



**AKTIVITAS KATALITIK Ni/ZEOLIT-BETA DAN
Cu/ZEOLIT-BETA PADA ASETILASI EUGENOL**

Skripsi

**disusun sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Sains
Program Studi Kimia**

Oleh

Muhamad Halim

4311415052

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
2020**

PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa yang tertulis dalam skripsi ini benar-benar hasil karya saya sendiri, bukan hasil jiplakan dari karya tulis orang lain, baik sebagian atau seluruhnya. Pendapat atau temuan orang lain yang terdapat dalam skripsi ini dikutip atau dirujuk berdasarkan kode etik ilmiah.

Semarang, 19 Mei 2020



Muhamad Halim

4311415052

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke Sidang Panitia Ujian Skripsi Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang.

Semarang, 19 Mei 2020

Pembimbing I



Prof. Dr. Edy Cahyono, M.Si

NIP.196412051990021001

PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul "Aktivitas Katalitik Ni/Zeolit-beta dan Cu/Zeolit-beta pada Asetilasi Eugenol" karya Muhamad Halim NIM 4311415052 ini telah dipertahankan dalam Ujian Skripsi FMIPA Universitas Negeri Semarang pada 23 April 2020 dan disahkan oleh Panitia Ujian.

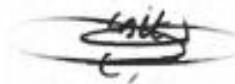
Semarang, 19 Mei 2020

Panitia



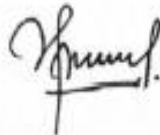
Dr. Sugiarto, M.Si
NIP. 196102191993031001

Sekretaris,




Dr. Sigit Priatmoko, M.Si
NIP. 196504291991031001

Penguji I,



Dr. Jumaeri, M.Si
NIP. 196210051993031002

Penguji II,



Dr. Sri Mursiti, M.Si
NIP. 196709131999032001

Penguji III/Pembimbing,



Prof. Dr. Edy Cahyono, M.Si.
NIP. 196412051990021001

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

Motto Hidup

Persembahan :

Karya tulis ini saya persembahkan kepada :

KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan kasih rahmat dan kasih sayang-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi dengan judul “*Aktivitas Katalitik Ni/Zeolit-beta dan Cu/Zeolit-Beta pada Asetilasi Eugenol*”. Segala sholawat dan salam penulis sampaikan kepada Nabi Muhammad SAW.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains Program Studi Kimia, FMIPA, UNNES. Skripsi ini merupakan hasil dari penelitian yang telah dilaksanakan di Laboratorium Kimia, FMIPA, UNNES pada bulan Agustus 2019 sampai Februari 2020.

Skripsi ini dapat terselesaikan tidak lepas dari bantuan semua pihak, maka pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

- 1 Rektor Universitas Negeri Semarang.
- 2 Dekan FMIPA Universitas Negeri Semarang.
- 3 Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Semarang.
- 4 Prof. Dr. Edy Cahyono, M.Si selaku dosen pembimbing yang telah memberikan ilmu, petunjuk, serta bimbingan kepada penulis.
- 5 Dr. Jumaeri, M.Si selaku dosen penguji I yang telah bersedia memberikan masukan dan saran kepada penulis.
- 6 Dr. Sri Mursiti, M.Si selaku dosen penguji II yang telah memberikan arahan, masukan, dan saran kepada penulis.
- 7 Yuan Maylia Rosanti, S.Si selaku teknisi laboratorium kimia organik yang telah bersedia membantu dan memberikan masukan selama proses penelitian.
- 8 Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, yang telah membantu dalam penelitian dan penyusunan Skripsi ini.

Semoga skripsi ini bermanfaat bagi civitas akademika dan pihak yang membutuhkan.

Semarang, Mei 2020

ABSTRAK

Halim, Muhamad. 2020. Aktivitas Katalitik Ni/Zeolit-beta dan Cu/Zeolit-beta pada Asetilasi Eugenol. *Skripsi*. Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang. Pembimbing Prof. Dr. Edy Cahyono, M.Si.

Senyawa eugenol merupakan komponen utama minyak cengkeh yang memiliki aktivitas antimikroba, antioksidan, antiinflamasi, antikarsinogen, dan antifungi. Senyawa eugenol memiliki kestabilan dan kelarutannya yang rendah untuk itu dilakukan sintesis eugenol asetat (turunan ester dari eugenol) untuk mengatasi kekurangan tersebut. Penelitian ini melalui beberapa tahapan yakni isolasi eugenol dari minyak cengkeh, preparasi katalis Ni/Zeolit-beta dan Cu/Zeolit-beta, dan reaksi asetilasi eugenol. Isolasi eugenol dengan distilasi fraksinasi pengurangan tekanan dan hasilnya dianalisis dengan GC, GCMS, dan FTIR. Katalis Ni/Zeolit-beta dan Cu/Zeolit-beta dipreparasi menggunakan metode impregnasi basah dan hasilnya dianalisis menggunakan XRD, FTIR, dan diuji keasamannya dengan metode Graviometri. Reaksi asetilasi dilakukan dengan mereaksikan eugenol dengan anhidrida asetat dengan bervariasi jenis katalisnya yakni Ni/Zeolit-beta dan Cu/Zeolit-beta serta rasio mol anhidrida asetat. Berdasarkan hasil analisis GC dan GCMS menunjukkan hasil distilasi minyak cengkih menunjukkan peningkatan kemurnian eugenol dari 76% meningkat sebesar 96%. Analisis XRD menunjukkan katalis tidak menunjukkan puncak-puncak logam baik Ni ataupun Cu tetapi pada hasil FTIR menunjukkan keasaman (asam lewis) meningkat setelah proses impregnasi logam. Katalis Ni/Zeolit-beta memiliki keasaman paling tinggi dibandingkan zeolit-beta maupun Cu/Zeolit-beta. Hasil reaksi asetilasi eugenol menunjukkan eugenol asetat merupakan satu-satunya senyawa yang terbentuk. Reaksi asetilasi eugenol menghasilkan rendemen eugenol asetat paling baik pada penggunaan rasio mol pereaksi eugenol:anhidrida asetat yakni 1:3 mol tanpa katalis mencapai 100% pada 60 menit reaksi dan dengan menggunakan katalis Ni/Zeolit-beta mencapai 100% pada 30 menit reaksi.

Kata kunci : Eugenol, Eugenol Asetat, Asetilasi.

ABSTRACT

Halim, Muhamad. 2020. The Activity of Ni/Zeolite-Beta and Cu/Zeolite-Beta as a Catalyst of Eugenol Acetylation. *Thesis*. Department of Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Universitas Negeri Semarang. Supervisor : Prof. Dr. Edy Cahyono, M.Si.

Eugenol is the main component of clove oil which has many activities such as antimicrobial, antioxidant anti-inflammatory, anticarcinogen, and antifungal. Eugenol has a stability and dissolving which is in a low level. Therefore, eugenyl acetate (esterification derivate of eugenol) has been synthetize to resolve it. This research consist of some steps such as eugenol isolate from clove oil, preparation of Ni/Zeolite-beta and Cu/Zeolite-beta catalyst and acetylation of eugenol. Eugenol has been isolated by fraction distillation provided lower pressure and the result was analyzed with GC, GCMS, and FTIR. Ni/Zeolite-beta and Cu-Zeolite-beta catalysts were prepared using wet impregnation and the results were analyzed with XRD, FTIR, and site acidity with gravimetric method. Acetylation was did by reacting Eugenol and acetate anhydrate with variating the types of catalyst Ni/Zeolite-beta and Cu/Zeolite-beta and mole ratio of acetate anhydrate. Based on the GC and GCMS result showed distillation increased the purity of eugenol from 76% to 96%. XRD analyst showed the catalyst didn't display the peaks of Ni or Cu metal. Additional analyst was done to show the site acidity of catalyst and FTIR analyst showed acidity (Lewis acid) increased after metal load process. Ni/Zeolite-beta has the highest acidity level compare to Zeolite-beta and Cu/Zeolite-beta. The acetylation reaction of eugenol showed eugenyl acetate was the only substance that was formed. The acetylation reaction of eugenol produced the best eugenyl acetate yield in mole ratio of eugenol:anhydride acetate which is 1:3 mole without catalyst reaching 100% conversion at 60 minutes of reaction time and using Ni/Zeolite-beta catalyst reaches 100% conversion at 30 minutes of reaction.time.

