

**PENGARUH WAKTU KALSINASI TERHADAP KARAKTER *POROUS*
SILIKA CERIUM SULFAT DENGAN *TEMPLATE* KHFTALAT DAN
APLIKASINYA UNTUK MENSINTESIS DIISOPROPIL ETER**

SKRIPSI

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



OLEH:

MUHAMMAD RAJESA PUTRA

08031281924106

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

2023

HALAMAN PENGESAHAN

SKRIPSI

**PENGARUH WAKTU KALSINASI TERHADAP KARAKTER *POROUS*
SILIKA CERIUM SULFAT DENGAN *TEMPLATE* KHFTALAT DAN
APLIKASINYA UNTUK MENSINTESIS DIISOPROPIL ETER**

OLEH:

MUHAMMAD RAJESA PUTRA

08031281924106

Telah disetujui oleh:

Pembimbing



Prof. Dr. Hasanudin, M.Si

NIP. 197205151997021003



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

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa skripsi Muhammad Rajesa Putra (08031281924106) dengan judul “Pengaruh Waktu Kalsinasi Terhadap Karakter *Porous* Silika Cerium Sulfat Dengan *Template* KHftalat Dan Aplikasinya Untuk Mensintesis Diisopropil Eter” telah disidangkan di hadapan Tim Penguji Sidang Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada tanggal 18 September 2023 dan telah diperbaiki, diperiksa, serta disetujui sesuai masukan yang telah diberikan.

Indralaya, 22 September 2023

Ketua:

1. **Dr. Ferlinahayati, M.Si**
NIP. 197402052000032001

()

Sekretaris:

1. **Dr. Muhammad Said, M.T**
NIP. 197407212001121001

()

Pembimbing:

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

()

Penguji:

1. **Fahma Riyanti, M.Si**
NIP. 197204082000032001
2. **Dr. Eliza, M.Si**
NIP. 196407291991022001

()

()

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 dibawah ini:

Nama Mahasiswa : Muhammad Rajesa Putra

NIM : 08031281924106

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 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, 22 September 2023

Penulis,



Muhammad Rajesa Putra

NIM. 08031281924106

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

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

Nama Mahasiswa : Muhammad Rajesa Putra
NIM : 08031281924106
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 Waktu Kalsinasi Terhadap Karakter *Porous* Silika Cerium Sulfat Dengan *Template* KHFTalat Dan Aplikasinya Untuk Mensintesis Diisopropil 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, 22 September 2023

Yang menyatakan,



Muhammad Rajesa Putra

NIM. 08031281924106

HALAMAN PERSEMBAHAN

“sesungguhnya Allah beserta orang-orang yang sabar.”

(Q.S Al-Baqarah:153)

“Great things are done by a series of small things brought together”
~ **Vincent Van Gogh** ~

“Everything you can imagine is real”
~ **Pablo Picasso** ~

“NOTHING IS IMPOSSIBLE”

Skripsi ini adalah rasa bentuk syukurku kepada :

- Allah SWT
- Nabi Muhammad SAW

Dan ku persembahkan untuk :

- ❖ Kedua orang tua dan kedua saudari tersayang
- ❖ Seluruh keluarga besarku
- ❖ Dosen Pembimbing skripsi sekaligus dosen pembimbing akademik
- ❖ Teman-teman seperjuangan yang sudah sedikit banyak terlibat di kisah ini
- ❖ Nadatul Saqdhah BR. Siregar
- ❖ Almamaterku (Universitas Sriwijaya)
- ❖ Apresiasi kepada diri sendiri

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur bagi Allah SWT, berkat rahmat dan hidayah-nya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Pengaruh Waktu Kalsinasi Terhadap Karakter *Porous* Silika Cerium Sulfat Dengan *Template* KHFtalat Dan Aplikasinya Untuk Mensintesis Diisopropil Eter”. Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar sarjana sains di Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya.

Proses Penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari berbagai rintangan, Namun dengan izin Allah SWT melalui kekuatan yang diberikan-Nya dalam bentuk kesabaran, ketekunan, dan kuat menjalani kehidupan kampus. Alhamdulillah akhirnya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulis mengucapkan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak **Prof. Dr. Hasanudin, M.Si** selaku pembimbing tugas akhir yang selalu sabar dalam membimbing, memotivasi, menasehati, serta memberikan saran kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada :

1. Allah SWT, yang selalu memberikan nikmat berlimpah, kesabaran dan kekuatan dalam setiap detik yang dilalui oleh penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan studi untuk mendapatkan gelar sarjana strata (S1).
2. Mama (Rita Afrianti) dan Papa (Ahmad Gulam) tersayang orang yang hebat yang selalu menjadi penyemangat penulis sebagai sandaran terkuat dari kerasnya dunia. Yang tidak henti-hentinya memberikan kasih sayang dengan penuh cinta dan memberikan motivasi. Terimakasih selalu berjuang untuk kehidupan penulis. Terimakasih untuk semua berkat doa dan dukungan mama dan papa hingga penulis bisa sampai dititik ini. Sehat selalu dan hiduplah lebih lama lagi. Mama dan papa harus selalu ada dalam pencapaian dan perjalanan hidup penulis.
3. Kakak Gita dan Afiqah, terima kasih tidak pernah lelah mendengarkan keluh kesah adikmu ini dan selalu mensupport dalam keadaan apapun. Terimakasih atas doa-doanya kak untuk adikmu ini sehingga bisa sampai ditahap ini.
4. Keluarga besarku terima kasih yang tak henti-hentinya karena selalu senantiasa memberi dukungan moril maupun materil, perhatian dan semangat.

