

**SINTESIS MENTOL DARI SITRANELAL *ONE POT SYSTEM* MENGGUNAKAN  
KATALIS (NI)/BENTONIT DENGAN PREKURSOR KULIT BUAH NAGA**

**Skripsi  
Untuk memenuhi sebagian persyaratan  
Mencapai derajat Sarjana Kimia**



**Oleh:  
Uswatun Khasanah  
20106030007**

**STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA  
PROGRAM STUDI KIMIA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA  
2025**

## HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR



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-338/Un.02/DST/PP.00.9/02/2025

Tugas Akhir dengan judul : SINTESIS MENTOL DARI SITRONELAL ONE POT SYSTEM MENGGUNAKAN KATALIS (NI)/BENTONIT DENGAN PREKURSOR KULIT BUAH NAGA

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : USWATUN KHASANAH  
Nomor Induk Mahasiswa : 20106030007  
Telah diujikan pada : Rabu, 22 Januari 2025  
Nilai ujian Tugas Akhir : A

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

### TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Valid ID: 67aa0735c39f9

Ketua Sidang

Prof. Dr. Susy Yunita Prabawati, M.Si.  
SIGNED



Valid ID: 67ad94e757e34

Penguji I

Retno Aliyatul Fikroh, M.Sc.  
SIGNED



Valid ID: 67b670df15f59

Penguji II

Priyagung Dhemi Widiakongko, M.Sc.  
SIGNED



Valid ID: 67b6c8f10c879

Yogyakarta, 22 Januari 2025

UIN Sunan Kalijaga  
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

Prof. Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si.  
SIGNED

## SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI TUGAS AKHIR



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 : Uswatun Khasanah

NIM : 20106030007

Judul Skripsi : Sintesis Mentol dari Sitronelal *One Pot System* Menggunakan Katalis (Ni)/Bentonit dengan Prekursor Kulit Buah Naga

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, 13 Januari 2025

Pembimbing

Dr. Susy Yunita Prabawati, M.Si.

NIP: 19760621 199903 2 005

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

### SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Uswatun Khasanah  
NIM : 20106030007  
Jurusan : Kimia  
Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul **“Sintesis Mentol dari Sitronelal *One Pot System* Menggunakan Katalis (Ni)/Bentonit dengan Prekursor Kulit Buah Naga”** merupakan hasil penelitian saya sendiri, tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjana 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, 13 Januari 2025



Uswatun Khasanah  
20106030007

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

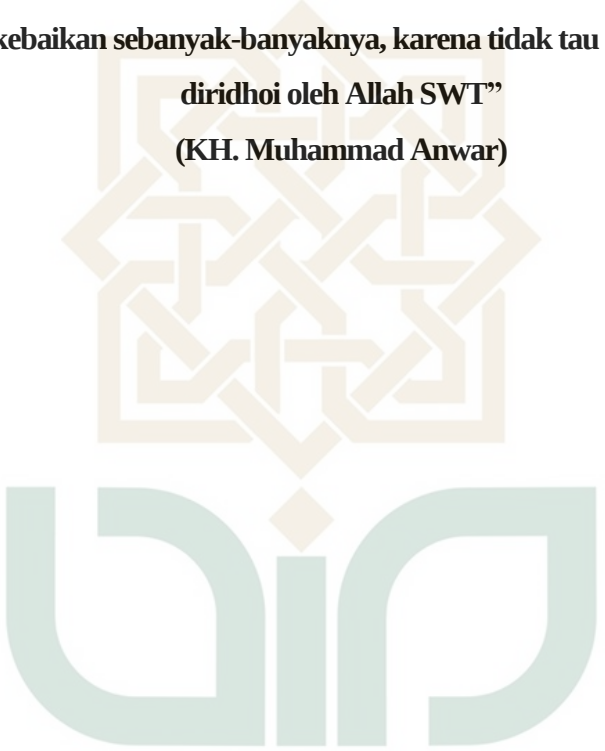
## **HALAMAN MOTTO**

**“Menomorsatukan Allah dan menjadikan orang lain terhormat”**

**(KH. Jalal Suyuti)**

**“Lakukanlah kebaikan sebanyak-banyaknya, karena tidak tau kebaikan mana yang  
diridhoi oleh Allah SWT”**

**(KH. Muhammad Anwar)**



STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
**SUNAN KALIJAGA**  
YOGYAKARTA

**HALAMAN PERSEMBAHAN**

**Almamater Program Studi Kimia UIN Sunan Kalijaga**



## KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

Alhamdulillahirabbil'alamin, segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan rahmat, hidayah, karunia-Nya sehigga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Sintesis Mentol dari Sitronelal *One Pot System* Menggunakan Katalis (Ni)/Bentonit dengan Prekursor Kulit Buah Naga” dengan lancar. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu prasyarat kelulusan mencapai derajat Sarjana Sains (S.Si) pada program studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak akan terselesaikan tanpa bimbingan, dukungan, dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Ibu Prof Dr. Hj. Khurul Wardati, M.Si. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Ibu Prof Dr. Maya Rahmayanti M.Si. selaku Ketua Program Studi Kimia UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
3. Ibu Prof Dr. Susy Yunita Prabawati, M.Si. selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang telah sabar dan ikhlas dalam memberikan bimbingan, saran, nasihat, dan dukungan kepada penulis dari awal hingga selesainya penelitian dan pengerjaan skripsi ini.
4. Bapak/Ibu Dosen Program Studi Kimia dan Staf Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga yang telah memberikan ilmu, pengalaman berharga, dan bantuan administratif selama masa studi.
5. Bapak Indra Nafiyanto, S.Si. selaku Pranata Laboratorium Pendidikan (PLP) Kimia UIN Sunan Kalijaga yang telah memberikan pengarahan dan dukungan selama proses pelaksanaan penelitian.
6. Bapak KH. Muhammad Anwar alm, Ibu Siti Musi'ah, Mas Muhammad Abdul Khalim, Mas Muhammad Abdur Rokhim, S.Pd sebagai keluarga tercinta yang selalu memberikan doa, motivasi, dukungan, dan kasih sayang tanpa batas.
7. Reshinta Ayu dan Yogi Miftahudin selaku teman satu bimbingan, yang telah melewati suka duka bersama, dan saling memberikan semangat dan motivasi.
8. Dzika Fajar Alfian Ramadhani, S.Ikom. yang telah memberikan semangat dan mendengarkan keluh kesah penulis.
9. Keluarga kimia angkatan 2020 yang telah menemani dari awal sampai akhir perkuliahan.
10. Sahabat-sahabatku Siska, Indah, Lathifah, Lala, Sekar, dan Atun yang selalu memberikan semangat, motivasi, dan bantuan selama proses penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun demi perbaikan dan pengembangan penelitian ini di masa mendatang. Semoga skripsi ini dapat

memberikan manfaat bagi pembaca dan dapat menjadi kontribusi bagi perkembangan ilmu pengetahuan khususnya di bidang Kimia.