Keyword: Eugenol, Eugenol Acetate and Acetylation.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN	ii
PERSETUJUAN PEMBIMBING	iii
PENGESAHAN	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Tujuan	4
1.4. Manfaat	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Minyak Cengkeh	6
2.2. Senyawa Eugenol	7
2.3. Eugenol Asetat	9
2.4. Reaksi Esterifikasi Eugenol	10
2.5. Peranan Katalis Asetilasi	11
2.5.1. Zeolit-beta	12
2.5.2. Logam Ni	13
2.6. Analisis dan Karakterisasi	14
2.6.1. Analisis Penentuan Struktur	14
2.6.2. Karakterisasi Katalis Ni/Zeolit-beta	16
BAB III METODE PENELITIAN	17
3.1. Tempat Penelitian	17
3.2. Variabel Penelitian	17

3.2.1. Variabel Bebas.....	17
3.2.2. Variabel Terikat.....	17
3.2.3. Variabel Terkendali.....	17
3.3. Alat dan Bahan.....	17
3.3.1. Alat Penelitian.....	17
3.3.2. Bahan Penelitian.....	18
3.4. Prosedur Penelitian.....	18
3.4.1. Isolasi Eugenol dari Minyak Cengkeh.....	18
3.4.2. Preparasi Katalis.....	18
3.4.3. Asetilasi Eugenol.....	19
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	21
4.1. Isolasi Eugenol dari Minyak Cengkeh.....	21
4.2. Katalis Ni dan Cu impregnasi Zeolit-Beta.....	26
4.3. Asetilasi Eugenol Menjadi Eugenol Asetat.....	30
BAB V SIMPULAN DAN SARAN.....	41
DAFTAR PUSTAKA	42
LAMPIRAN	47
Lampiran 1. Diagram Alir Penelitian.....	47
Lampiran 2. Dokumentasi Penelitian.....	50
Lampiran 3. Analisis GC Distilasi Eugenol	51
Lampiran 4. Katalis Asetilasi.....	54
Lampiran 5. Reaksi Asetilasi Eugenol.....	57
Lampiran 6. Cara Perhitungan Uji Keasaman Katalis, % Aktivitas dan % Selektivitas Eugenol Asetat.....	61

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Standar Mutu Minyak Cengkeh SNI 06-2387-2006	6
Tabel 2.2. Komposisi Minyak Cengkeh.....	8
Tabel 2.3. Sifat Fisik Zeolit-beta.	13
Tabel 4.1. Interpretasi Kromatogram Minyak Cengkeh	22
Tabel 4.2. Hasil Persen Area Eugenol sebelum dan sesudah <i>Spike</i>	23
Tabel 4.3. Interpretasi Kromatogram Hasil Distilasi	24
Tabel 4.4. Interpretasi Spektrum FT-IR Hasil Distilasi Minyak Cengkeh.....	26
Tabel 4.5. Keasaman Padatan Zeolit-beta, Ni/Zeolit-beta dan Cu/Zeolit-beta	28
Tabel 4.6. Implementasi Kromatogram Hasil Asetilasi Eugenol	31
Tabel 4.7. Perbedaan FTIR Senyawa Eugenol dan Eugenol Asetat	34
Tabel 4.8. Hasil Perbandingan %Area Eugenol Asetat dengan Variasi Katalis.....	36
Tabel 4.9. Hasil Perbandingan %Area Eugenol Asetat terkatalis Ni/Zeolit-beta dengan Variasi Mol Pereaksi.....	38
Tabel 4.10. Aktivitas dan Selektivitas Reaksi Asetilasi Eugenol	39

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Struktur Eugenol	7
Gambar 2.2. Rangkaian Alat Distilasi Fraksinasi (Widayat, 2014).....	9
Gambar 2.3. Susunan Saluran struktur pori Zeolit-beta (Barcia <i>et al.</i> , 2005).....	13
Gambar 3.1. Diagram Alur Penelitian	20
Gambar 4.1. Hasil Analisis Minyak Cengkeh menggunakan GC.....	22
Gambar 4.2. Kromatogram Hasil Distilasi.....	23
Gambar 4.3. Hasil Isolasi Eugenol dengan Distilasi Fraksinasi Vakum.....	24
Gambar 4.4. Spektrum IR Hasil Distilasi.....	25
Gambar 4.5. Hasil Difraktogram (A = Zeolit-beta, B = Ni/Zeolit-beta, C = Cu/Zeolit-beta).....	27
Gambar 4.6. Spektrum IR Keasaman Padatan Setelah dialiri NH ₃	29
Gambar 4.7. Perbandingan Kromatogram Hasil Asetilasi Eugenol.....	30
Gambar 4.8. Hasil Analisis GC-MS pada Asetilasi Eugenol.....	31
Gambar 4.9. Spektrum Massa Senyawa Eugenol Asetat	32
Gambar 4.10. Fragmentasi Senyawa Eugenol Asetat (Moura, 2011).....	32
Gambar 4.11. Fragmentasi Senyawa Eugenol	33
Gambar 4.12. Spektrum IR Asetilasi Eugenol.....	34
Gambar 4.13. Perbandingan Grafik Reaksi Asetilasi Variasi Katalis.....	35
Gambar 4.14. Hasil Perbandingan Grafik Asetilasi Variasi Perbandingan Mol Pereaksi.....	37
Gambar 4.15. Mekanisme Reaksi Asetilasi Eugenol.....	40

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara penghasil minyak atsiri terkenal di dunia, salah satu minyak atsiri yang banyak diproduksi di Indonesia adalah minyak cengkeh. Minyak cengkeh diperoleh secara mudah dari hasil penyulingan dengan sistem uap, baik terhadap daun, bunga, maupun batangnya (Ngadiwiyana, 2004). Essential oil pada minyak cengkeh tersedia pada tiga bagian, yaitu bunga, batang, dan daun cengkeh. *Essential oil* pada setiap bagian memiliki komposisi kimia dan aroma yang berbeda. Minyak yang dihasilkan dari bunga cengkeh merupakan minyak yang paling mahal dan memiliki kualitas yang terbaik dengan kandungan eugenol (80-90%), eugenol asetat (15%), dan beta-kariofilen (5-12%). Kandungan senyawa minyak atsiri dalam cengkeh dipengaruhi faktor genetik, iklim, tanah, dan teknik menanam (Arslan *et al.*, 2004).

Minyak cengkeh merupakan minyak atsiri yang diperoleh dengan cara penyulingan, ekstraksi dengan pelarut, dan ekstraksi dengan lemak padat. Penyulingan adalah proses pemisahan komponen yang berupa cairan atau padatan dari dua macam campuran berdasarkan perbedaan titik uapnya dan proses ini dilakukan terhadap minyak atsiri yang tidak larut terhadap air. Metode penyulingan ada tiga macam yaitu penyulingan dengan air, penyulingan dengan uap dan air, dan penyulingan dengan uap langsung (Hadi, 2012). Metode penyulingan minyak cengkeh ini pada dasarnya menggunakan distilasi kukus, distilasi air, dan distilasi uap. Kelebihan metode-metode distilasi tersebut yaitu rendahnya biaya produksi, tetapi penggunaan suhu tinggi dan adanya air dapat menyebabkan kerusakan minyak cengkeh karena panas yang tinggi dan terjadinya reaksi hidrolisis dengan air, sehingga dapat menurunkan kualitas minyak cengkeh (Prianto *et al.*, 2013). Perbedaan metode isolasi berpengaruh pada mutu minyak yang dihasilkan.

Minyak cengkeh dilaporkan memiliki beberapa aktivitas diantaranya sebagai antimikroba, antioksidan, antiinflamasi, antikarsinogen, dan antifungi

(Lee, 2001). Beberapa penulis menuliskan bahwa aktivitas tersebut berasal dari senyawa terbanyaknya yakni eugenol yang sifat kelarutannya kecil dan stabilitasnya (Laroque *et al.*, 2015).

