62
Lampiran 10. Perhitungan Yield dari Data GC-MS .....	64
Lampiran 11. Dokumentasi Penelitian.....	65

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kebutuhan energi dalam bentuk bahan bakar mengalami peningkatan sebesar 5 - 32% per tahun berdasarkan data yang diperoleh *Energy Information Administration* (EIA). Bahan bakar yang biasa digunakan mengandung aditif yang dapat memberikan dampak buruk terhadap lingkungan. Senyawa eter dapat dijadikan sebagai aditif bahan bakar yang ramah lingkungan. Senyawa eter dapat dijadikan sebagai aditif bahan bakar berupa diisopropil eter (Hasanudin *et al*, 2022).

Diisopropil eter (DIPE) secara fisik berupa cairan yang tidak berwarna, bersifat mudah terbakar serta bersifat reaktif (Widayat *et al*, 2013). Diisopropil eter digunakan sebagai aditif bensin yang dapat meningkatkan pembakaran yang lebih bersih serta mengurangi emisi berbahaya yang bersifat pencemar seperti CO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, dan HC<sub>x</sub>. Selain itu diisopropil eter dapat meningkatkan nilai oktan pada bahan bakar. Diisopropil eter didapatkan melalui proses dehidrasi isopropil alkohol (Hasanudin *et al*, 2022).

Dehidrasi isopropil alkohol termasuk reaksi eliminasi dimana terjadi pelepasan molekul air yang berasal dari molekul alkohol (Turek *et al*, 2014). Proses dehidrasi isopropil alkohol membutuhkan temperatur tinggi dalam mengoptimalkan produk yang terbentuk. Dehidrasi isopropil alkohol menjadi diisopropil eter memerlukan bantuan katalis untuk meningkatkan laju reaksi. Katalis yang digunakan pada dehidrasi isopropil alkohol berupa katalis yang bersifat asam. Penggunaan katalis yang bersifat asam dapat meningkatkan konversi diisopropil eter yang tinggi. Konversi isopropil alkohol yang tinggi dapat dioptimalkan dengan material pendukung seperti silika (SiO<sub>2</sub>) (Murat *et al*, 2020).

Silika *porous* dapat diperoleh melalui metode sol gel. Beberapa keunggulan dari silika diantaranya memiliki stabilitas termal yang baik, luas permukaan tinggi, adsorpsi yang tinggi serta jaringan pori yang baik dalam proses difusi (Wijaya *et al*, 2021). Silika dalam bentuk *porous* dikembangkan dalam bidang nanoteknologi. Hal ini dikarenakan *porous* silika bersifat inert, stabil pada suhu tinggi serta mudah disintesis. Peningkatan selektivitas katalis material silika dapat dilakukan dengan adanya agen pengkelat berupa *template* (Pal *et al*, 2020).

*Template* berfungsi sebagai cetakan yang dapat meninggalkan jejak pori pada silika sehingga silika dapat diimpregnasi dengan logam. *Template* dapat mempengaruhi morfologi, ukuran, dan struktur suatu material selama proses sintesis secara efektif. *Template* dapat bersifat netral atau bermuatan serta bersifat organik ataupun anorganik (Xie *et al*, 2018). *Template* yang digunakan pada penelitian ini berupa KHFtalat, dimana *template* menyisakan pori pada silika. *Template* dapat dimodifikasi atau dapat diisi dengan logam dikarenakan dapat meningkatkan aktivitas katalitik katalis (Yaripour *et al*, 2009).

Logam yang dimodifikasi menjadi katalis memiliki aktivitas katalitik yang lebih tinggi. Menurut Aulia (2021) Cerium (Ce) dalam bidang industri banyak dimanfaatkan sebagai katalis. Hal ini dikarenakan Cerium (Ce) sebagai agen oksidasi serta tahan terhadap temperatur tinggi, Penelitian ini mencoba untuk mensintesis katalis silika serium (IV) sulfat melalui metode impregnasi. Metode impregnasi logam dilakukan dengan menggunakan suatu pengemban sehingga dapat meningkatkan selektivitas katalis. Katalis yang terbentuk dilakukan modifikasi pada temperatur kalsinasi yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh temperatur terhadap karakteristik katalis serta temperatur optimal katalis pada proses kalsinasi (Ruslan dkk, 2017).

