TESIS – TK 185401

EKSTRAKSI MINYAK ATSIRI CENGKEH (*Syzgium aromaticum*) DENGAN METODE *SOLVENT-FREE MICROWAVE EXTRACTION*

YURIE NURMITASARI
02211850010009

DOSEN PEMBIMBING
Prof. Dr. Ir. Mahfud, DEA

PROGRAM MAGISTER
BIDANG KEAHLIAN TEKNOLOGI PROSES
DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI dan REKAYASA SISTEM
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020

THESIS – TK 185401

ESSENTIAL OIL EXTRACTION OF *Sygium aromaticum* USING SOLVENT-FREE MICROWAVE EXTRACTION

YURIE NURMITASARI
02211850010009

DOSEN PEMBIMBING
Prof. Dr. Ir. Mahfud, DEA

MASTER PROGRAM
DEPARTEMENT OF CHEMICAL ENGINEERING
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020

LEMBAR PENGESAHAN TESIS

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memeroleh gelar
Magister Teknik (M.T.)
Di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Oleh:
YURIE NURMITASARI
NRP: 02211850010009

Tanggal Ujian : 03 Agustus 2020
Periode Wisuda : September 2020

Disetujui Oleh:
Pembimbing:

1. Prof. Dr. Ir. Mahfud, DEA. .....
   NIP: 1961 08 02 1986 01 1001

Penguji

1. Dr. Lailatul Qadariyah, S.T., M.T. .....
   NIP: 1975 03 06 2002 12 2002
2. Dr. Ir. Susianto, DEA .....
   NIP: 1962 08 20 1989 03 1004
3. Hakun Wirawasista Aparamarta, ST, M.Mt, Ph.D .....
   NIP: 1978 09 22 2008 12 1001

Kepala Departemen Teknik Kimia
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem

Dr. Widiyastuti, S.T., M.T.
NIP: 1975 03 06 2002 12 2002

EKSTRAKSI MINYAK ATSIRI DARI CENGKEH (*Syzgium aromaticum*) DENGAN METODE *SOLVENT-FREE MICROWAVE EXTRACTION*

Nama Mahasiswa : **Yurie Nurmitasari**
NRP : **02211850010009**
Pembimbing : **Prof. Dr. Ir. Mahfud, DEA**

ABSTRAK

Minyak atsiri merupakan salah satu produk yang dibutuhkan pada berbagai industri kosmetik, obat-obatan, makanan dan minuman. Salah satu penghasil minyak atsiri adalah ranting, daun dan bunga cengkeh. Tujuan dalam penelitian ini adalah untuk mempelajari faktor-faktor yang berpengaruh terhadap metode *solvent-free microwave extraction* pada ekstraksi minyak cengkeh yang meliputi daya *microwave*, rasio antara bahan baku yang akan diekstrak dengan *volume distiller* yang digunakan, waktu perendaman, ukuran bahan baku yang akan diekstrak dan *recovery* minyak yang dihasilkan. Selain itu dalam penelitian ini juga ditentukan model kinetika dan optimasi menggunakan metode *Response Surface Methodology* untuk ekstraksi minyak cengkeh. Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah ranting cengkeh, daun cengkeh dan bunga cengkeh dengan kondisi kering (16% kadar air). Pada ektraksi dengan metode *solvent-free microwave extraction* dilakukan pada daya 300, 450 dan 600 W, rasio F/D 0,06; 0,08; 0,10; 0,14 g/ml, ukuran bahan untuk bunga cengkeh yaitu bunga utuh dan bunga serbuk (30mesh) dengan waktu ekstraksi 60 menit, serta untuk ekstraksi minyak bunga cengkeh dilakukan perendaman bahan selama 1,6 dan 24 jam.

Dari hasil penelitian dapat dilihat bahwa secara umum ekstraksi minyak cengkeh menggunakan metode *solvent-free microwave extraction* menghasilkan *yield* dengan waktu yang lebih singkat. Kondisi operasi optimal untuk ekstraksi ranting cengkeh, kondisi operasi optimal diperoleh ketika menggunakan daya 450 W dan rasio F/D 0,1 g/mL, Untuk ekstraksi daun cengkeh, kondisi operasi optimal diperoleh ketika menggunakan daya 600 W dan rasio F/D 0,1 g/mL dan untuk ekstraksi bunga cengkeh, kondisi operasi optimal diperoleh ketika menggunakan daya 450 W, ukuran bunga cengkeh serbuk (± 30 mesh) dan rasio F/D 0,1 g/mL. Dengan hasil dari akumulasi *recovery* untuk ekstraksi minyak ranting cengkeh sebesar 57,58%, sedangkan untuk minyak daun cengkeh adalah sebesar 64,57%. Untuk hasil penelitian terhadap minyak bunga cengkeh, terdapat pengaruh waktu perendaman, hasil *yield* tertinggi diperoleh dengan waktu perendaman 6 jam. Selain itu untuk hasil optimasi proses ekstraksi minyak cengkeh dari ranting dan daun cengkeh dengan metode *solvent-free microwave extraction* menggunakan *Response Surface Methodology* (RSM) diperoleh kondisi operasi optimal yaitu: Untuk ekstraksi ranting cengkeh, kondisi optimal diperoleh ketika menggunakan daya

microwave 462,311 W, rasio antara massa bahan baku terhadap *volume distiller* (F/D) 0,0613 g/mL dan waktu ekstraksi 42,47 menit diperoleh *yield* sebesar 3,3429%. Sedangkan untuk ekstraksi daun cengkeh, kondisi optimal diperoleh ketika menggunakan daya *microwave* 563,622 W, rasio antara massa bahan baku terhadap *volume distiller* (F/D) 0,066 g/mL dan waktu ekstraksi 38,20 menit.

Berdasarkan hasil pengujian terhadap sifat fisik dan kimia dari minyak cengkeh menunjukan bahwa minyak cengkeh yang diperoleh dengan metode *solvent-free microwave extraction* telah sesuai dengan standar kualitas SNI 055-4374-1996 (ranting cengkeh), SNI 06-2387-2006 (daun cengkeh) dan SNI 06-4267-1996 (bunga cengkeh). Dimana minyak cengkeh memiliki komponen terpenting yaitu Eugenol.

Kata kunci: Eugenol, Minyak cengkeh, *Solvent-Free Microwave Extraction*, *Response Surface Methodology*

ESSENTIAL OIL EXTRACTION OF *Syzgium aromaticum* USING *SOLVENT-FREE MICROWAVE EXTRACTION METHOD*

Name : **Yurie Nurmitasari**
Student Identity Number : **02211850010009**
Advisor : **Prof. Dr. Ir. Mahfud, DEA**

ABSTRACT

Essential oils, one of the products needed in various cosmetic, medicinal, food and beverage industries. One of the producers of essential oils is stem, leaf and bud of clove. The aim in this study is to study the factors that affect the solvent-free microwave extraction method on the extraction of clove oil which includes the microwave power, the ratio between the raw materials to be extracted with the volume of distiller used, the extraction time, the size of the raw material to be extracted and the resulting oil recovery. In addition in the study was also determined models kinetics and optimization using the Response Surface Methodology for the extraction of clove oil. The materials used in this research are clove branches, clove leaf and clove bud with dry conditions (16% water content). On extraction with solvent-free microwave extraction method is carried out on the power of 300, 450 and 600 W, F/D ratio of 0.06, 0.08, 0.10, 0.14 g/ml, the size of the material for the clove bud, is the whole clove bud and the clove bud chopped (30mesh) with the extraction time of 60 minutes, as well as for the extraction of clovebud oil the soaking material has been done for 1, 6 and 24 hours.

The intermediate results obtained in this study are the optimal operating conditions for the extraction of clove stem oil using solvent-free microwave extraction method obtained when using microwave extraction 450W, ratio of raw material with volume distiller is 0.1 g/mL. For the extraction of clove leaf oil using solvent-free microwave extraction method obtained when using microwave extraction 600W and ratio of raw material with volume distiller is 0.1 g/mL. While for the extraction of clove bud oil using solvent-free microwave extraction method obtained when using microwave extraction 450W and ratio of raw material with volume distiller is 0.1 g/mL. Based on kinetic modeling that has been done, first order kinetics model can better represent experiment results from clove oil from clove stem and leaf. In addition to optimizing the process of extraction clove oil from clove stem and leaves using solvent-free microwave extraction method using Response Surface Methodology obtained optimal operating conditions are: for the extraction of clove stem oil (microwave power 462.311 W, F/D ratio 0.0613 g/mL

and extraction time for 42.47 min) and from clove leaves oil (microwave power 563.622 W, F/D ratio 0.066 g/mL and extraction time for 38.20 min).

Based on the results of test of the physical and chemical properties of clove oil showed that clove oil obtained by method of solvent-free microwave extraction has been in accordance with the quality standards of SNI 055-4374-1996 (clove stem), SNI 06-2387-2006 (clove leaves) and SNI 06-4267-1996 (Clove bud). Where clove oil has the most important component is Eugenol.

Keywords: *Clove Oil, Eugenol, Solvent-Free Microwave Extraction, Response Surface Methodology*

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan Laporan Tesis dengan judul:

EKSTRAKSI MINYAK ATSIRI DARI CENGKEH (*Sygium aromaticum*) DENGAN METODE *SOLVENT-FREE MICROWAVE EXTRACTION*

Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih atas segala bantuannya dalam penyelesaian laporan Tesis ini kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Mahfud, DEA. Selaku Dosen Pembimbing dan juga Kepala Laboratorium Proses Reaksi Kimia dan Konversi Biomassa. Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem, Institut Teknologi Sepuluh Nopember,
2. Ibu Dr. Eng. Widiyastuti, ST., MT., selaku Kepala Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem, Institut Teknologi Sepuluh Nopember,
3. Bapak Dr. Ir. Arief Widjaja, M.Eng, Selaku Ketua Program Studi Pascasarjana Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem, Institut Teknologi Sepuluh Nopember,
4. Suami Rizki Kurnia Mahardika dan kedua orang tua tercinta Bapak Sugeng Winardi dan Ibu Suryaningsih serta seluruh keluarga penulis atas doa dan dukungan daam penyelesaian laporan Tesis ini,
5. ITS yang telah memberikan beasiswa *freshgraduate* kepada penulis sehingga lulus kuliah Program Magister,
6. Rekan-rekan Pascasarjana dan Strata (S-1) Laboratorium Proses Reaksi Kimia dan Konversi Biomassa, Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem, Institut Teknologi Sepuluh Nopember,
7. Seluruh dosen dan karyawan Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem, Institut Teknologi Sepuluh Nopember,
8. Serta semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan Tesis ini.