Permintaan produk alami yang makin berkembang meningkatkan ketertarikan pada penggunaan *essential oil* sebagai zat adiktif alami dalam makanan menggantikan senyawa kimia sintesis sesuai *essential oil* yang terkandung didalamnya. *Essential oil* merupakan senyawa aromatis yang didapatkan dari bagian dari tumbuhan. Senyawa eugenol yang telah disebutkan sebelumnya merupakan *essential oil* komponen utama dari minyak cengkeh. Senyawa ini telah lama digunakan masyarakat sebagai obat sakit gigi, demam, dan berbagai keperluan medik lainnya. Senyawa ini telah dikembangkan juga sebagai komponen penyusun minyak wangi (Austin, 1978) dan digunakan juga sebagai antioksidan (Sohilait, 2002). Senyawa turunan eugenol yakni eugenol asetat menunjukkan aktivitas antimikroba dan memiliki potensial antioksidan yang tinggi. Senyawa eugenol asetat dan *essential oil* pada cengkeh lebih efektif bekerja pada bakteri gram-negatif dibanding bakteri gram-positif dan menjadi pilihan untuk produk antioksidan baru (Vanin *et al.*, 2014). Senyawa eugenol asetat memiliki kestabilan yang lebih baik dibandingkan eugenol yang mana tidak stabil (Saraphanchotiwitthaya, 2018).

Senyawa eugenol merupakan senyawa yang tidak stabil karena beberapa faktor diantaranya cahaya, udara, dan suhu yang tinggi sehingga menyebabkan penguapannya cepat dan degradasi oleh beberapa senyawa aktif (Lai, 2006). Senyawa eugenol juga memiliki masalah kelarutan pada air akibat sifatnya yang lipophilic. Sifat ini menyebabkan kesulitan dalam kelarutannya dan oral bioavailability dalam penggunaannya dalam farmasi. Hal ini menyebabkan perlunya dilakukan modifikasi pada struktur eugenol dengan menggantikan menambahkan gugus asetil pada gugus hidroksil yang menghasilkan senyawa eugenil asetat. Penambahan gugus asetil ini bisa menjadi solusi dari permasalahan senyawa eugenol dengan meningkatkan karakter fisik dan kimianya, seperti meningkatkan kestabilan dan mengubah kelarutannya, dan beberapa manfaat lainnya (Santos, 2009).

Menurut Li *et al.*, (2008) zeolit mempunyai aktivitas katalis yang tinggi, tidak mudah menggumpal, mempunyai porositas yang besar, stabil terhadap suhu tinggi, serta keberadaan zeolit di Indonesia cukup melimpah dan relatif murah sehingga zeolit berpotensi dijadikan katalis. Zeolit yang sering digunakan adalah Zeolit-beta yang memiliki stabilitas yang tinggi saat pemanasan dan luas permukaan yang besar. Mekanisme yang diusulkan Bonati *et al.*, (2007) lebih kearah peran zeolit sebagai asam Lewis. Katalis sendiri ada dua macam, katalis homogen dan heterogen. Katalis heterogen menjadi pilihan karena katalis heterogen yang spesifik dilaporkan memberikan kemudahan pemisahan produk dan katalis dapat digunakan berulang kali karena mudah diregenerasi sehingga lebih ramah lingkungan (Trisunaryanti *et al.*, 2005).

Prinsip kerja katalis pada suatu reaksi yakni pada keasamannya dimana keasaman pada situs asam Bronsted maupun situs asam Lewis pada katalis berperan dalam proses hidrogenasi (adanya pemutusan ikatan rangkap dari reaktan) dan terbentuknya karbokation yang reaktif (Tadeus, 2013). Penambahan logam aktif pada zeolit (sistem pengemban-logam) dapat memperbesar luas permukaan dan meningkatkan keasaman katalis. Logam transisi yang ditambahkan akan menempati rongga ataupun permukaan katalis sehingga menjadikan luas permukaannya meningkat dan sebagai logam transisi memiliki orbital kosong yang menjadi aseptor elektron atau asam lewis sehingga meningkatkan keasaman ada padatan zeolit (Suyati dkk, 2009).

Logam Cu dan Ni banyak digunakan sebagai logam aktif yang ditambahkan pada zeolit. Logam Cu dan Ni ini mudah didapatkan sehingga memiliki harga yang relatif murah. Kedua logam memiliki kestabilan yang baik pada suhu yang tinggi. Jonnalgadda *et al.*, (2008) telah melaporkan bahwa pemanfaatan katalis Ni lebih ramah lingkungan. Katalis padat berbasis mineral silika-alumina seperti zeolit banyak dilaporkan berpotensi dalam reaksi asetilasi. Penelitian dari Alam (2014) menggunakan Ni/SiO₂ untuk asetilasi fenol dan naptol dan penggunaan Ag-Cu bimetal yang diimpregnasi pada sekam padi sebagai katalis asetilasi gliserol (Ramalingam, 2016).

Berdasarkan latar belakang di atas, dalam penelitian ini dilakukan untuk mempelajari asetilasi eugenol dengan katalis Ni dan Cu sebagai logam yang diimpregnasikan pada Zeolit-beta dan bagaimana aktivitas dan selektivitas katalis yang digunakan terhadap hasil reaksi asetilasi eugenol.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana tingkat kemurnian eugenol yang didapatkan dari distilasi fraksinasi minyak cengkeh.
2. Bagaimana aktivitas katalis Ni/Zeolit-beta dan Cu/Zeolit-beta dalam reaksi asetilasi eugenol dengan anhidrida asetat.
3. Bagaimana pengaruh rasio mol dan waktu reaksi terhadap hasil reaksi asetilasi eugenol.

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui kemurnian eugenol dari distilasi fraksinasi minyak cengkeh.
2. Mengetahui aktivitas katalis meliputi konversi dan selektivitasnya terhadap asetilasi eugenol.
3. Mengetahui pengaruh rasio mol pereksi dan waktu reaksi terhadap hasil reaksi asetilasi eugenol.

1.4 Manfaat

Manfaat yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah :

1. Bagi Peneliti
 - a. Memberikan informasi mengenai bagaimana proses reaksi asetilasi eugenol.
 - b. Memberikan informasi terhadap selektivitas katalis terhadap reaksi asetilasi.
2. Bagi Pengembangan IPTEK

Hasil penelitian ini diharapkan bermanfaat sebagai acuan dalam pengembangan sintesis katalitik senyawa atsiri eugenol karena banyak sekali derivat eugenol yang bisa disintesis.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Minyak Cengkeh

Tanaman cengkeh termasuk suku *Myrtaceae* yang banyak ditanam di beberapa negara termasuk Indonesia. Tanaman cengkeh adalah tanaman asli Indonesia yang banyak digunakan sebagai bumbu masakan pedas di negara-negara Eropa dan sebagai bahan utama rokok kretek khas Indonesia. Tanaman cengkeh juga digunakan sebagai bahan dupa di Tiongkok dan Jepang. Tanaman ini berpotensi sebagai penghasil minyak cengkeh yang termasuk minyak atsiri (Hadi, 2012).

Penelitian yang telah dilakukan oleh Alma *et al.*, (2007) menunjukkan komposisi kimia minyak atsiri bunga cengkeh dari Turki melalui proses penyulingan uap didapat komponen terbesar adalah 87 % eugenol, 8,01 % eugenol asetat, dan 3,56 % β -caryophyllene. Jirovetz dkk. (2006) menganalisa komposisi kimia dalam minyak daun cengkeh menggunakan GC dan GCMS didapatkan 23 komposisi kimia dengan kadar komponen terbesar adalah eugenol (76,8 %), beta-kariofillena (17,4 %), R-humulena (2,1 %), dan eugenol asetat (1,2 %).