Proses kalsinasi bertujuan untuk menghilangkan *template* pada katalis, serta mengoksidasi logam agar membentuk struktur kristal. Temperatur kalsinasi mempengaruhi karakteristik katalis yang terbentuk. Temperatur kalsinasi yang tinggi dapat mempengaruhi fasa katalis, dimana ketika pemanasan meningkat maka terjadi peningkatan energi sehingga antar atom bergetar pada jarak yang semakin besar. Hal inilah yang dijadikan penyebab terjadinya perubahan struktur dan fasa ketika temperatur kalsinasi semakin meningkat. Selain itu peningkatan temperatur kalsiansi berbanding lurus dengan difusi atom dan oksidasi sehingga antar nukleus saling menyatu membentuk struktur kristal yang semakin besar (Tomczak *et al*, 2014). Pengaruh kalsinasi mengakibatkan perubahan struktur pada permukaan partikel katalis yang terbentuk. Adapun yang dapat dilakukan untuk mengetahui pengaruh temperatur kalsinasi pada katalis dengan membuat beberapa variasi temperatur ketika proses kalsinasi. Produk hasil variasi katalis dilakukan analisa menggunakan karakterisasi *X-ray Diffraction* (XRD) untuk melihat struktur kristal

katalis, *Fourrier Transform Infrared* (FT-IR) untuk mengetahui gugus fungsi katalis, dan keasaman permukaan katalis. Katalis yang telah terbentuk diaplikasikan untuk proses dehidrasi isopropil alkohol. Hasil konversi isopropil alkohol menjadi diisopropil eter dilakukan analisa menggunakan *Gas Chromathography Mass Spectrometry* (GC-MS).

## **1.2 Rumusan Masalah**

1. Bagaimana pengaruh temperatur kalsinasi katalis logam cerium tersulfatasi terhadap karakteristik katalis ?
2. Bagaimana kondisi optimum pada katalis untuk proses dehidrasi isopropil alkohol ?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

1. Mengetahui pengaruh temperatur kalsinasi katalis logam cerium tersulfatasi terhadap karaktersitik katalis.
2. Mengetahui dan mengevaluasi kondisi optimum katalis yang digunakan untuk proses dehidrasi isopropil alkohol.

## **1.4 Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan pengetahuan mengenai pengaruh temperatur kalsinasi katalis pada proses dehidrasi isopropil alkohol. Selain itu penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai modifikasi katalis yang terimpregnasi logam dalam pengaplikasian dehidrasi isopropil akohol menjadi diisopropil eter.

## DAFTAR PUSTAKA

- Armentaa, M. A., Valdezb, R. Rodrigoc, R. S., and Olivass, A. 2019. Diisopropyl Ether Production Via 2-Propanol Dehydration Using Supported Iron Oxides Catalysts. *Journal Fuel*. 236 (1): 934-941.
- Atra, R., Vatai, G., and Molnar, E. B. 2009. Isopropanol dehydration by pervaporation. *Journal of Chemical Engineering and Processing*. 38 (1): 149–155.
- Auliaa, M. A., Kurniawan, C., Setyadji, M. 2021. ijcs Cerium, Neodimium, and Lanthanum Leaching from Rare Earth Oxides (REO) using Hydrochloric Acid. *Indonesian Journal of Chemical Science*. 10 (2): 82-87.
- Bedia, J., Rosas, J. M., Márquez, J., Rodríguez-Mirasol, J., and Cordero, T. 2009. Preparation and Characterization of Carbon Based Acid Catalysts for The Dehydration of 2-Propanol. *Journal of Carbon*. 47(1): 286–294.
- Brancaleon, L. Bamberg, M. P. Sakamaki, T., and Kollias, N. 2001. Attenuated Total Reection Fourier Transform Infrared Spectroscopy as a Possible Method to Investigate Biophysical Parameters of Stratum Corneum In Vivo. *International Journal of Investigative Dermatology*. (3): 380-386.
- Bunaciu, A. A., Undristioiu, E. G., and Enein, Y. H. A. 2015. X-Ray Diffraction: Instrumentation and Applications. *Critical Review in Analytical Chemistry*. 45 (1): 289-299.
- Chen, Y., Zou, C., Mastalerz, M., Hu, S., Gasaway, C., and Tao, X. 2015. Applications of Micro-Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) in the Geological Sciences. *International Journal of Molecular Sciences*. 16(12): 30223–30250.
- Chen, X and Okuhara, T. 2002. A Ritter-Type Reaction over H–ZSM-5: Synthesis of N-Isopropylacrylamide from Acrylonitrile and Isopropyl Alcohol. *Journal of Catalysis*. 207 (1): 194-201.
- Epp, J. 2016. X-ray Diffraction (XRD) Techniques for Materials Characterization. *Materials Characterization Using Nondestructive Evaluation (NDE) Methods*. 1 (1): 81–124.
- Eski, M., Ozer, F., Firat, C., Alhan, D., Arslan, N., Senturk, T., and Işık, S. 2012. Cerium Nitrate Treatment Prevents Progressive Tissue Necrosis in The Zone of Stasis Following Burn. *Burns*. 38(2): 283–289.
- Faisal, M., Suhartana, dan Pardoyo. 2015. Zeolit Alam Termodifikasi Logam Fe sebagai Adsorben Fosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) pada Air Limbah. *Jurnal Kimia Sains dan Aplikas*. 18 (3): 91-95.
- Fayrus, M. Santoso, A. Y. P., Muljani, S. 2020. Sintesis Komposit Titania – Silika dengan Proses Sol Gel. *Journal of Chemical and Process Engineering*. 1 (1): 36-40.