Penulis merasa masih terdapat banyak kekurangan dalam naskah laporan Tesis ini, oleh karena itu penulis mengharapkan saran dan kritik untuk kesempurnaan Laporan Tesis ini.

Surabaya, Juli 2020

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL

LEMBAR PENGESAHAN .....

ABSTRAK iv

ABSTRACT vi

KATA PENGANTAR viii

DAFTAR ISI ix

DAFTAR GAMBAR xii

DAFTAR TABEL xiv

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Rumusan Permasalahan 2

1.3 Batasan Penelitian 2

1.4 Tujuan Penelitian 3

1.5 Manfaat Penelitian 3

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Cengkeh (*Syzgiun aromaticum L.*).....4

2.2 Jenis dan Manfaat Tanaman Cengkeh 5

2.3 Minyak Atsiri 7

2.4 Minyak Cengkeh (*Clove Essential Oil*) 8

2.4.1 Kandungan Minyak Cengkeh 8

2.4.2 Kegunaan Minyak Cengkeh 10

2.5 Proses Pengambilan Minyak Atsiri 10

2.5.1 Metode Ekstraksi Konvensional 10

2.5.2 Metode *Hydrodistillation* 11

2.5.3 Metode *Steam Distillation* 11

2.5.4 Metode *Steam-Hydrodistillation* 12

2.6 Gelombang Mikro (*microwave*) 13

2.6.1 *Solvent-Free Microwave Extraction* (SFME) 15

2.7 Parameter Minyak Atsiri 16

2.7.1 Berat Jenis 16

2.7.2 Kelarutan dalam Alkohol 16
2.8 Pemodelan Kinetika pada Proses Ekstraksi 16
2.8.1 Model Kinetika Orde Satu 16
2.8.2 Model Kinetika Orde Dua 17
2.9 *Response Surface Methodology* (RSM) 18
2.10 Penelitian Terdahulu 20
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN
3.1 Garis Besar Penelitian 22
3.2 Bahan dan Alat Penelitian 22
3.2.1 Bahan-Bahan Penelitian 22
3.2.2 Alat yang digunakan 23
3.3 Prosedur Penelitian.....24
3.3.1 Prosedur Perlakuan Awal Bahan Baku 24
3.3.2 Prosedur Penelitian *Solvent-Free Microwave Extraction* 24
3.3.3 Prosedur Analisa Densitas Minyak Atsiri 24
3.3.4 Prosedur Analisa Kelarutan dalam Alkohol 25
3.4 Diagram Penelitian 26
3.5 Variabel Penelitian 26
3.6 Besaran Penelitian yang Diukur 27
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN
4.1 Ekstraksi Minyak Atsiri Tanaman Cengkeh (Syzgium aromaticum) 28
4.2 Parameter yang Berpengaruh pada Ekstraksi Minyak Atsiri Tanaman Cengkeh (Ranting dan Daun Cengkeh) dengan Metode *SFME* 29
4.2.1 Pengaruh Daya *Microwave* Terhadap *Yield* Minyak Atsiri Tanaman Cengkeh (Minyak Ranting Cengkeh dan Minyak Daun Cengkeh) 29
4.2.2 Pengaruh Rasio antara Massa Bahan Baku dengan Volume *Distiller* (F/D) terhadap *Yield* Minyak Cengkeh (Daun dan Ranting Cengkeh) 30
4.2.3 Hasil *Recovery* dari Minyak Ranting dan Daun Cengkeh yang dihasilkan Melalui Metode *Solvent-Free Microwave Extraction* 32
4.3 Kondisi Operasi pada Proses Ekstraksi Minyak Atsiri Cengkeh dari Bunga Cengkeh dengan Metode *Solvent-Free Microwave Extraction* 33

4.3.1 Pengaruh Rasio antara Massa Bahan Baku dengan Volume *Distiller* (F/D) terhadap *Yield* Minyak Bunga Cengkeh.....33
4.3.2 Pengaruh Waktu Perendaman terhadap *Yield* Minyak Bunga 34
4.3.3 Pengaruh Ukuran Bahan terhadap *Yield* Minyak Bunga Cengkeh ...35
4.3.4 Perbandingan Hasil *Yield* antara Ekstraksi Minyak Cengkeh dari Ranting, Daun dan Bunga Cengkeh 36
4.4 Pemodelan Kinetika pada Ekstraksi Minyak Cengkeh (Ranting Cengkeh dan Daun Cengkeh) dengan Metode *Solvent-Free Microwave Extraction* 37
4.5 Optimasi Ekstraksi Minyak Cengkeh dengan *Response Surface Methodology*.....39
4.5.1 Optimasi pada Ekstraksi Minyak Ranting Cengkeh menggunakan Metode *Solvent-Free Microwave Extraction* dengan *Response Surface Methodology* (RSM) 39
4.5.2 Optimasi pada Ekstraksi Minyak Daun Cengkeh menggunakan Metode *Solvent-Free Microwave Extraction* dengan *Response Surface Methodology* (RSM) 43
4.6 Hasil Analisa Properti Fisik dan Kimia Minyak Cengkeh (Daun dan Ranting Cengkeh) 47
4.6.1 Analisa Berat Jenis dan Kelarutan Minyak Atsiri Cengkeh 48
4.6.2 Analisa Berat GC-MS Minyak Cengkeh dari Ranting dan Daun Cengkeh.....49
BAB 5 KESIMPULAN
5.1 Kesimpulan 52
DAFTAR PUSTAKA.....53
LAMPIRAN A-C

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tanaman Cengkeh (*Syzgium aromaticum L.*) 4
Gambar 2.II Struktur kimia eugenol 8
Gambar 2.3 Skema peralatan *hydrodistillation* 11
Gambar 2.4 Skema peralatan *steam distillation* 11
Gambar 2.5 Skema peralatan *steam hydro-distillation* 12
Gambar 2.6 Sketsa gelombang elektromagnetik 13
Gambar 2.7 Mekanisme pemanasan oleh gelombang mikro (*microwave*) 14
Gambar 2.8 *Solvent-Free Microwave Extraction* (SFME) 15
Gambar 2.9 *Central Composite Design* (CCD) 20
Gambar 2.10 Jenis *Central Composite Design* (CCD) 20
Gambar 3.1 Skema peralatan SFME 24
Gambar 3.2 Skema penelitian Metode *Solvent-Free Microwave Extraction* 26
Gambar 4.1 Pengaruh daya *microwave* terhadap *yield* minyak daun cengkeh dan minyak gagang cengkeh dengan F/D 0,10 g/mL 30
Gambar 4.2 Pengaruh Rasio Massa Bahan Baku Terhadap Volume *Distiller* Pada Minyak Gagang dan Daun Cengkeh 31
Gambar 4.3 Akumulasi *recovery* dari Minyak Ranting Cengkeh dan Minyak Daun Cengkeh yang diperoleh.....32
Gambar 4.4 Perbandingan hasil *yield* antara bunga cengkeh utuh dan bunga cengkeh serbuk 33
Gambar 4.5. Pengaruh waktu perendaman bahan sebelum ekstraksi terhadap *yield* minyak bunga cengkeh.....35
Gambar 4.6. Pengaruh ukuran bahan baku terhadap *yield* minyak bunga cengkeh 35
Gambar 4.7. Perbandingan Hasil *Yield* Antara Ekstraksi Minyak Cengkeh dari Daun, Ranting dan Bunga 36
Gambar 4.8. Perbandingan antara model kinetika orde satu dan orde dua dengan hasil eksperimen pada ekstraksi (a) minyak ranting cengkeh dan (b) minyak daun cengkeh 38

Gambar 4.9. Plot kontur 2D dan 3D yang menunjukan pengaruh dari daya *microwave* (A), rasio F/D (B) dan waktu ekstraksi (C) pada ekstraksi minyak ranting cengkeh menggunakan metode *solvent-free microwave extraction* dengan face-centered central composite design (FCCCD).....43
Gambar 4.10. Plot kontur 2D dan 3D yang menunjukan pengaruh dari daya *microwave* (A), rasio F/D (B) dan waktu ekstraksi (C) pada ekstraksi minyak daun cengkeh menggunakan metode *solvent-free microwave extraction* dengan face-centered central composite design (FCCCD 47
Gambar 4.11. Kenampakan minyak cengkeh dari tangkai, daun dan bunga (utuh dan serbuk) dengan metode *solvent-free microwave extraction* 48