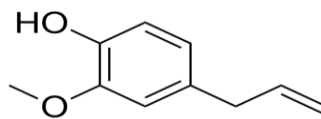
Kandungan senyawa eugenol mempengaruhi kualitas dari minyak cengkeh dimana semakin tinggi kandungan eugenol maka kualitas minyak cengkeh lebih baik dan memiliki nilai jual yang tinggi (Alma *et al.*, 2007). Standar mutu minyak cengkeh berdasarkan Standar Nasional Indonesia yang ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Standar Mutu Minyak Cengkeh (SNI 06-2387-2006)

Karakteristik	Persyaratan
Warna	Kuning-coklat tua
Bau	Khas minyak cengkeh
Bobot Jenis 200 C/200 C	1,025-1,049
Indeks Bias (n_D^{20})	1,528-1,535
Eugenol total, %,v/v	Min. 78
β -caryophyllene, %,v/v	Maks. 17

2.2 Senyawa Eugenol

Senyawa eugenol mempunyai rumus molekul $C_{10}H_{12}O_2$ mengandung beberapa gugus fungsional yaitu alil ($-CH_2-CH=CH_2$), fenol ($-OH$), dan metoksi ($-OCH_3$). Senyawa eugenol memiliki karakteristik cairan bening sampai kuning pucat dengan aroma menyegarkan dan tajam (Towaha, 2012). Senyawa eugenol diperoleh dari minyak cengkeh dengan bobot molekul 164,20 g/mol. Senyawa eugenol memiliki bau cengkeh kuat, menusuk, dan rasa pedas. Warna eugenol akan berubah menjadi kuning dan mengental apabila terpapar sinar matahari. Senyawa eugenol sukar larut dalam air, larut dengan etanol, kloroform, eter, dan minyak lemak.. Kelarutan eugenol adalah 1 bagian volume larut dalam 2 bagian volume etanol 70%. Bobot jenis eugenol antara 1,064 g/mL dan 1,070 g/mL (Budavari, 2001). Struktur senyawa eugenol yang ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Struktur Eugenol

Senyawa eugenol merupakan senyawa dengan berbagai gugus fungsi yang reaktif seperti alil, hidroksi, dan metoksi. Keberadaan gugus fungsi tersebut memungkinkan untuk dilakukannya reaksi transformasi menjadi berbagai turunan senyawa dengan aktivitas beragam melalui reaksi seperti substitusi, penambahan hidrasi, isomerisasi, oksidasi, bahkan metilasi (Asnawati *et al.*, 2015).

Kandungan Senyawa Minyak Cengkeh berdasarkan identifikasi beberapa peneliti didapatkan senyawa paling dominan yang eugenol yang kemudian terdapat senyawa lain seperti kariophilen, eugenil asetat, dan alfa-humulena. Kandungan minyak atisiri pada minyak cengkeh dari beberapa peneliti yang ditampilkan pada Tabel.2.2.

Tabel 2.2. Kandungan Minyak Atsiri pada Minyak Cengkeh

No	Sumber	Komposisi (%)			
		Eugenol	Kariophilen	Eugenil asetat	Alfa-humulena
1	Alma <i>et al.</i> , (2007)	87.00 %	3.56 %	8.01 %	0.40 %
2	Tomaino <i>et al.</i> , (2005)	82.60 %	7.45 %	8.03 %	-
3	Lee <i>et al.</i> , (2001)	89.20 %	-	8.06 %	-
4	Srivastava <i>et al.</i> , (2005)	70.00 %	19.50 %	2.10 %	1.90 %
5	Memmu <i>et al.</i> , (2012)	47.60 %	35.40 %	13.4 %	-
6	Nurdjannah (2014)	78.30 %	10.80 %	7.97 %	-
7	Jirovetz <i>et al.</i> , (2002)	76.80 %	17.40 %	1.20 %	2.10 %
8	Prianto (2013)	81.20 %	3.92 %	12.43 %	0.45 %
9	Our results (Java)	55.60 %	14.84 %	20.54 %	2.75%
10	Our results (Manado)	74.64 %	12.79 %	8.70 %	1.53%

Sumber : Amelia, 2017

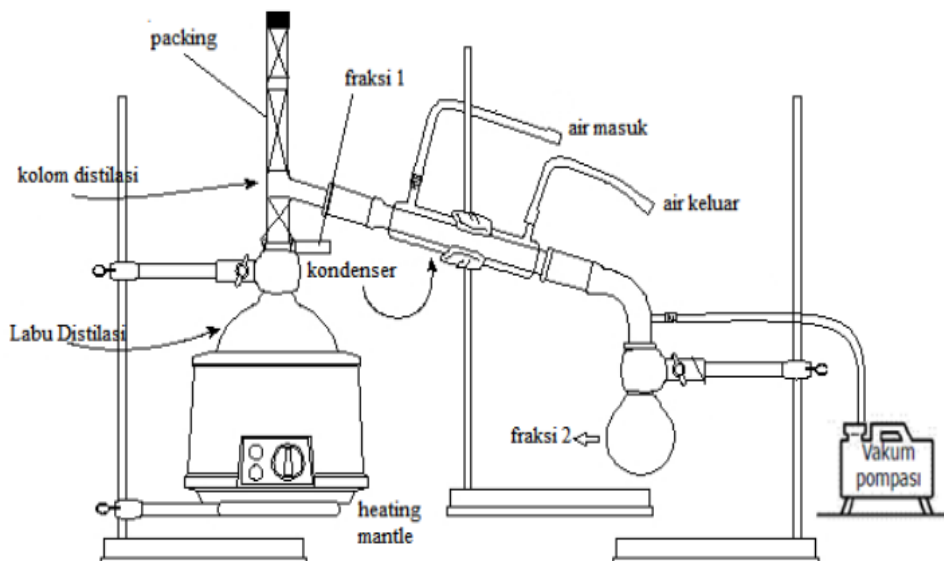
Berdasarkan standar USP (2010) untuk dapat diperdagangkan secara internasional, eugenol harus memiliki tingkat kemurnian minimal 99,5%. Peningkatan kemurnian eugenol dapat meningkatkan harga jualnya.

Badan Pusat Statistik (2015 dalam Luthfi & Kurniawati, 2018) menyatakan harga minyak daun cengkeh pada tahun 2014 seharga Rp 14.763.636,00 per kuintal dan pada tahun 2015 turun menjadi Rp 13.500.000,00 per kuintal.

Senyawa eugenol bisa didapatkan dengan dipisahkan dengan komponen senyawa minyak atsiri yang ada didalam minyak cengkeh. Cara pemisahan komponen minyak atsiri salah satunya adalah distilasi fraksinasi vakum. Distilasi fraksinasi minyak atsiri adalah pemisahan minyak atsiri menjadi beberapa fraksi berdasarkan perbedaan titik didihnya. Minyak atsiri tidak difraksinasi pada tekanan atmosfer tetapi dalam keadaan vakum, karena pada tekanan dan suhu yang tinggi dapat menyebabkan dekomposisi dan resinifikasi, sehingga distilat mempunyai bau dan sifat fisiko kimia yang berbeda dengan minyak murni. Penggunaan tekanan tidak lebih dari 10 mmHg pada distilasi fraksinasi vakum

dapat menghindari minyak dari kerusakan akibat suhu yang tinggi (Guenther, 1990).

Isolasi eugenol dengan distilasi fraksinasi tekanan rendah tanpa menggunakan bahan lain seperti pelarut dapat mencegah dekomposisi komponen dalam minyak daun cengkeh. Metode ini diharapkan dapat mengambil komponen eugenol sebagai produk utama dari minyak daun cengkeh tanpa merusak minyak daun cengkeh tersebut karena berlangsung pada temperatur rendah. Rangkaian alat distilasi fraksinasi ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Rangkaian Alat Distilasi Fraksinasi (Widayat, 2014)

Alat distilasi fraksinasi pada Gambar 2.2 terdiri dari (1) pemanas, (2) labu alas bulat sebagai wadah minyak cengkeh, (3) kolom fraksinasi, (4) termometer untuk mengukur suhu selama proses distilasi, (5) kondensor sebagai pendingin hasil distilasi. (6) Distilat yang dihasilkan ditampung dalam penampung destilat. Distilasi ini dilengkapi dengan (7) pompa vakum yang berfungsi sebagai penurun tekanan selama proses distilasi. Penurunan tekanan berdampak pada penurunan titik didih senyawa yang didistilasi.

