

**PREPARASI KATALIS Cu/BENTONIT DAN APLIKASINYA PADA *ONE POT*  
*SYSTEM* SINTESIS SITRONELAL MENJADI MENTOL**

**Skripsi**

**Untuk memenuhi sebagian persyaratan  
mencapai derajat Sarjana Kimia**



**Oleh:**

**Iqlima Barokah**

**18106030004**

**STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA**

**PROGRAM STUDI KIMIA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA**

**2023**



KEMENTERIAN AGAMA  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
Jl. Marsda Adisucipto Telp. (0274) 540971 Fax. (0274) 519739 Yogyakarta 55281

### PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-978/Un.02/DST/PP.00.9/04/2023

Tugas Akhir dengan judul : Preparasi Katalis Cu/Bentonit dan Aplikasinya pada One Pot System Sintesis Sitronelal menjadi Mentol

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : IQLIMA BAROKAH  
Nomor Induk Mahasiswa : 18106030004  
Telah diujikan pada : Selasa, 28 Maret 2023  
Nilai ujian Tugas Akhir : A-

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

### TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketua Sidang  
Priyagung Dhemi Widiakongko, M.Sc.  
SIGNED

Valid ID: 642d24238646



Penguji I  
Dr. Susy Yunita Prabawati, M.Si.  
SIGNED

Valid ID: 642d1340631d7



Penguji II  
Didik Krisdiyanto, S.Si., M.Sc  
SIGNED

Valid ID: 6429a5584e7b7



Yogyakarta, 28 Maret 2023  
UIN Sunan Kalijaga  
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi  
Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si.  
SIGNED

Valid ID: 642d2846a1d7



Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga



FM-UINSK-BM-05-03/R0

**SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR**

Hal : Persetujuan Skripsi / Tugas Akhir

Lamp :

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi  
UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta  
di Yogyakarta*Assalamu'alaikum wr. wb.*

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Iqlima Barokah  
NIM : 18106030004  
Judul Skripsi : Preparasi Katalis Cu/Bentonit dan Aplikasinya pada *One Pot System* Sintesis Sitronelal menjadi Mentol

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam Program Studi Kimia.

Dengan ini kami mengharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqasyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

*Wassalamu'alaikum wr. wb.*

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

Yogyakarta, 17 Maret 2023  
Pembimbing

Privauna Dhemi Widiakonoko, M.Sc.  
NIP: 19900330 201903 1 008

**NOTA DINAS KONSULTASI**

Hal : Persetujuan Skripsi/Tugas Akhir  
Lamp : -

Kepada  
Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi  
UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta  
di Yogyakarta

*Assalamu'alaikum wr. wb.*

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

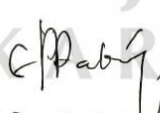
Nama : Iqlima Barokah  
NIM : 18106030004  
Judul Skripsi. : Preparasi Katalis Cu/bentonit dan Aplikasinya pada *One Pot System*  
Sintesis Sitronelal menjadi Mentol

sudah benar dan sesuai ketentuan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam bidang Kimia.

Demikian kami sampaikan. Atas perhatiannya, kami ucapkan terimakasih.

*Wassalamu'alaikum wr. wb.*

Yogyakarta, 03 April 2023  
Konsultan

  
Dr. Susy Yunita Prabhawati, M.Si.  
NIP. 19760621 199903 2 005



Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga



FM-UINSK-BM-05-03/R0

## NOTA DINAS KONSULTASI

Hal : Persetujuan Skripsi/Tugas Akhir

Lamp :-

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

di Yogyakarta

*Assalamu'alaikum wr. wb.*

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Iqlima Barokah

NIM : 18106030004

Judul Skripsi. : Preparasi Katalis Cu/bentonit dan Aplikasinya pada *One Pot System* Sintesis Sitronelal menjadi Mentol

sudah benar dan sesuai ketentuan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam bidang Kimia.

Demikian kami sampaikan. Atas perhatiannya, kami ucapkan terimakasih.

*Wassalamu'alaikum wr. wb.*

Yogyakarta, 03 April 2023

Konsultan



Didik Krisdiyanto, S.Si., M.Sc

NIP. 19811111 201101 1 007

**SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI**

Yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Iqlima Barokah  
NIM : 18106030004  
Jurusan : Kimia  
Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul “Preparasi Katalis Cu/Bentonit Dan Aplikasinya Pada *One Pot System Sintesis Sitronelal Menjadi Mentol*” merupakan hasil penelitian saya sendiri, tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar sarjana di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 16 Maret 2023



Iqlima Barokah  
NIM. 18106030004

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

## MOTTO

“Hard work opens doors and shows the world that you are serious about being one of those rare and special human beings who use the fullness of their talents to do their very best”

(Robin S.Sharma)



STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

**HALAMAN PERSEMBAHAN**

Bismillahirrahmanirrahiim  
Skripsi dan penelitian ini penulis dedikasikan untuk  
Almamater  
Program Studi Kimia  
Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta



STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
**SUNAN KALIJAGA**  
YOGYAKARTA



## KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat dan hidayah-Nya, sehingga Skripsi dengan judul “Preparasi Katalis Cu/Bentonit dan Aplikasinya pada *One Pot System* Sintesis Sitronelal menjadi Mentol” dapat diselesaikan oleh penulis. Sholawat dan salam senantiasa terhaturkan kepada Nabi Muhammad SAW, semoga kita semua dapat mengikuti sunnahnya dan menjadi penerima syafaatnya hingga hari akhir.

Penulisan tugas akhir ini sebagai bentuk pertanggungjawaban atas kesempatan belajar dan menuntut ilmu di Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta. Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah memberikan semangat, dorongan dan ide-ide kreatif sehingga penulisan tugas akhir dapat selesai dengan baik. Ucapan terima kasih secara khusus penulis sampaikan kepada:

1. Ibu Dr. Khurul Wardati, M.Si. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Ibu Dr. Imelda Fajriyati, M.Si. selaku Ketua Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga.
3. Bapak Priyagung Dhemi Widiakongko, M.Sc. selaku Dosen Pembimbing skripsi yang telah memberi arahan, bimbingan, nasihat, dukungan dan motivasi kepada penulis.
4. Seluru Staf pengajar di Lingkungan UIN Sunan Kalijaga, khususnya Fakultas Sains dan Teknologi yang telah membekali ilmu sehingga penulis dapat menyelesaikan studi.
5. Segenap PLP Laboratorium Kimia Terpadu UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian.
6. Orang tua dan keluarga yang selalu memberi dukungan dan motivasi dalam proses menuntut ilmu dan penulisan tugas akhir.
7. Yuni Marhayuni selaku teman satu perjuangan di Laboratorium dan Darmawan Alisaputra selaku teman satu bimbingan yang selalu memberi dukungan dan turut membantu kelancaran proses penelitian.
8. Segenap teman Caffeine 2018 yang telah memberi semangat dalam penyelesaian tugas akhir
9. Seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu atas bantuan dan dukungannya dalam penulisan tugas akhir.

Penulis menyadari penulisan tugas akhir ini jauh dari kata sempurna, maka kritik dan saran penyusun harapkan untuk kesempurnaan penulisan tugas akhir. Penulis berharap tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan khususnya dalam bidang kimia.