5. Bapak Prof. Dr. Hasanudin, M.Si selaku pembimbing tugas akhir sekaligus dosen pembimbing akademik, terima kasih atas semua masukan, saran, arahan, kesabaran, serta bimbingannya yang telah diberikan kepada penulis, Semoga kebaikan bapak selalu dibalas oleh Allah SWT dan akan penulis kenang sampai akhir hidup penulis.
6. Ibu Prof. Dr. Muharni, M.Si selaku ketua jurusan kimia FMIPA, Universitas Sriwijaya dan Bapak Dr. Addy Rachmat, M.Si selaku sekretaris jurusan kimia FMIPA, Universitas Sriwijaya, terimakasih telah memberikan masukan, saran kepada penulis semoga kebaikan ibu dan bapak selalu dibalas oleh Allah SWT.
7. Bapak Prof. Hermansyah, S.Si., M.Si., Ph.D selaku Dekan FMIPA Universitas Sriwijaya terima kasih atas ilmu yang sudah diberikan saat pembelajaran.
8. Ibu Fahma Riyanti, M.Si dan Dr. Eliza, M.Si selaku dosen pembahas yang telah memberikan masukan, saran serta ilmu kepada penulis.
9. Dosen-dosen kimia FMIPA, Universitas Sriwijaya yang telah mendidik, membimbing dan memberikan banyak ilmu kepada penulis selama masa perkuliahan.
10. Kak iin dan Mba Novi, Selaku Staff Administrasi Jurusan Kimia, yang telah banyak membantu penulis dalam urusan administrasi dari awal hingga akhir masa studi penulis.
11. Analis Kimia (Yuk Niar, Yuk Yanti, dan Yuk Nur) yang telah membantu penulis dari pengecekan sampel penelitian hingga tugas akhir.
12. Teruntuk teman seperjuangan TA (Rahmad, Indah, Difa, Bella, Afifah, Nina), terimakasih untuk segala bentuk bantuan, dukungan, kebersamaan dan kerjasamanya selama penelitian hingga saat ini. Semoga kita selalu diberi kemudahan dan sukses untuk kedepannya.
13. Teruntuk nona muda berinisial Zey, terimakasih telah banyak berkontribusi dalam penulisan skripsi ini. Yang selalu ada menemani dan meluangkan waktu, tenaga dan pikiran serta tak henti-hentinya memberi semangat untuk terus maju tanpa kenal kata lelah. Terimakasih telah menjadi pendengar yang sangat baik dalam setiap cerita hidup penulis, telah menjadi sosok rumah yang selalu ada untuk pulang dan mengutarakan semua perasaan secara jujur. Perjalanan kita baru dimulai, kita masih memiliki mimpi-mimpi yang belum tercapai, semoga

kabar baik dan hal baik selalu menyertaimu. Jagalah apa yang seharusnya dijaga. *Thank you for having me!*

14. Teruntuk pasukan 3431 (Iqbal, Jepri, Agung, Mayang, Febi, Dina, Anggun, Neneng) terimakasih telah berjuang bersama-sama sampai akhir, terima kasih atas cerita suka dukanya selama ini, akhirnya lelah kita terbayarkan. Semoga kita semua sukses selalu kedepannya dan selalu jaga silaturahmi. *see u on top!*
15. Teruntuk dewa-dewi Kabinet Zeus (Fia, Jihan, Ginta, Bella, Fani, Cikmas, Mifta, Simon, Nayla, Amrul, Ersya, Heldi, Wawan, Nisa, Nuna, Widya, Rahma, Jenny, Lafira, Imel, Ajai, Rendra) terimakasih telah menemani dan menghibur ditengah kerasnya dan kejamnya dunia perkuliahan. Terima kasih atas semua cerita dan kenangannya. Semoga komunikasi kita tetap terjaga. Sukses terus dewa dewi Zeus.
16. Teruntuk Persepupuan tersayang (Teta, Ajik, Temot), terimakasih atas canda tawanya dan telah menjadi tempat bercerita selama masa perkuliahan.
17. Teman-teman satu PA (Muzandi, Dhea, Nina) terimakasih telah banyak berjuang bersama sampai di titik ini. Banyak cerita kita dari awal mula konsultasi dan kebingungan dalam pemilihan konsentrasi tugas akhir. Semoga kedepannya kalian selalu diberikan kemudahan dan kesuksesan.
18. Teman-teman seperjuangan Kimia 2019 terimakasih atas kebersamaannya selama perkuliahan ini. Sukses selalu untuk kedepannya.
19. Kakak-kakak kimia 17 dan 18 serta adik-adik kimia 20, 21 dan 22 yang telah hadir dan memberi ceritanya.
20. Orang-orang yang sekarang terasa asing yang secara tidak langsung telah mengajarku banyak pelajaran hidup. Terimakasih atas cerita yang menjadi proses pendewasan dan introspeksi bagi diri ini.
21. Seluruh pihak tertentu yang telah membantu dan terlibat baik secara langsung maupun tidak langsung sehingga penulis dapat melewati perkuliahan dan skripsi ini sampai selesai.
22. Terakhir, terimakasih untuk diri sendiri karena telah mampu berproses sampai sejauh ini. Pencapaian ini akan selalu dibanggakan.

Semoga bimbingan, ilmu, bantuan, dan masukan yang telah diberikan kepada penulis menjadi amal shaleh dan pahala yang setimpal dari Allah SWT. Dengan

kerendahan hati, penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangan dan kesalahan, sehingga penulis sangat mengharapkan kritik dan saran dari pembaca. Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua serta pengembangan ilmu kimia di masa yang akan datang.

Indralaya, 22 September 2023

Penulis,



Muhammad Rajesa Putra

08031281924106

SUMMARY

EFFECT OF CALCINATION TIME ON THE CHARACTER OF SULFATED CERIUM POROUS SILICA WITH KHPHTHALATE TEMPLATE AND ITS APPLICATION TO SYNTHESIZE DIISOPROPYL ETHER

Muhammad Rajesa Putra: Supervised by Prof. Dr. Hasanudin, M.Si
Department of Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences,
Sriwijaya University

xviii + 70 pages + 9 pictures + 5 tables + 9 attachments

Porous silica is often referred to as a chemically and thermally stable material with uniform pore size. Metal cerium derived from the metal salt cerium sulfate is impregnated into silica, with the addition of sulfuric acid to increase its solubility. In this study, $\text{Ce}(\text{SO}_4)_2\text{-SiO}_2$ with KHPhtalate template was used as a catalyst synthesized by calcination, impregnation and hydrothermal methods, for its application in isopropyl alcohol to diisopropyl ether.