2.3 Eugenol Asetat.

Eugenol asetat merupakan senyawa yang berwarna kuning sampai kuning kecoklatan, berbau pedas aromatik cengkeh (Sigma-Aldrich, 2010). Asetil eugenol atau eugenil asetat memiliki nama kimia 4- alil-2-metoksifenil asetat serta

rumus kimia $C_{12}H_{14}O_3$ dengan berat molekul 206,241 gram/mol (R&D Chemicals, 2006).

Senyawa asetil eugenol dapat disintesis dengan mereaksikan eugenol dengan anhidrida asam asetat melalui reaksi esterifikasi. Struktur eugenol mengandung gugus $-OH$ yang terikat pada cincin benzena, memungkinkan penggunaannya dalam mensintesis eugenil asetat (Manoppo, 2010).

Senyawa eugenil asetat diklasifikasikan sebagai zat perasa yang tergolong pada kelompok benzenadiol yang disadari aman untuk makanan dengan 2 komite keamanan makanan bereputasi internasional *Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives* (JECFA) dan *European Food Safety Authority* (EFSA). Batas yang direkomendasikan bergantung pada jenis makanan, konsentrasi tertinggi 25ppm untuk produk daging dan terendah 2,83ppm untuk makanan non-alkohol. Senyawa ini memperlihatkan beberapa sifat yang menarik seperti antimikroba, antioksidan, antikarsinogen, melindungi pengeroposan gigi.

2.4 Reaksi Esterifikasi Eugenol

Penelitian Manoppo (2010) dilakukan sintesis asetil eugenol dengan mereaksikan eugenol dengan anhidrida asam asetat menggunakan katalis natrium asetat. Elusidasi struktur menggunakan kromatografi gas, spektrofotometri inframerah, dan spektrometri massa menunjukkan asetil eugenol telah terbentuk. Reaksi esterifikasi eugenol dengan asetat anhidrida dan natrium asetat anhidrat sebagai katalis diperoleh eugenil asetat 63,54% dengan kemurnian 98,38%.

Reaksi Esterifikasi suatu fenol dapat dengan suatu asam karboksilat atau dengan derivat asam karboksilat yang lebih reaktif seperti anhidrida asetat. Reaksi esterifikasi dengan asam karboksilat menghasilkan rendemen yang lebih kecil sehingga digunakan derivatnya yang lebih reaktif supaya rendemen yang dihasilkan banyak (Fessenden dan Fessenden, 1986).

Senyawa eugenol merupakan senyawa golongan alkohol karena adanya gugus $-OH$ fenolik dan anhidrida asam asetat merupakan senyawa yang digunakan sebagai agen asilasi. Gugus fenolik pada eugenol cenderung membentuk parsial negatif sehingga dapat bereaksi dengan atom C karbonil pada anhidrida asetat yang memiliki muatan parsial positif (Fessenden and Fessenden, 1986).

Senyawa anhidrida asetat digunakan dalam proses asetilasi karena lebih reaktif dibandingkan asam karboksilat. Hal ini disebabkan karena ion karboksilat pada anhidrida asam asetat merupakan *leaving group* yang lebih baik dibandingkan gugus –OH pada asam karboksilatnya. Elektrofilisitas C karbonil pada anhidrida asam asetat juga lebih besar daripada elektrofilisitas C karbonil asam asetat, sehingga molekul anhidrida asam asetat menjadi lebih reaktif (Supardjan, 2004).

Reaksi esterifikasi merupakan reaksi yang terjadi antara alkohol dan asam karboksilat yang akan membentuk senyawa ester. Eugenol berperan sebagai alkohol yang bersifat nukleofil dan menyerang C karbonil anhidrida asam asetat sebagai turunan asam karboksilat yang bersifat elektrofil. Reaksi ini menghasilkan suatu senyawa ester yaitu asetil eugenol (Sarwono, 2011).

2.5 Peranan Katalis Asetilasi

Reaksi esterifikasi prosesnya sangat lambat tanpa adanya katalis maka penggunaan katalis pada asetilasi bertujuan untuk mempercepat reaksi (Fessenden dan Fessenden, 1986). Katalis merupakan suatu zat yang meningkatkan kecepatan reaksi kimia tanpa dirinya mengalami perubahan kimia yang permanen. Katalis dapat mempengaruhi kecepatan reaksi melalui pembentukan senyawa antara. Cara kerja katalis yaitu menurunkan barrier energi sehingga tersedia suatu jalan dengan energi pengaktifan yang lebih rendah supaya molekul yang energinya tidak tinggi dapat bereaksi (Keenan, 1980).

Pemilihan suatu katalis yang tepat dalam suatu proses dapat menyebabkan proses yang diinginkan memiliki hasil yang maksimal. Menurut Lestari (2012), terdapat kriteria-kriteria dalam memilih katalis yang baik, yaitu :

a. Aktivitas (A)

Aktivitas merupakan kemampuan suatu katalis untuk mengkonversi reaktan menjadi suatu produk yang diinginkan. Aktivitas katalis dapat dihitung menggunakan Persamaan (1) (Cahyono *et al.*, 2014) yaitu sebagai berikut.

$$Aktivitas = \frac{\text{mol pereaksi awal} - \text{mol pereaksi akhir}}{\text{mol pereaksi awal}} \times 100\% \dots\dots\dots \text{Persamaan (1)}$$

b. Selektivitas (S)

Selektivitas adalah ukuran katalis dalam mempercepat reaksi dalam pembentukan suatu produk. Selektivitas dapat dihitung menggunakan Persamaan yakni:

$$\text{Selektivitas} = \frac{\text{mol hasil yang diharapkan}}{\text{mol hasil reaksi keseluruhan}} \times 100\% \dots\dots\dots \text{Persamaan (2)}$$

(Cahyono *et al.*, 2014)

Katalis heterogen sudah banyak digunakan untuk meningkatkan *yield* dari reaksi esterifikasi. Yadav dan Yadav (2012) mengevaluasi sintesis eugenol benzoat menggunakan *superacid UDCat-5*, montmorillonite alam itu sendiri atau menggunakan pergantian ion dengan kation Na^+ , banyak variasi mulai dari primer, sekunder, benzilik, alilik, homosiklik, dan heterosiklik alkohol telah diasetilasi dengan asam asetat (Chaudhari, 2000). Reaksi asetilasi dari ester *α-methylene-β-hydroxy* dengan zeolit dan *Amberlyst-15*, menghasilkan triasetilgliserol dengan *Amberlyst-35* (Liao, 2009).

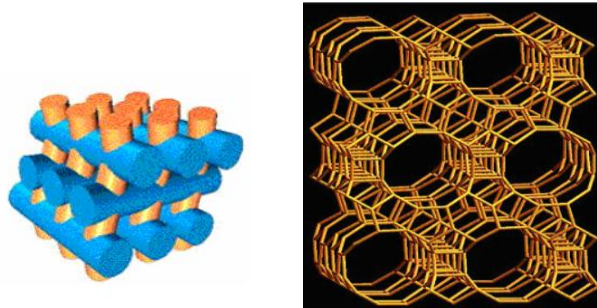
Karakteristikstabilitas dan keasaman permukaan material katalis merupakan hal penting dalam mekanisme reaksi asetilasi. Modifikasi material katalis oleh logam atau oksida logam sangat dimungkinkan untuk meningkatkan aktivitas dan selektivitas dalam reaksi (Kholis, 2016).

Keasaman zeolit dapat ditingkatkan dengan cara modifikasi melalui pengembanan logam-logam transisi yang memiliki orbital d belum terisi penuh. Logam transisi mensubstitusi ion hidrogen pada permukaan zeolit. Pengembanan logam-logam tersebut pada zeolit terdistribusi secara merata pada permukaan zeolit, sehingga menambah luas permukaan spesifik sistem katalis secara keseluruhan (Trisunaryanti *et al.*, 2005).