Yogyakarta, 16 Agustus 2022

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PENGESAHAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR.....	ii
SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR.....	iii
NOTA DINAS KONSULTASI.....	iv
NOTA DINAS KONSULTASI.....	v
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN.....	vi
MOTTO.....	vii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
ABSTRAK.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Batasan Masalah.....	5
C. Rumusan Masalah.....	5
D. Tujuan Penelitian.....	6
E. Manfaat Penelitian.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI.....	7
A. Tinjauan Pustaka.....	7
B. Landasan Teori.....	10
C. Kerangka Berpikir dan Hipotesis Penelitian.....	21
BAB III METODE PENELITIAN.....	24
A. Waktu dan Tempat Penelitian.....	24
B. Alat dan Bahan Penelitian.....	24
C. Prosedur Kerja Penelitian.....	25
1. Preparasi Bentonit Teraktivasi Asam.....	25
2. Preparasi Katalis Cu/Bentonit.....	25
3. Reaksi <i>One Pot System</i> Sitronelal menjadi Mentol dikatalis Cu/Bentonit.....	26
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	27
A. Preparasi dan Aktivasi Bentonit Alam dengan HCl 2M.....	27
B. Preparasi Katalis Cu/Bentonit.....	32
C. Karakterisasi Katalis Cu/Bentonit.....	33
D. Analisis Keasaman Katalis.....	36
E. Karakteristik <i>Synthesis One Pot System</i> .....	39
F. Karakteristik Hasil Reaksi <i>Synthesis One Pot System</i> .....	43
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	50
A. Kesimpulan.....	50
B. Saran.....	50
DAFTAR PUSTAKA.....	51

LAMPIRAN ..... 62



**DAFTAR TABEL**

<b>Tabel 2. 1</b> Kandungan senyawa dalam bentonit.....	14
<b>Tabel 4. 1</b> Hasil uji keasaman metode gravimetri .....	37
<b>Tabel 4. 2</b> Hasil GC-MS kandungan senyawa dalam minyak serai wangi .....	40



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2. 1</b> Struktur Sitronelal.....	11
<b>Gambar 2. 2</b> Struktur Mentol.....	12
<b>Gambar 2. 3</b> Struktur Montmorilonit.....	13
<b>Gambar 2. 4</b> Difraksi Sinar-X.....	20
<b>Gambar 4. 1</b> FTIR bentonit alam dan bentonit teraktivasi asam .....	28
<b>Gambar 4. 2</b> XRD bentonit alam dan bentonit teraktivasi asam .....	30
<b>Gambar 4. 3</b> FTIR bentonit teraktivasi asam dan katalis Cu/Bentonit.....	34
<b>Gambar 4. 4</b> XRD bentonit teraktivasi asam dan katalis Cu/Bentonit .....	35
<b>Gambar 4. 5</b> FTIR uji keasaman katalis Cu/Bentonit.....	39
<b>Gambar 4. 6</b> Kromatogram minyak serai wangi .....	40
<b>Gambar 4. 7</b> FTIR minyak serai wangi .....	41
<b>Gambar 4. 8</b> Reaksi sitronelal menjadi mentol.....	42
<b>Gambar 4. 9</b> FTIR hasil reaksi sintesis one pot system.....	43
<b>Gambar 4. 10</b> Kromatogram hasil reaksi 1 .....	44
<b>Gambar 4. 11</b> Struktur enantiomer sitronelal .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>Gambar 4.12</b> Grafik perbandingan kandungan senyawa dalam minyak serai wangi dan hasil reaksi 1 .....	45
<b>Gambar 4. 13</b> Reaksi siklisasi sitronelal menjadi isopulegol .....	47
<b>Gambar 4. 14</b> Reaksi hidrogenasi isopulegol menjadi mentol.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>Gambar 4. 15</b> Reaksi isopulegol menjadi menthone.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

**DAFTAR LAMPIRAN**

<b>Lampiran 1.</b> Perhitungan .....	62
<b>Lampiran 2.</b> FTIR Bentonit Alam .....	64
<b>Lampiran 3.</b> FTIR Bentonit Teraktivasi Asam HCL 2M .....	65
<b>Lampiran 4.</b> FTIR Katalis Cu/Bentonit .....	66
<b>Lampiran 5.</b> FTIR Minyak Serai Wangi .....	67
<b>Lampiran 6.</b> FTIR Hasil Reaksi Sintesis 1 .....	68
<b>Lampiran 7.</b> FTIR Katalis Cu/Bentonit Setelah Diadsorpsi .....	69
<b>Lampiran 8.</b> XRD Bentonit Alam .....	71
<b>Lampiran 9.</b> XRD Bentonit Teraktivasi Asam HCL 2M .....	74
<b>Lampiran 10.</b> XRD Katalis Cu/Bentonit .....	76
<b>Lampiran 11.</b> GC-MS Minyak Serai Wangi .....	78
<b>Lampiran 12.</b> GC-MS Hasil Reaksi Sintesis One Pot System .....	79
<b>Lampiran 13.</b> Dokumentasi Sintesis One Pot System .....	80

**ABSTRAK****PREPARASI KATALIS Cu/BENTONIT DAN APLIKASINYA PADA *ONE POT SYSTEM* SINTESIS SITRONELAL MENJADI MENTOL****Oleh:****Iqlima Barokah  
18106030004****Pembimbing:****Priyagung Dhemi Widiakongko, M.Sc.**

Sitronelal merupakan komponen utama dari minyak serai wangi mencapai 35,97%. Sitronelal dapat dikonversi menjadi mentol melalui dua tahap reaksi yaitu siklisasi sitronelal menghasilkan isopulegol dengan bantuan katalis asam dan dilanjut proses hidrogenasi isopulegol menghasilkan mentol menggunakan katalis logam. Katalis Cu/Bentonit memiliki efek bifungsional asam dan logam yang dapat digunakan pada reaksi *one pot system* sitronelal menjadi mentol. Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu karakterisasi katalis Cu/Bentonit berdasarkan instrumen FTIR dan XRD serta menganalisis produk hasil reaksi sintesis *one pot system* sitronelal menjadi mentol menggunakan katalis Cu/Bentonit.

Proses preparasi katalis Cu/Bentonit dilakukan dengan menggunakan metode impregnasi basah. Katalis Cu/Bentonit berhasil disintesis berdasarkan identifikasi spektrum FTIR dengan adanya serapan pada panjang gelombang  $1049,28\text{ cm}^{-1}$  dan  $694,37\text{ cm}^{-1}$  yang menandakan gugus Si-O pada bentonit serta difraktogram XRD menandakan keberadaan Cu pada puncak serapan  $2\theta = 43,20^\circ$  dan  $2\theta = 50,70^\circ$ . Hasil reaksi *one pot system* sintesis sitronelal menjadi mentol dianalisis menggunakan GC-MS yang menunjukkan produk hasil berupa senyawa menton dengan rendemen sebesar 0,11%.

***Kata kunci:*** *Cu/Bentonit, impregnasi, one pot system, mentol, menton*



**ABSTRACT****PREPARATION OF Cu/BENTONIT AND APPLICATION OF CATALYST FOR SYNTHESIS ONE POT SYSTEM CITRONELLAL TO MENTHOL****By:****Iqlima Barokah**  
**18106030004****Adviser:****Priyagung Dhemi Widiakongko, M.Sc.**

Citronellal is the main component of citronella oil reaching 35.97%. Citronellal can be converted into menthol through two reaction stages, namely the cyclization of citronellal to produce isopulegol with the an acid catalyst and followed by the isopulegol hydrogenation process to produce menthol using a metal catalyst. Cu/Bentonite catalysts have a bifunctional effect of acids and metals that can be used in the reaction of one pot system  $\rightarrow$  citronellal to menthol. The purpose of this study is the characterization Cu/Bentonite catalysts based on FTIR and XRD instruments and analyzing the products resulting from the synthesis reaction of one pot system citronellal into menthol using Cu/Bentonite catalysts.

The preparation process of Cu/Bentonite catalysts is carried out using the wet impregnation method. Cu/Bentonite catalysts were successfully synthesized based on the identification of the FTIR spectrum with the presence of absorption at wavelengths of 1049.28  $\text{cm}^{-1}$  and 694.37  $\text{cm}^{-1}$  indicating the Si-O group in bentonite and the XRD diffractogram indicating the presence of Cu at the absorption peak of  $2\theta = 43.20^\circ$  and  $2\theta = 50.70^\circ$ . The results of the reaction of one pot system synthesis of citronellal to menthol were analyzed using GC-MS which showed the resulting product as a menthone of 0.11%.

