

Sintesis Mentol dari Sitronelal Isolat Minyak Sereh dengan Metode *One-Pot System* Berpelarut Isopropanol Menggunakan Katalis Ni/Bentonit yang Direduksi Ekstrak Kulit Buah Naga: Pengaruh Waktu Reaksi dan Jumlah Reaktan

SKRIPSI

Untuk memenuhi sebagian persyaratan mencapai derajat Sarjana Kimia



Oleh

Reshinta Ayu Herawati

20106030047

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

PROGRAM STUDI KIMIA

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA

YOGYAKARTA

2025

HALAMAN JUDUL

Sintesis Mentol dari Sitronelal Isolat Minyak Sereh dengan Metode *One-Pot System* Berpelarut Isopropanol Menggunakan Katalis Ni/Bentonit yang Direduksi Ekstrak Kulit Buah Naga: Pengaruh Waktu Reaksi dan Jumlah Reaktan

SKRIPSI

Untuk memenuhi sebagian persyaratan mencapai derajat Sarjana Kimia



Oleh

Reshinta Ayu Herawati
20106030047

PROGRAM STUDI KIMIA

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA

YOGYAKARTA

2025

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

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-513/Un.02/DST/PP.00.9/04/2025

Tugas Akhir dengan judul : Sintesis Mentol dari Sitronelal Isolat Minyak Sereh dengan Metode One-Pot System Berpelarut Isopropanol Menggunakan Katalis Ni/Bentonit yang Direduksi Ekstrak Kulit Buah Naga: Pengaruh Waktu Reaksi dan Jumlah Reaktan

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : RESHINTA AYU HERAWATI
Nomor Induk Mahasiswa : 20106030047
Telah diujikan pada : Senin, 10 Maret 2025
Nilai ujian Tugas Akhir : A-

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

TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketua Sidang

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

Valid ID: 677254439532



Penguji I

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

Valid ID: 67ce899148373



Penguji II

Priyagung Dhemi Widiakongko, M.Sc.
SIGNED

Valid ID: 67db8b6cedde



Yogyakarta, 10 Maret 2025

UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
Prof. Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si.
SIGNED

Valid ID: 67756f5e88e8

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Reshinta Ayu Herawati
NIM : 20106030047
Jurusan : Kimia
Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul **“Sintesis Mentol dari Sitronelal Isolat Minyak Sereh dengan Metode *One-Pot System* Berpelarut Isopropanol Menggunakan Katalis Ni/Bentonit yang Direduksi Ekstrak Kulit Buah Naga: Pengaruh Waktu Reaksi dan Jumlah Reaktan”** 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, 11 April 2025



Reshinta Ayu Herawati
NIM. 20106030047

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

HALAMAN PERSETUJUAN 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 : Reshinta Ayu Herawati
NIM : 20106030047
Judul Skripsi : Sintesis Mentol dari Sitronelal Isolat Minyak Sereh dengan Metode *One-Pot System*
Berpelarut Isopropanol Menggunakan Katalis Ni/Bentonit yang Direduksi Ekstrak Kulit Buah Naga: Pengaruh Waktu Reaksi dan Jumlah Reaktan

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

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 28 Februari 2024
Pembimbing

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

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

MOTTO

|| ລູກນໍ້າແລະເຫລັກທາງ ໃນໄປໃຈກັບນາລາທໍ້ ||

"Sura Dira Jayaningrat, Lebur Dening Pangastuti"

"Segala kebencian, keangkuhan, dan keras hati akan dikalahkan oleh kelembutan, kebijaksanaan, dan kesabaran."

-Raden Ngabehi Ranggawarsita dalam Serat Witaradya-

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

HALAMAN PERSEMBAHAN

*Dengan segala rasa syukur dan cinta yang tak terucap,
karya ini kupersembahkan untuk:*

Almamater tercinta, UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

*Tempat di mana aku belajar bukan hanya memahami ilmu,
tapi juga mengenal diriku sendiri.*

*Di antara buku, ruang, dan waktu—kau tempa langkahku
menjadi lebih matang, lebih berani.*

*Semoga tulisan ini menjadi jejak kecil
dari rasa terima kasih yang besar*

*untuk rumah ilmu yang akan selalu kuingat
dengan penuh bangga.*

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Puji syukur kita panjatkan kehadirat Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat, hidayah, serta karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Shalawat serta salam senantiasa tercurah kepada junjungan kita, Nabi Muhammad SAW, yang telah membawa kita dari zaman kegelapan menuju zaman yang penuh dengan cahaya ilmu pengetahuan. Semoga kita selalu mendapatkan syafaat beliau di hari akhir nanti.

Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta. Dalam penyusunan skripsi ini, penulis banyak menerima bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Dr. 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 Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
3. Ibu Prof. Dr. Susy Yunita Prabawati, M.Si. selaku dosen pembimbing utama yang dengan sabar memberikan bimbingan, arahan, serta dorongan selama penelitian dan penyusunan skripsi ini.
4. Seluruh PLP Laboratorium Kimia Terpadu UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta, terutama Bapak A. Wijayanto, S.Si., Bapak Indra Naviyanto, S.Si., dan Ibu Isni Gustanti, S.Si., yang telah membantu dalam melaksanakan penelitian.
5. Bapak Aris, Ibu Rahayu, Ibu Sunarsih, Adik Satria, Adik Ahza, dan Adik Rajendra dan segenap keluarga yang selalu memberikan motivasi, doa, dan semangat tanpa henti kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi.
6. Mbak Yuni Marhayuni, S.Si., yang telah memberikan arahan, semangat, serta cerita dan pengalaman yang dibagikan sepanjang proses penelitian dan penyusunan skripsi.
7. Siska Wulandari, Lathifatunnisa, Nuzila Rif'atul Himah, Muhammad Sapto Wahyudi, Muhammad Mashuri Latief, Wahyu Rhamadoni, dan Salma Mar'ah Shalilah selaku sahabat yang selalu memberikan dukungan dan membantu penulis baik secara langsung maupun tidak langsung selama penelitian dan penyusunan skripsi.
8. Sekar Dian Rahmawati dan Muhammad Rifkhi Al-Haq selaku sahabat tercinta yang dengan tulus menghadirkan semangat, kebersamaan, dan dukungan di setiap langkah sehingga setiap momen dalam perjalanan ini lebih bermakna.

9. Uswatun Khasanah selaku teman satu perjuangan yang kebersamaian selama penelitian di Laboratorium dan Yogi Miftahudin serta Zaenul Haq selaku teman satu bimbingan.
10. Nurul Hikmah Suraswati dan Teti Wulandari selaku adik tingkat yang telah memberikan dukungan dan doa baik selama penelitian hingga penyusunan skripsi.
11. Seluruh pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu atas bantuan dan dukungannya dalam penelitian hingga penyusunan tugas akhir.