*Wassalamu'alaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh*

Yogyakarta, 17 Desember 2024

Penulis



## DAFTAR ISI

|                                                              |      |
|--------------------------------------------------------------|------|
| HALAMAN JUDUL.....                                           | i    |
| HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR.....                          | ii   |
| SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI TUGAS AKHIR .....                  | iii  |
| SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....                       | iv   |
| HALAMAN MOTTO .....                                          | v    |
| HALAMAN PERSEMBAHAN .....                                    | vi   |
| KATA PENGANTAR .....                                         | vii  |
| DAFTAR ISI.....                                              | ix   |
| DAFTAR GAMBAR .....                                          | xi   |
| DAFTAR TABEL .....                                           | xii  |
| ABSTRAK .....                                                | xiii |
| ABSTRACT .....                                               | xiv  |
| BAB I PENDAHULUAN.....                                       | 1    |
| A. Latar Belakang .....                                      | 1    |
| B. Batasan Masalah.....                                      | 5    |
| C. Rumusan Masalah .....                                     | 6    |
| D. Tujuan Penelitian.....                                    | 6    |
| E. Manfaat Penelitian.....                                   | 7    |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA, LANDASAN TEORI, DAN HIPOTESIS ..... | 8    |
| A. Tinjauan Pustaka .....                                    | 8    |
| B. Landasan Teori .....                                      | 11   |
| 1. Mentol .....                                              | 11   |
| 2. Sitronelal .....                                          | 14   |
| 3. Reaksi Siklisasi-Hidrogenasi.....                         | 15   |
| 4. Katalis Ni.....                                           | 17   |
| 5. Bentonit .....                                            | 18   |
| 6. One Pot System .....                                      | 20   |

|                                                                                                                                     |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 7. Ekstrak Kulit Buah Naga.....                                                                                                     | 21 |
| 8. Impregnasi.....                                                                                                                  | 21 |
| 9. Karakterisasi Katalis dan Mentol .....                                                                                           | 22 |
| C. Hipotesis .....                                                                                                                  | 25 |
| BAB III METODE PENELITIAN.....                                                                                                      | 28 |
| A. Waktu dan Tempat Penelitian .....                                                                                                | 28 |
| B. Alat dan Bahan .....                                                                                                             | 28 |
| C. Prosedur Kerja.....                                                                                                              | 29 |
| 1.1 Preparasi Ekstrak kulit buah naga .....                                                                                         | 29 |
| 1.2 Preparasi Bentonit Teraktivasi Asam .....                                                                                       | 29 |
| 1.3 Preparasi Katalis Ni/Bentonit Teraktivasi Asam .....                                                                            | 30 |
| 1.4 Reaksi <i>one pot system</i> sitronelal menjadi mentol terkatalis Ni/Bentonit teraktivasi asam pada variasi masa katalis .....  | 31 |
| 1.5 Reaksi <i>one pot system</i> sitronelal menjadi mentol terkatalis Ni/Bentonit teraktivasi asam pada variasi volume pelarut..... | 31 |
| BAB IV PEMBAHASAN.....                                                                                                              | 33 |
| A. Aktivasi Bentonit alam dengan HCl 2 M .....                                                                                      | 33 |
| B. Preparasi Katalis Ni/Bentonit Teraktivasi Asam.....                                                                              | 39 |
| C. Karakterisasi Katalis Ni/Bentonit Teraktivasi Asam .....                                                                         | 41 |
| D. Sintesis <i>One Pot System</i> Mentol dari Sitronelal pada Variasi Masa Katalis.....                                             | 44 |
| E. Sintesis <i>One Pot System</i> Mentol dari Sitronelal pada Variasi Volume Pelarut .....                                          | 50 |
| BAB V KESIMPULAN.....                                                                                                               | 57 |
| A. Kesimpulan.....                                                                                                                  | 57 |
| B. Saran .....                                                                                                                      | 57 |
| DAFTAR PUSTAKA .....                                                                                                                | 59 |
| LAMPIRAN.....                                                                                                                       | 65 |

## DAFTAR GAMBAR

|                                                                                                                                           |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 2. 1 Struktur mentol.....                                                                                                          | 11 |
| Gambar 2. 2 Mekanisme Reaksi isopulegol.....                                                                                              | 13 |
| Gambar 2. 3 Struktur Sitronelal .....                                                                                                     | 14 |
| Gambar 2. 4 Skema reaksi dalam hidrogenasi dan siklisasi sitronelal .....                                                                 | 15 |
| Gambar 2. 5 Reaksi siklisasi sitronelal menjadi isopulegol.....                                                                           | 16 |
| Gambar 2. 6 Bentonit alami .....                                                                                                          | 18 |
| Gambar 4. 1 Spektra FTIR bentonit alam dan bentonit teraktivasi asam .....                                                                | 36 |
| Gambar 4. 2 Difaktrogram bentonit alam dan bentonit teraktivasi asam .....                                                                | 37 |
| Gambar 4. 3 Spektrum FTIR bentonit teraktivasi asam, dan Ni-Bentonit.....                                                                 | 41 |
| Gambar 4. 4 Difaktrogram bentonit teraktivasi asam dan Ni-Bentonit .....                                                                  | 43 |
| Gambar 4. 5 Kromatogram minyak sereh .....                                                                                                | 45 |
| Gambar 4. 6 Spektrum FTIR minyak sereh .....                                                                                              | 47 |
| Gambar 4. 7 Mekanisme reaksi siklisasi dan hidrogenasi sitronelal menjadi mentol                                                          | 48 |
| Gambar 4. 8 Kromatogram hasil reaksi A, reaksi B, dan reaksi C.....                                                                       | 50 |
| Gambar 4. 9 Grafik perbandingan senyawa mentol hasil reaksi.....                                                                          | 51 |
| Gambar 4. 10 Fragmentasi dari mentol.....                                                                                                 | 52 |
| Gambar 4. 11 Spektrum FTIR hasil reaksi B <i>one pot system</i> sitronelal (sitronelal 10 mL, katalis 1 gram, dan isopropanol 90 mL)..... | 54 |