**Keywords:** *Cu/Bentonite, impregnation, one pot system, menthol, menthone*



# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Sitronelal merupakan komponen terbesar yang ada dalam minyak serai wangi yaitu mencapai 35,97%. Sitronelal memiliki gugus aktif dan gugus karbonil C=O dan ikatan rangkap C<sub>6</sub> = C<sub>7</sub> dan memiliki satu atom C yang asimetris (kiral) (Iftitah, dkk., 2010). Sitronelal dapat dikonversi menjadi senyawa lain seperti sitronelol melalui reaksi reduksi yang terjadi karena adanya pengurangan hidrogenasi karbonil (C=O) menjadi alkohol (OH) (Mustikowati, dkk., 2014). Selain itu, senyawa sitronelal dapat dikonversi menjadi senyawa isopulegol melalui reaksi siklisasi menggunakan katalis asam (Imachi, dkk., 2007). Sitronelal juga dapat dikonversi lebih lanjut menjadi senyawa turunan kedua seperti mentol (Iftitah, dkk., 2013). Proses konversi mentol dari sitronelal membutuhkan dua tahap reaksi yaitu tahap pertama melalui reaksi siklisasi sitronelal menjadi isopulegol dengan bantuan katalis asam dan dilanjutkan reaksi hidrogenasi isopulegol menjadi mentol menggunakan katalis logam (Nisyak, 2013)

Mentol merupakan suatu senyawa yang dapat diperoleh dengan mengisolasi dari tanaman *Mentha arvensis* atau *Mentha piperita*. Mentol juga dapat diperoleh melalui proses sintesis dari senyawa lain di laboratorium (Fatimah, dkk., 2013). Mentol banyak digunakan dalam industri obat-obatan, pembuatan sabun, pasta gigi, bahan pembuatan parfum (Utami, 2019), penyedap rasa dan industri rokok (Cotton, 2007). Mentol memberikan sensasi segar dan sejuk, sehingga dapat digunakan untuk mengatasi gangguan tenggorokan, iritasi pada mulut dan melancarkan

pernafasan (Harahap, dkk., 2022). Beragam manfaat dan kegunaan mentol mendorong untuk dilakukan berbagai penelitian lebih lanjut mengenai pembuatan mentol dengan cara mensintesis dari senyawa lain di laboratorium.

Konversi mentol dapat dilakukan dari bahan baku sitronelal melalui dua tahap reaksi yaitu siklisasi-hidrogenasi. Tahap siklisasi menggunakan bantuan katalis asam. Katalis asam berperan sebagai katalisator pada mekanisme reaksi yang dihasilkan dapat berupa katalis homogen maupun heterogen (Fatimah, dkk., 2008).

Katalis homogen dapat digunakan pada sintesis organik karena selektif terutama dalam bidang industri sintesis mentol dari sitronelal. Contoh katalis homogen yang sering digunakan yaitu asam klorida (HCl), asam sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), asam nitrat (HNO<sub>3</sub>) dan asam lainnya (Fatimah, 2014). Katalis homogen memiliki tingkat kestabilan dan aktivitas yang tinggi. Namun penggunaan katalis homogen memiliki kekurangan yaitu sulit dipisahkan karena mempunyai fasa yang sama dengan reaktannya dan tidak ramah lingkungan (Adilina, dkk., 2015).

Penggunaan katalis heterogen menjadi solusi untuk memecahkan masalah tersebut karena memiliki keunggulan harganya yang relatif murah, mudah dipisahkan dari reaktan dan dapat digunakan berulang kali. Logam transisi seperti Ni, Cu, Pd, dan Pt dapat digunakan sebagai katalis (Darmokosoemo, dkk., 2016).

Katalis heterogen dalam proses konversi senyawa organik telah banyak dikembangkan. Pada tahap siklisasi menggunakan katalis asam Cu/ZnBr<sub>2</sub>/γ-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> menghasilkan isopulegol dari sitronelal dengan rendemen sebesar 2,53% (Santiara, dkk., 2014). Dilanjutkan tahap hidrogenasi isopulegol menjadi mentol dengan bantuan katalis logam. ada penelitian Ravasio, dkk., (2000) dmenggunakan katalis

Cu/SiO<sub>2</sub> menghasilkan produk sebesar 90% dengan stereoselektivitas mencapai 80%.

Kedua tahap reaksi tersebut menggunakan katalis yang berbeda. Sehingga untuk menyederhanakan langkah sintesis, perlu dilakukan metode reaksi sintesis yang lebih efisien waktu yaitu menggunakan metode *one pot system* dengan bantuan katalis heterogen.

Sintesis sitronelal menjadi mentol dapat dilakukan dalam satu tahap reaksi dengan dua jenis reaksi (siklisasi-hidrogenasi) yang dilakukan secara berurutan. Metode ini disebut dengan *one pot conversion* (Nisyak, 2013). Tahap siklisasi sitronelal menjadi isopulegol yang memerlukan katalis bersifat asam guna meningkatkan situs H<sup>+</sup> (asam Bronsted) dan membentuk situs asam Lewis Al<sup>3+</sup> dengan melarutkan alumunium (dealuminasi) pada konsentrasi tertentu (Mahmudha dan Nugraha, 2016). Kemudian dilanjut secara simultan dalam satu wadah dengan proses hidrogenasi isopulegol menjadi mentol menggunakan katalis logam yang berfungsi sebagai situs aktif katalis karena memiliki orbital *d* kosong dan elektron tak berpasangan (Sulaswatty, dkk., 2019; Hernandez, dkk., 2014). Pada reaksi *one pot system* sitronelal menjadi mentol menggunakan katalis heterogen berupa pengembanan logam Cu ke dalam material berpori seperti bentonit yang memiliki situs aktif, sehingga proses siklisasi hidrogenasi dapat dilakukan dalam satu wadah secara simultan.

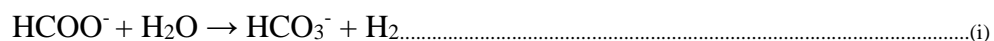
Pembuatan katalis heterogen untuk sintesis *one pot system* sitronelal menjadi mentol dilakukan dengan cara mengembankan katalis logam ke dalam material berpori yang mempunyai situs aktif (Trisunaryanti, 2018). Logam transisi yang

banyak digunakan sebagai katalis dalam suatu konversi sitronelal menjadi mentol yaitu tembaga (Cu). Katalis logam tembaga diketahui selektif terhadap gugus karbonil C=O. Logam Cu berfungsi sebagai penyedia situs aktif pada katalis karena memiliki orbital  $d$  yang belum penuh sehingga dapat digunakan untuk menerima pasangan elektron dari reaktan untuk mencapai suatu reaksi (Trisunaryanti, 2018). Ravasio, dkk., (2000) telah melaporkan penggunaan logam Cu sebagai katalis yang diimbangkan ke dalam  $\text{SiO}_2$  untuk reaksi siklisasi-hidrogenasi sitronelal menghasilkan mentol sebesar 90% (Ravasio, dkk., 2000)

Bentonit merupakan material berpori yang memiliki karakter keasaman permukaan yaitu asam Bronsted dan asam Lewis (Mariyam, 2012). Bentonit memiliki kemampuan mengembang, sifat penukar ion dan mempunyai luas permukaan yang besar, sehingga dapat digunakan sebagai adsorben berpotensi digunakan sebagai katalis (Wijaya, dkk., 2003). Luas permukaan yang besar pada bentonit ini dapat digunakan sebagai tempat mendistribusikan logam Cu (Trisunaryanti, 2018).

Proses reduksi katalis heterogen biasanya menggunakan gas  $\text{H}_2$  sebagai sumber hidrogennya (Adilina, dkk., 2015). Tujuan dari reduksi katalis yaitu untuk menghilangkan oksida yang ada dalam logam Cu(II) menjadi Cu(0) (Dewi, dkk., 2016). Namun penggunaan gas hidrogen secara langsung berbahaya jika terjadi kebocoran dan mudah meledak akibat dari tekanan gas yang terlalu tinggi. Sebagai solusi dari permasalahan tersebut yaitu dengan menggunakan bahan alternatif yang lebih ramah lingkungan dan biaya yang lebih mu Salah satu sumber hidrogen yang dapat digunakan adalah kalium format. Kalium format bersifat sangat aktif jika

direaksikan dengan logam transisi (Hudaya dan Tatang, 2011). Proses reaksi yang terjadi pada reaksi hidrogenasi perpindahan sebagai berikut:



Berdasarkan uraian latar belakang di atas, konversi sitronelal menjadi mentol dilakukan dengan metode *one pot system* menggunakan katalis Cu/Bentonit dengan memanfaatkan kalium format sebagai pendonor hidrogen. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem katalitik untuk mensintesis sitronelal menjadi mentol dalam satu wadah reaksi. Selain cara ini dapat meningkatkan efisiensi reaksi kimia dan lebih ramah lingkungan.