Penulis memahami bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, segala bentuk kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan. Semoga skripsi ini tidak hanya menjadi bagian dari syarat akademik, tetapi juga dapat memberikan kontribusi bagi perkembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang kimia.

Yogyakarta, 27 Februari 2025

Penulis

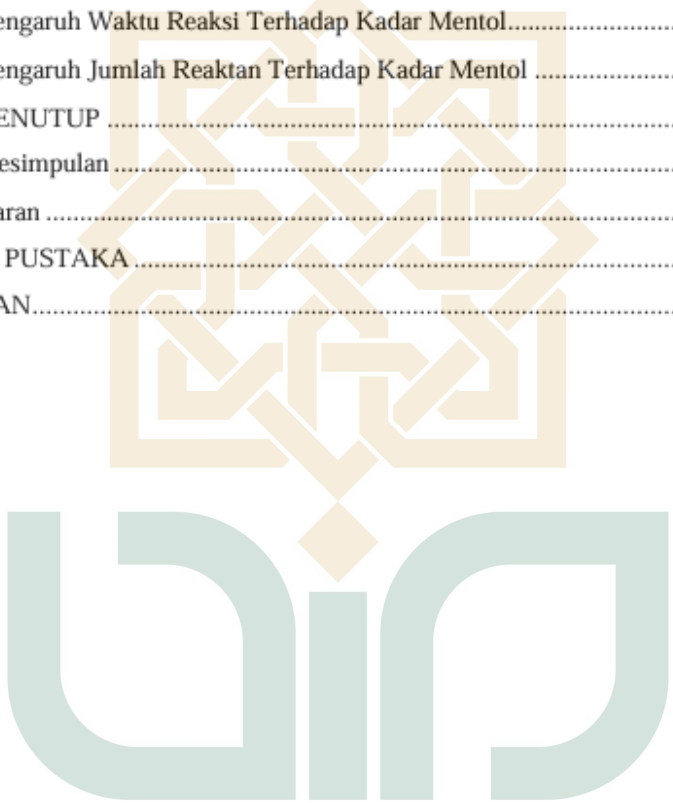


STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	iii
HALAMAN PERSETUJUAN TUGAS AKHIR.....	iv
MOTTO	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
ABSTRAK.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Batasan Masalah	5
C. Rumusan Masalah.....	6
D. Tujuan Penelitian	6
E. Manfaat Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	7
A. Tinjauan Pustaka.....	7
B. Landasan Teori	12
1. Struktur dan Sifat Kimia Sitronelal serta Mentol	12
2. Metode <i>One-pot System</i>	14
3. Reaksi Siklisasi dan Hidrogenasi dalam Sintesis Sitronelal menjadi Mentol .	15
4. Isopropanol sebagai Pelarut dan Sumber Hidrogen.....	18
5. Waktu Reaksi dan Jumlah Reaktan	19
6. Preparasi Katalis Ni/Bentonit Teraktivasi Asam.....	20
7. Ekstrak Kulit Buah Naga	24
8. <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD)	25
9. <i>Fourier Transformation-InfraRed</i> (FTIR)	25
10. <i>Gas Chromatography and Mass Spectroscopy</i> (GC-MS).....	25
C. Kerangka Berpikir dan Hipotesis Penelitian.....	26
BAB III METODE PENELITIAN	29

A. Waktu dan Tempat Penelitian	29
B. Alat-alat Penelitian.....	29
C. Bahan Penelitian	29
D. Prosedur Kerja Penelitian	29
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	32
A. Karakterisasi Katalis Ni/Bentonit	32
B. Karakterisasi Hasil Reaksi Sintesis Mentol <i>One-pot System</i>	34
C. Pengaruh Waktu Reaksi Terhadap Kadar Mentol.....	42
D. Pengaruh Jumlah Reaktan Terhadap Kadar Mentol	45
BAB V PENUTUP	48
A. Kesimpulan	48
B. Saran	48
DAFTAR PUSTAKA	50
LAMPIRAN.....	56



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Kondisi Variasi Reaksi Sintesis Mentol.....	31
Tabel 4.1 Komponen GC-MS Sitronelal.....	36
Tabel 4.2 Hasil Reaksi Sintesis Mentol	40
Tabel 4.3 Hasil Rendemen Mentol berdasarkan Waktu Reaksi.....	43
Tabel 4.4 Hasil Rendemen Mentol berdasarkan Jumlah Reaktan.....	46



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sitronelal	13
Gambar 2.2 Mentol	14
Gambar 2.3 <i>One-pot system</i> Sintesis Mentol	14
Gambar 2.4 Reaksi Siklisasi Sitronelal.....	16
Gambar 2.5 Reaksi Hidrogenasi Isopulegol	17
Gambar 2.6 Reaksi Oksidasi Isopropanol.....	19
Gambar 2.7 Struktur Bentonit.....	22
Gambar 4.1 FTIR Bentonit Alam, Bentonit Teraktivasi Asam, dan Ni/Bentonit.....	32
Gambar 4.2 XRD Bentonit Alam, Bentonit Teraktivasi Asam, dan Ni/Bentonit	33
Gambar 4.3 FTIR Sitronelal.....	35
Gambar 4.4 GC-MS Sitronelal.....	36
Gambar 4.5 FTIR Perbandingan Hasil Reaksi dengan Sitronelal.....	37
Gambar 4.6 Kromatogram Hasil Reaksi Sampel A	38
Gambar 4.7 Kromatogram Hasil Reaksi Sampel B	39
Gambar 4.8 Kromatogram Hasil Reaksi Sampel C	39
Gambar 4.9 Kromatogram Hasil Reaksi Sampel D	39
Gambar 4.10 Spektrum Massa Mentol	40
Gambar 4.11 Pola Fragmentasi Mentol	41
Gambar 4.12 FTIR Perbandingan Waktu Reaksi.....	42
Gambar 4.13 Pengaruh Waktu Reaksi terhadap Rendemen Mentol.....	43
Gambar 4.14 FTIR Perbandingan Jumlah Reaktan.....	45
Gambar 4.15 Pengaruh Jumlah Reaktan terhadap Rendemen Mentol.....	46

ABSTRAK

Sintesis Mentol dari Sitronelal Isolat Minyak Sereh melalui *One-Pot System* Berpelarut Isopropanol dengan Katalis Ni/Bentonit yang Direduksi Ekstrak Kulit Buah Naga: Pengaruh Waktu Reaksi dan Jumlah Reaktan

Oleh:

Reshinta Ayu Herawati

NIM. 20106030047

Pembimbing:

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

NIP. 19760621 199903 2 005

Sintesis mentol dari sitronelal isolat minyak sereh telah dilakukan menggunakan metode *one-pot system* untuk meningkatkan efisiensi proses. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh jumlah sitronelal (20 mL dan 30 mL) serta waktu reaksi (5 jam dan 6 jam) terhadap rendemen mentol.