## DAFTAR TABEL

|                                                                                         |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 4. 1 Hasil Uji Identifikasi Senyawa Flavonoid Ekstrak Kulit Buah Naga Merah ..... | 41 |
| Tabel 4. 2 Kandungan Minyak Sereh.....                                                  | 46 |
| Tabel 4. 3 Volume Produk Hasil Variasi Katalis .....                                    | 48 |



**ABSTRAK**  
**Sintesis Mentol dari Sitronelal Menggunakan Katalis (Ni)/Bentonit dengan Prekursor Kulit Buah Naga**  
**Oleh:**  
**Uswatun Khasanah**  
**20106030007**  
**Pembimbing:**  
**Prof Dr. Susy Yunita Prabawati, M.Si.**

Mentol merupakan senyawa organik dengan beragam aplikasi dalam skala industri, terutama pada industri farmasi, kosmetik, dan makanan. Namun, proses produksi mentol yang ada saat ini cukup mahal, sehingga diperlukan alternatif yang lebih ekonomis dan efisien. Sitronelal, salah satu senyawa dominan dalam minyak sereh, memiliki potensi besar sebagai bahan baku mentol melalui metode siklisasi dan hidrogenasi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis produk reaksi dari sintesis *one pot system* sitronelal menjadi mentol, dengan optimasi variasi rasio massa katalis Ni/Bentonit teraktivasi asam dan variasi volume pelarut isopropanol. Pada penelitian ini, katalis Ni-Bentonit dibuat dari bentonit alami melalui penukaran ion untuk membentuk Na-Bentonit, diikuti dengan impregnasi logam Ni (10%) menggunakan prekursor alami, yaitu ekstrak kulit buah naga sebagai agen pereduksi. Kulit buah naga dipilih karena mengandung senyawa aktif seperti flavonoid dan polifenol yang berfungsi sebagai reduktor alami yang ramah lingkungan. Katalis yang dihasilkan kemudian dikarakterisasi menggunakan uji FTIR dan XRD untuk memastikan keberadaan dan struktur aktifnya. Sintesis *one pot system* dilakukan dengan variasi massa katalis (1 g; 1,5 g; dan 2 g) dan variasi volume pelarut isopropanol (60 mL, 90 mL, dan 120 mL). Produk hasil reaksi dianalisis menggunakan FTIR dan GC-MS untuk mengidentifikasi keberadaan dan persentase mentol yang terbentuk. Hasil penelitian menunjukkan bahwa senyawa mentol terbentuk dengan persentase tertinggi sebesar 42,93% pada kondisi terbaik, yaitu dengan rasio reaksi 1:9 (10 mL sitronelal, 1 g katalis Ni-Bentonit, dan 90 mL isopropanol).

**Kata Kunci:** Mentol, Sitronelal, Ni/Bentonit, Kulit Buah Naga

## **ABSTRACT**

### **Menthol Synthesis from Citronellal Using (Ni)/Bentonite Catalyst with Dragon Fruit Peel Precursor**

**By:**

**Uswatun Khasanah**

**20106030007**

**Supervisor:**

**Prof Dr. Susy Yunita Prabawati, M.Si.**

Menthol is an organic compound with various applications on an industrial scale, especially in the pharmaceutical, cosmetic, and food industries. However, the current menthol production process is quite expensive, so a more economical and efficient alternative is needed. Citronellal, one of the dominant compounds in citronella oil, has great potential as a raw material for menthol through cyclization and hydrogenation methods. This study aims to analyze the reaction products of the one pot system synthesis of citronellal into menthol, by optimizing the variation of the mass ratio of acid-activated Ni/Bentonite catalysts and variations in the volume of isopropanol solvents. In this study, the Ni-Bentonite catalyst was made from natural bentonite through ion exchange to form Na-Bentonite, followed by impregnation of Ni metal (10%) using a natural precursor, namely dragon fruit peel extract as a reducing agent. Dragon fruit peel was chosen because it contains active compounds such as flavonoids and polyphenols which function as environmentally friendly natural reductants. The resulting catalyst was then characterized using FTIR and XRD tests to ensure the presence and structure of its active compounds. One pot system synthesis was carried out with variations in catalyst mass (1 g; 1.5 g; and 2 g) and variations in isopropanol solvent volume (60 mL, 90 mL, and 120 mL). The reaction products were analyzed using FTIR and GC-MS to identify the presence and percentage of menthol formed. The results showed that menthol compounds were formed with the highest percentage of 42.93% under the best conditions, namely with a reaction ratio of 1:9 (10 mL of citronellal, 1 g of Ni-Bentonite catalyst, and 90 mL of isopropanol).

**Keywords:** Menthol, Citronellal, Ni/Bentonite, Dragon Fruit Peel

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **A. Latar Belakang**

Perkembangan ilmu kimia dalam beberapa dekade terakhir telah memungkinkan penelitian yang lebih canggih dalam sintesis senyawa organik, dengan fokus pada pengembangan metode sintesis yang efisien, ramah lingkungan, dan dapat diaplikasikan dalam skala industri. Salah satu senyawa organik yang memiliki banyak aplikasi adalah mentol. Mentol mempunyai sifat yang khas pada bau dan memberikan rasa yang dingin dalam tubuh (Kamatao dkk., 2013). Mentol mempunyai banyak pengaplikasian didalamnya, karena mentol mempunyai sifat organoleptik dan aroma yang khas. Contohnya pada pengaplikasian pada industri kosmetik, farmasi dan wewangian (Simakova dkk., 2022). Pada bidang farmasi kegunaan mentol dapat digunakan dalam konsentrasi 0,015-10% dan pada produk kosmetik kegunaan mentol dapat digunakan dalam konsentrasi 0,1-2% (Rowe dkk., 2009). Permintaan yang tinggi terhadap mentol telah mendorong dalam pengembangan cara meningkatkan produksinya (Lothe dkk., 2021).