#### **B. Batasan Masalah**

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bentonit alam sebagai material pengemban.
2. Logam yang digunakan adalah tembaga (Cu) yang diembankan pada bentonit menggunakan metode impregnasi.
3. Analisis karakteristik katalis menggunakan instrumen FTIR dan XRD.
4. Sintesis reaksi siklisasi-hidrogenasi menggunakan metode *one pot system*.
5. Kalium format pada reaksi sintesis sebagai alternatif pendonor gas hidrogen.

#### **C. Rumusan Masalah**

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik katalis Cu/Bentonit berdasarkan spektrofotometri FTIR dan difraktogram XRD?
2. Bagaimana produk yang dihasilkan dari reaksi *one pot system* menggunakan katalis Cu/Bentonit?

#### **D. Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis karakteristik katalis Cu/Bentonit berdasarkan spektrofotometri FTIR dan difraktogram XRD.
2. Menganalisis produk hasil reaksi sintesis menggunakan metode *one pot system* dengan menggunakan katalis Cu/Bentonit.

#### **E. Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan pemahaman khususnya mengenai proses siklisasi-hidrogenasi sintesis sitronelal menjadi mentol dengan bantuan katalis Cu/Bentonit teraktivasi dan menggunakan kalium format sebagai pendonor gas hidrogen pada reaksi hidrogenasi dengan menggunakan metode *one pot system*. Selain itu, penelitian ini diharapkan dapat dimanfaatkan untuk pengembangan ilmu pengetahuan saat ini.



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Katalis Cu/Bentonit teraktivasi asam telah berhasil terbentuk berdasarkan karakterisasi gugus fungsional menggunakan FTIR dan difraktogram XRD yang menunjukkan adanya Cu dan CuO pada bentonit yang diembankan.
2. Katalis Cu/Bentonit teraktivasi asam melalui reaksi *one pot system* secara simultan menghasilkan produk konversi yaitu *menthone* sebesar 0,11% dengan penambahan kalium format sebagai sumber hidrogen.

#### B. Saran

Saran yang dapat disampaikan dalam penelitian lebih lanjut adalah sebagai berikut:

1. Melakukan optimasi waktu yang digunakan untuk reaksi sintesis *one pot system* secara simultan sitronelal menjadi mentol
2. Melakukan optimasi massa tembaga yang diembankan ke dalam bentonit teraktivasi asam HCl 2M.
3. Melakukan optimasi proses hidrogenasi untuk memperoleh konversi sitronelal menjadi mentol dalam sintesis *one pot system* secara simultan.
4. Melakukan reaksi *one pot system* sitronelal menjadi mentol dengan katalis Cu/Bentonit teraktivasi asam menggunakan sitronelal murni.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M., Khairurrijal., Maruly, A. R., Lihelrina., dan Sanny, M. 2008. Sintesis dan Pengujian Nanokristalin Cu/ZnO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dengan Metode Pemanasan dalam Larutan Polimer untuk Aplikasi Konversi Metanol menjadi Hidrogen. *Journal Nanosains dan Nanoteknologi*. Vol. 1, No. 1, Hal. 1-10.
- Adawiyah, S. R., Sutarno., dan Suyanta. 2020. Studi Adsorpsi-Desorpsi Anion Fosfatpada Bentonit Termodifikasi CATB. *Indonesian Journal of Chemical Research*. Vol. 8, No. 2, Hal. 125-136.
- Adilina, I.B., R. Pertiwi., A. Sulaswatty. 2015. Conversion of (±)-Citronellal and its Derivatives to (-)-Menthol Using Bifunctional Nickel Zeolite Catalysts. *Biopropal Industri*. Vol 6, No. 1, Hal. 1-6.
- Adzani, H., dan Rini, A. S. 2020. Sifat Optik Nanopartikel Perak (Ag-Nps) menggunakan Bioreduktor Ekstrak Kulit Semangka Kuning. *Jurnal Komunikasi Fisika Indonesia*. Vol 17, No. 2, Hal. 104-107.
- Anggarani, M. A., dan Wakhidah, L. 2021. Analisis Senyawa Bioaktif dan Aktivitas Antioksidan Ekstrak Bawang Putih (*Allium Sativum L.*) Probolinggo. *Unesa: Journal of Chemistry*. Vol. 10, No. 3, Hal 356-366.
- Alu, A. K. 2013. Pemisahan Sitronelal dari Fraksi Kaya Sitronelol dan Geraniol Minyak Sereh Wangi Menggunakan Distilasi Molekuler. *Skripsi*. Institut Pertanian Bogor: Bogor.
- Anam, C., Sirojudin., dan S. Firdausi. 2007. Analisis Gugus Fungsi pada Sampel Uji Bensin dan Spiritus menggunakan Metode Spektroskopi FTIR. *Berkala Fisika*. Vol. 10, No. 1, Hal. 79-85.
- Ariani, Novia., dan Riski, Akhmad. 2018. Aktivasi Ekstrak Etanol Kulit Buah isang Kepok Mentah (*Musa paradisiaca formatypica*) terhadap Pertumbuhan *Candida albicans* secara In Vitro. *Jurnal Pharmascience*. Vol. 5, No.. 1, Hal. 39-44.
- Bath, S. D., Siregar, J. M ., dan Lubis, M. T. 2012. Penggunaan Tanah Bentonit sebagai Adsorben Logam Cu. *Jurnal Teknik Kimia USU*. Vol. 1, No. 1, Hal. 1-4.
- Bigdeli, M.A., Nemati, F., Mahdavinia, G.H., 2007. HClO<sub>4</sub>-SiO<sub>2</sub> Catalyzed Stereoselective Synthesis of β-amino ketones via a direct Mannich-type reaction. *Tetrahedron Lett*. 48, Hal. 6801-6804.
- Boshnakova, I., E. Lefterova., dan E. Alavcheva. 2018. nvestigation of montmorillonite as carrier for OER. *Internasional Journal of Hydrogen Energi*. Hal. 1-8.
- Budianto, G.P.I., dan Sudjarwo, W.A.A. 2017. Pengaruh Penambahan Vermiculite Termodifikasi Cu<sup>2+</sup> sebagai Media Imobilitas Bakteri Anaerob pada Produksi Biogas terhadap Parameter Kinetika. *Eksergi*. Vol. 14, No. 2, Hal. 18-22.