Reaksi dilakukan dalam sistem refluks pada suhu 80°C dengan pelarut isopropanol dan katalis Ni/bentonit yang telah teraktivasi asam serta direduksi menggunakan ekstrak kulit buah naga. Karakterisasi produk dilakukan dengan *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) dan *Gas Chromatography-Mass Spectrometry* (GC-MS) untuk mengonfirmasi keberadaan mentol.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa rendemen mentol meningkat seiring bertambahnya waktu reaksi, dengan hasil optimal sebesar 21,94% pada jumlah sitronelal 20 mL dan waktu reaksi 6 jam. Namun, peningkatan jumlah sitronelal menjadi 30 mL tidak memberikan peningkatan signifikan dalam rendemen. Dengan optimasi lebih lanjut, metode ini berpotensi diterapkan dalam sintesis mentol secara lebih efisien.

Kata Kunci: sintesis mentol, *one-pot system*, sitronelal, isopropanol, refluks, katalis Ni/bentonit, GC-MS, FTIR.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

ABSTRACT

The Synthesis of Menthol from Citronellal Isolated from Lemongrass Oil through an Isopropanol-Solubilized One-Pot System with Ni/Bentonite Catalyst Reduced by Dragon Fruit Peel Extract: Effect of Reaction Time and Reactant Amount

By:

Reshinta Ayu Herawati

NIM. 20106030047

Adviser:

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

NIP. 19760621 199903 2 005

The synthesis of menthol from citronellal of lemongrass oil isolate has been carried out using a one-pot system method in order to improve the efficiency of the process. This study aims to investigate the effect of amount of citronellal (20 mL and 30 mL) and reaction time (5 hours and 6 hours) on menthol yield.

Reaction was conducted in a reflux system at 80°C with isopropanol solvent and acid activated Ni/bentonite catalyst and reduced with dragonfruit peel extract. The product was characterized by Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) and gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS). The presence of menthol was confirmed.

The results showed that menthol yield increased with increasing reaction time, with an optimum yield of 21.94% at 20 mL citronellal and 6 hours reaction time. However, increasing the amount of citronellal to 30 mL did not result in a significant increase in yield. With further optimization, this method could potentially be used more efficiently in the synthesis of menthol.

Keywords: menthol synthesis, one-pot system, citronellal, isopropanol, reflux, Ni/bentonite catalyst, GC-MS, FTIR.

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Minyak sereh merupakan minyak atsiri yang didapatkan dari daun tanaman sereh (*Cymbopogon winterianus*). Tiga komponen utama penyusun minyak sereh yaitu senyawa sitronelal, sitronelol, dan geraniol (Burdock, 2016). Sitronelal merupakan salah satu komponen utama dari minyak sereh. yang memiliki tergolong senyawa aldehida. Senyawa sitronelal murni berwujud cairan dengan aroma yang menyegarkan, seperti balsam *mint*. Sitronelal dapat dinaikan nilai ekonominya dengan cara dikonversi menjadi senyawa lain seperti isopulegol. Isopulegol merupakan suatu senyawa yang digunakan dalam industri pembuatan mentol ($C_{10}H_{20}O$) yang mempunyai karakter bau dan rasa sejuk. Konversi sitronelal menjadi senyawa isopulegol yang pernah dilakukan salah satunya melalui reaksi siklisasi (Imachi et al., 2007).

Menurut Sastrohamidjojo (2017) sitronelal dapat dikonversikan menjadi isopulegol karena adanya pengaruh asam dan apabila dihidrogenasi akan diperoleh mentol. Mentol merupakan senyawa organik alami yang termasuk dalam kelompok monoterpen, senyawa yang mudah menguap (volatil), dan memiliki aroma serta rasa khas. Mentol banyak dimanfaatkan sebagai bahan pemberi aroma dan rasa pada berbagai produk komersial, seperti kosmetik, obat-obatan, pewangi, dan makanan (Kamatou et al., 2013).

Saat ini, mentol alami diperoleh dari ekstraksi minyak esensial tanaman *peppermint*, yang mana prosesnya terbilang rumit dan mahal (Kazemi et al., 2023). Ketika mentol alami menjadi langka, bahan sintetis akan memiliki harga yang tinggi dan proses produksi yang sebelumnya kurang efisien secara ekonomi menjadi menarik untuk dipertimbangkan (Pybus & Sell, 1999). Saat ini permintaan mentol yang tinggi juga tidak diimbangi dengan ketersediaan mentol alami yang memadai. Hal tersebut menunjukkan bahwa terdapat kesenjangan antara kebutuhan dan pasokan mentol di alam (Lothe et al., 2021). Oleh karena konsumsi dan kebutuhan dunia yang sangat besar akan mentol, isolasi saja tidak cukup sehingga teknologi sintesis atau konversi dari bahan alam (I. Fatimah et al., 2013). Sehingga adapun upaya yang dilakukan yaitu

mensintesis mentol dari sitronelal yang berasal dari bahan baku yang diperoleh (Virtanen et al., 2009).

Sintesis mentol secara sintesis dapat dilakukan melalui berbagai metode, salah satunya adalah proses satu tahap (*one-pot synthesis*) yang melibatkan hidrogenasi dan siklisasi dari prekursor seperti sitronelal (Simakova et al., 2022). Metode untuk mempermudah proses sintesis, terdapat alternatif rute yang lebih efisien, yaitu menggunakan *one-pot system* dengan katalis heterogen (Negoi et al., 2010). Pendekatan *one-pot system* dalam penelitian ini melibatkan pencampuran semua bahan reaktan dalam satu wadah. Keuntungan utama metode ini adalah peningkatan efisiensi dan kemudahan, karena prosesnya berlangsung dalam satu tahap. Hal ini menghemat waktu, energi, dan bahan kimia, menjadikannya alternatif yang lebih ramah lingkungan dan ekonomis. Metode tersebut terbukti efektif dalam menghasilkan mentol dari sitronelal dengan tingkat hasil yang tinggi (Cortés et al., 2011).