Mentol dapat diperoleh dengan salah satu pendekatan yaitu melalui sintesis sitronelal, senyawa aldehida yang umumnya ditemukan dalam minyak atsiri tumbuhan, salah satu yang diproduksi di Indonesia adalah berasal dari sereh wangi (*Cymbopogon winterianus*) (Harianingsih, 2018). Metode yang umum dilakukan dalam sintesis mentol dari sitronelal yaitu terdapat dua tahap reaksi terpisah. Tahap pertama melibatkan reaksi siklisasi sitronelal, menghasilkan isopulegol. Tahapan

yang kedua adalah hidrogenasi isopulegol menjadi mentol (Sastrohamidjojo, 2018). Penelitian Iftitah dkk. (2011) melaporkan bahwa, siklisasi sitronelal menjadi isopulegol dilakukan menggunakan katalis  $\text{Ni/ZnBr}_2/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  menghasilkan produk isomer (-)-Isopulegol sebanyak 84,03%. Kemudian hidrogenasi isopulegol menjadi mentol dengan menggunakan katalis  $\text{Ni}/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  menghasilkan mentol sebanyak 89% (Al Anshori dkk., 2009). Masing-masing memerlukan katalis yang berbeda dan memakan waktu cukup lama.

Metode untuk mempermudah proses sintesis, terdapat alternatif rute yang lebih efisien, yaitu menggunakan *one pot system* dengan katalis heterogen. Pada reaksi *one pot system* ini, katalis heterogen terdiri dari pengembanan logam ke dalam material berpori yang memiliki situs asam. Pengembanan katalis logam ke dalam bahan padat berasam, dapat dihasilkan rasio permukaan-volume dan aktivitas katalitik yang tinggi. Pendekatan ini meminimalkan langkah-langkah sintesis dan meningkatkan efisiensi proses secara keseluruhan (Catita dkk., 2020). Pengembangan metode dilakukan melalui pembuatan sistem satu langkah atau *one pot system*, di mana reaksi siklisasi sitronelal dan hidrogenasi isopulegol terjadi secara bersamaan dalam satu kontainer. Metode ini mampu menghasilkan mentol dari sitronelal dengan tingkat hasil yang tinggi, bahkan mencapai 100% mentol dengan menggunakan katalis  $\text{Ni/ZrS}$  (Cortes dkk., 2011). Penelitian yang dilakukan Marhayuni & Widiakongko (2024), berhasil mensintesis mentol dari sitronelal dengan *one pot system* dengan pelarut isopropanol 30 mL dalam 10 mL minyak sereh menggunakan katalis  $\text{Ni/bentonit}$  teraktivasi asamdan menghasilkan mentol sebesar 0,77%. Oleh

karena itu, perlu penelitian lebih lanjut mengenai optimasi sintesis mentol dari sitronelal supaya mendapatkan mentol dalam jumlah yang lebih besar. Isopropanol mampu meningkatkan laju transfer hidrogen dengan memberikan donor transfer -H yang optimal dan menjaga stabilitas pelarut kompleks dalam mekanisme. Peran pelarut sangat signifikan dalam membawa reaktan untuk berinteraksi dengan situs aktif katalis, sehingga membantu dalam menstabilkan bentuk perantara reaktan (Fatimah dkk., 2019).

Pengembangan komponen aktif katalis pada suatu pengembangan dapat meningkatkan selektifitas katalis (Fatimah & Budi, 2017). Material katalis heterogen adalah material katalis yang tersusun lebih dari satu komponen, yaitu komponen yang diembankan (logam, logam oksida dan komponen pengembangan (Trisunaryati, 2018). Dalam penelitian ini menggunakan logam nikel yang diembankan pada bentonit alami. Nikel merupakan logam transisi yang bisa digunakan sebagai katalis, akan tetapi mempunyai kelemahan yang mana memiliki luas permukaan yang relatif kecil dan terjadi penggumpalan selama proses katalitik (Bradford & Vannice, 1996). Mengatasi hal tersebut maka nikel harus diembankan ke arang aktif yang mempunyai kelebihan permukaan yang luas dan memiliki pori. Semakin besar persentase impregnasi nikel maka akan semakin luas permukaannya (Yanti dkk., 2020). Pengembangan campuran logam ke bahan pendukung untuk menghasilkan katalis bimetal dapat dilakukan dengan berbagai metode, salah satunya dengan metode impregnasi (Fatimah & Utami, 2017). Dalam penelitiannya Yanti dkk., (2020), telah terbukti bahwa variasi perlakuan impregnasi adalah 1%, 2%, 3% logam nikel, dari

hasil analisisnya menggambarkan semakin besar persentasenya maka akan semakin luas permukaan dengan luas yang optimal.

Material berpori salah satunya adalah bentonit. Bentonit merupakan tanah liat alami yang mengandung montmorillonit dalam jumlah besar suatu aluminium silikat terhidrasi asli di mana beberapa atom aluminium dan silikon dapat digantikan oleh atom lain seperti magnesium dan besi. Mempunyai fungsi yaitu dapat menjadi adsorben. Bentonit telah diteliti sebagai adsorben logam litium. Yang mana mempunyai konsentrasi 1-2% dalam kegunaan dalam adsorben (Rowe dkk., 2009). Bentonit juga dapat meningkatkan homogenitas dan sifat kedap air, membantu memberikan konsistensi tiksotropik (Todaro dkk., 2023). Meskipun demikian, bentonit alami memiliki kapasitas serap yang terbatas. Peningkatkannya dapat dilakukan aktivasi dengan menggunakan asam kuat. Proses aktivasi ini akan menyebabkan ion hidrogen menyerang lapisan aluminosilikat pada daerah antarlapisan bentonit. Melalui serangan ini, kemungkinan terjadinya perubahan pada struktur, komposisi, sifat kimia, dan fisik lempung.