- Callister, Jr, W.D., Rethwisch, D.G., 2009 “*Materials Science and Engineering An Introduction 8<sup>Th</sup>*”, John Wiley & Sons, Inc.
- Cotton, Simon. 2007. *Menthol (Including the Mint Julep)* Uppingham School, Rutland: UK.
- Cessar, M. R., M. Syukurdi., Jakfar., dan Hisbullah. 2021. Pembuatan Bentonit Terpillar Al dari Bentonit Alam Blang Karing untuk Peningkatan Daya Serap Ion Logam Berat Pb dan Cd. *Jurnal Inovasi Ramah Lingkungan*. Vol. 2, No. 1, Hal. 1-5.
- Chen, X., Xu, Y., Huang, X, Luo, H., dan Song, Y. 2020. Studies of internal stress induced by solidification of menthol melt as temporary consolidant in archaeological excavations using resistance strain gauge method. *Heritage*. Vol 8, No. 68.
- Darmokoesoemo, H., Suyanto., dan Rahmawati. D. I. 2016. Aplikasi Carboxymethyl Chitosan-Urea Glutarat (CMCHI – UGLU) sebagai Katalis Terfluidakan pada Sintesis Biodiesel dari Virgin Coconut Oil (VCO). *Journal Kimia Riset*. Vol. 1, No. 1, Hal. 29-33.
- Darwis, Z., Afrizal., dan R. Sriutami. 2012. Optimasi Konsentrasi Katalis CaO dari Cangkang Telur Ayam Negeri dalam Reaksi Transesterifikasi Minyak Jarak Pagar (*Jatropha curcas L.*) sebagai Bahan Biodiesel. *Jurnal Riset Sains dan Kimia Terapan*. Vol.22, No.3, Hal. 142-146.
- 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*. No. 3, Vol. 22, Hal. 09-18.
- Fatimah, I., Dwiwarso Rubiyanto, dan Torikul Huda. 2008. Peranan Katalis TiO/SiO<sub>2</sub>- Montmorillonit pada reaksi konversi sitronelal menjadi isopulegol. *Reaktor*, Vol.12. No.2. Hal. 83-89.
- Fatimah, Is., Rubiyanto, D., and Huda, T. 2014. Effect of Solution Zirconia-Pillared Montmorillonite to the Catalytic Activity in Microwave-Assisted Citronellal Conversion. *International Journal of Chemical Engineering*. Hal. 1-8.
- Fatimah, I., Rubiyanto, D., Prakoso, N. I., Yahya, A., dan Sim, Yoke-Leng. 2019. Green Conversion of Citral and Citronellal Using Tris (Bipyridine) Ruthenium(II)-Supported Saponite Catalyst Under Microwave Irradiation. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*. Vol. 11, Hal. 61-70.
- Febrianto, Reza., A. H. Alimuddin., dan Zaharah, T. A. 2015. Uji Fotostabilitas Pigmen Bixin Termobilisasi Bentonit Teraktivasi HCl. *JKK*. Vol. 4, No. 4, Hal. 29-34.
- Fisli, Adel., dan Haerudin, Hery. 2002. Pembuatan dan Karakterisasi Katalis Oksida Mangan dengan Pendukung Bentonit Terpillar Alumina untuk Oksidasi Gas CO. *Prosiding Pertemuan Ilmiah Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Bahan*. Hal. 257-264.

- Giovany, A. A., Sutadiwira, Y., Syavitri, D., Cahyaningratri, . R., dan Rendy. 2022. Studi Karakteristik Senyawa Hidrokarbon dengan Metode Ekstraksi Geokimia Biomarker pada Cengkungan Jawa barat Utara. *Lembaran Publikasi Minyak dan Gas Bumi*. Vol. 55, No. 3, Hal. 181-190.
- Gunawan, I., Sudirman., M. Fauziah., dan Y. Yulizar. 2019. Green Modifikasi Nanopartikel Au Terhadap Permukaan Bentonit Terpilau Cu sebagai Adsorben Degradasi Zat Warna Remazol Brilliant Blue R (RBBR). *Jurnal Kimia dan Kemasan*. Vol. 41, No. 2, Hal. 45-54.
- Haliq, F. J. 2012. Uji Aktivitas dan Selektivitas Katalis Ini/H<sub>2</sub>NZA dalam Progres Hidrogenkah Metil Ester Minyak Kelapa Sawit (MEPO) menjadi Senyawa Hidrokarbon Fraksi Pendek. *Skripsi*. Universitas Jember: Jember
- Harahap, M.R., Yulian, M., dan Novita, F. 2022. Analisis Kualitas Sediaan Balsam Stik dari Na-Alginat *Sargassum plagiophyllum* dengan Variasi jenis Essential Oil. *Amina*. Vol. 4, No. 1, Hal. 17-23.
- Harianingsih, H. 2018. Optimasi Proses Sintesis Sitronelal dari Sereh Wangi (*Cymbopogon winterianus*) dengan Bantuan Gelombang Mikro Menggunakan Pelarut Metanol dan N-Heksan. *Eksergi*. Vol. 15, No. 1, Hal. 1-4.
- Hardjono, S. 1990. *Spektroskopi Inframerah*. Liberti. Yogyakarta
- Hermawan, A., Cahyono, E., dan Supartono. 2013. Uji Aktivitas Katalis Zn<sup>2+</sup>-Zeolit Beta pada Reaksi Siklisasi-Asetilasi R-(+)-Sitronelal menjadi Isopulegil Asetat. *Indonesian Journal of Chemistry*. Vol. 2, No. 3.
- Hernandez, D. V., J. M. Rubio, C., J. S. Gonzalez., R. Moreno, T., J. M. Merida, R., M. A. Perez, C., A. Jimenez, L., Huesca, R. H., and Torreos, P. M. 2014. Furfuryl Alcohol from Furfural Hydrogenation Over Copper Supported on SBA-15 Silica Catalyst. *Journal of Molecular Catalyst A: Chemical*. No. 383-384, Hal. 106-113.
- Hidayat, M. T., dan Nugraha, I. 2018. Kajian Kinerja Ca-Bentonit Kabupaten Pacitan Jawa Timur Teraktivasi Asam Sulfat sebagai Material Lepas Lambat (Slow Release Material ) Pupuk Organik Urin Sapi. *Indonesian Journal of Material Chemistry*. Vol. 1, No. 1, Hal. 27-37.
- Hudaya, T., Soerawidjaja, T. H. 2011. Studi Hidrogenasi Minyak Biji Kepok. *Laporan Penelitian Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat*. Universitas Katolik Parahyangan: Bandung.
- Iftitah, E. D., Sastrohamidjojo, H., dan M. Muchalal. 2004. Study of Catalytic Cyclisation of (+)-Citronellal with Zn/  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> as Catalyst. *Indonesian Journal of Chemistry*. Vol. 4, No. 3, Hal. 192-196.
- Iftitah, E. D., M. Muchalal., Trisunaryanti, W., dan Armunanto, R. 2010. Cyclization and Hydrogenation of (+)-Citronellal to Menthols Over ZnBr<sub>2</sub> and Ni Catalyst Supported on  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. *Indonesian Journal of Chemistry*. Vol. 10, No. 2, Hal. 208-213.

- Iftitah, E. D., R. Armunanto., W. Trisunaryanti., dan R. Psaro. 2011. One Pot Transformation of Citronellal to Methol Over Ni/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. *Journal of Applied Sciences Research*. Vol 7, No. 5, Hal. 680-689.
- Iftitah, E. D., M. Muchalal., Trisunaryanti, W., dan R. Armunanto. 2013. Karakterisasi dan Aktivasi Katalitik Berbagai Variasi Komposisi Katalis Ni dan ZnBr<sub>2</sub> dalam  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> untuk Isomerisasi dan Hidrogenasi (R)-(+)-Sitronelal. *Jurnal MIPA*. Vol. 36, No. 1, Hal. 60-69.
- Iftitah, E. D., C.S. P. Cahyani., D. Purwonugroho. 2014. Karakterisasi Katalis Cu/ZnBr<sub>2</sub>/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> untuk Hidrogenasi Sitronelal. *Kimia Student Journal*. Vol. 1, No. 2. Hal. 210-214.
- Imachi, S., Owada, K., and Onaka, M. 2007. Intramolecular Carbonyl-ene Reaction of Citronellal to Isopulegol Over ZnBr<sub>2</sub>-Loading Medoporous Silica Catalysts. *Journal of Molecular Catalysts A:Chemical*. No. 272, Vol. 1, Hal. 174-181
- Ismadji, et al. 2015. Reprint of Bentonite Hydro-char Composite for Removal of Ammonium from Koi Fish Tank. *Applied Clay Science, Department of Chemical Engineering*, Widya Mandala Surabaya Katolik University : Surabaya.
- Irawan, Gunawan., Dahlan, Basri., dan Retno, Nawang. 2015. Pengaruh Massa Adsorben, Lama Kontak dan Aktivitas Adsorben Menggunakan HCl terhadap Efektivitas Penurunan Logam Berat (Fe) dengan Menggunakan Abu Layang sebagai Adsorben. *Jurnal Teknologi Terpadu*. Vo. 3, No. 2, Hal. 107.
- Jayanti, Nur. 2016. Uji Efektivitas Ekstrak Kulit Buah Pisang Kepok (*Musa paradisiaca* L.) terhadap Penurunan Kadar Gula Darah Mecit Jantan (*Mus musculus*). *Skripsi*. Makassar: UIN Alauddin.
- Junaidi, Samudro, G., dan R. Nofitasari. 2012. Studi Penurunan Konsentrasi Nikel dan Tembaga pada Limbah Cair Elektroplating dengan Metode Elektrokogulasi. *Jurnal Teknik Lingkungan*. Hal 1-9.
- Khopkar, S. M. 2003. *Kimia Analitis*. Jakarta: UI Press.
- Koestiari, Toeti. 2013. Perbedaan Karakter Tiga Jenis Bentonit Ditinjau dari Tiga Macam Analisis. *Jurnal Sains dan Matematika*. Vol. 1, No. 2, Hal. 57-63.
- Kozhevnikov, I. V. 2007. Sustainable Heterogeneous Acid Catalyst by Heteropoly Acids. *Journal of Molecular Catalyst A: Chemical*. Vol. 262. Hal. 86-92.
- Kurniati, Yuni., E. L. Septiani., Prastuti, O. P., V. Urnomo., Dewi, S. S. N., dan Mahmuddin, I. 2020. Pengaruh Waktu Terhadap Temperatur Aktivasi dari Kulit Pisang (*Musa paradisiaca* L.) dalam Pembuatan Katalis. *Jurnal Teknik Kimia dan Lingkungan*. Vol. 4, No. 1, Hal. 33-37.
- Krishnan, B.m dan Richard, D. 193. Preparation of Pt-Alumina Catalyst by the Sol-Gel Method. *Journal of Catalysyt*. No. 144, Hal. 395-413.