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sketsa dan Ciri Masing-Masing Varietas Tanaman Cengkeh 5
Tabel 2.2 Persyaratan Minyak Daun Cengkeh Menurut SNI 06-II387-II006 9
Tabel 2.3 Persyaratan Minyak Gagang Cengkeh Menurut SNI 06-4373-1996 9
Tabel 2.4 Persyaratan Minyak Bunga Cengkeh Menurut SNI 06-4II67-1996 9
Tabel 4.1 Linierisasi model kinetika orde satu dan orde dua dari ekstraksi minyak ranting cengkeh dan daun cengkeh dengan metode *solvent-free microwave extraction*.....37
Tabel 4.2 Faktor pada desain eksperimen pada ekstraksi minyak cengkeh dari ranting cengkeh menggunakan metode *solvent-free microwave extraction* dengan face-centered central composite design (FCCCD.....40
Tabel 4.3. Hasil dan desain eksperimen pada ekstraksi minyak cengkeh dari ranting cengkeh menggunakan metode *solvent-free microwave extraction* dengan face-centered central composite design (FCCCD).....40
Tabel 4.4 Analisis ANOVA pada ekstraksi minyak cengkeh dari ranting cengkeh menggunakan metode *solvent-free microwave extraction* dengan face-centered central composite design (FCCCD) 41
Tabel 4.5 Faktor pada desain eksperimen pada ekstraksi minyak cengkeh dari daun cengkeh menggunakan metode *solvent-free microwave extraction* dengan face-centered central composite design (FCCCD) 44
Tabel 4.6. Hasil dan desain eksperimen pada ekstraksi minyak cengkeh dari daun cengkeh menggunakan metode *solvent-free microwave extraction* dengan face-centered central composite design (FCCCD) 44
Tabel 4.7 Analisis ANOVA pada ekstraksi minyak cengkeh dari ranting cengkeh menggunakan metode *solvent-free microwave extraction* dengan face-centered central composite design (FCCCD) 45
Tabel 4.8. Hasil Analisa Properti Fisiki Minyak Atsiri Ranting Cengkeh 48
Tabel 4.9. Hasil Analisa Properti Fisiki Minyak Atsiri Daun Cengkeh 49
Tabel 4.10. Hasil Analisa Properti Fisiki Minyak Atsiri Bunga Cengkeh 49
Tabel 4.11. Komponen yang Terkandung dalam Minyak Ranting Cengkeh (Daya 600 W, F/D 0,1 g/mL) 50

Tabel 4.12. Komponen yang Terkandung dalam Minyak Daun Cengkeh (Daya 600 W, F/D 0,1 g/mL) 50
Tabel 4.13. Komponen yang Terkandung dalam Minyak Bunga Utuh Cengkeh (Daya 600 W, F/D 0,1 g/mL) 50
Tabel 4.14. Komponen yang Terkandung dalam Minyak Bunga Serbuk Cengkeh (Daya 600 W, F/D 0,1 g/mL) 50

BAB 1
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sumber daya alam hayati dari Indonesia sangat banyak dan beragam. Keanekaragaman hayati Indonesia pada tanaman penghasil minyak atsiri memiliki potensi besar untuk dikembangkan. Minyak atsiri disebut juga dengan *essential oil* atau *volatile oils*, minyak atsiri adalah ekstak alami dari jenis tumbuhan tertentu, yang dapat berasal dari daun, bunga, kayu maupun biji-bijian. Minyak atsiri diperdagangkan di pasar internasional kurang lebih ada sekitar 70 jenis, sedangkan 40 jenis diantaranya diproduksi di Indonesia (Lutony and Rahmayati 2000). Permintaan minyak atsiri diperkirakan meningkat dengan bertambahnya populasi penduduk dunia. Minyak atsiri mempunyai banyak kegunaan yang telah digunakan sebagai perasa makanan, farmasi dan obat-obatan (Deans 1997). Dan untuk bidang Farmasi dapat dimanfaatkan sebagai anti-cancer, antimicrobal, insectal dan anti-parasit (Lang and Buchbauer 2012).

Tanaman yang bisa dijadikan sebagai minyak atsiri salah satunya adalah tanaman rempah yaitu Cengkeh (*Sygium Aromaticum L.*). merupakan tanaman asli dari kepulauan Maluku (Ternate dan Tidore) yang berpotensi sebagai penghasil minyak atsiri. Minyak cengkeh dibagi menjadi 3 bagian berdasarkan sumbernya, yaitu minyak daun cengkeh (clove leaf oil), minyak bunga cengkeh (clove bud oil), minyak ranting cengkeh (clove stem oil). Daun cengkeh belum banyak dimanfaatkan dibandingkan dengan bunga dan ranting cengkeh yang digunakan untuk industri rokok, industri kimia, makanan, minuman, kosmetik, farmasi dan pestisida (Towaha 2012). Pohon cengkeh memiliki bau yang khas, kandungan minyak atsiri (essential oil) yang dihasilkan oleh tanaman Cengkeh yang terdapat di dalam bunga sebesar 10-20%, batang 5-10% dan daun 1-4% (Nurdjannah 2016). Cengkeh dimanfaatkan sebagai minyak atsiri, karena terdapat kandungan eugenol, yang dimana Eugenol adalah kandungan komponen terbesar dalam minyak Cengkeh sebesar 70-80% ((SNI) and Badan Standarisasi 2006). Selain itu terdapat kandungan lainnya seperti β-kariofilen, eugenil metil eter, eugenil asetat, fanilin maupun resin (Thomas 2007). Senyawa eugenol merupakan kandungan dalam minyak atsiri cengkeh yang memiliki antioksidan tinggi, sekaligus memeiliki sifat sebagai stimulan, antiemetik, anestetik, karminatif, antiseptik dan antispasmodik (Luthfi and Kurniawati 2018).

Untuk mendapatkan minyak atsiri dapat menggunakan beberapa metode, umumnya penyulingan minyak atsiri di Indonesia menggunakan metode konvensional (penyulingan denga air ataupun uap). Metode tersebut membutuhkan waktu yang lama, dan untuk mendapatkan hasil minyak maupun kualitasnya masih cukup rendah. Hal ini disebabkan salah satunya adanya zat pengotor dalam minyak

pada proses pemurniaan. Maka dengan adanya perkembangan teknologi yang semakin maju, metode yang dilakukan dengan menggunakan teknologi yang terbarui, salah satunya menggunakan metode *Microwave-Assisted Extraction* (MAE). Ekstraksi yang berbasis dengan teknologi *microwave* mampu diterapkan untuk beberapa proses yang berbeda yang lebih dapat disesuaikan dari konsumsi energi yang lebih rendah dan dampak terhadap lingkungan yang lebih baik (Bustamante et al. 2016). Dimana salah satunya ekstraksi dengan menggunakan *microwave* yang telah cukup dikembangkan adalah *Solvent-free Microwave Extraction* (SFME). Metode tersebut lebih effisien dan lebih efektif untuk menghasilkan kualitas minyak atsiti yang sesuai dengan Standart Nasional Nasional (SNI). Ekstraksi minyak atsiri dengan menggunakan metode *Solvent-free Microwave Extraction* (SFME) tidak memerlukan penambahan pelarut. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan yaitu pada ekstraksi minyak kemangi (*Ocinum basilicum L.*) dengan bahan kemangi segar sebanyak 250 gram dengan dalam waktu satu jam dan daya 380 watt dengan menggunakan metode *solven-free microwave extraction* diperoleh *yield* sebanyak 2,281% (D and I 2016). Maka penelitian akan dilakukan ekstraksi minyak atsiri dari Cengkeh (*Syzgium aromaticum L.*) dengan metode *Solvent-free Microwave Extraction* (SFME) dan penelitian ini mempelajari beberapa faktor yang berpengaruh seperti daya *microwave*, rasio F/D yang digunakan, ukuran dari bahan baku, lama waktu ekstraksi dan lama waktu perendaman awal pada bahan baku.

1.2 Rumusan Masalah

Penyulingan minyak atsiri di Indonesia saat ini banyak dilakukan dengan menggunakan metode konvensional. Dengan menggunakan metode konvensional ini dalam prosesnya memerlukan energi yang cukup besar, pelarut dalam jumlah yang banyak dan waktu yang lama. Oleh karena itu dengan adanya perkembangan teknologi yang semakin maju dan teknologi terbarui dapat dipertimbangkan dalam ekstraksi minyak cengkeh dengan penggunaan energi, pelarut dan waktu yang minimum. Dimana pada penelitian ini akan digunakan metode *Solvent-free Microwave Extraction* (SFME) untuk ekstraksi minyak atsiri dari tanaman Cengkeh (*Syzgium aromaticum L.*) dengan 3 bagian yaitu daun cengkeh (*clove leaf*), bunga cengkeh (*clove bud*), ranting cengkeh (*clove stem*).

1.3 Batasan Penelitian

Fokus penelitian ini dengan lingkup sebagai berikut:

1. Bahan yang digunakan adalah daun cengkeh (*clove leaf*), bunga cengkeh (*clove bud*) dan ranting cengkeh (*clove stem*) yang telah dikeringkan.

2. Metode ekstraksi minyak atsiri dari minyak cengkeh (*Syzgium aromaticum L.*). yang digunakan adalah ekstraksi dengan menggunakan *Solvent-free Microwave Extraction* (SFME).
3. Kondisi operasi yang meliputi daya *microwave*, rasio F/D yang digunakan, ukuran bahan baku, waktu ekstraksi dan waktu perendaman awal bahan baku (bahan bunga cengkeh)

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mempelajari proses pengambilan minyak atsiri cengkeh dan membandingkan kualitas minyak yang didapat pada ranting (*clove stem oil*), daun (*clove leaf oil*) dan bunga (*clove oil*) cengkeh dengan menggunakan metode *Solvent-Free Microwave Extraction* (SFME) berupa *yield* dan mutu minyak atsiri.
2. Menentukan kondisi operasi yang terbaik (daya *microwave*, rasio antara bahan baku yang akan diekstrak dengan pelarut atau *distiller* yang digunakan, lama waktu ekstraksi, lama waktu perendaman awal serta ukuran dari bahan baku yang akan diekstrak) dari ekstraksi minyak cengkeh (*Syzgium aromaticum L.*). dengan menggunakan metode *solvent-free microwave extraction.*
3. Menentukan model kinetika dan mencari nilai optimal dengan menggunakan *Response Surface Methodolgy* (RSM) untuk ekstraksi minyak cengkeh dengan metode *Solvent-Free Microwave Extraction*

1.5 Manfaat Penelitian

Dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat, antara lain:

1. Memberikan informasi mengenai proses ekstraksi minyak cengkeh (*Syzgium aromaticum L.*) dengan metode *Solvent-free Microwave Extraction* (SFME) yang tepat dan efektif dalam mendapatkan *yield* yang optimal.
2. Sebagai bahan referensi bagi para penyuling minyak cengkeh (*Syzgium aromaticum L.*) agar dapat menghasilkan minyak atsiri yang sesuai dengan standard yang ada
3. Sebagai referensi dan infromasi bagi penulis selanjutnya yang tertarik untuk mengkaji dan meneliti tentang minyak cengke (*Syzgium aromaticum L.*).