Pemilihan bahan sumber daya alam yang dapat dimanfaatkan kembali yaitu kulit buah naga, yang sering dihasilkan sebagai limbah dalam industri makanan, memiliki potensi sebagai prekursor untuk sintesis mentol. Sumber hidrogen dalam sintesis *one pot* mentol dapat menggunakan kulit buah naga sebagai bahan alami sebagai alternatif pengganti gas  $H_2$ , karena lebih murah dan lebih ramah lingkungan. Seperti yang telah dilakukan oleh (Rahmawita & Ulianas, 2021). Dalam penelitiannya, nanopartikel  $NiFe_2SO_4$  disintesis menggunakan reduktor ekstrak kulit

buah naga. Faktor-faktor yang mempengaruhi produk yang dihasilkan pada proses sintesis mentol yaitu perbandingan mol reaktan, waktu reaksi, suhu reaksi, pelarut, dan jumlah katalis yang digunakan. Penelitian sintesis mentol dari sitronelal ini telah dilakukan oleh Marhayuni & Widiakongko (2024), akan tetapi masih mendapatkan rendemen mentol yang sedikit. Sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mendapatkan mentol yang optimal.

Berdasarkan latar belakang di atas, optimasi sintesis mentol dari sitronelal pada penelitian ini akan dilakukan dengan variasi rasio katalis nikel (Ni) yang teradsorpsi pada bentonit dan variasi pelarut isopropanol. Penelitian ini juga melibatkan penggunaan kulit buah naga sebagai prekursor. Diharapkan akan didapatkan proses yang lebih sederhana, ekonomis, dan berkelanjutan untuk menghasilkan mentol, yang memiliki aplikasi yang luas dalam industri konsumen. Selain itu, penelitian ini juga memberikan kontribusi pada upaya pemanfaatan limbah pertanian dan agroindustri dalam pengembangan proses kimia yang berkelanjutan.

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

1. Bentonit alam digunakan sebagai material pengemban.
2. Logam yang digunakan adalah nikel (Ni) yang diimbangkan pada bentonit alam menggunakan metode impregnasi menggunakan ekstrak kulit buah naga sebagai prekursor.
3. Analisis karakteristik katalis menggunakan XRD dan analisis karakterisasi mentol menggunakan GC-MS.

4. Katalis Ni/Bentonit teraktivasi asam digunakan dalam reaksi *one pot system* sitronelal menjadi mentol.
5. Pelarut yang digunakan yaitu isopropanol.
6. Optimasi menggunakan variasi rasio masa katalis dan volume pelarut yang digunakan dalam sintesis *one pot system* sitronelal menjadi mentol.

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

1. Bagaimana hasil analisis volume produk reaksi yang dihasilkan dari sintesis *one pot system* dari sitronelal menjadi mentol pada optimasi variasi rasio masa katalis Ni/Bentonit teraktivasi asam?
2. Bagaimana hasil analisis kandungan produk reaksi yang dihasilkan dari sintesis *one pot system* dari sitronelal menjadi mentol pada optimasi variasi volume pelarut isopropanol?

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

1. Menganalisis volume produk reaksi yang dihasilkan dari sintesis *one pot system* dari sitronelal menjadi mentol pada optimasi variasi rasio masa katalis Ni/Bentonit teraktivasi asam.
2. Menganalisis kandungan produk reaksi yang dihasilkan dari sintesis *one pot system* dari sitronelal menjadi mentol pada optimasi variasi volume pelarut isopropanol.

### E. Manfaat Penelitian

1. Penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan rendemen produk yang dihasilkan dari reaksi *one pot system* sitronelal menggunakan katalis Ni/Bentonit teraktivasi asam dengan variasi rasio masa katalis dan volume pelarut isopropanol yang digunakan.
2. Memberikan informasi dalam pengembangan metode sintesis yang ramah lingkungan dengan pendekatan *one pot system*, yang mengurangi jumlah tahap reaksi.
3. Menambahkan nilai guna pemanfaatan kulit buah naga.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN**

#### **A. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis data yang telah dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Hasil analisis volume produk yang dihasilkan dari variasi rasio masa katalis Ni-Bentonit yang digunakan dalam *one pot system* yaitu 10 mL, 9 mL, dan 9 mL, dengan variasi katalis berturut-turut 1 gram; 1,5 gram dan 2 gram.
2. Berdasarkan hasil uji GC-MS sintesis *one pot system* yang telah dilakukan dengan variasi pelarut berhasil dengan kadar mentol yang terkandung adalah 7,35%; 42,93%; 0,13%. Rasio perbandingan reaktan dan pelarut terbaik dalam penelitian *one pot system* ini adalah 1:9, dengan kandungan mentol terbanyak 42,93%.

#### **B. Saran**

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

1. Melakukan optimasi suhu dan waktu yang digunakan dalam proses *one pot system*.
2. Melakukan reaksi *one pot system* mentol dengan menggunakan sitronelal yang lebih murni.

3. Melakukan optimasi massa nikel yang diembankan dalam bentonit teraktivasi asam.
4. Melakukan pengujian GC-MS disetiap variasi yang digunakan dalam *one pot system*.