- Lestari, D. W. 2011. Kajian Tentang Deaktivitas Katalis. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA*. Universitas Negeri Yogyakarta: Yogyakarta.
- Lestari, W., Handoko, D. S. P., dan Sulistiyo. 2019. Uji Aktivitas Katalis Clay Termodifikasi Cu dalam Reaksi Hidrogenasi Senyawa 1-Oktadekanol. *Lembaran Publikasi Minyak dan Gas Bumi*. Vol. 53, No. 1, Hal 53-60.
- Li, Rui., Xu, Jingsong., Zeng, Rongguang., Pan, Qifa., Tang, Tao., dan Luo, Wenhua. 2020. Halides Assisted Electrochemical Synthesis of Cu/Cu<sub>2</sub>O/CuO Core-shell Electrocatalyst for Oxygen Evolution Reaction. *Journal of Power Sources*. Vol. 457, Hal. 1-8.
- Lumowa, S. V. T., dan Bardin, S. 2017. Uji Fitokimia Kulit Pisang Kepok (*Musa paradisiaca L.*) Bahan Alam sebagai Pestisida Nabati Berpotensi Menekan Serangan Serangga Hama Tanaman Umur Pendek. *Jurnal Sains dan Kesehatan*. Vol. 1, No. 9, Hal. 465-469.
- Maki, Arvela, P., N. Kumar, V. Nieminem, R. Sjöholm, T. Salmi, and D.Y. Murzin. 2004. Cyclization of Citronellal Over Zeolites and Mesoporous Materials for Production of Isopulegol. *Journal of Catalysts* Vol. 225, No. 1, Hal. 155-169.
- Mahmudha, S., dan Nugraha. I. 2016. Pengaruh Penggunaan Bentonit Teraktivasi Asam sebagai Katalis Terhadap Peningkatan Kandungan Senyawa Isopulegol pada Minyak Sereh Wangi Kabupaten Gayo Lues-Aceh. *Chimica et Natura Acta*. Vol. 4, No. 3, Hal. 123-129.
- Mamonto, S. I., M. R. John, R., dan W. Frenly. 2014. Aktivitas Antioksidan Ekstrak Kulit Buah Pinang Yaki (*Areca vestiaria Giseke*) yang di Ekstraksi Secara Soxlet. *Jurnal Ilmiah Farmasi*. Vol.3, No. 3, Hal. 263-272.
- Mardiyarningsih, Ana., dan Aini, Resmi. 2014. Pengembangan Potensi Ekstrak Daun Pandan (*Pandanus amaryllifolius Roxb*) sebagai Agen Antibakteri. *Pharmaciana*. Vol. 4, No. 2, Hal. 185-192.
- Menik, S. Wayuni., dan Hastuti, Erna. 2010. Karakterisasi Cangkang Kerang Menggunakan XRD dan X-Ray Physics Basic Unit. *Jurnal Neutrino*. Vol. 3, No. 1, Hal. 32-43.
- Milne, C., Gangemi, C., Ingoglia, R., Neri, G., dan Galvagno, S. 1999. Role of the Support in the Hydrogenation of Citronellal of Ruthenium Catalyst. *Applied Catalyst A: General*. No. 184, Hal. 89-94.
- Ming Li, CAO., Shi Zhen, L., dan Yong Fu, Y. 2004. Synthesis and Characterization of Al-Cr-illared Montmorillonite with High Thermal Stability and Adsorption Capacity. *Journal of Wuhan University of Technology* Vol. 19, No. 1, Hal. 51-53.
- Mundriyastutik, Y., Anggoro, D. D., dan Hidayati, N. 2016. Preparasi dan Karakteristik Katalis Como/Zeolit Y dengan Metode Pertukaran Ion. *Indonesia Jurnal Farmasi*. Vol. 1, No. 1, Hal. 28-32.



- Munnik P., Petra, E., Kirjn, P. 2015. Recent Developments in the Synthesis of Supported Catalyst. *American Chemical Society*. 155, 6687 – 6718.
- Mustikowati., Siadi, K., dan Kusumo, E. 2014. Transformasi Sitronelal menjadi Sitronelol dengan Reduktor  $\text{NaBH}_4$  dan Hidrogenasi Terkatalis Ni/Zeolit Beta. *Indonesian Journal of Chemistry*. Vol. 3, No. 1, Hal. 81-86.
- Mutiara, V. M., 2016. Pembuatan Gliserol Tribenzoat dengan Proses Esterifikasi Menggunakan Katalis H-Zeolit Teraktivasi oleh Asam Klorida dan Asam Sulfat. *Jurnal Teknik Kimia*. Vol. 5, No. 1, Hal. 58-64.
- Nafsiyah, N., Shofiyani, A., dan Syahbanu. 2017. Studi Kinetika dan Isoterm Adsorpsi Fe(III) pada Bentonit Teraktivasi Asam Sulfat. *JKK*. Vol. 6, No. 1, Hal. 57-63.
- Nie, Y., G. K. Khuan., and S. Jaenicke. 2006. Domino Cyclisation and Hydrogenation of Citronellal to Menthol Over Bifunctional Ni/Zr-beta/Ini-MCM-41 Catalyst. *Chem Commun*. Hal. 790-792.
- Ningrum, M. W., dan S. Nuryanti. 2022. Analisa Kadar Senyawa Flavanoid pada Daun Bawang Hutan (*Eleutherine palmifolia* (L.) Merr.) *Media Eksakta*. Vol 18, No. 2, Hal. 150-154.
- Nisyak, K. 2013. Studi Konversi Sitronelal Menggunakan Katalis Ganda ( $\text{ZnBr}_2/\beta$ -Zeolit dan  $\text{Ni}/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ ) dan Katalis  $\text{Ni}/\text{ZnBr}_2/\beta$ -Zeolit. *Skripsi*. Universitas Brawijaya
- Nisyak, K., E.D. Iftitah., dan R. T. Tjahjanto. 2017. Konversi Sitronelal menjadi Senyawa Isopulegol dengan Katalis  $\text{ZnBr}_2/\beta$ -Zeolit. *Jurnal Kimia dan Kemasan*. Vol 39, No. 2, Hal. 47-54.
- Nugrahaningtyas, K.D., Trisunaryanti, W., Triyono, N., dan Maruto, D. 2011. Preparasi dan Karakterisasi Katalis Monometal Mau/USY. *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*. Vol. 8, No. 1, Hal. 34-46.
- Nugroho, W.S. 2018. *Optimis Tingkatkan Ekspor Minyak Atsiri ke Pasar Dunia*. Yogyakarta.
- Nurhayati, Muhdarina, dan Wiji Utami. 2013. *Mollusk Shell Waste of Anadara Granosa as a Heterogeneous Catalyst for The Production of Biodiesel*. Universitas Gajah Mada: Yogyakarta.
- Nurbaity. 2011. Pendekatan Green Chemistry Suatu Inovasi dalam Pembelajaran Kimia Berwawasan Lingkungan. *Jurnal Riset Pendidikan Kimia*. Vol. 1, No. 1, Hal. 13-21.
- Nurchahyo, I.F., et al. 2005. “Karakterisasi Katalis Monometal dan Bimetal yang Teremban dalam Zeolit Alam Aktif menggunakan Metode Adsorpsi Amonia dan Nitrogen”. *Prosiding Seminar Nasional Kimia II*. Hal: 122-131.
- Purwaningsih, E., Supartono., dan Harjono. 2012. Reaksi Transesterifikasi Minyak Kelapa dengan Metanol menggunakan Katalis Bentonit. *Indonesian Journal of Chemical Science*. No. 1, Vol. 2, Hal 133-139.