- Ghazali, M. M., Nawawi, and Huang, R. Y. M. 2007. Pervaporation Dehydration of Isopropanol with Chitosan Membranes. *Journal of Membrane Science*. 124 (1): 53-62.
- Gunawan, R. 2016. Dehidrasi Pelarut Organik dengan Pervaporasi. *Jurnal Kimia*. 2 (1): 1-16.
- Hanafi, M. A. 2021. Analisis Risiko Paparan Isopropanol di Udara pada Pekerja Industri Percetakan di Kota Kendari. *Tesis*. Universitas Hasanuddin.
- Handayani, T., Wijayati, N., dan Harjono. 2015. Pengaruh Waktu dan Temperatur pada Reaksi Isomerisasi  $\alpha$ -Pinena Menggunakan Katalis  $Zr^{4+}$ /Zeolit Alam. *Indonesian Journal of Chemical Science*. 4 (3):235-239.
- Hasanudin, Asri, W. R., Putri, Q. U., Fanani, Z., David Bahrin, D., Agustina, T. E., and Wijaya K. 2022. Montmorillonite-Zirconium Phosphate Catalysts for Methanol Dehydration. *Iranian Journal of Catalysis*. 12(3): 389-397.
- Hasanudin, Asri, W.R., Purwaningrum, W. Riyanti, F., Novia, N., Maryana, R., Muttaqi, M. A. 2022. Kinetic Parameters Investigation for The Esterification of Free Fatty Acid from Coconut Oil Mill Waste. *International Journal of Molekul*. 17 (3): 355-364.
- Hasanudin, H. Rachmat, A. Said, M., and Wijaya K. 2020. Kinetic Model of Crude Palm Oil Hydrocracking Over Ni/Mo  $ZrO_2$ -Pillared Bentonite Catalyst. *Periodica Polytechnica Chemical Engineering*. 64(2): 238–247.
- Hasanudin, H., Asri, W. R. Andini, L., Riyanti, F., Mara, A., Hadiah, F., and Fanani Z. 2022. Enhanced Isopropyl Alcohol Conversion over Acidic Nickel Phosphate-Supported Zeolite Catalysts. *ACS OMEGA*. 7 (1): 38923–38932.
- Hasanudin, H., Asri, W.R., Tampubolon, K., Riyanti, F., Purwaningrum W., and Wijaya, K. 2022. Dehydration Isopropyl Alcohol to Diisopropyl Ether over Molybdenum Phosphide Pillared Bentonite. *Journal Pertanika Science & Technology*. 30 (2): 1739 – 1754.
- Jakupec, M. A., Unfried, P., and Keppler, B. K. 2005. Pharmacological Properties of Cerium Compounds. *Physiol Biochem Pharmacol*. 153(1): 101–111.
- Kariper, I. A. 2014. Synthesis and Characterization of Cerium Sulfide Thin Film. *International Journal of Progress in Natural Science: Materials*. 24 (1): 663–670.
- Knifton, J. F. and Dai, P. E. 2009. Diisopropyl Ether Syntheses from Crude Acetone. *Catalysis Letters*. 57(4): 193–197.
- Liu, J., Wang, D., Gao, L., & Zhang, D. 2016. Synergism Between Cerium Nitrate and Sodium Dodecylbenzenesulfonate on Corrosion of AA5052