The results of characterization of $\text{Ce}(\text{SO}_4)_2\text{-SiO}_2$ catalysts at variations of calcination time of 1 hour, 3 hours and 5 hours using XRD showed peaks at 2θ angles of 22.19° , 21.5° and 21.14° . Characterization using FT-IR showed the presence of the -OH group of Si-OH at wave numbers around 3445.59 to 3434.21 cm^{-1} , -OH bending vibrations of Si-OH at wave numbers around 1649.22 to 1637.17 cm^{-1} , asymmetry Si-O of Si-O-Si at wave numbers 1085.60 to 1030.78 cm^{-1} , symmetry Si-O of Si-O-Si at wave numbers 804.46 to 801.41 cm^{-1} and at wave numbers around 455.79 to 451.71 cm^{-1} there are bending vibrations of Si-O-Si groups. Acidity analysis resulted in the largest catalyst acidity value in the 5-hour calcination time variation, namely, 1.183 mmol/g on ammonia adsorption and 0.226 mmol/g on pyridine adsorption. The reverse titration method before application resulted in the largest catalyst acidity value at 5 hours calcination time variation of 2.482 mmol/g, but the catalyst acidity after application showed the largest acidity value at 4 hours calcination time variation of 1.213 mmol/g. Diisopropyl ether produced using the catalyst was analyzed using GC-MS resulting in the largest % IPA conversion, % DIPE selectivity and % DIPE yield of 45.8%; 76.4%; and 32.2%, respectively.

Keywords : $\text{Ce}(\text{SO}_4)_2\text{-SiO}_2$, Diisopropyl ether, Isopropyl alcohol, Calcination

Citation : 64 (1988-2023)

RINGKASAN

PENGARUH WAKTU KALSINASI TERHADAP KARAKTER *POROUS* SILIKA CERIUM SULFAT DENGAN *TEMPLATE* KHFTALAT DAN APLIKASINYA UNTUK MENSINTESIS DIISOPROPIL ETER

Muhammad Rajesa Putra: Dibimbing oleh Prof. Dr. Hasanudin, M.Si
Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas
Sriwijaya

xviii + 70 halaman + 9 gambar + 5 tabel + 9 lampiran

Silika berpori sering disebut sebagai bahan yang stabil secara kimia dan termal dengan ukuran pori yang seragam. Logam cerium yang berasal dari garam logam cerium sulfat diimpregnasi ke dalam silika, dengan penambahan asam sulfat untuk memperbesar kelarutannya. Pada penelitian ini $Ce(SO_4)_2-SiO_2$ dengan *template* KHFTalat digunakan sebagai katalis yang disintesis dengan metode kalsinasi, impregnasi dan hidrotermal, untuk aplikasinya pada isopropil alkohol menjadi diisopropil eter.

Hasil karakterisasi katalis $Ce(SO_4)_2-SiO_2$ pada variasi waktu kalsinasi 1 jam, 3 jam dan 5 jam menggunakan XRD memperlihatkan puncak pada sudut 2θ sebesar $22,19^\circ$, $21,5^\circ$ dan $21,14^\circ$. Karakterisasi menggunakan FT-IR menunjukkan adanya vibrasi ulur gugus -OH dari Si-OH pada bilangan gelombang sekitar $3445,59$ hingga $3434,21\text{ cm}^{-1}$, vibrasi tekuk -OH dari Si-OH pada bilangan gelombang sekitar $1649,22$ hingga $1637,17\text{ cm}^{-1}$, vibrasi ulur asimetri Si-O dari Si-O-Si pada bilangan gelombang $1085,60$ hingga $1030,78\text{ cm}^{-1}$, vibrasi ulur simetri Si-O dari Si-O-Si pada bilangan gelombang $804,46$ hingga $801,41\text{ cm}^{-1}$ dan pada bilangan gelombang sekitar $455,79$ hingga $451,71\text{ cm}^{-1}$ terdapat vibrasi tekuk gugus Si-O-Si. Analisis keasaman menghasilkan nilai keasaman katalis terbesar pada variasi waktu kalsinasi 5 jam yaitu, $1,183\text{ mmol/g}$ pada adsorpsi ammonia dan $0,226\text{ mmol/g}$ pada adsorpsi piridin. Metode tirasi balik sebelum aplikasi menghasilkan nilai keasaman katalis terbesar pada variasi waktu kalsinasi 5 jam sebesar $2,482\text{ mmol/g}$, namun keasaman katalis sesudah aplikasi memperlihatkan nilai keasaman yang terbesar pada variasi waktu kalsinasi 4 jam yaitu $1,213\text{ mmol/g}$. Diisopropil eter yang dihasilkan menggunakan katalis dianalisis menggunakan GC-MS menghasilkan % konversi IPA, % selektivitas DIPE dan % *yield* DIPE terbesar masing-masing yaitu $45,8\%$; $76,4\%$; dan $32,2\%$.

Kata kunci : $Ce(SO_4)_2-SiO_2$, Diisopropil eter, Isopropil alkohol, Kalsinasi

Sitasi : 64 (1988-2023)

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
SUMMARY	xi
RINGKASAN	xii
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Isopropil Alkohol (IPA)	4
2.2 Diisopropil Eter (DIPE)	4
2.3 Katalis	5
2.4 Silika	6
2.4.1 Silika Berpori (<i>Porous Sillica</i>)	6
2.5 Kalium Hidrogen Ftalat (KHFtalat)	7
2.6 Cerium	7
2.7 Kalsinasi	8
2.8 Karakterisasi	8
2.8.1 <i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy</i> (FT-IR)	8