Menurut Sastrohamidjojo (2017), sintesis mentol dari sitronelal umumnya dilakukan melalui dua tahap reaksi. Pada tahap pertama, sitronelal mengalami siklisasi untuk menghasilkan isopulegol. Tahap kedua kemudian dilanjutkan dengan hidrogenasi isopulegol menjadi mentol. Penelitian Marhayuni (2023), juga menyatakan hal yang sama dengan melakukan sintesis mentol dari sitonelal melalui dua tahap reaksi dalam satu wadah (*one pot system*). Tahap pertama yaitu siklisasi sitronelal menjadi isopulegol, kemudian dilanjutkan hidrogenasi isopulegol menjadi mentol.

Reaksi *one-pot* menggunakan katalis heterogen berbasis logam telah menjadi strategi yang banyak dikembangkan untuk meningkatkan efisiensi dan mengurangi limbah dalam sintesis senyawa organik kompleks. Sintesis mentol dari sitronelal telah banyak diteliti menggunakan katalis berbasis logam transisi seperti Ni dan Co, serta logam mulia yang didukung seperti Pt dan Pd (Simakova et al., 2022). Studi sebelumnya menunjukkan bahwa katalis berbasis Ni, Pd, dan Pt mampu menggabungkan beberapa tahap reaksi dalam satu sistem, meningkatkan efisiensi atom, dan mengurangi langkah pemurnian produk antara (Romanazzi et al., 2021). Di antara katalis tersebut, Ni menjadi pilihan menarik karena ketersediaannya yang melimpah, biaya yang lebih rendah

dibandingkan logam mulia, serta aktivitasnya yang baik dalam reaksi hidrogenasi selektif, termasuk konversi sitronelal menjadi mentol. Katalis berbahan dasar nikel banyak digunakan dalam berbagai reaksi hidrogenasi karena aktivitas katalitiknya yang tinggi dan biayanya yang rendah (Chen et al., 2020). Logam Ni memiliki orbital d yang belum penuh sehingga efektif menerima pasangan elektron dari reaktan, tetapi luas permukaannya kecil dan mudah teraglomerasi. Akibatnya, kontak antara pusat aktif logam dan reaktan berkurang, menurunkan efektivitas reaksi (Trisunaryati, 2018; Utami, 2019). Untuk mengatasi hal ini, Ni perlu terdispersi dalam material berpori guna meningkatkan kinerja katalis.

Salah satu material yang banyak digunakan adalah bentonit, mineral lempung berpori dengan keasaman permukaan serta kemampuan pertukaran ion yang baik. Namun, bentonit alam sering mengandung zat pengotor seperti kalsit dan kation yang menutupi pori-porinya, sehingga mengurangi efektivitasnya sebagai pengemban katalis. Oleh karena itu, diperlukan aktivasi asam untuk membuka pori-pori, meningkatkan luas permukaan, dan memaksimalkan distribusi logam nikel pada material ini (Ruskandi et al., 2020; Trisunaryati, 2018). Bentonit teraktivasi asam dapat dijadikan sebagai pengemban yang baik dalam mendispersikan logam nikel ke dalam pori-pori bentonit melalui proses impregnasi basah (Cagli & Ayas, 2022). Bentonit memiliki struktur berlapis dan porositas tinggi, menjadikannya material pendukung yang efektif untuk katalis logam transisi seperti nikel. Studi sebelumnya menunjukkan bahwa metode impregnasi basah memungkinkan distribusi optimal partikel Ni di dalam pori-pori bentonit, sehingga meningkatkan aktivitas katalis dalam reaksi hidrogenasi. Selain itu, interaksi antara NiO dan permukaan bentonit yang telah teraktivasi memperkuat kestabilan katalis serta meningkatkan jumlah situs aktif yang tersedia untuk reaksi (Jiang et al., 2016).

Dalam pengembangannya, strategi modifikasi katalis tidak hanya difokuskan pada pemilihan material pendukung, tetapi juga pada metode reduksi yang lebih ramah lingkungan. Salah satu alternatif yang telah dikaji adalah penggunaan reduktor alami seperti ekstrak kulit buah naga, yang dapat menggantikan reduktor kimia seperti gas hidrogen atau NaBH_4 (Qomariyah &

Khoirul Hakim, 2024). Ekstrak kulit buah naga telah dikaji sebagai reduktor alami dalam sintesis logam karena kandungan senyawa fenolik dan karboksilatnya. Senyawa ini berperan sebagai donor elektron yang mampu mereduksi ion logam, seperti Cu^{2+} menjadi Cu^0 , melalui mekanisme transfer elektron dan pembentukan kompleks dengan gugus hidroksil yang bersifat nukleofilik (Qomariyah & Badi'ah, 2024; Qomariyah & Khoirul Hakim, 2024). Salah satu penelitian yang menjanjikan adalah penggunaan ekstrak kulit buah naga sebagai reduktor alami. Rahmawita & Ulianas (2021) berhasil mensintesis nanopartikel NiFe_2O_4 menggunakan ekstrak kulit buah naga sebagai reduktor, menunjukkan efektivitasnya dalam mereduksi ion logam. Selain itu, Marhayuni (2023) melaporkan bahwa katalis Ni/Bentonit yang teraktivasi asam dengan reduktor ekstrak kulit buah naga mampu mengkonversi sitronelal menjadi mentol dalam sistem *one-pot*, menegaskan potensi reduktor alami ini dalam aplikasi katalitik.

Tidak hanya reduktor alami, pemilihan pelarut yang tepat juga berperan krusial dalam menentukan efisiensi reaksi katalitik. Pelarut tidak hanya bertindak sebagai media reaksi, tetapi juga dapat berkontribusi dalam mekanisme transfer hidrogen, yang sangat penting dalam reaksi hidrogenasi. Isopropanol, misalnya, telah dikenal sebagai pelarut yang mampu meningkatkan laju transfer hidrogen dengan memberikan donor transfer -H yang optimal. Selain itu, isopropanol juga membantu menjaga stabilitas kompleks reaksi dan menstabilkan bentuk perantara reaktan yang terbentuk selama proses katalitik (Fatimah, 2019).

Sintesis mentol dari sitronelal merupakan proses kompleks yang dipengaruhi oleh berbagai faktor untuk mencapai hasil yang optimal. Keberhasilan reaksi tidak hanya bergantung pada pemilihan katalis yang tepat, tetapi juga pada kondisi reaksi yang dapat mempengaruhi rendemen dan selektivitas produk. Oleh karena itu, terdapat beberapa faktor utama yang berperan dalam sintesis mentol, seperti perbandingan mol reaktan, waktu reaksi, suhu reaksi, jenis pelarut, serta jumlah katalis yang digunakan. Waktu reaksi dan jumlah reaktan merupakan faktor penting dalam sintesis senyawa berbasis mentol. Studi sebelumnya menunjukkan bahwa waktu reaksi yang terlalu

singkat dapat menyebabkan reaksi belum berlangsung optimal, sementara waktu yang terlalu lama berisiko menyebabkan degradasi produk akibat reaksi balik. Sebagaimana Sawamura (2010) dalam penelitiannya bahwa semakin lama waktu reaksi maka akan meningkatkan rendemen hasil hingga pada titik maksimal senyawa kimia yang terdapat didalamnya habis dan tidak dapat terekstrak lagi. Perbandingan mol reaktan juga berperan dalam meningkatkan rendemen sintesis, di mana jumlah reaktan yang lebih besar dapat meningkatkan hasil reaksi hingga titik keseimbangan tertentu sebelum terjadi kejenuhan (Purwaningsih et al., 2022).