- Prianggoro, M. R. 2022. Analisis Tegangan Tembus Minyak Trafo Bekas dengan Menggunakan Bentonit (Studi Kasus pada T. Artha Grahatama Berdikari). *Skripsi*. Universitas Lampung: Bandar Lampung.
- Raharjo, T.J. 2013. *Kimia Hasil Alam*. Yogyakarta: Pustaka Belajar.
- Rahayu, F. L., Nuryanto, R., dan Suyati, L. 2013. Pengaruh Diameter Kanal Pelet Katalis Zeolit Aktif dan Ni-Zeolit terhadap Pirolisis Limbah Batang Pohon Sagu (*Metroxylon sp.*). *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*. Vol. 16, No. 1, Hal. 33-37.
- Rahayu, P. E., Priatmoko, S., dan Kadarwati, S. 2013. Konversi Minyak Sawit menjadi Biogasoline Menggunakan Katalis Ni/Zeolit Alam. *Indonesian Journal of Chemistry*. Vol. 2, No. 2, Hal. 102-107.
- Ravasio, N., N. Poli., R. Psaro., M. Saba., dan F. Zaccheria. 2000. Bifungsional Copper Catalyst. Part II Stereoselective Synthesis of (-)-Mentol Starting from (+)-Citronellal. *Topic in Catalyst*. Vol. 13, Hal. 195-199.
- Rebello, L. P. G. 2014. Flour of Banana (*Musa AAA*) Peel as a Source of Antioxidant Phenolic Compounds. *Food Research Internasional*. Vol 55, Hal. 397-403.
- Redha, A. 2013. Flavanoid: Struktur, Sifat Antioksidatif, dan Peranannya dalam Sintesis Biologis. *Jurnal Belian*. Vol. 9, No. 2, Hal. 196-202.
- Regalbuto, J.R. 2007. *Catalyst Preparaton Science and Engineering*. CRC Press: Taylor dan Francis Group.
- Rifqi, A., Siadi, K., dan Sudarmin. 2014. Isolasi Sitronelal dari Minyak Sereh dan Oksidasinya dengan  $\text{KMnO}_4$  dalam Suasana Basa. *Indonesian Journal of Chemistry*. Vol. 3, No. 3, Hal. 198-202.
- Rusdi., Hartono, R., A. Wijanarko., dan H. Hermansyah. 2016. Pembuatan Biodiesel dari Minyak Dedak Padi dengan Proses Katalis Homogen Secara Asam dan Katalis Heterogen Secara Basa. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi*. Hal. 1-9.
- Ruwindya, Yorfan. 2020. Validasi Metode Penentuan Sitronelal dalam Minyak Atsiri Sereh Wangi secara Kromatografi Gas. *Indonesian Journal of Chemical of Analyst*. Vol. 3, No. 2, Hal. 50-55.
- Saadatjoo, N., Golshekan, M., Shariati, S., Azizi, P., dan Nemati., F. 2017. Ultrasound-assisted synthesis of  $\beta$ -amino ketones via a Mannich reaction catalyzed by  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  magnetite nanoparticles as an efficient, recyclable and heterogeneous catalyst. *Arabian Journal of Chemistry*. No. 10, Hal. S735-S741.
- Saenong, M. S. 2016. Tumbuhan Indonesia Potensial sebagai Insektisida Nabati untuk Mengendalikan Hama Kumbang Bubuk Jagung (*Sitophilus spp.*). *Jurnal Litbang Pertanian*. Vol. 35, No. 3, Hal. 131-142.
- Santiara, A., Cahyani, C. S. P., dan Iftitah, E. 2014. Eksplorasi Senyawa-Senyawa *P*-Mentan-3-OL Melalui Reaksi Katalitik Terhadap Sitronelal Menggunakan

- Katalis Cu/ZnBr<sub>2</sub>/γ-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan Gas N<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>. *Natural*. Vol. 2, No. 4, Hal 366-374.
- Santoso, H., Inggrid, M., Christiana, E., Arvina, S., Paru, M. ., Santosa, T., Albert., dan Fitria. 2016. Pembuatan Katalis Asam Heterogen dengan Metode Karbonisasi Hidrotermal Satu Tahap. *Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat: Universitas Katolik Parahyangan*.
- Saraswati, F. N. 2015. Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol 96% Limbah Kulit Pisang Kepok Kuning (*Musa balbisiana*) terhadap Bakteri Penyebab Jerawat (*Staphylococcus epidermidis*, *Staphylococcus aureus* dan *Propionibacterium acne*). *Skripsi*. Jakarta: UIN Syarif Hidayatullah.
- Sarwono, R., Tursiloadi, S., dan Sembiring, K. C. 2015. Morfologi dan Aktifitas Katalis Logam Cu dengan Penyangga Mono dan Bementalik Oksida untuk Konvers Gliserol menjadi Propandiol. *Jurnal Sains Materi Indonesia*. Vol. 16, No. 2, Hal. 76-82.
- Sedyadi, E., dan N. Nunung. 2020. Kajian Pembuatan Plastik Biodegradabel dari Tapioka dengan Penguat Lempung dan Silika Sekam Padi. *Indonesian Journal of Material Chemistry*. Vol. 3, No. 1, Hal. 33-40.
- Sembiring, K. C., I. B. Adilina., R. Pertiwi., S. Tursiloadi., dan A. A. Litiaz. 2015. Develoment of Green Nickel-Based Zeolite Catalyst for Citronella Oil Conversion to Isopulegol. *Procedia Chemistry*. Vol. 16, Hal. 563-569.
- Setiaji, G. 2014. Karakteristik Dan Uji Aktivitas Antioksidan Minyak Hasil Ekstraksi Biji Honje (*Etlingera elatior*). *Skripsi*. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta.
- Setiawati, W., Murtiningsih, R., dan Hasyim, A. 2011. Laboratory and Field Evaluation of Essential Oils from *Cymbopogon nardus* as Oviposition Deterrent and Ovicidal Activities Against *Helicoverpa armigera* Hubner on Chili Pepper. *Indonesian Journal of Agricultural Science*. Vol. 12, No, 1, Hal. 9-16.
- Sidabutar., Elizabeth. D. C., M. N. Faniudin., dan M. Said. 2013. Pengaruh Rasio Reaktan dan Jumlah Katalis terhadap Konversi Minyak Jagung menjadi Metil Ester. *Jurnal Teknik Kimia*. Vol.9, No. 1, Hal 40-49.
- Silviyanti, Ike. 2012. Pengolahan Zat Warna Tekstil Jingga Metil menggunakan Bentonit Terpillar TiO<sub>2</sub>. *Skripsi*. Surabaya: Universitas Airlangga.
- Siregar, M. Z., dan Ansari. 2020. Penggunaan katalis Fe terhadap Karbon Aktif Cangkang Kelapa Sawit dan Karbon Aktif Sekam Padi pada Proses Impregnasi. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, Industri, Elektro dan Sipil*. Vol. 1, No. 1, Hal 13-16.
- Siregar, S. H., dan Irma, Wirdati. 2016. Sintesis Perbandingan Struktur Tekstur Bentonit Alam dan Bentonit Teraktivasi Asam. *Jurnal Photon*. Vol.7, No.1, Hal. 137-140.