2.8.2	<i>X-Ray Diffraction (XRD)</i>	9
2.8.3	<i>Gas Chromatography-Mass Spectroscopy (GC-MS)</i>	10
2.8.4	Analisis Keasaman.....	10
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		12
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 Silika (SiO_2) <i>Template</i> KHFtalat	12
3.3.2	Preparasi Silika (SiO_2) <i>Template</i> KHFtalat Terimpregnasi Cerium Sulfat.....	13
3.3.3	Aplikasi Katalis pada Sintesis Diisopropil Eter.....	14
3.3.4	Karakterisasi	14
3.3.4.1	Karakterisasi Katalis dengan <i>X-Ray Diffraction (XRD)</i>	14
3.3.4.2	Karakterisasi Katalis dengan <i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR)</i>	15
3.3.4.3	Karakterisasi Analisis Keasaman Katalis menggunakan Ammonia	15
3.3.4.4	Karakterisasi Analisis Keasaman Katalis menggunakan Piridin	16
3.3.4.5	Karakterisasi Analisis Keasaman Katalis menggunakan Metode Titrasi Balik.....	16
3.3.5	Analisis Data.....	17
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		18
4.1	Preparasi Katalis $\text{Ce}(\text{SO}_4)_2\text{-SiO}_2$ <i>template</i> KHFtalat.....	18
4.2	Hasil Karakterisasi Katalis menggunakan XRD	19
4.3	Hasil Karakterisasi Katalis menggunakan FT-IR	21
4.4	Analisis Keasaman Katalis menggunakan Ammonia dan Piridin	22
4.5	Analisis Keasaman Katalis menggunakan Metode Titrasi Balik..	24
4.6	Hasil Pengukuran Produk Aplikasi Katalis $\text{Ce}(\text{SO}_4)_2\text{-SiO}_2$ pada Sintesis Diisopropil Eter menggunakan GC-MS	25
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		29
5.1	Kesimpulan	29

5.2	Saran	30
DAFTAR PUSTAKA	31
LAMPIRAN	37

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Mekanisme reaksi IPA menjadi DIPE (Dubois <i>et al.</i> , 2022)	5
Gambar 2. Skematis Spektrometer FT-IR (Famarzi <i>et al.</i> , 2023).....	9
Gambar 3. a) Padatan kering SiO ₂ setelah kalsinasi dan b) Katalis Ce(SO ₄) ₂ -SiO ₂ setelah terimpregnasi.....	18
Gambar 4. Difraktogram Katalis Ce(SO ₄) ₂ -SiO ₂ pada variasi waktu kalsinasi a) 1 jam b) 3 jam dan c) 5 jam	19
Gambar 5. Spektra FT-IR Katalis Ce(SO ₄) ₂ -SiO ₂ pada variasi waktu kalsinasi a) 1 jam, b) 3 jam dan c) 5 jam	21
Gambar 6. Grafik katalis Ce(SO ₄) ₂ -SiO ₂ variasi waktu kalsinasi terhadap keasaman katalis a) menggunakan ammonia dan b) menggunakan piridin	23
Gambar 7. Grafik katalis Ce(SO ₄) ₂ -SiO ₂ variasi waktu kalsinasi terhadap keasaman katalis dengan metode titrasi balik a) katalis sebelum aplikasi dan b) katalis sesudah aplikasi	25
Gambar 8. Kromatogram hasil aplikasi katalis pada isopropil alkohol variasi waktu kalsinasi a) 1 jam, b) 3 jam dan c) 5 jam	26
Gambar 9. Spektrum massa a) Isopropil alkohol b) Diisopropil eter.....	27

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Karakteristik IPA (Li <i>et al.</i> , 2016).....	4
Tabel 2. Karakteristik DIPE (Dhamodaran <i>et al.</i> , 2016).....	5
Tabel 3. Data Puncak XRD	20
Tabel 4. Interpretasi Spektra IR Katalis Ce(SO ₄) ₂ -SiO ₂	21
Tabel 5. Waktu retensi dan hasil % konversi IPA, % selektivitas DIPE dan % <i>yield</i> DIPE dari katalis Ce(SO ₄) ₂ -SiO ₂ variasi waktu kalsinasi 1 jam, 3 jam dan 5 jam	28

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. <i>Flowchart</i> Prosedur Kerja	38
Lampiran 2. Data Karakterisasi dengan XRD dari Katalis $\text{Ce}(\text{SO}_4)_2\text{-SiO}_2$	44
Lampiran 3. Data Karakterisasi dengan FT-IR dari Katalis $\text{Ce}(\text{SO}_4)_2\text{-SiO}_2$	46
Lampiran 4. Perhitungan Hasil Analisis Keasaman Total Katalis $\text{Ce}(\text{SO}_4)_2\text{-SiO}_2$ menggunakan Ammonia	48
Lampiran 5. Perhitungan Hasil Analisis Keasaman Total Katalis $\text{Ce}(\text{SO}_4)_2\text{-SiO}_2$ menggunakan Piridin	50
Lampiran 6. Perhitungan Hasil Analisis Keasaman Total Katalis $\text{Ce}(\text{SO}_4)_2\text{-SiO}_2$ menggunakan metode Titrasi Balik	52
Lampiran 7. Data Hasil Kromatogram GC-MS dari Katalis $\text{Ce}(\text{SO}_4)_2\text{-SiO}_2$	59
Lampiran 8. Perhitungan % Konversi IPA, % Selektivitas DIPE dan % <i>Yield</i> DIPE dari Data GC-MS.....	63
Lampiran 9. Dokumentasi Penelitian.....	67

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bahan bakar termasuk komponen penting dalam dunia industri. Besar atau kecilnya kebutuhan bahan bakar akan mempengaruhi jumlah persediaan bahan bakar yang diproduksi. Semakin banyak konsumsi bahan bakar terutama bahan bakar pada industri dan transportasi, makin besar juga dampak yang ditimbulkan dari penggunaan bahan bakar tersebut. Zat aditif yang terkandung dalam bahan bakar disebut sebagai salah satu dampak negatif dari penggunaan bahan bakar. Hal itu karena aditif pada bahan bakar dapat membahayakan manusia dan juga merusak lingkungan. Mengganti aditif yang membahayakan dengan aditif yang lebih ramah lingkungan tanpa mengurangi manfaatnya dapat dijadikan solusi. Senyawa yang terbarukan dan ramah lingkungan seperti diisopropil eter, bisa digunakan (Kale and Krishnasamy, 2022).