Faktor-faktor seperti waktu reaksi dan jumlah reaktan masih perlu dioptimalkan untuk meningkatkan rendemen dan selektivitas terhadap mentol. Pemilihan waktu reaksi yang tepat sangat penting karena waktu yang terlalu singkat dapat menghambat konversi sitronelal, sedangkan waktu yang terlalu lama dapat menyebabkan reaksi sampingan yang tidak diinginkan. Demikian pula, rasio molar reaktan yang tidak sesuai dapat menurunkan efisiensi reaksi serta mempengaruhi distribusi produk akhir. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh waktu reaksi dan jumlah reaktan dalam sintesis mentol dengan metode *one-pot system* menggunakan katalis Ni/bentonit yang telah teraktivasi asam dan pelarut isopropanol.

B. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini meliputi:

1. Material pengemban yang digunakan berupa bentonit alam
2. Nikel (Ni) merupakan logam yang diimbangkan pada bentonit alam melalui metode impregnasi dengan memanfaatkan ekstrak kulit buah naga sebagai prekursor.
3. Karakterisasi katalis dilakukan dengan FTIR dan XRD serta mentol dengan FTIR dan GC-MS.
4. Katalis Ni/Bentonit teraktivasi asam mensintesis mentol dari sitronelal melalui reaksi *one-pot system*.
5. Isopropanol digunakan sebagai pelarut.

C. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini meliputi:

1. Bagaimana prosedur preparasi katalis Ni/bentonit menggunakan metode impregnasi dan reduksi dengan ekstrak kulit buah naga?
2. Bagaimana karakteristik katalis Ni/bentonit yang telah disintesis berdasarkan analisis struktur, morfologi, dan distribusi nikel?
3. Bagaimana pengaruh variasi konsentrasi reaktan terhadap rendemen dan selektivitas mentol dalam sintesis menggunakan katalis Ni/bentonit?
4. Bagaimana pengaruh variasi waktu reaksi terhadap konversi sitronelal dan distribusi produk dalam sintesis mentol?

D. Tujuan Penelitian

Tujuan dalam penelitian ini meliputi:

1. Melakukan preparasi katalis Ni/bentonit menggunakan metode impregnasi dan reduksi dengan ekstrak kulit buah naga.
2. Melakukan karakterisasi katalis Ni/bentonit untuk memastikan keberhasilan impregnasi dan aktivasi katalis.
3. Menganalisis aplikasi katalis Ni/bentonit dalam sintesis mentol dengan meninjau pengaruh variasi konsentrasi reaktan terhadap rendemen dan selektivitas produk.
4. Mengevaluasi kinerja katalis Ni/bentonit dalam sintesis mentol berdasarkan pengaruh variasi waktu reaksi terhadap konversi sitronelal dan produk yang dihasilkan.

E. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai sintesis mentol dengan metode *one-pot system*, khususnya terkait pengaruh variasi waktu reaksi dan jumlah reaktan terhadap rendemen dan selektivitas produk. Selain itu, penelitian ini juga membahas penggunaan katalis Ni/bentonit yang direduksi dengan ekstrak kulit buah naga, sehingga dapat menjadi referensi dalam pengembangan metode sintesis mentol yang lebih sederhana dan efisien.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Katalis Ni/Bentonit berhasil dipreparasi menggunakan metode impregnasi dengan prekursor $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$ dan direduksi menggunakan ekstrak kulit buah naga. Proses reduksi ini menghasilkan logam Ni^0 yang berperan sebagai situs aktif dalam reaksi hidrogenasi sitronelal menjadi mentol. Analisis XRD mengonfirmasi keberadaan fase Ni^0 setelah reduksi pada $2\theta = 43,24^\circ$ dan $50,11^\circ$, yang membuktikan bahwa nikel berhasil direduksi dan tersedia sebagai situs aktif untuk katalisis.
2. Penggunaan jumlah sitronelal menunjukkan bahwa 20 mL sitronelal menghasilkan rendemen mentol lebih tinggi dibandingkan dengan 30 mL sitronelal. Sampel B (20 mL sitronelal, 6 jam) memiliki rendemen tertinggi sebesar 21,94%, sedangkan sampel D (30 mL sitronelal, 6 jam) hanya mencapai 20,49%. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan volume reaktan tidak selalu meningkatkan rendemen produk karena keterbatasan jumlah katalis dan situs aktif yang tersedia dalam sistem reaksi.
3. Peningkatan waktu reaksi dari 5 jam menjadi 6 jam meningkatkan rendemen mentol, tetapi perbedaannya tidak signifikan. Pada sampel A (5 jam) dan B (6 jam) dengan 20 mL sitronelal, rendemen meningkat dari 20,05% menjadi 21,94%, sedangkan pada sampel C (5 jam) dan D (6 jam) dengan 30 mL sitronelal, rendemen naik dari 19,54% menjadi 20,49%. Hasil ini menunjukkan bahwa meskipun waktu reaksi lebih lama dapat meningkatkan konversi, efektivitasnya terbatas karena sistem mungkin telah mencapai kesetimbangan atau terjadi degradasi produk.

B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini, terdapat beberapa saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya:

1. Melakukan variasi rasio reaktan (sitronelal) terhadap katalis untuk menghindari kelebihan reaktan yang dapat menghambat akses ke situs aktif katalis.

2. Melakukan variasi katalis dan konsentrasinya untuk meningkatkan selektivitas mentol, serta mengevaluasinya dengan GC-MS.
3. Penggunaan sumber hidrogen alternatif selain isopropanol yang dapat meningkatkan efisiensi reduksi sitronelal menjadi mentol, sehingga diperoleh hasil yang lebih optimal.

Dengan adanya penelitian lanjutan, diharapkan sintesis mentol dari sitronelal dapat lebih dioptimalkan baik dari segi efisiensi maupun selektivitas produk yang dihasilkan.