## DAFTAR PUSTAKA

- Irwan Nugraha, S. (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*, 123-129.
- Achyadi, N. S., Sutrisno, D. A., & Fauziyah, A. (2018). Pengaruh Bahan Pengekstrak Terhadap Karakteristik Ekstrak Senyawa Fungsional dari Kulit Buah Naga Merah (*Hylocereus polyrhizus*). *Pasundan Food Technology*, 23-29.
- Al Anshori, J., Muchalal, & Sutarno. (2009 ). Synthesis Of Menthol From Pulegol Catalyzed By Ni/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> . *Indo. J. Chem*, 1, 89-94.
- Al-Akayleh, F., Ali, H. H., Ghareeb, M. M., & Al-Remawi, M. (2019). Therapeutic deep eutectic system of capric acid and menthol: Characterization and pharmaceutical application. *Journal of Drug Delivery Science and Technology*.
- Anwar, R. N., Sunarto, W., & Kusumastuti, E. (2016). Pemanfaatan Bentonit Teraktivasi Asam Klorida untuk Pengolahan Minyak Goreng Bekas . *Chemical Science*, 190-193.
- apt. Wulandari, M.Sc., Y. M. (2024). *Mentil Sinamat Sebagai Agen Antidiabetes*. Yogyakarta: Deepublish.
- Ardine, E. A. (2019). Sintesis dan Karakterisasi NiO/Zeolit serta Uji Aktivitasnya pada Caltalytic Cracking Crude Biodisel. *Skripsi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta*.
- Arvela, P. M., Kumar, N., Nieminen, V., Sjöholm, R., Salmi, T., & Murzin, D. Y. (2004). Cyclization of citronellal over zeolites and mesoporous materials for production of isopulegol. *Catalysis*, 155-169.
- Bradford, M. C., & Vannice, M. A. (1996). Catalytic reforming of methane with carbon dioxide over nickel catalysts II. Reaction kinetics. *Applied Catalysis A*, 97-122.
- Breck, D. W. (1974). *Zeolite Molecular Sieves: Stucture, Chemistry and Use*. London: John Wiley and Sons.
- Bukit, B. F., & Sirait, S. H. (2020). Karakterisasi Nanokomposit Bentonit dan Kitosan serta Titanium Dioksida Menggunakan FTIR. *Juitech*, 49-53.
- Bunga Fisikanta Bukit, F. E. (2021). Karakterisasi Dan Analisis Bentonit Alam Sebagai Bahan Pengisi Komposit. *Juitech*, 54-62.
- C. Budimarwanti, E. (2018). Sintesis Asam Sitronelat Melalui Reaksi Oksidasi Sitronelat Menggunakan Oksidator Asam Kromat Dengan Katalis Transfer Fasa Tween 20. *Jurnal Kimia Dasar*, 29-36.
- Cahyono, A. H. (2021). Matrix Composition Effect on the Characteristics of Isopulegol Nanofibers Fabrication by Electrospinning Method. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 50-58.

- Catita, L., Jolimaitre, E., Quoineaud, A.-A., Delpoux, O., Pichon, C., & Schweitzer, J.-M. (2020). Mathematical modeling and Magnetic Resonance Imaging experimental study of the impregnation step: A new tool to optimize the preparation of heterogeneous catalysts. *Microporous and Mesoporous Materials*, 1-52.
- Cortes, B. C., Tamayo, G., Santiago, P., & Viveros, G. (2011). One Pot Synthesis of menthol from citronellal on nickel sulfated zirconia catalysts. *Catalysis Today*, 21-26.
- Cortes, C. B., Galvan, V. T., Pedro, S. S., & Garcia, T. V. (2011). One pot synthesis of menthol from ( $\pm$ )-citronellal on nickel sulfated zirconia catalysts. *Catalysis Today*, 21-26.
- Ella Kusumastuti, R. W. (2016). Pemanfaatan Bentonit Teraktivasi Asam Klorida Untuk Pengolahanminyak Goreng Bekas. *ndonesian Journal of Chemical Science*, 190-194.
- Faghihian, H., & Mohammadi, M. H. (2014). Acid activation effect on the catalytic performance of Al-pillared bentonite in alkylation of benzene with olefins. *Applied Clay Science*, 93-94.
- Fahmi Dimas Abdul Aziz, R. U. (2024). Identifikasi Flavonoid Ekstrak Kulit Buah Naga Merah (*Hylocereus Polyrhizus*) Secara Kromatografi Lapis Tipis (Klt) Dengan Pelarut Etanol 96% Dan Metanol 96%. *Jurnal Ilmu Kesehatan*, 30-37.
- Fatimah, F. N., & Budi, & U. (2017). Sintesis dan Analisis Spektra IR, Difatogram XRD, SEM pada Material Katalis Berbahan Ni/Zeolit Alam Teraktivasi dengan Metode Impregnasi. *Journal Cis-Trans*, 35-39.
- Fatimah, I., Rubiyanto, D., Prakoso, N. I., Yahya, A., & Sim, Y. L. (2019). Green conversion of citral and citronellal using tris(bipyridine)ruthenium (II)-supported saponite catalyst under microwave irradiation. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 61-70.
- Fatimah, N. F., & Utami, B. (2017). Sintesis dan Analisis Spektra IR, Difraktogram XRD, SEM pada Material Katalis Berbahan Ni/zeolit Alam Teraktivasi dengan Metode Impregnasi. *Journal Cis-Trans*, 35-39.
- Fessenden, R. J., & Fessenden, J. S. (1982). *Kimia Organik*. Jakarta: Erlangga.
- Foletto, E. L., Volzone, C., & Porto, M. L. (2003). Performance of an Argentinian Acid-activated Bentonite in the Bleaching of Soybean Oil. *Brazilian J.Chem. Eng*, 20.
- Fredina Destyorini, F. D. (2020). Pengaruh Penambahan Katalis Nikel Terhadap Homogenitasfasa Dan Konduktivitas Listrik Karbon Dari Serabut Kelapa. *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia (IFI)* , 119-124.
- Ginting, S. O., Tarigan, D., & Hindryawati, N. (2017). Impregnasi Natrium Hidroksida pada Karbon Aktif Cangkang Jengkol sebagai Katalis dalam Pembuatan Biodiesel. *Prosiding Seminar Nasional Kimia*, 143-147.