Diisopropil eter (DIPE) berupa senyawa yang tidak berwarna dan sangat mudah terbakar. Senyawa ini juga kurang larut dalam air dan sangat larut dalam sebagian besar pelarut organik, serta memiliki bau yang khas. Pemanfaatan DIPE pada bahan bakar juga lebih efektif dan tidak terlalu berbahaya (Sathyanarayanan *et al.*, 2022). Penambahan aditif oksigenat berupa diisopropil eter ke dalam bahan bakar bensin dapat meningkatkan angka oktan pada bahan bakar (Uyumaz *et al.*, 2020). Selain itu, diisopropil dapat memperbaiki kondisi pembakaran sehingga meninggalkan lebih sedikit endapan, serta dapat mengurangi emisi karbon monoksida (CO) dan hidrokarbon (HC) mesin (Dhamodaran *et al.*, 2016). Diisopropil eter sendiri dapat disintesis dari alkohol (Hasanudin *et al.*, 2022). Penggunaan isopropil alkohol menjadi diisopropil eter dapat menggunakan katalis asam cair atau padat, tetapi untuk mengurangi risiko korosi yang tinggi dan bahan mahal yang diperlukan, maka digunakan katalis heterogen (Dubois *et al.*, 2022).

Katalis heterogen sangat diminati karena stabilitasnya yang baik (Wang *et al.*, 2022). Katalis dan reaktan bertindak dalam dua fase yang berbeda. Dalam bentuk padat katalis heterogen dapat didaur ulang untuk digunakan berulang kali karena lebih mudah dipisahkan dari produk akhir, sehingga membuat proses menjadi ekonomis. Selain itu, prosesnya juga ramah lingkungan, sehingga tidak

menimbulkan bahaya terhadap lingkungan (Gupta and Singh, 2022). Penggunaan katalis dapat meningkatkan aktivitas katalitik reaksi, misalnya katalis oksida logam seperti silika (Alharthi, 2023).

Silika berpori sering disebut sebagai bahan yang stabil secara kimia dan termal dengan ukuran pori yang seragam. Selain itu mempunyai distribusi pori, luas permukaan dan kapasitas adsorpsinya yang tinggi. Ukuran dan bentuk partikel serta struktur porinya dapat diatur dengan mengontrol parameter seperti suhu, waktu reaksi, jumlah sumber silika dan mengubah kondisi kalsinasi. Silika padat berpori sering disintesis dengan proses sol-gel dan hidrotermal. Metode ini meliputi penggunaan reagen seperti *tetraethoxysilane* (TEOS) sebagai sumber silika dan alkohol ditambahkan air sebagai pelarut (Shinde *et al.*, 2021). Silika yang dibuat melalui proses sol-gel selain menggunakan TEOS sebagai sumber silika, juga menggunakan *template* untuk membentuk pori (Numpilai *et al.*, 2022).

Template yang digunakan pada sintesis silika berpori harus dihilangkan agar nantinya pori dapat terbentuk pada silika, maka dari itu diperlukan metode untuk menghilangkan *template* tersebut. Penghilangan *template* dapat dilakukan dengan beberapa metode salah satunya kalsinasi (Fauzany dan Umaroh, 2018). Proses kalsinasi untuk menghilangkan *template* diproses dalam *furnace* yang dapat diatur kenaikan suhunya. Proses kalsinasi sendiri bisa dilakukan dengan atau tanpa pengaliran udara (Zahara dkk, 2020). Pori-pori pada silika terbentuk setelah dikalsinasi (Wei *et al.*, 2023). Silika berpori yang terbentuk kemudian dimodifikasi dengan menambahkan logam.

Penyisipan logam pada katalis secara impregnasi dapat meningkatkan aktivitas katalis, karena pembentukan situs aktif yang kuat dari impregnasi logam pada katalis. Logam cerium yang didapatkan berasal dari garam logam cerium sulfat yang ditambahkan dengan pelarut berupa akuademin. Asam sulfat sebagai asam kuat digunakan untuk memperbesar kelarutan zat terlarut dalam pelarut. Modifikasi silika sebagai katalis dengan cerium sulfat akan dikarakterisasi dengan metode *X-Ray Diffraction* (XRD), *Fourier Transform-Infrared Spectroscopy* (FT-IR) dan analisis keasaman. Selain itu, produk aplikasi akan dianalisis dengan *Gas Chromatography-Mass Spectroscopy* (GC-MS).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, terdapat beberapa rumusan masalah dalam penelitian ini, yaitu bagaimana pengaruh waktu kalsinasi terhadap karakteristik katalis $\text{Ce}(\text{SO}_4)_2\text{-SiO}_2$ dan dalam aplikasinya pada proses isopropil alkohol menjadi diisopropil eter, serta bagaimana % konversi, % selektivitas dan % *yield* serta aktivitas katalitiknya.