DAFTAR PUSTAKA

- Adilina, I. B., Tasrif, Laksmono, J. A., & Agustian, E. 2010. One-Pot Syntesis of Menthol From Citronellal : Application of Citronellal : Application of Citronella Oil. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 17(3), 69–73.
- Adli, M. Z., Irzaman, Nugroho, W. S., Rusydi, F., & Nugraha. 2022. Preparation of Bimetallic Metal-Organic Framework Derived from Spherical Ni-Co Glycerate Template. *Journal of Physics: Conference Series*, 2243(1).
- Agustina, S. 2015. *Sintesis l-Mentil Propionat melalui Reaksi Esterifikasi l-Mentol dan Asam Propionat dengan Variasi Waktu Reaksi*. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- Ali, H. H., Ghareeb, M. M., Al-Remawi, M., & Al-Akayleh, F. T. 2020. New Insight Into Single Phase Formation of Capric Acid/Menthol Eutectic Mixtures By Fourier-Transform Infrared Spectroscopy and Differential Scanning Calorimetry. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*, 19(2).
- Alonso, F., Riente, P., & Yus, M. (2009). Transfer Hydrogenation of Olefins Catalysed by Nickel Nanoparticles. *Tetrahedron*, 65(51), 10637–10643.
- Athokpam, B., Ramesh, S. G., & McKenzie, R. H. 2017. Effect of Hydrogen Bonding on The Infrared Absorption Intensity of OH Stretch Vibrations. *Chemical Physics*, 488(489), 43–54.
- Atkins, P., & de Paula, J. 2010. *Physical Chemistry* (9 th). Oxford University Press.
- Augustine, R. L. 1996. *Heterogeneous Catalysis for The Synthetic Chemist*. Dekker.
- Belsito, D., Bickers, D., Bruze, M., Calow, P., Greim, H., Hanifin, J. M., Rogers, A. E., Saurat, J. H., Sipes, I. G., & Tagami, H. (2008). A Toxicologic and Dermatologic Assessment of Cyclic and Non-Cyclic Terpene Alcohols When Used As Fragrance Ingredients. *Food and Chemical Toxicology : An International Journal Published for the British Industrial Biological Research Association*, 46 Suppl 11.
- Bota, W., Randonuwu, F. S., & Martosupono, M. 2015. *Potensi Senyawa Minyak Sereh Wangi (Citronella Oil) dari Tumbuhan Cymbopogon nardus L. sebagai Agen Antibakteri*. Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta.
- Botrel, B. M. C., Abreu, D. C. P., Bazana, M. J. F., Rosa, P. V. e, & Saczk, A. A. 2019. Development, Optimization, and Validation of the HS-SPME/GC-MS Method for the Residual Determination of Menthol in Fish. *Food Analytical Methods*, 12, 1390–1398.
- Burdock, G. A. 2016. *Fenaroli's Handbook of Flavor Ingredients* (Sixth). CRC Press.
- Cagli, E. E., & Ayas, N. 2022. H₂ Rich Gas Production from Agricultural Waste Mixture Over Ni/Kaolin and Ni/Bentonite Catalyst by Gasification. *International Journal of Hydrogen Energy*, 4(3), 1–14.
- Chen, S., Qian, T. T., Ling, L. L., Zhang, W., Gong, B. B., & Jiang, H. (2020). Hydrogenation of Furfural to Cyclopentanone under Mild Conditions by a Structure-Optimized Ni-NiO/TiO₂ Heterojunction Catalyst. *ChemSusChem*, 13(20), 5507–5515.

- Cortés, C. B., Galván, V. T., Pedro, S. S., & García, T. V. 2011. One pot synthesis of menthol from ($\pm$)-citronellal on nickel sulfated zirconia catalysts. *Catalysis Today*, 172(1), 21–26.
- Darmadinata, M., Jumaeri, & Sulistyaningsih, T. 2019. Pemanfaatan Bentonit Teraktivasi Asam Sulfat sebagai Adsorben Anion Fosfat dalam Air. *Indonesian Journal of Chemical Science*.
- Devakumar, C. , Narayan, M. R. , & Khan, M. N. A. 1977. Synthetic Product from Oil of Citronella. *Indian Perfumer* , 21(3), 139–145.
- F. G. Cirujano, F. X. Llabrés i Xamena, & A. Corma. 2012. MOFs as multifunctional catalysts: One-pot synthesis of menthol from citronellal over a bifunctional MIL-101 catalyst. *Dalton Transactions*, 14.
- Fatimah, F. N., & 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 (JC-T)*, 1(1), 35–39.
- Fatimah, I. 2019. Green Cinverson of Citral and Citronellal Using tris(bipyridine)ruthenium(II) supported Saponite Catalyst Under Microwave Irradiation. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 11, 61–70.
- Fatimah, I., Yudha, S. P., Rubiyanto, D., & Huda, T. 2013. Tandem Siklisasi-Hidrogenasi Sitronelal Berkatali ZrO₂-Montmorillonit dengan Variasi Metode Reaksi. *Jurnal Penelitian Saintek*, 18(2).
- Fessenden, R. J., & Fessenden, J. S. 1982. *Kimia Organik*. Erlangga.
- Harnani, E. D., Da'i Muhammad, & Munawaroh, R. 2010. Perbandingan Kadar Eugenol Minyak Atsiri Bunga Cengkeh (*Syzygium aromaticum* (L.) Merr. & Perry) dari Maluku, Sumatera, Sulawesi, dan Jawa dengan Metode GC-MS. *Jurnal Farmasi Indonesia UMS*, 11(1), 25–32.
- Hayashi, Y. 2016. Pot economy and one-pot synthesis. *Chemical Science*, 7(2), 866–880.
- Hebbar, R. S., Isloor, A. M., Prabhu, B., Inamuddin, Asiri, A. M., & Ismail, A. F. 2018. Removal of metal ions and humic acids through polyetherimide membrane with grafted bentonite clay. *Scientific Reports*, 8(1).
- Hidayat, T. M., & 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 Materials Chemistry*, 1(1), 27–37.
- Highina, B. K., Bugaje, I. M., & Umar, B. 2011. Biodiesel Production from Jatropha Caucus Oil in a Batch Reactor Using Zinc Oxide as Catalyst. *Journal of Petroleum Technology and Alternative Fuels*, 2(9), 146–149.
- Idrus, R., Lapanporo, B. P., & Putra, Y. S. 2013. Pengaruh Suhu Aktivasi Terhadap Kualitas Karbon Aktif Berbahan Dasar Tempurung Kelapa. *Prima Fisika*, 1(1), 50–55.
- Iftitah, D., Armunanto, R., & Trisunaryati, W. 2011. One Pot Transformation of Citronellal to Menthol over Ni/ γ -Al₂O₃. *Journal of Applied Sciences Research*, 680–689.