2.5.1 Zeolit-beta

Zeolit-beta dapat digunakan sebagai pengembanan karena memiliki stabilitas pemanasan yang tinggi, porositas yang baik dan luas permukaan yang besar (Ningrum, 2009). Zeolit-beta (BEA) adalah aluminosilikat dengan bentuk kristal pori besar yakni terdiri dari dua polimorf (A dan B) terkait satu sama lain, dengan kemungkinan ada yang ketiga (C) yang membentuk struktur BEA. Polimorf

dibentuk oleh sistem saluran tiga arah yang dibatasi oleh cincin dari 12 anggota yang saling berhubungan. Susunan saluran struktur pori Zeolit-beta ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3. Susunan Saluran struktur pori Zeolit-beta (Barcia *et al.*, 2005)

Zeolit-beta lebih banyak digunakan sebagai katalis daripada tipe zeolit lain karena kekuatan asamnya yang menjadi relatif tinggi berdasarkan rasio Si/Al yang tinggi. Rasio Si/Al yang tinggi membuat zeolit-beta bersifat hidrofobik dan memiliki kestabilan termal yang tinggi sehingga dapat digunakan sebagai katalis pada reaksi kimia dengan temperatur yang relatif tinggi. Penggunaan Zeolit-beta dalam penelitian ini untuk menjadi katalis dalam mempercepat reaksi hidrogenasi. Sifat fisik dari Zeolit-beta dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3. Sifat Fisik Zeolit-beta

Parameter	H-Zeolit-beta
Luas muka spesifik (m ² /g)	0.452
Volume Total (cc/g)	0.015
Rerata jejari total (angstrom)	302.826

Sumber : (Saputri, 2012)

2.5.2 Logam Ni

Logam nikel (Ni) merupakan salah satu logam transisi yang digunakan sebagai katalis untuk fasa aktif. Logam Ni adalah logam dengan nomor atom 28 dengan elektron terluarnya berada pada orbital d. Konfigurasi elektron dari Ni adalah [Ar] 3d⁸ 4s². Logam Ni mudah membentuk ikatan kovalen koordinasi sehingga membuat pembentukan senyawa antara permukaan katalis menjadi lebih mudah (Adzani, 2012). Hal ini dikarenakan menurut aturan Hund, nikel

mempunyai orbital 3d dimana terdapat elektron-elektron yang tidak berpasangan dan membuat logam ini bersifat magnetik.

Logam Ni merupakan logam transisi yang berfungsi sebagai promotor untuk memperbaiki kinerja katalis meliputi aktivitas dan selektivitas (Misdian, 2009).

2.6 Analisis dan Karakterisasi

2.6.1 Analisis Penentuan Struktur

2.6.1.1 *Gas Chromatography (GC)*

Kromatografi gas merupakan salah satu teknik pemisahan yang sering digunakan dalam analisis kimia. Proses pemisahan komponen-komponen sampel dalam kromatografi gas berlangsung didalam kolom berdasarkan interaksi komponen sampel dan fase diam. Komponen-komponen yang dipisahkan akan didistribusikan diantara dua fase yaitu fase diam dan fase gerak. Fase gerak berfungsi membawa sampel sedangkan fase diam berfungsi untuk mengabsorpsi atau partisi komponen. Interaksi tersebut dapat berupa absorpsi atau partisi. Jika fase diamnya berupa padatan berpori maka peristiwanya adalah absorpsi dan bila fase diamnya berupa cairan peristiwanya adalah partisi gas-cair (Handayani, 2015).

Prinsip kerja alat kromatografi gas yaitu sampel diinjeksikan ke dalam injektor kemudian sampel dibawa oleh gas pembawa masuk ke dalam kolom yang berisi padatan sebagai fase diam. Fase diam memiliki sifat dapat berinteraksi dengan komponen-komponen dalam sampel sehingga dapat menghambat laju alir masing-masing komponen. Besarnya hambatan untuk masing-masing komponen berbeda sehingga keluarannya sampel di ujung kolom tidak bersamaan. Komponen yang keluar dari kolom dilewatkan ke detektor kemudian signal dari detektor dikirim melalui amplifier ke rekorder dan dicatat sebagai kromatogram (Sunardi, 2004).

Penggunaan kromatografi gas dapat dipadukan dengan spektrokopi massa. Alat yang digunakan adalah *Gas Chromatography Mass Spectrometry (GC-MS)*. Paduan keduanya dapat menghasilkan data yang lebih akurat dalam pengidentifikasian senyawa yang dilengkapi dengan struktur molekulnya. Kromatografi gas memiliki beberapa kelebihan diantaranya dapat menggunakan

kolom lebih panjang untuk menghasilkan efisiensi pemisahan yang tinggi. Gas dan uap mempunyai viskositas yang rendah, demikian juga kesetimbangan partisi antar gas dan cairan berlangsung cepat sehingga analisis relatif cepat dan sensitivitasnya tinggi. Fase gas dibandingkan fase cair tidak bersifat reaktif terhadap fase diam dan zat-zat alam terlarut. Kelemahan alat ini adalah terbatas untuk zat yang mudah menguap (Khopkar, 2003).

2.6.1.2 *Fourier Transform Infra-Red (FTIR)*

Spektroskopi adalah studi mengenai interaksi antara energi cahaya dan materi. Warna yang nampak dan fakta bahwa orang bisa melihat adalah akibat absorpsi energi oleh senyawa organik maupun anorganik. Panjang gelombang pada suatu senyawa organik menyerap energi cahaya bergantung pada struktur senyawa itu (Fessenden dan Fessenden, 1982).

Spektroskopi inframerah atau *fourier Transform Infra-Red (FTIR)* adalah metode analisis yang digunakan untuk identifikasi gugus fungsi dengan berdasarkan spektra absorpsi sinar inframerahnya. Metode ini dapat menentukan komposisi gugus fungsi dari senyawa sehingga dapat membantu memberikan informasi untuk penentuan struktur molekulnya. Sampel yang digunakan dapat berupa padatan, cairan, ataupun gas. Analisis dengan metode ini didasarkan pada fakta bahwa molekul memiliki frekuensi spesifik yang dihubungkan dengan vibrasi internal dari atom gugus fungsi (Handayani, 2015).

Analisis spektroskopi inframerah berdasarkan absorpsi atau refleksi dari radiasi elektromagnetik. Spektrum inframerah berada di antara daerah sinar tampak dan daerah gelombang mikro. Daerah spektrum yang paling baik digunakan dalam kimia organik adalah antara $4000\text{-}400\text{ cm}^{-1}$. Rentang bilangan gelombang inframerah dibagi dalam tiga daerah yaitu inframerah jauh ($200\text{-}10\text{ cm}^{-1}$), inframerah tengah ($4000\text{-}200\text{ cm}^{-1}$), dan inframerah dekat ($12500\text{-}4000\text{ cm}^{-1}$) (Watson, 2009).

Sinyal inframerah yang dilewatkan melalui sampel senyawa organik terdapat sejumlah frekuensi yang diserap dan ada yang diteruskan atau ditransmisikan tanpa diserap. Serapan cahaya oleh molekul tergantung pada struktur elektronik dari molekul tersebut. Molekul yang menyerap energi tersebut terjadi perubahan energi vibrasi dan perubahan tingkat energi rotasi. Pada suhu kamar, molekul

senyawa organik yang dalam keadaan diam setiap ikatannya mempunyai frekuensi untuk terjadi vibrasi ulur (*stretching vibration*) dan vibrasi tekuk (*bending vibrations*) dimana sinar inframerah dapat diserap pada frekuensi tersebut (Suseno dan Firdausi, 2008).

2.6.2 Karakterisasi Katalis Ni/Zeolit-beta

2.6.2.1 X-Ray Diffraction (XRD)

Alat *X-Ray Diffraction* (XRD) merupakan salah satu metode karakteristik material yang paling tua dan paling sering digunakan hingga sekarang. Teknik ini digunakan untuk mengidentifikasi fasa kristalin dalam material dengan cara menentukan parameter struktur kisi serta untuk mendapatkan ukuran partikel. Bahan yang dianalisa adalah tanah halus, *homogenized*, dan rata-rata komposisi massal ditentukan (Ratnasari, 2009).