- Harianingsih. (2018). Optimasi Proses Sintesis Sitronelal Dari Sereh Wangi (*Cymbopogon winterianus*) Dengan Bantuan Gelombang Mikro Menggunakan Pelarut Metanol Dan N-Heksan. *Eksergi*.
- Harnani, E. D., Da'i, M., & Munawaroh, R. (2010). Perbandingan Kadar Eugenol Minyak Atsiri Bunga Cengkeh (*Syzygium aromaticum* (L.) Meer. & Perry) Dari Maluku, Sumatera, Sulawesi, dan Jawa Dengan Metode GC-MS. *Jurnal Farmasi Indonesia*, 25-32.
- Harsini, B. d. (1996). Karakterisasi Bentonit Pacitan. *Jurnal Karya Tulis Ilmiah*, 43-48.
- Iftitah, D., Armunanto, R., Trisunaryati, W., & Psaro, R. (2011). One Pot Transformation of Citronellal to Menthol over Ni/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. *Journal of Applied Sciences Research*, 680-689.
- Iftitah, E. D., Sastrohamidjojo, H., & Muchalal, M. (2004). Study of Catalytic Cyclisation of (+)-Citronellal with Zn/ $\gamma$ -Alumina as Catalyst. *Chemistry*, 192-196.
- Indah Purnamasari, N. M. (2023). Pembuatan Katalis CaO/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Bentuk Kristal dengan Metode Impregnasi Pada Reaksi Transesterifikasi Minyak Kelapa Sawit. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 23070-23075.
- Indri, B. A. (2015). Konversi (-) Citronellal dan Derivatnya ke (-)- Menthol Menggunakan Bifunctional Katalis Nikel Zeolit . *Industri Biopropal*, 6(1), 1-6.
- Iqmal Tahir, R. K. (2018). Material CuO/Bentonit Sebagai Bahan Antibakteri Escherichia Coli. *Berkala MIPA*, 216-223.
- Kamatou, G. P., Vermaak, I., Viljoen, A. M., & Lawrence, B. M. (2013). Menthol: A simple monoterpene with remarkable biological properties. *Phytochemistry*.
- Kusumastuti, A. (2011). Pengenalan Pola Gelombang Khas dengan Interpolasi. *Jurnal Matematika Murni dan Aplikasi*, 7-12.
- Linda Suyati, D. R. (2020). Sintesis Katalis Ni/Zeolit Dan Aplikasinya Pada Pirolisis Limbah Serabut Batang Sagu. *Open Journal Systems*, 3267-3274.
- Lothe, N. B., Mazeed, A., Pandey, J., & Patairiya, W. (2021). Maximizing Yields and Economics by Supplementing Additional Nutrients for Commercially Grown Menthol Mint (*Mentha arvensis* L.) Cultivars. *Industrial Crops & Products*, 2-8.
- Lubis, S. (2007). Preparasi Bentonit Terpillar Alumina dari Bentonit Alam dan Pemanfaatannya sebagai Katalis pada Reaksi Dehidrasi Etanol, 1-Propanol serta 2-Propanol . *Rekayasa Kimia dan Lingkungan*, 77-81.
- Lumy, F. S., Solang, S. D., & Dompas, R. (2022). Effective Papermint Oil on Pregnant Mother Pruritus. *Poltekes*, 209-217.
- Mahmudi, W., Massinai, M. A., & Tahir, D. (2012). Analisis Pola Penyebaran Unsur Logam Batuan di Aliran Sungai Jeneberang Hilir Menggunakan Metode XRF (X-Ray Fluorescence) - XRD (X-Ray Diffraction). *Hassanuddin University Repository*.

- Margareta, M. A., & Wonorahardjo, S. (2023). Optimasi Metode Penetapan Senyawa Eugenol dalam Minyak Cengkeh Menggunakan Gas Chromatography – Mass Spectrum dengan Variasi Suhu Injeksi. *Jurnal Sains dan Edukasi Sains*, 95-103.
- Morina, D. T. (2009). Aktivitas Katalis Ni/Zeolit pada Konversi Katalitik Metil Ester Minyak Goreng Jelantah (Mewco) pada Temperatur 450OC Menjadi Senyawa Fraksi Bahan Bakar. *LEMBARAN PUBLIKASI LEMIGAS*, 65-74.
- Muhaini, S. S. (2014). Sintesis dan Karakterisasi Nanokristal Tembaga dari Terusi dengan Variasi Reduktor Melalui Metoda Reduksi Kimia. *Jurnal Kimia Unand*, 12-17.
- Muhammad Ridwan, M. A. (2024). Studi pengaruh waktu dan suhu recoverylimbah katalis nikel terpakai (spent catalyst) pasca proses hidrogenasi RBDPO dengan metode kalsinasi. *Journal of Innovation Materials, Energy, and Sustainable Engineering*, 140-161.
- Muhammad Sa'ad, M. A. (2024). Pengujian Kadar Senyawa Flavonoid Ekstrak Terpurifikasi Kulit Buah Naga Merah (*Hylocereus Polyrhizus*) Menggunakan Spektrofotometri Uv-Vis. *Pharmacy Medical Journal*, 34-40.
- Mustikowati. (2013). Transformasi Sitronelal Menjadi Sitronelol dengan Menggunakan Reduktor NaBH<sub>4</sub> dan Hidrogenasi Terkatalis Ni/Zeolit Beta. *Skripsi*, 50-68.
- Nurhayati Rohimah, I. (2016). Kinerja Organoclay Bentonit Terinterkalasi Poli-DADMAC sebagai Flokulan Limbah Cair Tahu. *Jurnal Kimia VALENSI: Jurnal Penelitian dan Pengembangan Ilmu Kimia*, 130-135.
- Nuryanti, Wijayanti, R., & Masdikoh. (2019). Produksi Isopulegol dengan Siklisasi Citronellal Menggunakan Katalis Heterogen ZnBr<sub>2</sub>/SiO<sub>2</sub> untuk Aplikasi Green Medicine. *Jurnal Sains Farmasi & Klinis*, 6(2), 85-94.
- Pardoyo, Listiana, & Darmawan, A. (2009). Pengaruh Pelakuan HCL Pada Kristalinitas dan Kemampuan Adsorpsi Zeolit Alam Terhadap Ion Ca<sup>2+</sup>. *Jurnal Sains dan Matematika*, 100-104.
- Putri, E. S., Herawati, N., Fudhail, A., & Rauf, R. (2019). Pengaruh PVA Terhadap Kestabilan Nanopartikel Tembaga Dari CuSO<sub>4</sub> Menggunakan Bioreduktor Kulit Buah Naga Merah (*Hylocereus costaricensis*). *Journal Cis-Trans*, IV(12), 296-298.
- Rahmawati, S., & Ulianas, A. (2021). Sintesis dan Karakterisasi Magnetic Nanopartikel NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> Menggunakan Ekstrak Kulit Buah Naga (*Hylocereus polyrhizus*). *Periodic*, 1-6.
- Rahmawita, S., & Ulianas, A. (2021). Sintesis dan Karakterisasi Magnetic Nanopartikel NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> Menggunakan Ekstrak Kulit Buah Naga (*Hylocereus Polyrhizus*). *Chemistry*, 1-5.
- Rosmala Rauf, S. N., & Achmad Fudhail. (n.d.). Pengaruh PVA terhadap kestabilan nanopartikel tembaga dari CuSO<sub>4</sub> menggunakan bioreduktor kulit buah naga merah (*Hylocereus costaricensis*). *PROSIDING SEMINAR NASIONAL LEMBAGA PENELITIAN UNIVERSITAS NEGERI MAKASSAR*, 296-298.