- Aluminium Alloy in 3 Wt.% NaCl Solution. *Applied Surface Science* 389 (1): 369-377.
- Lubis, S. 2007. Preparasi Bentonit Terpillar Alumina dari Bentonit Alam dan Pemanfaatannya sebagai Katalis pada Reaksi Dehidrasi Etanol, 1-Propanol serta 2-Propanol. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*. 6 (2): 77-81.
- Mani, D., Kalpana, M. S., Patil, D. J., and Dayal, A. M. 2017. *Organic Matter in Gas Shales*. Hyderabad: Shale Gas.
- Mirzayanti, Y.W. dan Budianto, A. 2021. *Rekayasa Katalis pada Teknologi Pembuatan Biofuel Berbahan Baku Minyak Nabati*. Yogyakarta: KYTA.
- Mukminin, A., Fajar, M., Sarungu, S., dan Andrianti, I. 2019. 13 Pengaruh Suhu Kalsinasi Dalam Pembentukan Katalis Padat CaO Dari Cangkang Keong Mas (*Pomacea canaliculata* L). *Petrogas*. 1(1): 13-21.
- Mundriyastutik, Y., Anggoro, D. D., dan Hidayati, N. 2016. Preparasi dan Karakteristik Katalis Como/Zeolit Y dengan Metode Pertukaran Ion. *Indonesia Jurnal Farmasi*. 1 (1): 28-32.
- Murat, M., Tisler, Z., Simek, J., and Herrador, M. H. 2020. Highly Active Catalyst for The Dehydration of Isopropanol. *Catalyst*. 719 (10): 1-11.
- Morandi, B., and Carreira, E. M. 2009. Iron-Catalyzed Cyclopropanation with Trifluoroethylamine Hydrochloride and Olefins in Aqueous Media: In Situ Generation of Trifluoromethyl Diazomethane. *Communications* 49(5): 938–941.
- Nicolescu, T. O. 2017. *Interpretation of Mass Spectra. Mass Spectrometry*. Bucharest: Intech. 3(1): 21-27.
- Nugrahaningtyas, Khoirina Dwi, Maret, U. S., Widjonarko, D. M., dan Maret, U. S. 2016. Kajian Aktivitas H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> Terhadap Proses Pemiliran Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> pada Lempung Alam. *Alchemy Jurnal Penelitian Kimia*. 12 (2): 190–203.
- Nurhasanah, Putriani, E. N., Utami, H., dan Ginting, S. B. 2019. Pengaruh Jenis Solubility Promotor dan Waktu Reaksi pada Sintesis  $\alpha$ -Terpineol dari Minyak Terpentin Menggunakan Katalis Zeolit Alam Lampung Teraktivasi. *Indonesian Journal of Chemical Science*. 8 (2): 76-80.
- Pal, N., Lee, J. H., and Cho, E. B. 2020. Recent Trends in Morphology-Controlled Synthesis and Application of Mesoporous Silica Nanoparticles. *Nanomaterials*. 10 (1): 1-38.
- Prasetyo, A., Nafsiati, R., Kholifah, S. N., dan Botianovi. 2012. Analisis Permukaan Zeolit Alam Malang Yang Mengalami Modifikasi Pori Dengan Uji SEM-EDS. *Jurnal Saintis*. 1 (2): 1-46.
- Priyono, B Juliadi, Syahrial, A. Z., Yuwono A. H. dan Kartini E. 2015. Sintesis Lithium Titanat dengan Metode Hidrotermal dan Efek Suhu Sintering pada Karakteristik Nanostrukturnya. *Jurnal Sains Materi Indonesia*. 17 (1): 1-9.