BAB 2
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Cengkeh (Syzgium aromaticum L.)

Cengkeh adalah tanaman rempah-rempah yang telah dikenal dan digunakan ribuan tahun. Cengkeh merupakan tanaman asli kepulauan Maluku (Ternate dan Tidore) yang dahulu dikenal sebagai *spice island* dan sekarang cengkeh sudah dikembangkan ke berbagai daerah di dalam Indonesia maupun di luar Indonesia.

Gambar 2.1 Tanaman Cengkeh (*Syzgium aromaticum L.*)

Berikut adalah klasifikasi tanaman Cengkeh (*Syzgium aromaticum L.*) Indonesia yang beraneka ragam dan dilihat dari sisi botani kekerabatannya:
Kingdom : Plantae
Sub Kingdom : Viridiplantae
Divisi : Tracheophyta
Sub Divisi : Spermatophytina
Ordo : Myrtales
Famili : Myrtaceae
Genus : Syzygium P.Br
Spesies : *Syzgium aromaticum*
Tanaman cengkeh dapat berkembang di iklim tropis, Indonesia memiliki iklim tropis yang sangat panjang, maka dari itu Indonesia dari dulu hingga saat ini merupakan negara penghasil cengkeh terbesar di dunia dan negara-negara tetangga yang selalu mengimpor cengkeh dari Indonesia (Lestari 2017).

Cengkeh merupakan tanaman yang kaya akan manfaat, dan merupakan rempah-rempah wajib dalam diberbagai masakan nusantara. Cengkeh termasuk jenis tanaman perdu yang memiliki gagang pohon besar dan berkayu keras. Tingginya mencapai ± 30 meter dengan memiliki cabang tanaman. Cabang cengkeh umumnya panjang dan dipenuhi ranting-ranting kecil. Mahkota pohon cengkeh berbentuk kerucut. Daun cengkeh berwanra hijau dan berbentuk bulat memanjang dengan bagian ujung pangkalnya menyudut (ukuran lebar ± 2-3 cm). Bunga dan

buah cengkeh akan muncul pada ujung ranting daun dengan gagang pendek. Umumnya cengkeh pertama kali berbuah pada umur 4-7 tahun. Tanaman cengkeh akan tumbuh dengan baik apabila cukup air dan mendapatkan sinar matahari langsung. Di daerah Indonesia, cengkeh dapat ditanam baik didaerah dataran rendah dekat pantai maupun di pegunungan dengan ketinggian 900 meter diatas permukaan laut (Thomas 2007). Menurut Bustaman 2011, berdasarkan hasil analisis proksimat, kandungan minyak pada bunga cengkeh berkisar 10-20%, ranting cengkeh 5-10% dan daun cengkeh 1-4% (Bustaman 2011).

2.2 Jenis dan Manfaat Tanaman Cengkeh

Dari hasil observasi penelitain (Suparman,2007), menemukan beberapa varietas keragaman cengkeh yang ada di Ternate diantaranya cengkeh siputih, cengkeh sikotok, cengkeh zanzibar dan cengkeh ambon (Suparman, Nurhasanah, and P 2017). Morfologi dari beberapa varietas ini tampak sama tetapi pada dasarnya memiliki perbedaan karakter jenis. Varietas Zanzibar adalah cultivar yang paling banyak dibudidayakan oleh petani cengkeh. Karena tipe Zanzibar adalah cengkeh yang memiliki nilai produksi yang tinggi. Dari beberapa varietas tanaman cengkeh memiliki ketahanan adaptasi terhadap hama atau penyakit tanaman berbeda-beda, tiga tipe varietas (siputih, sikotok dan zanzibar) memiliki ketahanan yang sama terhadap hama dan penyakit cengkeh. Sedangkan untuk tipe cengkeh ambon memiliki ketahanan lebih rendah terhadap hama dan penyakit, maka dari itu tipe cengkeh ambon tidak dianjurkan untuk ditanam karena produksi dan daya adaptasinya rendah, serta memiliki kualitas hasil yang kurang baik. Tipe cengkeh yang banyak dibudidayakan di Indonesia yaitu siputih, sikotok dan zanzibar. Pada **Tabel.2.1** ditampilkan ciri pembeda antara masing-masing varietas tanaman cengkeh. Cengkeh yang disukai atau banyak dibudidayakan oleh masyarakat adalah tipe Zanzibar karena produktivasnya lebih tinggi.

Tabel 2.1 Sketsa dan Ciri Masing-Masing Varietas Tanaman Cengkeh

Varietas	**Ciri-ciri**		
Siputih			
	Helai Daun	**Cabang**	**Bunga**

	Helai daun besar, berwarna kuning atau hijau muda	Cabang kurang rimbun	Bunga besar, berwarna kuning, tiap rumpun teridiri atas belasan bunga
Sikotok			
	Helai Daun Helai daun kecil, berwarna hijau sampai hijau tua kehitam-hitaman dan hijau mengkilap.	**Cabang** Cabang rimbun dan rendah, semua ranting tertutup daun	**Bunga** Bunga kuning kemerahan, tiao rumpun terdiri atas 20-50 bunga
Zanzibar			
	Helai Daun Bentuk daun panjang ramping, berwarna hijau gelap	**Cabang** -	**Bunga** Bunga berwarna lebih merah dengan produksi tinggi

Sebagian besar tanaman cengkeh di Indonesia dimanfaatkan sebagai bahan rokok, rokok hasil campuran antara cengkeh dan rempah lainnya disebut rokok kretek, cengkeh digunakan sebagai bahan campuran. Indonesia merupakan konsumen cengkeh terbesar di dunia, sekarang Indonesia merupakan negara produsen dan konsumen cengkeh terbesar di dunia, terutama untuk memenuhi kebutuhan bahan baku rokok kretek (Nurdjannah 2016). Bagian utama dari tanaman cengkeh yang bernilai komersial adalah bunganya yang sebagian besar digunakan

dalam industri rokok dan skala kecil dalam industri makanan. Namun, dengan adanya penemuan baru dan teknologi yang semakin maju bagian tanaman cengkeh selain bunga seperti ranting dan daun juga telah dimanfaatkan sebagai sumber minyak cengkeh yang digunakan dalam industri farmasi, kosmetika dan lain-lainnya (Nurdjannah 2016).

2.3 Minyak Atsiri

Minyak atsiri memiliki banyak manfaat sebagai penyedap rasa, obat-obatan farmasi maupun obat-obatan tradisional selama bertahun-tahun (Deans 1997). Dalam bidang farmasi minyak atsiri memiliki manfaat tersendiri seperti sifat *anti-cancer*, *antimicrobial*, *insectidal* dan anti-parasit (Lang and Buchbauer 2012). Minyak atsiripun juga memiliki banyak nilai, sebagai penggunaan pribadi (domestik) ataupun untuk perdagangan. Minyak atsiri dikenal dengan *essential oil* atau *volatile oil* yang dihasilkan oleh tanaman. Minyak atsiri memberikan aroma tertentu dan khas sesuai dengan tanaman penghasilnya (Pratiwi and Utami 2018). Tanaman yang digunakan oleh industri minyak atsiri sebagian besar adalah tanaman asli Indonesia. Dalam perdagangan International terdapat 80 jenis minyak atsiri yang diperdagangkan. Sedangkan di Indonesia mengekspor 12 jenis minyak atsiri antara lain: minyak nilam (*Patchouli oil*), minyak akar wangi (*Vetiver oil*), minyak sereh wangi (*Citronella oil*), minyak kenanga (*Cananga oil*), minyak kayu putih (Caheput oil), minyak sereh dapur (Lemongrass oil), minyak cengkeh (*Clove oil*), minyak cendana (*Sandalwood oil*), minyak pala (*Nutmeg oil*), minyak kayu manis (*Cinnamon oil*), minyak kemukus (*Cubeb oil*) dan minyak lada (*Pepper oil*) (Mursito 2002). Minyak atsiri dapat diperoleh dari akar, ranting, daun, bunga suatu tanaman (Regina 2017). Minyak atsiri dapat menguap pada suhu kamar dan penguapan semakin besar jika dibiarkan pada suhu yang tinggi. Jika minyak atsiri dibiarkan pada udara terbuka dan dibiarkan pada suhu kamar, maka minyak atsiri akan mengabsorbsi oksigen diudara sehingga menghasilkan warna lebih gelap, lalu akan merubah wangi minyak menjadi lebih menyengat, dan merubah tekstur lebih kental dan pada akhirnya membentuk sejenis resin.

Minyak atsiri adalah zat cair yang mudah menguap bercampur dengan senyawa padat yang memiliki komposisi berbeda dan titik cairnya serta dalam sifat kelarutannya. Umumnya minyak atsri akan larut dalam alkohol encer dengan konsentrasi kurang dari 70% tetapi tidak larut dalam air. Berdasarkan hal tersebut, maka cara mengekstrak minyak atsiri dapat melalui berbagai cara seperti penyulingan, *pressing*, ekstraksi dengan pelarut yang menguap maupun ekstraksi dengan lemak padat. Proses untuk mendapatkan minyak atsiri yang sering digunakan oleh masyarakat Indonesia adalah dengan proses penyulingan. Penyulingan adalah proses pemisahan komponen berupa acairan atau padatan dari dua macam campuran atau lebih berdasarkan perbedaan titik didihnya. Jumlah minyak yang menguap bersama uap air ditentukan oleh titik didihnya.