- Sudarmi. 2013. Kemampuan Generik Sains dan Kesadaran Tentang Skala sebagai Wahana Mengembangkan Praktikum Kimia Organik Berbasis Green Chemistry. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran*. Vol. 23, No. 1, Hal. 18-24.
- Sukamto., M. Djazuli., dan Suheryad, D., 2011. Serai Wangi (*Cymbopogon nardus L.*) sebagai Penghasil Minyak Atsiri, Tanaman Konservasi dan Pakan Ternak. *Prosiding Seminar Nasional: Bogor*.
- Sulaswatty, A., Rusli, M.S., Abimanyu, dan Tursiloadi, S. 2019. *Quo Vadis Minyak Serai Wangi dan Produk Turunanya*. Jakarta: LIPI Press
- Sundari, C. D. D., Rahayu, R. F., & Windayani, N. (2018). Sintesis dan Karakterisasi Nanostruktur Tembaga Oksida dengan Metode Hidrotermal. *Al-Kimiya*. No. 5, Vol. 1, Hal. 48–51.
- Suryanarayana, C dan Norton M.G., 1998. *X-ray Diffraction A Practical Approach*. Plenum Press, New York
- Suseno, J. E., dan K. S. Firdausi. 2008. Rancang Bangun Spektroskopi FTIR (*Fourier Transform Infrared*) untuk Penentuan Kualitas Susu Sapi. *Berkala Fisika*. Vol. 11, No. 1, Hal. 23-28.
- Susilo, S. A. B. 2008. Studi Reaksi Hidrogenasi Sitronelal dari Minyak Sereh menjadi Mentol Menggunakan Katalis  $ZnBr_2/\gamma$ -alumina. *Skripsi*. Universitas Brawijaya: Malang.
- Standar Nasional Indonesia. SNI 01-4481-1998. *Pisang Kepok Kuning (Mussa balbisiana L.)*. Badan Standarisasi Nasional: BSN.
- Stashenko, Elena., dan Martinez, Rena. 2014. *Gass Chromatography-Mass Spectrometry*. Intech Open : London. Chapter 1.
- Tandi, J., Melinda, B., Purwantari, A., dan Widodo, A. 2020. Analisis Kualitatif dan Kuantitatif Metabolit Sekunder Ekstrak Etanol Buah Okra (*Abelmoschus esculentus L. Moench*) dengan Metode Spektrofotometri UV-Vis. *Kovalen: Jurnal Riset Kimia*. Vol. 6, No. 1, Hal. 74-80.
- Tanabe, K. 1981. In *Catalysis : Science and Technology* (J.R., Anderson and M. Boudart). Berlin: Springer Link. Vol. 2.
- Tengker, S.M.T., dan Kumajas, J. 2019. Karakterisasi Material Ni/MCM-41 dan Pengaruh Penambahan Logam Nikel terhadap Tingkat Keasaman Material. *Journal of Chemistry*. Vol.4, No.2, Hal. 61-65.
- Tuddenham, D., Deirdre, M. B. Cupang. Leeson, P. D., Novelli, R., Virendra, P. Syah., Brian, E. B., Lynne, . C., Bryan, J. D., Mikhael, B. M., Kirit, D. P., Norman, J. L., dan Clare, O'Farrel. 1988. Synthesis of thyroid Hormone Analogues. Part 3. IodoniumSalt Approaches to SK and FL-94901. *Journal of Chemistry Society Perkin Trans*. Hal. 3103- 3111.
- Turmiati, Titik. 2019. Modifikasi Bentonit Menggunakan Surfaktan Kationik Benzalkonium Klorida. *Skripsi*. Universitas Islam Negeri Walisongo: Semarang.



- Utami, D. N. 2019. Aktivasi dan Selektivitas Katalis Ni/Zeolit Beta dan Cu/Zeolit Beta pada Siklisasi Sitronelal dari Minyak Sereh. *Skripsi*. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Wahyuningsih, P., T. Harmawan., dan Rahmatul, F. 2022. Bentonit Tersulfatasi sebagai Katalis dalam Produksi Biodiesel dari Minyak Jelantah. *Jurnal Kimia Sains dan Terapan*. Vol. 4, No. 1, Hal. 4-7.
- Wardani, D. A. P., Damsyik, A., Karelius., Suyanta., dan Siswanta, D. 2021. Investigation of Magnetic Properties and Surface Area of Magnetized Bentonite as Rapidly Separating Adsorbents. *Jurnal Sains dan Terapan Kimia*. Vol. 15, No.. 2, Hal. 108-118.
- Wijaya, K., Tahir, I., dan Mudasir. 2003. Sintesis dan karakterisasi montmorilonit terpillar serta aplikasi sebagai fotokatalis, bahan foto fungsional dan adsorben. *Berkala ilmiah MIPA*. Vo. 13, No.2, Hal.1-16.
- Wijayanti Lucia Wiwid. 2015. Isolasi Sitronelal dari Minyak Sereh Wangi (*Cymbopogon winterianus* Jowit) dengan Distilasi Fraksi Pengurang Tekanan. *Jurnal Farmasi Sains dan Komunitas*. Vo.12, No.1, Hal 22-29.
- Yadav, G. D., and J. J. Nair. 1998. Novelty of Eclectically Engineered Sulfated Zirconia and Carbon Molecular Sieve Catalyst in Cyclisation of Citronellal to Isopulegol. *Chem Commun*. Hal. 2369-2370.
- Yelmida., Zahrina, I., dan Akbar, F. 2012. Perengkahan PFAD (*Palm Fatty Acid Distillate*) dengan Katalis Zeolit Sintesis untuk Menghasilkan Biofuel. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*. Vol. 9, No. 1, Hal. 45-50.
- Ying, D. L., F. F. Fang., Hyoung, J. C., and Yongsok. 2011 . Fabrication of Semiconducting Polyaniline/Nano-Silica Nanocomposite Particles and their Enhanced Electrorheological and Dielectric Characteristics. *Colloids and Surfaces A. Physicochemical and Engineering Aspects*. Vol. 381, Ed. 1-3, Page. 17-22.
- Yulizar, Y., dan Apriandanu, D. O. B., 2020. CuO Bentonite Gold Nanocomposites: Facile Green Preparation and Their Characterization. *Jurnal Pre-proofs*. Hal. 1-13.
- Yulvianti, N., Sari, R.M., dan Amaliah, E.R. 2014. Pengaruh Perbandingan Campuran Pelarut N-Heksana-Etanol Terhadap Kandungan Sitronelal Hasil Ekstraksi Serai Wangi (*Cymbopogon nardus* L). *Jurnal Integrasi Proses*. 5(1):8-14.
- Yustira, Y., Usman, T. & Wahyuni, N., 2015. Sintesis Katalis Sn/Zeolit dan Uji Aktivitas pada Reaksi Esterifikasi Limbah Minyak Kelapa Sawit (*Palm Sludge Oil*). *JKK*. No. 4, Vol. 1, Hal. 58-66.
- Yutira, Yudi., T. Usman., dan N. Wahyuni. 2015. Sintesis Katalis Sn/Zeolit dan Uji Aktivitas pada Reaksi Esterifikasi Limbah Minyak Kelapa Sawit (*Palm sludge Oil*). *JKK*. Vol. 4, No. 1, Hal. 58-66.

- Yuwono, A.R. 2015. *Senyawa Metabolit Sekunder Mentol*. Makalah Farmakognosi. Universitas Darussalam Gontor.
- Zaki, M. I., Hasan, M. A., Al-Sagheer, F. A., dan Pasupulety, L. 2001. In situ FTIR spectra of pyridine adsorbed on SiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub>, ZrO<sub>2</sub> and CeO<sub>2</sub>: general considerations for the identification of acid sites on surfaces of finely divided metal oxides. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. Vol. 190, No.3 Hal.261-274.
- Zultiniar., Yelmida, A., dan N. Shiqhi. 2017. Impregnasi Logam Cu pada Hidroksiapatit dari Kulit Kerang Darah (*Anadara granosa*). *Jurnal Sains dan Teknologi*. Vol 16, No. 1, Hal. 20-23.