Prinsip kerja *XRD* secara umum adalah *XRD* terdiri dari tiga bagian utama yaitu tabung sinar-X, tempat objek yang diteliti, dan detektor sinar-X. Sinar-X dihasilkan di tabung sinar-X yang berisi katoda memanaskan filamen, sehingga menghasilkan elektron. Perbedaan tegangan menyebabkan percepatan elektron akan menembaki objek. Elektron yang mempunyai tingkat energi tinggi kemudian menabrak elektron dalam objek sehingga dihasilkan pancaran sinar-X. Objek dan detektor berputar untuk menangkap dan merekam intensitas refleksi sinar-X. Detektor merekam lalu memproses sinyal sinar-X yang kemudian mengolahnya dalam bentuk grafik (Ratnasari, 2009).

Hasil dari penembakan logam dengan elektron energi tertinggi dengan karakterisasi tersebut menyebabkan sinar-X mampu menembus zat padat sehingga dapat digunakan untuk menentukan struktur kristal. Hamburan sinar ini dihasilkan bila suatu elektron logam ditembak dengan elektron-elektron berkecepatan tinggi dalam tabung hampa udara (Beiser, 1992).

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan beberapa hal yakni :

1. Isolasi eugenol dengan metode distilasi fraksinasi penurunan tekanan meningkatkan kemurnian eugenol dari 76% menjadi 96%
2. Katalis Ni/Zeolit-beta memiliki tingkat keasaman lebih tinggi dibanding Cu/Zeolit-beta sehingga digunakan katalis Ni/Zeolit-beta sebagai katalis asetilasi. Katalis Ni/Zeolit-beta tidak mempengaruhi selektivitas hasil produk asetilasi eugenol. Aktivitas Ni/Zeolit-beta pada reaksi menunjukkan reaksi berlangsung lebih cepat dibandingkan dengan reaksi tanpa menggunakan katalis apabila dilihat dari hasil konversi eugenol asetat.
3. Rasio mol paling baik untuk reaksi asetilasi eugenol yakni eugenol :anhidrida asetat sebesar 1:3 dimana dengan atau tanpa katalis bisa mencapai konversi eugenol asetat sebesar 100%. Katalis berfungsi sebagai mempercepat jalannya suatu reaksi dan tidak mengubah selektivitas hasil reaksinya.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian ini disarankan untuk melakukan penelitian lebih lanjut sebagai berikut :

1. Apabila hendak menggunakan metode distilasi fraksinasi terlebih dahulu GC/GCMS minyak cengkeh terlebih dahulu untuk mengetahui senyawa eugenol berada di rentang berapa untuk dapat menentukan metode distilasinya.
2. Katalis perlu dikaji dalam impregnasinya mulai dari suhu impregnasi, pengadukan dan reduksi logam impregnan.

DAFTAR PUSTAKA

- Alam, M., Rahman, A., Alandis, N. M., & Shaik, M. R. (2014). Ni/Silica catalyzed acetylation of phenols and naphthols: An eco-friendly approach. *Arabian Journal of Chemistry*, 7(1), 53–56.
- Alma, M.H., Ertas M., Nitz S., Kollmannsberger H., 2007. Chemical composition and content of essential oil from the bud of cultivated turkish clove. *BioResources*, 2(2): 265-269.
- Amelia, B., Saepudin, E., Cahyana, A. H., Rahayu, D. U., Sulistyoningrum, A. S., & Haib, J. (2017). GC-MS analysis of clove (*Syzygium aromaticum*) bud essential oil from Java and Manado. *AIP Conference Proceedings*, 1862(December 2019). <https://doi.org/10.1063/1.4991186>
- Anbu, Nagarjun, Jacob, Kalaiarasi, & Dhakshinamoorthy. (2019). Acetylation of Alcohols, Amines, Phenols, Thiols under Catalyst and Solvent-Free Conditions. *Chemistry*, 1(1), 69–79.
- Arslan, N., Gürbüz, B. and Sarıhan, E. O. (2004). “Variation in essential oil content and composition in Turkish anise (*Pimpinella anisum* L.) populations,” *Turk. J. Agric. For.* 28, 173 177.
- Asnawati, D., Sudarma, I. M., Yuanita, E., Arlina, B. F., Hamdiani, S., & Kamali, S. R. (2017). Methylation of Eugenol Using Dimethyl Carbonate and Bentonite as Catalyst. *Indonesian Journal of Chemistry*, 15(3), 256–262. <https://doi.org/10.22146/ijc.21193>.
- Austin, G.T., 1987, Shreve’s Chemical Process Industries, 5nd edition, New York: Mc Graw- Hill Book Company, pp. 649-672
- A. Tomaino *et al.*, *Food Chem.* 89, 549–554 (2005).
- Badan Standardisasi Nasional. 2006. Standar Nasional Indonesia Minyak Daun Cengkeh SNI 06-2387-2006.
- Bárcia, P. S., Silva, J. A. C. & Rodrigues, A. E. 2005. Adsorption Equilibrium and Kinetics of Branched Hexane Isomers in Pellets of Beta Zeolite. *Microporous and Mesoporous Materials*, 79:145-163.
- Bonati, M.L.M., R.W. Joyner, & M. Stockenhuber. 2007. On the mechanism of aromatic acylation over zeolites. *Microporous and Mesoporous Materials*. 104 (2007): 217–224.
- Brodu, N., Manero, M. H., Andriantsiferana, C., Pic, J. S., dan Valdes, H. 2013. Role of Lewis Acid Sites of ZSM-5 Zeolite on Gaseous Ozone Abatement. *Chemical Engineering Journal*. 231: 281-286.
- Budavari, S., 2001, Merck Index: An Encyclopedia of Chemicals, Drugs, and

Biological, 13th ed., Merck & Co., Inc., USA, 239, 612.

- Cahyono, E., Muchalal, M., Triyono, T., dan Pranowo, H. D. 2014. Catalytic Activities of Fe³⁺ and Zn²⁺-Natural Zeolite on the Direct Cyclisation-Acetylation of (R)-(+)-Citronellal. *Bulletin of Chemical Reaction Engineering & Catalysis*. 9(2): 128-135.
- Chaudhari N, Landin AM, Roper SD (2000) A metabotropic glutamate receptor variant functions as a taste receptor. *Nat Neurosci* 3: 113-119.
- Dos Santos, A. L., Chierice, G. O., Alexander, K., & Riga, A. (2009). Crystal structure determination for eugenyl acetate. *Journal of Chemical Crystallography*, 39(9), 655–661. <https://doi.org/10.1007/s10870-009-9539-7>
- Fessenden R.J. dan J. Fessenden, 1982. *Kimia Organik Jilid II Edisi Ketiga*. Jakarta: Erlangga.
- Hadi, S. (2012). (Clove Oil) menggunakan Pelarut N-Heksana dan Benzena. *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*, 1(2), 25–30.
- Hudaya, T., 2016. The Effect of Catalyst Support on the Bimetallic Ni-Ag Hydrogenation Catalyst Activity. *Pengembangan Teknologi Kimia untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia*, ISSN 1693-4393.
- Jirovetz, L., Buchbauer, G., Stoilova, I., Stoyanova, A., Krastanov, A., Schmidt, E., 2016. Chemical Composition and Antioxidant Properties of Clove Leaf Essential Oil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(17): 6303-6307.
- Kadarohman, A., Sastrohamidjojo, H., & Muchalal, M. (2010). Konversi Eugenol dan Isoeugenol menjadi 2-Metoksi-4-propilfenol melalui Reaksi Hidrogenasi Menggunakan Katalis Logam Pt, Pd, dan Ni dalam Zeolit. *Jurnal Matematika Dan Sains*, 14(4), 101-106.
- Kurnia, A. dan A. Widyadhana, 2010. *Keseimbangan Cair – cair Sistem Eugenol + β -Caryophyllene + Etanol + Air pada Rentang Temperatur 303K-323K*. Institut Teknologi Surabaya: Surabaya.
- L. Jirovetz *et al.*, *J. Agric. Food Chem.* 54, 6303–6307 (2006)
- L. Jirovetz, G. Buchbauer, M. B. Ngassoum, and M. Geissler, *J. Chromatogr. A* 976, 265–275 (2002)
- Lai F, Wissing SA, Muller RH, Fadda AM (2006) *AAPS PharmSciTech* 7:1
- Lee KG, Shibamoto T (2001) *Food Chem* 74:443–448. doi: [10.1016/S0308-8146\(01\)00161-3](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(01)00161-3)