1.3 Tujuan Penelitian

1. Menentukan karakteristik katalis $\text{Ce}(\text{SO}_4)_2\text{-SiO}_2$ *template* KHFtalat pada variasi waktu kalsinasi 1 jam, 2 jam, 3 jam, 4 jam dan 5 jam menggunakan karakterisasi *X-Ray Diffraction* (XRD), Spektrofotometer FT-IR dan analisis keasaman.
2. Mengetahui pengaruh waktu kalsinasi katalis $\text{Ce}(\text{SO}_4)_2\text{-SiO}_2$ *template* KHFtalat dalam aplikasinya pada proses isopropil alkohol menjadi diisopropil eter dan analisis menggunakan GC-MS *Thermo Scientific* untuk mengetahui % konversi, % selektivitas dan % *yield* serta aktivitas katalitiknya.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan pengetahuan tentang pengaruh waktu kalsinasi terhadap katalis $\text{Ce}(\text{SO}_4)_2\text{-SiO}_2$ dengan *template* KHFtalat dan diharapkan dapat membantu memberikan informasi lebih lanjut mengenai pengaplikasian katalis $\text{Ce}(\text{SO}_4)_2\text{-SiO}_2$ terhadap isopropil alkohol menjadi diisopropil eter.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah M. dan Khairurrijal. 2009. Review: Karakterisasi Nanomaterial. *Jurnal Nanosains dan Nanoteknologi*. 2(1): 1-9.
- Alharthi, A. I. 2023. Nickel-Iron Catalyst for Decomposition of Methane to Hydrogen and Filamentous Carbon: Effect of Calcination and Reaction Temperatures. *Alexandria Engineering Journal*. 67(1): 129-141.
- Ali, L. M., Salih, M. A. H. and Hayder, O. I. 2019. Determination of Acetyl Salicylic Acid in Aspirin Tablets. *Kurdistan Journal of Applied Research*. 4(2): 151-157.
- Amin, M. dan Kurniasih, A. 2016. Pengaruh Ukuran dan Waktu Kalsinasi Batu Kapur terhadap Tingkat Perolehan Kadar CaO. *Prosiding Seminar Nasional Sains Matematika Informatika dan Aplikasinya IV*. 4(1): 74-82.
- Apuzzo, F., Nucci, L., Delfino, I., Portaccio, M., Minervini, G., Isola, G., Serino, I., Camerlingo, C. and Lepore, M. 2021. *Journal of Clinical Medicine*. 10(1405): 1-20.
- Azhari dan Aziz, M. 2016. Sintesis dan Karakterisasi Material Berpori Berbasis Mineral Silika Pulau Belitung. *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara*. 12(3): 161-170.
- Berina, L. I. M., Ricohermoso, S. D. A. M., Tejada, V. A. C., Bautista, C. C. J. and Abigail P, C. A. 2018. Biodegradability Study of Potassium Hydrogen Phthalate and Benzene Using BOD5 Seed as Inoculum. *Journal of Bioremediation and Biodegradation*. 9(3): 1-5.
- Brancaleon, L., Bamberg, M. P., Sakamaki, T. and Kollias, N. 2001. Attenuated Total Reflection-Fourier Transform Infrared Spectroscopy as a Possible Method to Investigate Biophysical Parameters of Stratum Corneum In Vivo. *International Journal of Investigate Dermatology*. 1(3): 380-386.
- Daulay, A. H., Masthura, dan Pratiwi, A. 2022. Analisis Pengaruh Variasi Suhu Pembakaran Terhadap Mikrostruktur Dan Kandungan Silika Abu Kulit Kakao (*Theobroma Cacao*) Dengan Metode SEM Dan XRD. *Jurnal Fisika dan Terapannya*. 9(2): 89-98.
- Dewi, T. K., 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): 9-18.
- Dhamodaran, G., Esakkimuthu, G. S. and Pochareddy, Y. K. 2016. Experimental Study on Performance, Combustion, and Emission Behaviour of Diisopropyl Ether Blends in MPFI SI Engine. *Fuel*. 173(1): 37-44.

- Dipowardani, B. T., Sriatun dan Taslimah. 2008. Sintesis Silika Kristalin Menggunakan Surfaktan Cetyltrimetilamonium Bromida (CTAB) dan Trimetilamonium Klorida (TMACl) sebagai Pencetak Pori. *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*. 11(1): 20-28.
- Dubois, J., Postole, G., Silvester, L. and Auroux, A. 2022. Catalytic Dehydration of Isopropanol to Propylene. *Catalysts*. 12(1097): 1-24.
- Efiyanti, L. dan Trisunaryanti, W. 2014. Hidrorengkah Katalitik Minyak Kulit Biji Jambu Mete (CNSL) menjadi Fraksi Bensin dan Diesel. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*. 32(1): 71-81.
- Fahmi, H. dan Nurfalalah, A. L. 2016. Analisa Daya Serap Silika Gelberbahan Dasar Abu Sekam Padi. *Jurnal IPTEKS Terapan*. 10(3): 176-182.
- Famarzi, B., Moggio, M., Diano, N., Portaccio, M. and Lepore, M. 2023. A Brief Review of FT-IR Spectroscopy Studies of Sphingolipids in Human Cells. *Biophysica*. 3(1): 158-180.
- Fauzany, U. S. dan Umaroh, I. D. 2018. Pengaruh Perbedaan Metode Penghilangan Template terhadap Karakteristik Titania Mesopori. *Review Article*. 1(1): 1-4.
- Gupta, V. and Singh, K. P. 2022. The Impact of Heterogeneous Catalyst on Biodiesel Production; A review. *Proceedings*. 10(175): 1-8.
- Hasanudin, H., Asri, W. R., Anindia, J. R., Suheryanto, S., Fanani, Z., Rinaldi, N. and Al Muttaqi, M. 2022. Diisopropyl Ether Production via Isopropanol Catalytic Dehydration over Zirconium Phosphate Modified Natural Zeolite. *Iranian Journal of Catalysis*. 12(4): 463-474.
- 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. *Pertanika Journal of Science & Technology*. 30(2): 1739-1754.
- Hotmian, E., Suoth, E., Fatimawali dan Tallei, T. 2021. Analisis GC-MS (*Gas Chromatography-Mass Spectrometry*) Ekstrak Metanol dari Umbi Rumpuk Teki (*Cyperus rotundus L.*). *Pharmacon*. 10(2): 849-856.
- Ioannou, M. E., Pouroutzidou, G. K., Chatzimentor, I., Tsamesidis, I., Florini, N., Tsiaoussis, I., Lymperaki, E., Komninou, K. and Kontonasaki, E. 2023. Synthesis and Characterization of Cerium Oxide Nanoparticles: Effect of Cerium Precursor to Gelatin Ratio. *Applied Sciences*. 13(2676): 1-19.
- Iriany, Taslim, Bani, O., Aldi, A. and Rahmadani, S. 2022. Preparation and Application of Heterogeneous Catalyst Based on KOH Impregnated