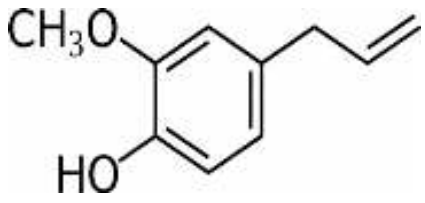
2.4 Minyak Cengkeh (*Clove Essential Oil*)

Minyak atsiri dari tanaman cengkeh dibagi menjadi tiga bagian berdasarkan sumbernya, yaitu minyak daun cengkeh (*clove leave oil*), minyak ranting cengkeh (*clove stem oil*) dan minyak bunga cengkeh (*clove bud oil*). Minyak cengkeh merupakan salah satu minyak atsiri yang cukup banyak dihasilkan di Indonesia dengan cara penyulingan. Minya cengkeh berupa cairan berwarna bening sampai kekuning-kuningan, mempunyai cita rasa yang khas, dan berbau aroma cengkeh yang kuat. Akan terjadi perubahan warna minyak menjadi cokelat atau berwarna ungu jika terjadi akibat penyimpanan atau adanya kontak dengan besi. Komponen kimia utama yang dikandungnya adalah eugenol.

2.4.1 Kandungan Minyak Cengkeh

Cengkeh memiliki kualitas terbaik dan harganya mahal karena rendemennya tinggi dan mengandung e*ugenol* mencapai 80-90 %**.** Cengkeh dimanfaatkan karena kandungan *eugenol* sebagai penghasil minyak atsiri. Minyak cengkeh memiliki kandungan bahan lain seperti eugenil metil eter, eugenil asetat, senyawa kimia sepertu eugenin, asam oleanoat, asam galotanat, fanilin, karyofilin, resin dan gom. Senyawa *eugenol* merupakan kandungan dalam minyak atsiri cengkeh yang memiliki antioksidan tinggi, sekaligus memiliki sifat sebagai stimulan, antiemetik, anestetik, karminatif, antiseptik dan antipasmodik (Luthfi and Kurniawati 2018). Rendemen minyaknya berkisar antara 2-12% tergantung pada jenis dan keadaan bahan baku, penanganan bahan, serta cara dan kondisi penyulingan (Ruhnayat 2004)**.**

Eugenol (C10H12O2), merupakan turunan guaiakol yang mendapat tambahan rantai alkil, dikenal dengan nama IUPAC 2-metoksi-4-(2-propenil) fenol dan dapat dikelompokkan dalam alil benzena dari senyawa fenol, yang ditunjukan dengan struktur kimia pada **Gambar.II.2**



Gambar 2.2. Struktur kimia eugenol

Untuk minyak atsiri dari tanaman cengkeh dapat dihasilkan dari **tiga bagian** yaitu **minyak daun cengkeh** (*clove leave oil*), **minyak ranting cengkeh** (*clove stem oil*) dan **minyak bunga cengkeh** (*clove bud oil*). Masing-masing minyak

cengkeh memiliki syarat mutu yang berbeda. Berikut spesifikasi minyak cengkeh menurut Standar Nasional Indonesia:

Tabel 2.2 Persyaratan Minyak Daun Cengkeh Menurut SNI 06-2387-2006

No	Jenis Uji	Satuan	Persyaratan
1	Keadaan Warna dan Bau	-	kuning-coklat tua dan baunya khas minyak cengkeh
2	Bobot Jenis 20°C/20°C	-	1,025-1,049
3	Indeks bias (“D_{20})	-	1,528-1,535
4	Kelarutan dalam etanol 70%	-	1:2 jernih
5	*Eugenol* Total	%, v/v	minimum 78
6	*Beta caryophillene*	%	maksimum 17

Tabel 2.3 Persyaratan Minyak Ranting Cengkeh Menurut SNI 06-4373-1996

No	Jenis Uji	Satuan	Persyaratan
1	Keadaan Warna	-	tidak berwarna – kuning muda
2	Bobot Jenis 25°C/25°C	-	1,033-1,063
3	Indeks bias 25°C	-	1,510-1,520
	Putaran optik	-	0°-1°3’
4	Kelarutan dalam etanol 70%	-	1:2 jernih, seterusnya jernih
5	*Eugenol* Total	%, v/v	78-95%
6	Minyak pelikan	-	negatif
	Lemak	-	negatif

Tabel 2.4 Persyaratan Minyak Bunga Cengkeh Menurut SNI 06-4267-1996

No	Jenis Uji	Satuan	Persyaratan
1	Berat jenis (BJ) $\frac{15^o}{15}$	-	1,04-1,07
2	Putaran optik (α D)	-	sampai- 1°35’
3	Indeks bias (nD) 20°	-	1,529-1,537
4	Eugenol	%	80-95
5	Minyak pelikan	-	negatif
6	Minyak lemak	-	negatif
7	Kelarutan dalam etanol 70%	-	1:2 jernih, seterusnya jernih

2.4.2 Kegunaan Minyak Cengkeh

Komponen utama dalam minyak cengkeh adalah senyawa *eugenol*. Dalam bidang *densitry* (ilmu kedokteran gigi), senyawa ini dalam bentuk campurannya dengan zinc oxide berlaku sebagai *cementing agent. Eugenol* sebagai antimikroba dan antiseptik banyak dimanfaatkan sebagai bahan baku obat kumur (*mouthwash*), pasta gigi, *toilet water*, cairan antiseptik, tisue antiseptik dan *spray* antiseptik. Senyawa *eugenol* dapa dibuat senyawa vanili sintesis, dimana vanili ($C_8H_8O_3$) merupakan flavor penting sebagai bahan penyegar, penyedap makanan dan minuman (Towaha 2012).

Manfaat lain adalah sebagai senyawa antioksidan. Untuk menggantikan antioksidan sintetis yang diolah dari minyak bumi seperti BHA (*butylated hydroxyanisole*), BHT (*butylated hydrixytoluene*) dan TBHA (*tertier butylated hydroxyanisole*) maupun TBHQ (*di-t-butyl hydroquinone*) yang sekarang tidak direkomendasikan loleh BPOM karena diduga bersifat karsinogenik pada tubuh manusia. Oleh karena itu penggunaan antioksidan nabati seperti *eugenol* dan turunannya pada produk makanan merupakan alternatif yang sangat aman bagi kesehatan. Selain itu antioksidan *eugenol* dan turunannya bisa dipergunakan pada produk kosmetik dan obat-obatan (Towaha 2012).

2.5 Proses Pengambilan Minyak Atsiri

2.5.1 Metode Ekstraksi Konvensional

Ekstraksi adalah suatu proses pemisahan dari bahan padat atau *liquid* maupun cair dengan bantuan pelarut. Pelarut yang digunakan harus dapat mengekstrak substansi yang diinginkan tanpa melarutkan material lainnya. Ekstraksi ybiasanya digunakan untuk memisahkan dua zat berdasarkan perbedaan kelarutannya. Pemisahan terjadi atas dasar kemampuan larutan yang berbeda dari komponen-komponen tersebut. Minyak atsiri dapat diekstrak dari bahan bakunya tergantung dengan lamanya ekstraksi yang dilakukan. Semakin lama proses ekstraksi maka waktu kontak antara pelarut dengan bahan semakin lama, sehingga senyawa volatil yang terekstrak juga makin banyak, sampai dengan senyawa volatil habis terekstrak saat waktu ekstraksi tertentu.

Ekstraksi termasuk proses pemisahan melalui dasar operasi difusi. Secara difusi, proses pemisahan terjadi karena adanya perpindahan *solute*, sebagai akibat adanya beda konsentrasi diantara dua fasa yang saling kontak. Perbedaan konsentrasi yang ada pada dua fasa disebut gradien konsentrasi. Difusi akan terus terjadi hingga seluruh partikel tersebar luas secara merata atau mencapai keadaan kesetimbangan dimana perpindahan molekul tetap terjadi walaupun tidak ada perbedaan konsentrasi. Pada ekstraksi penggunaan *solvent* diharapkan dapat melarutkan *solute* dengan cukup baik, memiliki perbedaan titik didih dengan *solute*

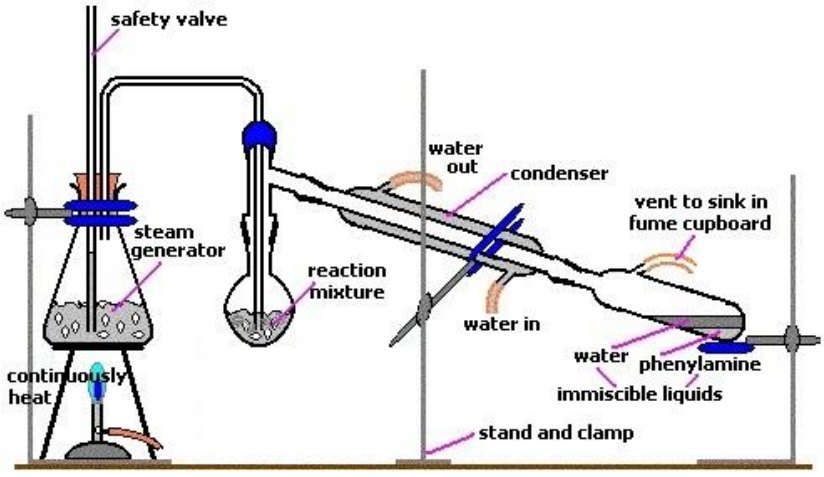
yang cukup besar, tidak beracun, tidak bereaksi secara kimia dengan *solute* maupun diluen, murah, dan mudah diperoleh (Guenther 1987).