- Rowe, R. C., Sheskey, P. J., & Quinn, M. E. (2009). *Handbook of Pharmaceutical Excipients*. London: Pharmaceutical Press and American Pharmacists Association.
- Rubiyanto, Dwiarto, & Sastrohamidjojo, H. (2006). Sintesis Isopolegul dan Isopolegol Epoksida dari Minyak Sereh Wangi Perdagangan dengan Katalis  $ZrO_2$ -Bentonit dalam Satu Tahapan Proses. Yogyakarta: UGM.
- Ruwindya, Y. (2020). Validasi Metode Penentuan Sitronelal dalam Minyak Sereh Wangi secara Kromatografi Gas. *Analisis Kimia*.
- Sarifah Nurjanah, L. A. (2019). Pengaruh Perbandingan Volume Pelarut pada Kristalisasi Patcholi Alkohol dari Minyak Nilam (*Pogostemon cablin* Benth) dengan Metode Cooling Crystallization. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem*, 239-248.
- Sastrohamidjojo, H. (2018). *Kimia Minyak Atsiri*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Simakova, I., Arvela, P. M., Klimov, M. M., Muller, J., Vajglova, Z., Peurla, M., et al. (2022). Continuous synthesis of menthol from citronellal and citral over Ni-beta-zeolite-sepiolite composite catalyst. *Applied Catalysis A*.
- Smallman, R., & Bishop, R. (1999). *Modern Physical Metallurgy and Materials Engineering*. Jakarta: Erlangga.
- Sopan, C. B., Galvan, V. S., Peter, J. S., & Garcia, T. N. (2011). Sintesis Mentol Satu Pot dari ( $\pm$ )-sitronelal pada katalis nikel sulfat zirkonia. *Katalisis*, 21-26.
- Sulaswatty, A., Meika, S., Haznan, A., & Silvester, T. (2019). *Quo Vadis Minyak Serai dan Produk Turunannya*. Jakarta: LIPI Press.
- Sulistiyarini, I., Sari, D. A., & Wicaksono, T. A. (2020). Skrining Fitokimia Senyawa Metabolit Sekunder Batang Buah Naga (*Hylocereus polyrhizus*). *Jurnal Ilmiah Cendekia Eksakta*, 56-62.
- Sun Zhanxue, L. M. (2011). FT-IR and XRD analysis of natural Na-bentonite and Cu(II)-loaded Na-bentonite. *Spectrochimica Acta*, 1013-1016.
- Syuhada, Wijaya, R., Jayatin, & Rohman, S. (2009). Modifikasi Bentonit (Clay) menjadi Organoclay dengan Penambahan Surfaktan. *Nanosains & Nanoteknologi*, 48-51.
- T.S. Anirudhan, D. B. (2006). Adsorption performance of Al-pillared bentonite clay for the removal of cobalt(II) from aqueous phase. *Applied Clay Science*, 194-206.
- Titin Anita Zaharah, R. A. (2015). Uji Fotostabilitas Pigmen Bixin Termobilisasi Bentonit Teraktivasi HCl. *JKK*, 29-34.
- Tjiang, D., Aritonang, H. F., & Harry, K. (2019). Sintesis Nanopartikel Ag/CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> Menggunakan Ekstrak Daun Binahong (*Anredera cordifolia* (Ten) Steenis) dan Aplikasinya Sebagai Fotokatalis untuk Mendegradasi Zat Warna Methylene Blue. *Chem Prog*, 59-65.
- Tjiang, D., Aritonang, H. F., & Harry, K. (2019). Sintesis Nanopartikel Ag/CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> Menggunakan Ekstrak Daun Binahong (*Anredera cordifolia* (Ten) Steenis)

- dan Aplikasinya Sebagai Fotokatalis untuk Mendegradasi Zat Warna Methylene Blue. *Chem Prog*, 59-66.
- Todaro, C., Zanti, D., Carigi, A., & Peila, D. (2023). The role of bentonite in two-component grout: A comparative study. *Tunnelling and Underground Space Technology*.
- Trisunaryati, W. (2018). *Material Katalis dan Karakterisasinya*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Trisunaryati, W. (2018). *Material Katalis dan Karakternya*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Yanti, R. N., Hambali, E., Pari, G., & Suryani, A. (2020). Karakteristik Arang Aktif Tandan Kosong Kelapa Sawit yang Diimpregnasi Logam Nikel Sebagai Katalis. *Penelitian Hasil Hutan*, 130-135.
- Yanuar Hamzah, R. (2020). Sintesis Dan Karakterisasi Npp Perak (Ag-Nps) Menggunakan Ekstrak Kulit Buah Naga Sebagai Bioreduktor. *Komunikasi Fisika Indonesia*, 19-143.
- Yuni Marhayuni, P. D. (2024). Preparation of Ni/Bentonite Acid-Activated using Dragon Fruit Peel Extract (*Hylocereus polyrhizus*) As a Reductor for One Pot Synthesis of Menthol. *Biology, Medicine, & Natural Product Chemistry*, 523-530.