- Activated Carbon from Rubber Seed Kernel for Biodiesel Synthesis. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 1115(1): 1-6.
- Jumaeri, Astuti, W. dan Lestari, W. T. P. 2007. Preparasi dan Karakterisasi Zeolit dari Abu Layang Batubara secara Alkali Hidrotermal. *Jurnal Reaktor*. 11(1): 38-44.
- Kale, A. V. and Krishnasamy, A. 2022. Investigations on Load Range Extension of A Homogeneous Charge Compression Ignited Light-Duty Diesel Engine Operated with Diisopropyl Ether and Gasoline Blends. *Fuel*. 314(1): 1-16.
- Karyanto dan Kristianingrum, S. 2014. Modifikasi Abu Kelud 2014 Sebagai Bahan Adsorben Ion Logam Tembaga(II) dan Nikel(II) dengan Asam Format. *Jurnal Elemen Kimia*. 5(5): 1-10.
- Kumar, R. A., Sivakumar, N., Vizhi, R. E. and Babu, D. R. 2011. The Effect of Fe³⁺ Doping in Potassium Hydrogen Phthalate Single Crystals on Structural and Optical Properties. *Journal of Physica B*. 406(4): 985-991.
- Latupeirissa, J. Tanasale, M. F. J. D. P. dan Musa, S. H. 2018. Kinetika Adsorpsi Zat Warna Metilen Biru oleh Karbon Aktif dari Kulit Kemiri (*Aleurites moluccana (L) Willd*). *Indonesian Journal of Chemical Research*. 6(1): 12-21.
- Lestari, S., Sundaryono, A. dan Elvia, R. 2019. Preparasi dan Karakterisasi Katalis Mo-Ni/HZ dengan Metode Impregnasi untuk *Cracking* Katalitik Minyak Limbah Cair Pengolahan Kelapa Sawit menjadi Bahan Bakar Nabati. *Jurnal Pendidikan Dan Ilmu Kimia*. 3(1): 91-97.
- Li, D., Yu, X., Guo, Z., Zhang, J., Wang, T. and Li, Y. 2023. Effects of Isopropanol Ratio at Different Excess Air Ratios on Combustion and Emissions Characteristics of an Isopropanol/gasoline Dual-fuel Combined Injection SI Engine. *Fuel*. 333(1): 1-12.
- Li, Y., Meng, L., Nithyanandan, K., Lee, T. H., Lin, Y., Lee, C. F. and Liao, S. 2016. Combustion, Performance and Emissions Characteristics of A Spark-Ignition Engine Fueled with Isopropanol-N-Butanol-Ethanol and Gasoline Blends. *Fuel*. 184(1): 864-872.
- Meilianti. 2017. Isolasi Kalsium Oksida (CaO) Pada Cangkang Sotong (*Cuttlefish*) dengan Proses Kalsinasi Menggunakan Asam Nitrat dalam Pembuatan *Precipitated Calcium Carbonat (PCC)*. *Jurnal Distilasi*. 2(1): 1-8.
- Mulviani, Linggawati, A. dan Nurhayati. 2016. Impregnasi KOH pada Katalis yang berasal dari Cangkang Kerang Darah (*Anadara Granosa*) Kalsinasi Suhu 800°C untuk Produksi Biodiesel. *Jurnal Repositori Universitas Riau*. 1(1): 1-9.

- Natalia, G., Budi, E. dan Sugihartono, I. 2023. Analisis Morfologi dan Komposisi Lapisan Komposit Ni-AlN dengan Metode Elektrodeposisi Menggunakan *Scanning Electron Miscroscopy-Energy Dispersive Spectroscopy* (SEM-EDS). *Prosiding Seminar Nasional Fisika*. 11(1): 1-6.
- Nayak, P. S. and Singh, B. K. 2007. Instrumental Characterization of Clay by XRF, XRD and FTIR. *Bulletin of Materials Science*. 30(3): 235-238.
- Nugraha, A. dan Nandiyanto, A. B. D. 2021. How To Read and Interpret GC/MS Spectra. *Indonesian Journal of Multidisciplinary Research*. 1(2): 171-206.
- Numpilai, T., Donphai, W., Du, Z., Cheng, C. K., Charoenchaitrakool, M., Chaereonpanich, M. and Witoon, T. 2022. *Chemosphere*. 308(1): 1-9.
- Nurhidayah. 2016. Karakteristik Material Pasir Besi dengan Menggunakan X-Ray Diffraction (XRD) di Pantai Marina Kabupaten Bantaeng. *Skripsi*. Universitas Islam Negeri (UIN) Alauddin: Makassar.
- Paramitha, T., Saputra, T. R., Aliah, A. N., Tarigan, A. V. dan Ghozali, M. 2019. Karakterisasi Silika dari Abu Ampas Tebu. *Kovalen*. 5(3): 290-298.
- Prasetyo, A., Nafsiati, R., Kholifah, S. N. dan Botianovi, A. 2012. Analisis Permukaan Zeolit Alam Malang yang Mengalami Modifikasi Pori dengan Uji SEM-EDS. *Saintis*. 1(2): 39-46.
- Purbaningtiyas, T. E., Kurniawati, P., Wiyantoko, B., Prasetyoko, D. dan Suprpto. 2017. Pengaruh Waktu Aging pada Modifikasi Pori Zeolit Alam dengan *Cetyltrimethylammonium Bromide* (CTABr). *Jurnal Sains dan Teknologi*. 6(2): 321-330.
- Purnami, Wardana, I. dan Veronika, K. 2015. Pengaruh Penggunaan Katalis Terhadap Laju dan Efisiensi Pembentukan Hidrogen. *Jurnal Rekayasa Mesin*. 6(1): 51-59.
- Putri, Q. U., Putri, E. E. S., Hasanudin, Purwaningrum, W. and Riyanti, F. 2022. Hydrodeoxygenation of Crude Palm Oil into Biogasoline with Composite Catalyst Bentonite Cobalt Nitride. *AIP Conference Proceedings*. 2638: 1-14.
- Rahmawati, D. A., Intaningrum, D. dan Istadi. 2013. Pembuatan dan Karakterisasi Katalis Heterogen SO_4^{2-} -ZnO dan $\text{SO}_4^{2-}/\text{ZnO}$ dengan Metode Kopersipitasi dan Impregnasi untuk Produksi Biodiesel dari Minyak Kedelai. *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*. 2(4): 243-252.
- Rahman, N. A., Setyawati, H., Anggorowati, D. A., Astuti, S. dan Ajiza, M. 2016. Pengaruh Suhu Kalsinasi pada Penghilangan *Template* Terhadap Karakterisasi Silika. *Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi (SNAST)*. 1(1): 1-4.