2.5.2 Metode Hydrodistilation

Gambar 2.3 Skema peralatan *hydro distillation*

Metode ini, bahan yang akan disuling akan mengalami kontak langsung dengan air mendidih. Air dipanaskan dengan metode pemanasan yang biasa dilakukan, yaitu dengan panas langsung. Ciri khas metode ini adalah kontak langsung antara bahan dengan air mendidih. Beberapa jenis bahan harus disuling dengan metode ini karena bahan harus tercelup dan bergerak bebas dalam air mendidih. Jika disuling dengan metode uap langsung, bahan ini akan merekat dan membentuk gumpalan besar yang kompak, sehingga uap tidak dapat berpenetrasi ke dalam bahan (Guenther 1987).

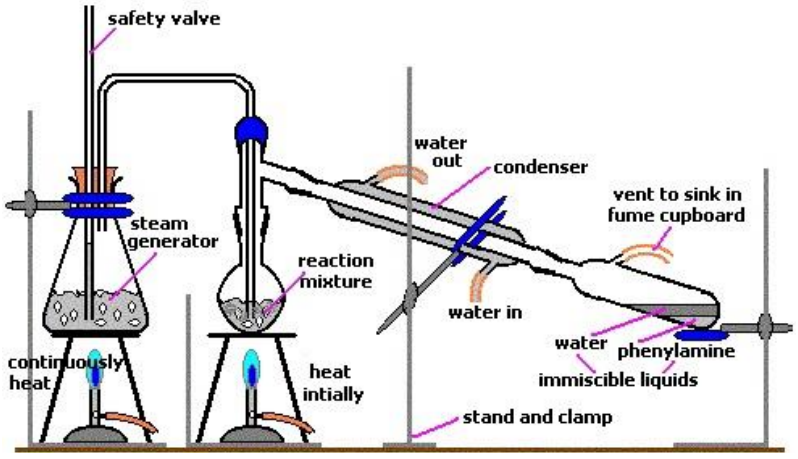
2.5.3 Metode Steam Distillation



Gambar 2.4 Skema peralatan *steam distillation*

Metode *steam distillation* mempunyai prinsip yang sama dengan distilasi lainnya namum perbedaanya adalah air yang tidak diisikan didalam ketel. Uap yang digunakan dalam metode ini adalah uap jenuh pada tekanan lebih dari 1 atmosfer. . Uap dialirkan melalui pipa uap melingkar yang berpori yang terletak dibawah bahan dan uap bergerak keatas melalui bahan yang terletak diatas saringan (Guenther 1987). *Steam distillation* dapat menghasilkan rendemen lebih banyak, namun membutuhkan waktu yang lebih lama.

2.5.4 Metode Steam-Hydro Distillation

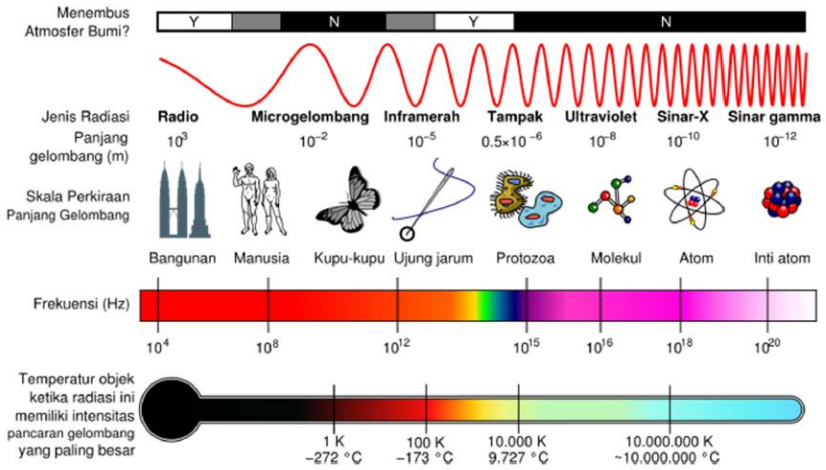


Gambar 2.5 Skema peralatan *steam-hydro distillation*

Metode *steam-hydro distillation* adalah metode gabungan dari hydrodistillation dengan steam distillation. Metode ini harus memperharikan beberapa hal supaya proses berjalan dengan sempurna. Terdapat kelemahan dari *steam-hydro distillation* yaitu jumlah *steam* yang dibutuhkan cukup besar dan waktu penyulingan yang lama. Bahan olah diletakkan diatas saringan berlubang. Ketel suling diisi dengan air sampai permukaan air berada tidak jauh di bawah saringan. Air dapat dipanaskan dengan berbagai cara yaitu dengan uap jenuh yang basah dan bertekanan rendah. *Steeam-hydro distillation* pada umumnya menggunakan kondusu operasi pada suhu dan tekanan proses yang relatif tinggi sehingga menyebabkan tidak adanya minyak atsiri yang bercampur dalam air. Hal ini mengakibatkan jumlah minyak yang tertinggal dalam pelarut kecil serta senyawa-senyawa yang terekstrak mempunyai komponen yang lebih kompleks. Pada dasarnya tidak ada perbedaan yang mendasar dari ketiga proses penyulingan. Tetapi bagaimanapun juga dalam prakteknya hasilnya akan berbeda bahkan kadang-kadang perbedaan ini sangat berarti, karena tergantung pada metode yang dipakai dan reaksi-reaksi kimia yang terjadi selama berlangsungnya penyulingan (Guenther 1987).

2.6 Gelombang Mikro (*microwave*)

Salah satu energi elektromagnetik dengan panjang gelombang antara 0,01 hingga 1 meter. Gelombang mikro terletak di antara gelombang inframerah dan gelombang radio dan memiliki frekuensi yang berkisar antara 0,3 sampai 30 GHz ditunjukkan pada **Gambar 2.5**. Penggunaan dalam skala laboratorium, frekuensi gelombang mikro yang sering dipakai adalah 2,45 GHz, pada nilai frekuensi tersebut memiliki kedalaman penetrasi.

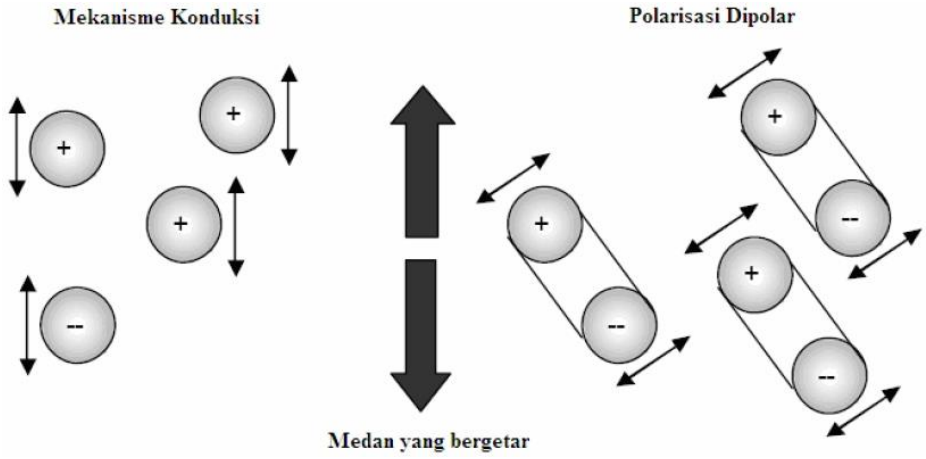


Gambar 2.6 Sketsa gelombang elektromagnetik

Cara kerja *microwave* dengan melewatkan radiasi gelombang mikro pada molekul air, lemak, maupun gula yang terdapat pada suatu bahan. Proses penyerapan energi ini disebut sebagai pemanasan dielektrik (*dielectric heating*). Molekul- molekul pada suatu bahan bersifat elektrik dipol (*electric dipoles*), artinya molekul tersebut memiliki muatan negatif pada satu sisi dan muatan positif pada sisi yang lain. Akibatnya, dengan kehadiran medan elektrik yang berubah-ubah yang diinduksikan melalui gelombang mikro pada masing-masing sisi akan berputar untuk mensejajarkan satu sama lain. Pergerakan molekul akan menciptakan panas seiring dengan timbulnya gesekan antara molekul yang satu dengan molekul lainnya. Energi panas yang dihasilkan akan berfungsi sebagai agen pemanasan bahan didalam *microwave* (Kingston,1997).

Terdapat sebuah tabung cakum elektronik yang disebut *magnetron* yang menghasilkan pancaran gelombang radio yang sangat pendek. Gelombang tersebut dipancarkan ke *stirrer* atau pengaduk. *Stirrer* berputar selama magnetron memancakan gelombang radio sehingga gelombang radio tesebur terpancarkan dan terdistribusikan secara merata. Gelombang yang sudah didistribusikan akan mengubah arah molekul-molekul dari suatau bahan (terutama air). Perubahan tersebut terjadi dengan sangat cepat yaitu sekitar 2450 megahertz. Perubahan yang sedemikian cepat inilah yang kemudian menimbulkan panas pada bahan tersebut. *Microwave* memasak bahan dengan cepat karena panas langsung ditimbulkan di

dalam bahan itu sendiri, berbeda dengan oven konvensional yang memanaskan dinding tempat bahan dan udara di sekitarnya.



Gambar 2.7 Mekanisme pemanasan oleh gelombang mikro (*microwave*) (Taylor M; Atri B; Minhas S. 2005)

Proses pemanasan dengan gelombang mikro melibatkan agitasi molekul polar atau ion yang bergetar di bawah pengaruh medan magnet atau listrik yang bergetar. Dalam medan yang bergetar, partikel-partikel berusaha untuk mengorientasi diri agar menjadi sefasa. Gerakan partikel-partikel dibatasi oleh gaya dalam partikel yang menghasilkan gerakan acak hingga akhirnya menghasilkan panas. Respon berbagai material terhadap radiasi gelombang mikro beragam dan tidak semua material dapat mengalami pemanasan oleh gelombang mikro, hanya material yang mengabsorpsi radiasi gelombang mikro saja yang sesuai dengan *microwave chemistry*.