- Imachi, S., Owada, K., & Onaka, M. 2007. Intramolecular Carbonyl-Ene Reaction Of Citronellal To Isopulegol Over ZnBr₂-Loading Mesoporous Silica Catalysts. *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*, 272(1–2), 174–181.
- Jaafar, R. A., Abdul Rahman, A. R. Bin, Mahmud, N. Z. C., & Vasudevan, R. 2009. Proximate analysis of dragon fruit (*Hylecereus polyhizus*). *American Journal of Applied Sciences*, 6(7), 1341–1346.
- Jiang, Y., Li, X., Qin, Z., & Ji, H. 2016. Preparation of Ni/Bentonite Catalyst and Its Applications In The Catalytic Hydrogenation of Nitrobenzene To Aniline. *Chinese Journal of Chemical Engineering*, 24(9), 1195–1200.
- Kamatou, G. P. P., Vermaak, I., Viljoen, A. M., & Lawrence, B. M. 2013. Menthol: a simple monoterpene with remarkable biological properties. *Phytochemistry*, 96, 15–25.
- Kazemi, A., Iraj, A., Esmaealzadeh, N., Salehi, M., & Hashempur, M. H. 2023. Peppermint and Menthol: a Review on Their Biochemistry, Pharmacological Activities, Clinical Applications, and Safety Considerations. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*.
- Laidler, K. J. 1987. *Chemical Kinetics* (3rd ed.). Harper & Row.
- Levenspiel, O. 1999. *Chemical Reaction Engineering* (3rd ed.). Wiley.
- Lothe, N. B., Mazeed, A., Pandey, J., Patariya, V., Verma, K., Semwal, M., Verma, R. S., & Verma, R. K. 2021. Maximizing Yields And Economics By Supplementing Additional Nutrients For Commercially Grown Menthol Mint (*Mentha Arvensis* L.) Cultivars. *Industrial Crops and Products*, 160, 113–110.
- Mäki-Arvela, P., Simakova, I., Vajglová, Z., & Murzin, D. Y. 2023. One-Pot Synthesis of Menthol from Citral and Citronellal Over Heterogeneous Catalysts. *Catalysis Surveys from Asia*, 27(1), 2–19.
- Marhayuni, Y. 2023. *Preparasi Ni/Bentonit Teraktivasi Asam Menggunakan Reduktor Ekstrak Kulit Buah Naga (Hylocereus polyrhizus) dan Aplikasinya sebagai Katalis dalam Sintesis One Pot System Mentol dari Sitronelal*. Thesis. UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
- Morrison. 1986. Chiral Compounds. In *Fluka Chemie AG*. s. Fluka Chemie AG.
- Muhaini, S., & Syukri. 2014. Sintesis dan Karakterisasi Nanokristal Tembaga dari Teusi dengan Variasi Reduktor Melalui Metode Reduksi Kimia. *Jurnal Kimia Unand*, 3(4), 12–17.
- Mustikowati. 2013. Transformasi Sitronelal Menjadi Sitronelol dengan Menggunakan Reduktor NaBH₄ dan Hidrogenasi Terkatalis Ni/Zeolit Beta. *Engineering, Environmental Science*.
- Negoi, A., Wuttke, S., Kemnitz, E., MacOvei, D., Parvulescu, V. I., Teodorescu, C. M., & Coman, S. M. (2010). One-pot synthesis of menthol catalyzed by a highly diastereoselective Au/MgF₂ catalyst. *Angewandte Chemie - International Edition*, 49(44), 8134–8138.
- Nie, L., & Resasco, D. E. 2012. Improving carbon retention in biomass conversion by alkylation of phenolics with small oxygenates. *Applied Catalysis A: General*, 447, 14–21.

- Nurfitriyana, N., Fithri, N. A., Fitria, & Yanuarti, R. 2022. Analisis Interaksi Kimia Fourier Transform Infrared (Ftir) Tablet Gastroenterik Ekstrak Daun Petai (*Parkia Speciosa* Hassk) Dengan Polimer HPMC-K4M Dan Kitosan. *ISTA Online Teknologi Journal*, 3(2), 27–33
- Nurisman, A. (2009). *Sintesa Mentol dari Sitronelal dalam Proses Satu Tahap dengan Katalis Dwifungsi*. IPB.
- Park, Y., Ayoko, G. A., & Frost, R. L. 2011. Application of Organoclays for The Adsorption of Recalcitrant Organic Molecules from Aqueous Media. *Journal of Colloid and Interface Science*, 354(1), 292–305.
- Pourhakkak, P., Taghizadeh, M., Taghizadeh, A., & Ghaedi, M. 2021. Adsorbent: Adsorption: Fundamental Processes and Applications. *Interface Science and Technology*, 33, 71–210.
- Prakoso, D., Nuryanto, R., Taslimah, T., Khabibi, K., & Suyati, L. 2020. Sintesis Katalis Ni/Zelolit dan Aplikasinya pada Pirolisis Limbah Serabut Batang Sagu. *Jurnal Binawakya*, 14(10), 3267–3264.
- Purwaningsih, Y., Syukur, M., & Wulandari, W. (2022). Esterifikasi of Cinnamic Acid using Menthol and its Activity as Lowering Glucose Levels using Anthrone Sulfate. *JKPK (Jurnal Kimia Dan Pendidikan Kimia)*, 7(1), 27.
- Pybus, D. H., & Sell, C. (1999). The Chemistry of Fragrances. In *The Chemistry of Fragrances*. The Royal Society of Chemistry.
- Qomariyah, A., & Badi'ah, H. I. 2024. Synthesis and Characterization of Copper Nanoparticles using Dragon Fruit Peel (*Hylocereus costaricensis*) Extract Bio-Reductor Sintesis dan Karakterisasi Nanopartikel Tembaga dengan Bioreduktor Limbah Kulit Buah Naga (*Hylocereus costaricensis*). *Indonesian Journal of Chemical Research*, 9(2), 40-51.
- Qomariyah, A., & Khoirul Hakim, A. 2024. Indonesian Journal of Chemical Research Synthesis of Copper Nanoparticles Using Dragon Fruit (*Hylocereus polyrhizus*) Extract as a Bio-Reductor and Their Analysis Using a UV-Visible Spectrophotometer. *J. Chem. Res*, 11(3), 212–217.
- Rahmawita, S., & Ulianas, A. 2021. Sintesis dan Karakterisasi Magnetic Nanopartikel NiFe₂O₄ Menggunakan Ekstrak Kulit Buah Naga (*Hylocereus Polyrrhizus*). *Periodic*, 10(1), 1–6.
- Riwanti, P., Izazih, F., & Amaliyah, A. 2018. Pengaruh Perbedaan Konsentrasi Etanol pada Kadar Flavonoid Total Ekstrak Etanol 50,70 dan 96% *Sargassum polycystum* dari Madura. *Journal of Pharmaceutical Care Anwar Medika*, 2(2), 35–48.
- Romanazzi, G., Petrelli, V., Maria Fiore, A., Mastroianni, P., & Michela Dell, M. 2021. Metal-based Heterogeneous Catalysts for One-Pot Synthesis of Secondary Anilines from Nitroarenes and Aldehydes. *Molecules*.
- Rowe, R. C., Sheskey, P. J., & Quinn, M. E. 2009. *Handbook of Pharmaceutical Excipients* (6 th). Pharmaceutical Press and American Pharmacist Excipients.
- Ruskandi, C., Siswanto, A., & Widodo, R. 2020. Karakterisasi Fisik dan Kimiawi Bentonite untuk Membedakan Natural Sodium Bentonite dengan Sodium Bentonite Hasil Aktivasi. *Jurnal Polimesin*, 18(1), 53–60.