- Putra, A. A. P. dan Ariyanthini, K. S. A. 2021. Penetapan Kapasitas Penetralan Asam Tablet Antasida (Aluminium Hidroksida dan Magnesium Hidroksida) dengan Titrasi Balik. *Jurnal Dunia Farmasi*. 6 (1): 7-11.
- Raharjo, J Yuliani, H., Masmui, Hapsari, A. U., Damisih, Pangestika, P. W., dan Santi, D. R. 2018. Studi Pengaruh Presipitan Basa Terhadap Sifat Fisik Nanomaterial Cerium Dioksida (CeO<sub>2</sub>) dengan Metode Presipitasi. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan"*. 1 (1): 1-5.
- Reddy, T. A., Maor, I., and Panjapornpon, C. Calibrating Detailed Building Energy Simulation Programs with Measured Data—Part II: Application to Three Case Study Office Buildings (RP-1051). *HVAC and Research*. 13(2): 34-47.
- Rianto, A., Islamiyah, Pambudi, K. E., Mufih, A., dan Afif, a. 2014. *Sintesis Katalitik 2,2-diisopropoksipropan dari Isopropanol untuk Meningkatkan Angka Oktan Bahan Bakar Terbarukan*. Jakarta: Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi.
- Rohmah, R. dan Zainuri, M. 2016. Pengaruh Variasi Temperatur Kalsinasi SiO<sub>2</sub> terhadap Sifat Kebasahan pada Permukaan Hidrofobik. *Jurnal Sains dan Seni ITS*. 5 (2): 2337-3520.
- Rusdi, M., Fatmasyarif, E., dan Ananda, C. R. 2020. Isolasi dan Karakterisasi Senyawa dari Ekstrak Daun Botto-Botto (*Chromolaena Odorata* L.) yang Berpotensi Sebagai Antikanker. *Jurnal Kesehatan*. 1 (1): 12-6.
- Sanjiwani, N.M.S., Paramitha, D. A. I., Wibawa, A. A. C., Ariawan, I. M. D., Megawati, F., Dewi, N. W. T., Mariati, N. P. A. M., dan Sudiarsa, I. W. 2020. Pembuatan Hair Tonic Berbahan Dasar Lidah Buaya dan Analisis dengan Fourier Transform Infrared. *Widyadari*. 21. (1): 249-262.
- Schätz, A., Reiser, O., & Stark, W. J. 2010. Nanoparticles as Semi-Heterogeneous Catalyst Supports. *Chemistry - A European Journal*. 16(30): 8950–8967.
- Singh, S. B. and Tandon, P. K. 2014. Catalysis: A Brief Review on Nano-Catalyst. *Journal of Energy and Chemical Engineering*. 2 (3): 106-115.
- Slaughter, R. J. Mason, R. W. Beasley, D. M. G. Vale, J. A., and Schep L. J. 2014. Isopropanol poisoning. *International Journal Clinical Toxicology*. 52 (1): 470–478.
- Sujatno, A., Salam, R., Bandriyana, Dimiyati, A. 2015. Studi Scanning Electron Microscopy (SEM) untuk Karakterisasi Proses Oksidasi Paduan Zirkonium. *Jurnal Forum Nuklir*. 9 (2): 44-50.
- Tiwari, D., Sailo, L., Yoon, Y. Y., and Lee, S. M. 2018. Efficient use of Ferrate (VI) in The Oxidative Removal of Potassium Hydrogen Phthalate (KHP) from Aqueous Solutions. *Environmental Engineering Research*. 1(1): 1-24.

- Tomczak, D. C., Allen, J. L., and Poeppelmeier, K. R. 1994. Characterization of the Acidic and Basic Properties of  $\alpha$  LiAlO<sub>2</sub>,  $\gamma$ LiAlO<sub>2</sub>, and Calcined "HALO<sub>2</sub>" Using Isopropyl Alcohol. *Journal of Catalysis*. 146 (1): 155-165.
- Turek, W., Haber, J. and Krowiak, A. 2005. Dehydration of Isopropyl Alcohol Used as an Indicator of The Type and Strength of Catalyst Acid Centres. *International Journal of Applied Surface Science*. 252 (1): 823–827.
- Widayat, Roesyadi, A., and Rachimoellah, M. 2013. Diethyl Ether Production Process with Various Catalyst Type. *International Journal of Science and engineering* 4 (1): 6-10.
- Wijaya, K., Nadia, A., Dina, A., Pratiwi, A.F., Tikoalu, A.D., and Wibowo, A.C. 2021. Catalytic Hydrocracking of Fresh and Waste Frying Oil Over Ni and Mo-Based Catalysts Supported on Sulfated Silica for Biogasoline Production. *Journal Catalysis*. 11 (1150) :1-2.
- Xie, Y. D. Kocafe, C., Chen, Kocafe, Y. 2016. Review of Research on Template Methods in Preparation of Preparation of Nanomaterials. *Journal of Nanomaterials*. 1 (1): 1-10.
- Yaripour, F., Mollavali, M., Jam, S. M., and Atashi, H. 2009. Catalytic Dehydration of Methanol to Dimethyl Ether Catalyzed by Aluminum Phosphate Catalysts. *Journal of Energy and Fuels*. 23 (1): 1896–1900.
- Zulaicha, S. Suwardiyanto, dan Andarini, N. 2020. Sintesis Kalsium Aluminat (CaAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>) Dengan Variasi Asam Sitrat Dan Suhu Kalsinasi Menggunakan Metode Sol-Gel Sebagai Katalis Biodiesel. *BERKALA SAINSTEK*. 8 (2): 41-45.
- Zuo, J. Wang, Y., Sun, S. P., and Chung, T. S. 2012. Molecular Design of Thin Film Composite (TFC) Hollow Fiber Membranes for Isopropanol Dehydration Via Pervaporation. *Journal of Membrane Science*. 405 (1): 123–133.