- Reed, J. S. 1988. *Introduction to the Principles of Ceramic Processing*. New York: John Wiley and Sons, Inc.
- Rena, Zaharah, T. A. dan Shofiyani, A. 2018. Pengaruh pH terhadap Adsorpsi Cerium (IV) dari *Tailing* Peti menggunakan Komposit Kitosan-Karbon *Beads* Terikat Silang Glutaraldehyd. *Jurnal Kimia Khatulistiwa*. 7(3): 27-33.
- Sadeghi, M. H., Mortaheb, H. R. Heidar, K. T. and Galluci, F. 2022. Dehydration of Isopropanol by Poly(vinyl alcohol) Hybrid Membrane Containing Oxygen-plasma Treated Graphene Oxide in Pervaporation Process. *Chemical Engineering Research and Design*. 183(1): 318-330.
- Sassykova, L., Sendilvelan, S., Telbayeva, M., Dossumov, K. and Bhaskar, K. 2019. Preparation And Test of Catalysts Deposited on Metal Blocks Used in Synthesis of Dimethyl and Diisopropyl Ethers. *Journal of Chemical Technology and Metallurgy*. 54(3): 539-546.
- Sathyanarayanan, S., Suresh, S., Saravanan, C. G., Vikneswaran, M., Dhamodaran, G., Sonthalia, A., Josephin, J. S. F. and Varuvel, E. G. 2022. Experimental Investigation and Performance Prediction of Gasoline Engine Operating Parameters Fueled with Diisopropyl Ether-Gasoline Blends: Response Surface Methodology Based Optimization. *Journal of Cleaner Production*. 375(1): 1-20.
- Shanaj, B. R. and John, X. R. 2016. Effect of Calcination Time on Structural, Optical and Antimicrobial Properties of Nickel Oxide Nanoparticles. *Journal of Theoretical and Computational Science*. 3(2): 1-10.
- Shinde, P. S., Suryawanshi, P. S., Patil, K. K., Belekar, V. M., Sankpal, S. A., Delekar, S. D. and Jadhav, S. A. 2021. A Brief Overview of Recent Progress in Porous Silica as Catalyst Supports. *Journal of Composites Science*. 5(75): 1-19.
- Shitu, I. G., Katibi, K. K., Taura, L. S., Muhammad, A., Chiromawa, I. M., Adamu, S. B. and Iya, S. G. D. 2023. X-ray diffraction (XRD) profile analysis and optical properties of Klockmannite copper selenide nanoparticles synthesized via microwave assisted technique. *Cheramics International*. 49(8): 12309-12326.
- Singh, G. K., Kaur, R., Singh, C. and Sing, P. 2023. Elemental Analysis and Characterization of Vermilion and lipstick Sample Using SEM-EDS. *Materials Today: Proceedings*. 1(1): 1-6.
- Suka, I. G., Simanjuntak, W., Sembiring, S. dan Trisnawati, E. 2008. Karakteristik Silika Sekam Padi dari Provinsi Lampung yang Diperoleh dengan Metode Ekstraksi. *MIPA*. 37(1): 47-52.

- Triyono, B. Gusman, M. H., Hutapea, D., Prawisudha, P. dan Pasek, A. D. 2016. *State of the Art* Teknologi Hidrotermal Untuk Pengolahan Sampah Kota Menjadi Bahan Bakar Padat. *Proceeding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XV (SNTTM XV)*. 15(1): 433-445.
- Uyumaz, A., Aydogan, B., Calam, A., Aksoy, F. and Yilmaz, E. 2020. The Effects of Diisopropyl Ether on Combustion, Performance, Emissions and Operating Range in a HCCI Engine. *Fuel*. 256(1): 1-10.
- Wang, B., Yang, S., Yu, Z., Zhang, T. and Liu, S. 2022. Performance Modulation Strategies of Heterogeneous Catalysts for Formic Acid Dehydrogenation: A review. *Materials Today Communications*. 31(1): 1-10.
- Wei, K., Wang, Q. and Huang, C. 2023. The Distribution of Adsorption Energy of U(VI) onto AEPTES-Functionalized Porous Silica with Multiple Average Pore Sizes. *Chemical Engineering Journal*. 451(1): 1-13.
- Windarti, T. dan Suseno, A. 2004. Preparasi Katalis Zeolit Alam Asam sebagai Katalis dalam Proses Pirolisis Katalitik Polietilena. *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*. 7(3): 72-77.
- Wisniewski, W., Genevois, C., Veron, E. and Allix, M. 2023. Experimental Evidence Concerning The Significant Information Depth of X-ray Diffraction (XRD) in The Bragg-Brentano Configuration. *Powdwer Diffraction*. 1(1): 1-6.
- Zahara, A., Bhernama, B. G. dan Harahap, M. R. 2020. Pengaruh Suhu Kalsinasi terhadap Sintesis Katalis Heterogen CaO dari Cangkang Telur. *Literature review*. 2(2): 84-91.
- Zamhari, M., Yuniar, Sari, D. I., Saputri, N. S. 2019. Pembuatan Katalis Heterogen Basa dari Serbuk Kayu Akasia. *Jurnal Kinetika*. 10(1): 38-45.
- Zhai, Y., Zhang, B., Liu, X. and Tong, Z. 2020. Manipulation of Homogeneous Membranes with Nano-Sized Spherical Polyelectrolyte Complexes for Enhanced Pervaporation Performances in Isopropanol Dehydration. *Separation and Purification Technology*. 234(1): 1-7.