- Samec, J. S. M., & Bäckvall, J. E. 2002. Ruthenium-Catalyzed Transfer Hydrogenation of Imines by Propan-2-ol in Benzene. *Chemistry Europe*, 8, 2955.
- Santos, D. I., Correia, M. J. N., Mateus, M. M., Saraiva, J. A., Vicente, A. A., & Moldão, M. 2019. Fourier Transform Infrared (FT-IR) Spectroscopy as a Possible Rapid Tool to Evaluate Abiotic Stress Effects on Pineapple By-Products. *Applied Sciences* 2019, Vol. 9, Page 4141, 9(19), 4141.
- Sastrohamidjojo, H. (2017a). *Kimia Minyak Atsiri*. Gadjah Mada University Press.
- Savitri, S., Nugraha, A. S., & Aziz, I. 2016. Pembuatan Katalis Asam (Ni/ γ -Al₂O₃) dan Katalis Basa (Mg/ γ -Al₂O₃) untuk Aplikasi Pembuatan Biodiesel dari Bahan Baku Minyak Jelantah. *Jurnal Kimia VALENSI*, 2(1), 1–10.
- Sawamura, M. 2010. Citrus Essential Oils: Flavor and Fragrance. *Citrus Essential Oils: Flavor and Fragrance*.
- Sibarani, K. L. 2012. *Preparasi, Karakterisasi dan Uji Aktivitas Katalis Ni-Cr/Zeorit Alam pada Proses Perengkahan Limbah Plastik menjadi Fraksi Bensin*. Universitas Indonesia.
- Simakova, I. L., Mäki-Arvela, P., Martínez-Klimov, M., Muller, J., Vajglová, Z., Peurla, M., Eränen, K., & Murzin, D. Y. 2022. One-Pot Synthesis of Menthol Starting from Citral over Ni Supported on Attapulgit-H-Beta-38 Extrudates in a Continuous Flow: Effect of Metal Location. *Industrial and Engineering Chemistry Research*.
- Smallman, R. E., & Bishop, R. J. 1985. *Metal and Irons, Science, Processes, Applications*. Butterworths.
- Suharto, T. E. 2014. *Katalisis Dalam Industri Kimia*. UAD Press.
- Suseno, A., Khanif, M., Wijayanto, W., & Hastuti, R. 2003. Pembuatan dan Karakterisasi Katalis Nikel pada Padatan Pendukung Zeolit. *Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi*, 6(1), 11–13.
- Taghavi, S., Mäki-Arvela, P., Vajglová, Z., Peurla, M., Angervo, I., Eränen, K., Ghedini, E., Menegazzo, F., Zendejdel, M., Signorello, M., & Murzin, D. Y. 2022. One-Pot Transformation of Citronellal to Menthol Over H-Beta Zeolite Supported Ni Catalyst: Effect of Catalyst Support Acidity and Ni Loading. *Catalysis Letters*, 153(9), 2674–2692.
- Trasarti, A. F., Marchi, A. J., & Apesteguía, C. R. 2004. Highly Selective Synthesis of Menthols From Citral in a One-Step Process. *Journal of Catalysis*, 224(2), 484–488.
- Trisunaryati, W. (2018). *Material Katalis dan Karakterisasinya*. Gadjah Mada University Press.
- Tursiloadi, S., Litiaz, A., Pertiwi, R., & Adilina, I. B. 2015. Development of Green Nickel-Based Zeolite Catalysts for Citronella Oil Conversion to Isopulegol. *Procedia Chemistry*, 16, 563–569.
- Utami, D. N. 2019. *Aktivitas dan Selektivitas Katalis Ni/Zeorit Beta dan Cu/Zeorit Beta pada Siklisasi Sitronelal dari Minyak Sereh*. Universitas Negeri Semarang.
- Virtanen, P., Karhu, H., Toth, G., Kordas, K., & Mikkola, J. P. 2009. Towards One-Pot Synthesis of Menthols from Citral: Modifying Supported Ionic Liquid Catalysts (SILCAs) with Lewis and Brønsted Acids. *Journal of Catalysis*, 263(2), 209–219.

- Wang, R., Tang, Y., Xu, M., Meng, C., & Li, F. 2018. Transfer Hydrogenation of Aldehydes and Ketones with Isopropanol under Neutral Conditions Catalyzed by a Metal–Ligand Bifunctional Catalyst [Cp*Ir(2,2'-bpyO)(H₂O)]. *The Journal of Organic Chemistry*, 83(4), 2274–2281.
- Warsito, Farid Rahman, M., & Suratmo. 2018. Derivatisasi Citronellal dari Minyak Jeruk Purut (*Citrus hystrix* Dc.) dengan Microwave untuk Senyawa Schiff Base. *Indonesian Journal Of Essential Oil*, 3(1), 9–15.
- Wijayanti, L. 2015. *Isolasi Sitronellal Dari Minyak Sereh Wangi (Cymbopogon Winterianus Jowit) dengan Distilasi Fraksinasi Pengurangan Tekanan*. Universitas Sanata Dharma.
- Yahya, A., Rubiyanto, D., & Fatimah, I. 2021. Heterogeneous Catalytic Conversion of Citronellal into Isopulegol and Menthol: Literature Review. *Science and Technology Indonesia*, 6(3).
- Yahya, S. R. 2018. *Pembuatan Katalis NiSn/H-Bentonit Untuk Siklikisasi-Hidrogenasi*. Thesis. UIN Syarif Hidayatullah Jakarta.
- Zhang, G., Yina, Z., & Tana, J. 2016. Cobalt(ii)-Catalysed Transfer Hydrogenation of Olefins. *RSC Advances*, 27.