Dengan bantuan gelombang mikro, ekstraksi atau distilasi sekarang dapat diselesaikan dalam hitungan menit dengan berbagai keuntungan, diantaranya adalah reproduksibilitas tinggi, membutuhkan lebih sedikit pelarut dan konsumsi energi, prosedur yang lebih ringkas dan kemurnian yang lebih tinggi pada produk akhir (Li et al. 2013). *Microwave* bekerja dengan gelombang elektromagnetik yang terdiri dalam kombinasi medan listril dan magnet yang berisolasi satu sama lain dalam frekuensi antara 0,3 hingga 300 GHz. *Microwave-Assisted Extraction* (MAE) beroperasi melalui penghancuran sel, yang memfasilitasi masuknya pelarut ekstraksi untuk melarutkan senyawa target, hal ini menyebabkan ekstraksi yang lebih cepat dan mencegah degadasi senyawa target. Efisiensi MAE bergantung pada pemilihan kondisi operasi dan parameter yang mempengaruhi mekanisme ekstraksi dan hasil. Faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja MAE adalah sifat pelarut, rasio pelarut terhadap bahan baku, waktu ekstraksi, daya *microwave*, suhu, karakteristik sampel dan efek pengadukan (Guntero, Mancini, and Kneeteman 2017).

2.6.1 *Solvent-Free Microwave Extraction* (SFME)

Gambar 2.8 *Solvent-Free Microwave Extraction* (SFME)

Metode *solvent-free microwave extraction* (SFME) merupakan metode ekstraksi modern karena tanpa menggunakan pelarut dan memanfaatkan panas dari gelombang mikro pada tekanan atmosfer. *Solvent-free microwave extraction* adalah kunci teknolgi berkelanjutan dalam mendapatkan *green chemistry* (Chemat and Boutekedjiret 2015). Prinsip pada metode ini yaitu air didalam sel tanaman distimulasi untuk beritasi di bawah radiasi gelombang mikro (*microwave*) sehingga secara cepat dapat mengubah susunan sel dalam tanaman dikarenakan adanya pengingkatan tekanan pada sel tanaman. Hal tersebut akan mengakibatkan pecahnya dinding sel dan keluarnya bahan yang diinginkan (Li et al. 2013). Gelombang mikro memberikan sumber energi panas tanpa adanya kontak langsung, dimana dapat membuat pemanasan lebih efektif dan selektif , namun juga dapat membantu meningkatkan transfer energi, *start-up* dan adanya respon terhadap pengendalian pemanasan dan untuk mengurangi *thermal gadient* ukuran partikel dan unit operasi.

Metode SFME memiliki keunggulan dibandingan metode konvensional, yaitu sedikit polusi yang dihasilkan, waktu ekstraksi yang singkat, lebih murah, kemurnian ekstrak tinggi dan tidak membutuhkan pelarut sehingga tidak adanya kontak dengan bahan kimia (Li et al. 2013). Pada metode *solvent-free microwave extraction* diketahui dapat menghasilkan senyawa teroksigenasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode *hydrodistillation*. Senyawa teroksigenasi lebih berharga dikarenakan aromanya yang tajam dibandingkan *monoterpene hydrocarbon* (Lucchesi et al. 2007).

2.7 Parameter Minyak Atsiri

Untuk mengenali kualitas minyak atsiri, perlu adanya beberapa paramater sebagai standarnya meliputi :

2.7.1 Berat Jenis

Nilai berat jenis minyak atsiri didefinisikan sebagai perbandingan antara berat minyak dengan berat air pada volume air yang sama dengan volume pada minyak yang sama. Berat jenis sering dihubungkan dengan fraksi berat komponen-komponen yang terkandung didalamnya. Semakin besar fraksi berat yang terkandung dalam minyak, maka semakin besar pula nilai densitasnya. Berat jenis adalah salah satu kriteria yang penting dalam menentukan mutu dan kemurnian minyak atsiri. Untuk minyak atsiri cengkeh memiliki masing-masing berat jenis yang sudah tertulis pada Standar Nasional Indonesia (SNI), minyak daun cengkeh memiliki berat jenis 1,025-1,049 g/mL, minyak ranting cengkeh memiliki berat jenis 1,033-1,063 g/mL dan minyak bunga cengkeh memiliki berat jenis 1,04-1,07 g/mL.

2.7.2 Kelarutan dalam Alkohol

Kelarutan minyak dalam alkohol ditentukan oleh jenis komponen kimia yang terkandung dalam minyak (Guenther 1987). Umumnya minyak atsiri yang mengandung persenyawaan terpen teroksigenasi lebih mudah larut daripada yang mengandung terpen. Makin tinggi kandungan terpen maka makin rendah daya larutnya dan makin sukar larut. Karena senyawa teroen tak teroksigenasi merupakan senyawa non-polar yang tidak mempunyai gugus fungsional. Hal ini dapat disimpulkan bahwa kelarutan minyak atsiri semakin kecil pada alkohol maka kualitas minyak atsirinya semakin baik.

2.8 Pemodelan Kinetika pada Proses Ekstraksi

Pemodelan kinetika penelitian ini untuk ekstraksi minyak atsiri dari tiga bagian tanaman cengkeh (daun cengkeh, ranting cengkeh dan bunga cengkeh) dengan menggunakan metode *microwave hydrodistillation* dan *solvent-free microwave extraction* dilakukan dengan menggunakan model kinetika orde satu dan orde dua. Dimana nantinya dapat diketahui pemodelan kinetika yang sesuai dengan hasil eksperimen untuk ekstraksi minyak cengkeh dengan menggunakan *microwave hydrodistillation* dan *solvent-free microwave extraction*.

2.8.1 Model Kinetika Orde Satu

Persamaan kinetika orde satu menurut Lagergren (Ho 2004; Lagergren 1898; Reddad et al. 2002). Dapat dituliskan dalam bentuk diferensial pada persamaan (1) :

$$\frac{d_t}{d} = k_1(Cs - Ct) \quad (1)$$

dimana k_1 (min^{-1}) adalah konstanta laju ekstraksi untuk orde satu dan *t* (menit) adalah waktu reaksi.

Selanjutnya Persamaan (1) diintegrasikan dengan menggunakan kondisi batas C_t = 0 pada *t* = 0 dan C_t pada t = *t* :

$$\ln\left(\frac{Cs}{Cs-Ct}\right) = k_1 t \quad (2)$$

Dari Persamaan (2) yang telah diperoleh dapat diubah menjadi bentuk linier yang dapat dituliskan pada Persamaan (3) sebagai berikut :

$$\log(Cs - Ct) = \log(Cs) - \frac{k_1}{2{,}3} t \quad (3)$$

Kemudian dibuat *plot* antara log (Cs – Ct) dengan *t* untuk mendapatkan *slope* dan *intecept* yang nantinya dapat digunakan untuk menentukan nilai konstana laju ekstraksi utnuk orde satu (k_1) dan nilai kapasitas ekstraksi (Cs)

2.8.2 Model Kinetika Orde Dua

Persamaan model kinetika orde dua untuk laju ekstraksi menurut (Ho et al. 2005) dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\frac{d_t}{d} = k_2(Cs - Ct)^2 \quad (4)$$

dimana k2 (L g^{-1} min^{-1}) adalah konstanta laju ekstraksi untuk orde dua.

Dengan melakukan pengelompokan variabel pada Persamaan (4) didapatkan:

$$\frac{d_t}{(Cs-Ct)^2} = k_2 d \quad (5)$$

Selanjutnya persamaan (8) dapat diperoleh dengan cara menintegrasikan Persamaan (5) menggunakan kondisi C_t = 0 pada *t* = 0 dan C_t = C_t pada t = *t* dan dengan melakukan penataan ulang sebagai berikut:

$$\frac{1}{(Cs-Ct)} - \frac{1}{Cs} = k_2 t \quad (6)$$

$$Ct = Cs - \frac{Cs}{1+Csk_2t} \quad (7)$$

$$Ct = \frac{C_s^2 k_2 t}{1+Csk_2t} \quad (8)$$

Persamaan (8) adaah hukum laju ekstraksi terintegrasi untuk orde dua dan dapat diubah lagi menjadi bentuk linier sebagai berikut:

$$\frac{t}{Ct} = \frac{1}{k_2 C_S^2} + \frac{t}{Cs} \quad (9)$$

Laju ekstraksi (C_t/*t*) dapat diperoleh dari Persamaan (10) sebagai berikut:

$$\frac{Ct}{t} = \frac{1}{\left({}^{1}/_{k_2 C_S^2}\right)+\left(\frac{t}{Cs}\right)} \quad (10)$$

dan laju awal ekstraksi *h*, dengan Ct = *t* ketika *t* mendekati 0, dapat didefinisikan sebagai

$$h = k_2 C_s^2 \quad (11)$$

Persamaan (8) dapat diubah lagi sehingga akhirnya didaptkan:

$$\frac{t}{Ct} = \frac{t}{Cs} + \frac{1}{h} \quad (12)$$

Laju awal ekstraksi *h*, kapasitas ekstraksi Cs, dan konstanta laju ekstraksi untuk orde dua k_2 dapat ditentukan secara eksperimental dari *slope* dan *intercept* dengan cara membuat *plot* antara t/C_t dengan *t*.