- Li B. D., Xu Z., Jiang X., Zhang W., Liu dan DongX, 2008. Pervaporation Performance of PDMS-Ni²⁺Y Zeolite Hybrid Membranes In The Desulfurization of Gasoline. *J Membrane Sci*, Volume 322: 293-301.
- Liao X, Zhu Y, Wang SG, Li Y (2009) Producing triacetylgllycerol with glycerol by two steps: Esterification and acetylation. *Fuel Process Technol* 90: 988-993
- Luthfi, M. & Kurniawati, A., 2018. Pengelolaan Panen Bunga Cengkeh (*Syzygium aromaticum L.*) di Kebun Branggah Banaran, Blitar, Jawa Timur. *Bul. Agrohorti*, 6 (2): 188 – 197.
- Marques, H. M. C., 2010. A review on cyclodextrin encapsulation of essential oils and volatiles. *Flavour Frag. Journal*, 25: 313-326.
- Memmu, F., & Mahboub, R. (2012). Composition of essential oil from fresh flower of clove. *Journal of Scientific Research in Pharmacy*, 1(2), 33-35.
- Misdian, M., 2009. Pembuatan CoMo/ZSM-5 dari Abu Sawit sebagai Katalis Pada Pengolahan Biomassa Menjadi Bahan Bakar Cair. *Jurnal Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau*.
- Moura, C. J. R. de. (2011). Sintesis Asetil Eugenol dari Eugenol dan Anhidrida Asam Asetat dengan Katalis Natrium Hidroksida. *Phys. Rev. E*, p. 53. Yogyakarta.
- N. Nurdjannah and N. Bermawie, in Handbook of Herbs and Spices Second Edition, edited by K. V. Peter (Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology, and Nutrition, Cambridge, 2012), pp. 197–215.
- Ningrum, N. S., 2009. Pengkajian Pengaruh Penambahan Nikel dan Krom pada Katalis Berbasis Besi untuk Pencairan Batubara. *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara*, 5(3).
- Nuryoto, Jayanudin & Hartono, R., 2011. Karakterisasi Minyak Atsiri dari Limbah Daun Cengkeh. In Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia “Kejuangan.” pp. C07–1.
- Prianto, H., Retnowati, R. & Juswono, U.P., 2013. Isolasi dan karakterisasi dari minyak bunga cengkeh (. *Kimia Student Journal*, 1(2), pp.269–275
- Priyosetyoko. Sudarmin dan Edy Cahyono. (2014). TRANSFORMASI EUGENOL MENJADI ISOEUGENOL ASETAT MELALUI ISOMERISASI DAN ASETILASI. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 3(2252).
- Putri, Retty L., 2014. Pemurnian Eugenol dari Minyak Daun Cengkeh dengan Reaktan Basa Kuat KOH dan Ba(OH)₂ (Kajian Konsentrasi Reaktan). *Jurnal Industri*. Vol.3 No. 1 hal 1-12.

- Rianto, L. B., S. Amalia, & S. N. Khalifah, 2012. Pengaruh Impregnasi Logam Titanium Pada Zeolit Alam Malang Terhadap Luas Permukaan Zeolit. *Alchemy*, (2): 58-67.
- Saputri, I., Cahyono, E., dan Kusumo, E., 2012. Peranan Katalis Fe^{3+} Zeolit Beta pada Reaksi Siklisasi-Asetilasi Sitronelal menjadi Isopeugil Asetat. *Indo. J. Chem. Sci*, 1(2).
- Saraphanchotiwitthaya, A., Khorana, N., & Sripalakit, P. (2019). Comparative anti-inflammatory activity of eugenol and eugenyl acetate on the murine immune response in vitro. *Songklanakarinn Journal of Science and Technology*, 41(3), 641–648. <https://doi.org/10.14456/sjst-psu.2019.68>
- Setyawan. 2002. Aktivitas Katalis Ni/Zeolit pada Konversi Katalitik Metil Ester Minyak Goreng Jelantah (MEWCO) pada Temperatur 450°C menjadi Senyawa Fraksi Bahan Bakar. *Jurnal ILMU DASAR*. 8 (1)
- Silverstein, R. M., G. C. Bassler and T. C. Morrill, 1991, Spectrometric Identification of Organic Compound, 5th ed, John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Sohilait, H.J., 2002, Sigma, V, (2), 35-139.
- Srivastava, A. K., Srivastava, S. K., & Syamsundar, K. V. Flavour Fragr. J. 20, 51–53 (2005).
- Suyati, L., Nuryanto, R., dan Sulistyorini, H., 2009, Perengkahan Produk Cair Hasil Pirolisis Sabut Kelapa dengan Menggunakan Katalis Zeolit Alam dan Ni/Zeolit pada Suhu 400°C , Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia, Laboratorium Kimia Fisik, Jurusan Kimia FMIPA, Universitas Diponegoro
- Tadeus, A., Silalahi, I.H., Sayekti, E. & Siani- par, A. 2013. Karakterisasi Katalis Zeolit- Ni Regenerasi dan tanpa Regenerasi dalam Reaksi Perengkahan Katalitik. *JKK*. Vol. 2. (1): 24-29
- Towaha, J. (2012). The benefits of cloves eugenol in various industries in Indonesia. *Jurnal Perspektif*, 11(2), 79–90.
- Trisunaryanti, W., E. Triwahyuni., & Sri Sudiono. 2005. Preparasi, Modifikasi Dan Karakterisasi Katalis Ni-Mo/Zeolit Alam Dan Mo-Ni/Zeolit Alam. *Teknoin*. 10(4): 269-282.
- Valand, J., Dasireddy, V. D. B. C., Sing, S., dan Friederich, H. B. 2017. Ternary (Cu, Ni and Co) Nanocatalysts for Hydrogenation of Octanal to Octanol: An Insight into the Cooperative Effect. *Catalysis Research Group*. 147: 525-538.
- Vanin, A. B., Orlando, T., Piazza, S. P., Puton, B. M. S., Cansian, R. L., Oliveira,

D., & Paroul, N. (2014). Antimicrobial and Antioxidant Activities of Clove Essential Oil and Eugenyl Acetate Produced by Enzymatic Esterification. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 174(4), 1286–1298.
<https://doi.org/10.1007/s12010-014-1113-x>

Widayat, Muhammad Hilman H, Bahtiar Bagus S dan Arif Rahmawan. (2014). Pengaruh Jenis Packing dan Tekanan Vakum dalam Peningkatan Mutu Minyak Cengkeh. *Simposium Nasional RAPI XIII- 2014 FT UMS*. ISSN 1412-9612

Widihati, I. A. G. Oka Ratnayani, dan Yunita Angelina. (2010). Karakterisasi Keasaman dan Luas Permukaan Tempurung kelapa Hijau (*Cocos nucifera*) dan Pemanfaatannya sebagai Biosorben Ion Cd^{2+} . *JURNAL KIMIA 4* (1), JANUARI 2010 : 7-14.

Yadav GD, Yadav AR (2012) Insight into esterification of eugenol to eugenol benzoate using a solid super acidic modified zirconia catalyst UDCaT-5. *Chem Eng J* 192: 146-155.

Zakaria, A., Rohaeti, E., Batubara, I., Sutisna., dan Purwamargapratala, Y., 2012. Adsorpsi Cu(II) Menggunakan Zeolit Sintesis dari Abu Terbang Batu Bara. *Prosiding Pertemuan Ilmiah Ilmuan Pengetahuan dan Teknologi Bahan*.