2.9 Response Surface Methodology (RSM)

Response surface methodology (RSM) adalah sekumpulan teknik matematika dan statistika yang berguna untuk mengembangkan, meningkatkan, dan mengoptimalkan proses, yang mana beberapa faktor (variabel independen) dapat mempengaruhi respon dan mendapatkan model hubungan antara variabel bebas dan respon serta mendapatkan kondisi proses yang menghasilkan respon yang optimum (Radojkovi et al. 2012). Ide dasar metode ini adalah memanfaatkan desain eksperimen berbantuan statistika untuk mencari nilai optimal dari suatu respon. Metode ini pertama kali diajukan sejak tahun 1951 dan sampai saat ini telah banyak dimanfaatkan baik dalam dunia penelitian maupun aplikasi industri. Misalnya, dengan menyusun suatu model matematika, peneliti dapat mengetahui nilai variabel-variabel independen yang menyebabkan nilai variabel respon menjadi optimal. Dengan metode ini dapat diketahui model empirik yang menyatakan hubungan antara variabel-variabel independen dengan variabel respon, serta dapat diketahui nilai variabel-variabel independen yang menyebabkan nilai variabel respon menjadi optimal. Dengan metode ini dapat diketahui model empirik yang menyatakan hubungan antara variabel-variabel independen dengan variabel respon, serta dapat diketahui nilai variabel-variabel independen yang menyebabkan nilai variabel respon menjadi optimal. Kelebihan dari metode RSM ini adalah memperoleh level-level faktor yang membuat percobaan optimal, namun dengan meminimalkan unit percobaan dengan menggunakan rancangan percobaan dan optimasi menggunakan pendugaan persamaan respon yang dihasilkan, sehingga dapat menghemat biaya eksperimen.

Desain yang umum digunakan dalam RSM adalah *Central Composite Design* (full factorial) dan *Box-Behnken Design* (fractional factorial). Pemodelan dalam RSM ditunjukkan dengan regresi linier yang mengekspresikan hubungan antara variabel respon dengan faktor. Model RSM dianalisis dengan 2 tahap pemodelan. Tahap pemodelan pertama yaitu model orde satu. Titik optimal pada model orde satu dapat dianalisis dengan uji kecukupan model (*lack-of-fit).* Hipotesis nol pada uji *lack-of-fit* mengindikasikan bahwa tidak terdapat *lack-of-fit* sehingga model yang diuji sudah layak (sesuai). Apabila pada model orde satu mengandung *lack-of-fit,* maka model orde satu akan diubah ke model orde dua. Apabila tidak terdapat *lack-of-fit,* maka eksperimen harus dijalankan lagi dengan

level yang lebih tepat dengan memasuki prosedur *steepest ascent* (Montgomery 2001)**.** Persamaan untuk model orde satu dan orde dua dapat dilihat pada persamaan (13).

$$y = \beta_0 + \sum_{i=1}^{k}(\beta_i x_i + \varepsilon) \quad (13)$$

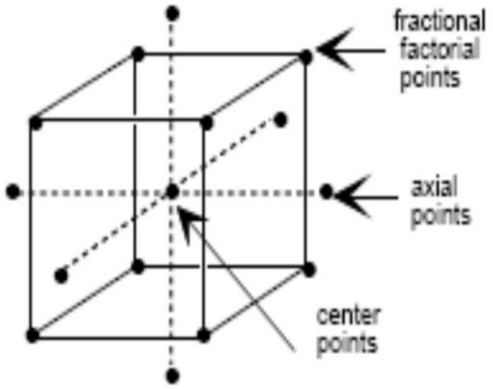
Keterangan:
$\beta i =$ konstanta dalam regresi
$xi =$ variabel independen (faktor)
$y =$ variabel dependen (respon)
$xi =$ faktor-faktor yang berpengaruh terhadap variabel respon, i=1,2,....,k
$\varepsilon =$ komponen residual (error) yang bersfiat random dan terdistribusi secara identik dan saling bebas (*Indepent Identically Distributed*-IID) dengan distribusi normal pada nilai rataan 0 dan varian σ^2**.** Secara matematis dinyatakan dengan ε ≈ IID Normal (0, σ^2)**.**

Selanjutnya pada keadaan mendekati respon, model order dua atau lebih biasanya disyaratkan untuk mendekati respon karena adanya lengkungan (*curvature*) dalam permukaannya. Dalam banyak kasus, model order dua dapat dinyatakan seperti pada Persamaan 14.

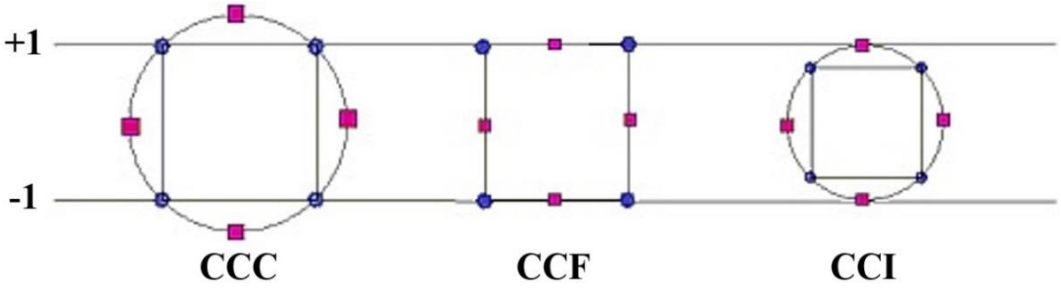
$$y = \beta_0 + \sum_{i=1}^{k}\beta_i x_i + \sum_{i=1}^{k}\beta_{ii}x_i^2 + \sum_{i=1}^{k-1}\sum_{j=i+1}^{k}\beta_i x_i x_j + \varepsilon \quad (14)$$

dengan :
$\beta_0\beta_i\beta_{ii}\beta_i =$ konstanta dalam regresi untuk *intercept*, linier, kuadratik dan interaksi
$x_i x_j =$ faktor-faktor yang berpengaruh terhadap variabel respon
$k =$ jumlah variabel
$\varepsilon =$ komponen residual (*error*) yang bersifat random dan terdistribusai secara identik dan saling bebas (*Indepent Identically Distributed*-IID) dengan distribusi normal pada nilai rataan 0 dan varian σ^2**.** Secara matematis dinyatakan dengan ε ≈ IID Normal (0, σ^2)**.**

Desain yang paling terkenal untuk mencocokkan model orde dua yaitu dengan *Central Composite Design* (CCD). Berdasarkan jarak *star* (*axial*) *point*nya, ada tiga macam CCD, yaitu CCC (*Circumscribed*), CCI (*inscribed*) dan CCF (*Face-Center*). Kecocokan model orde dua *Central Composite Design* (CCD) telah banyak digunakan. Secara umum, CCD mempunyai titik faktorial (*factorial points*) 2^k, titik *star* (*axial*) *points* (2k), dan titik pusat (*center points*). CCD sangat efisien untuk kecocokan model orde dua. Dua parameter spesifik dalam CCD adalah jarak sumbu α yang dipilih dari pusat desain dan jumlah titik pusat (*center points*) (Montgomery 2001).



Gambar 2.9 Central Composite Design (CCD)



Gambar 2.10 Jenis Central Composite Design (CCD)

2.10 Penelitian Terdahulu

Bahan yang diekstrak	**Kondisi Operasi yang digunakan**	**Senyawa bioaktif yang terekstrak dan *yield* yang diperoleh**	**Referensi**
Kemangi (*Ocimum basilicum* L.)	MHD: Pw= 380 W; F/S= 0,4375 g/mL; t=180 menit; s= akuades SFME: Pw=380 W; F/D=0,25 g/mL; t= 60 menit	MHD: *Yield*= 0,668% SFME: *Yield*= 2,281%	Putri dan Dewi, 2016
Daun Cengkeh	Pw= 264 dan 400 W; Feed= 50,70,90,110 dan 130 gram; t = 15 menit (untuk	MHD: Rendemen= 2,8349% SFME:	F.A.Listyoarti, L.L. Nilatari, P. Prihatini, Mahfud

	MHD dan *Steam-hydrodistillation*)	Rendemen= 2,2599%	
Aromatic herbs	HD: F/S=0,1429 g/mL; t=2 jam; s= aquades SFME Pw= 150 W, feed= 150gr	HD: *Yield*= 0,57% dengan waktu 2 jam SFME: *Yield*= 0,54% dengan waktu 30 menit	A.Filly, X. Fernandez, M. Munuti, F. Visinoni, G. Cravotto, F. Chemat
Daun Lemon	MHD: Pw= 500 W; F/S= 0,5 g/mL; t=10 menit; s= heksana HD: F/S=0,025 g/mL; t= 120 menit; s= heksana	MHD: *Yield*=2,20% SFME: *Yield*= 1,98%	Bale dan Shinde, 2013

BAB 3
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Garis Besar Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh produk minyak atsiri melalui proses ekstraksi dari daun cengkeh (*clove leaf*), bunga cengkeh (*clove bud*), ranting cengkeh (*clove stem*) dengan bantuan gelombang mikro. Metode ekstraksi yang digunakan adalah *Solvent-free Microwave Extraction* (SFME). Dengan kondisi operasi dari kedua metode adalah pada rasio F/D untuk SFME yaitu 0,06;0,08; 0,10 dan 0,14; pada daya *microwave* yang digunakan adalah 300, 450, 600 watt dengan tekanan atmosferik (1 atm), untuk ukuran bahan baku yang diekstrak yaitu daun cengkeh 2; 3; 4 cm, ranting cengkeh 2; 3; 4 cm dan bunga cengkeh berukuran utuh; cacah; 30 mesh. Pengambilan distilat untuk SFME setiap 10 menit dengan total waktu ekstraksi 60 menit. Uap yang dihasilkan dikondensasi dan distilat yang berupa campuran minyak dan air ditambahkan *n-hexane*. Setelah itu dipisahkan dengan menggunakan corong pemisah. Minyak yang didapat masih bercampur dengan *n-hexane* sehingga perlu dilakukan pemanasan untuk memisahkan minyak dari *n-hexane*.

3.2 Bahan dan Peralatan Penelitian

Adapun bahan dan peralatan yang dibutuhkan untuk melakukan proses penelitian ini adalah sebagai berikut:

3.2.1 Bahan – Bahan Penelitian

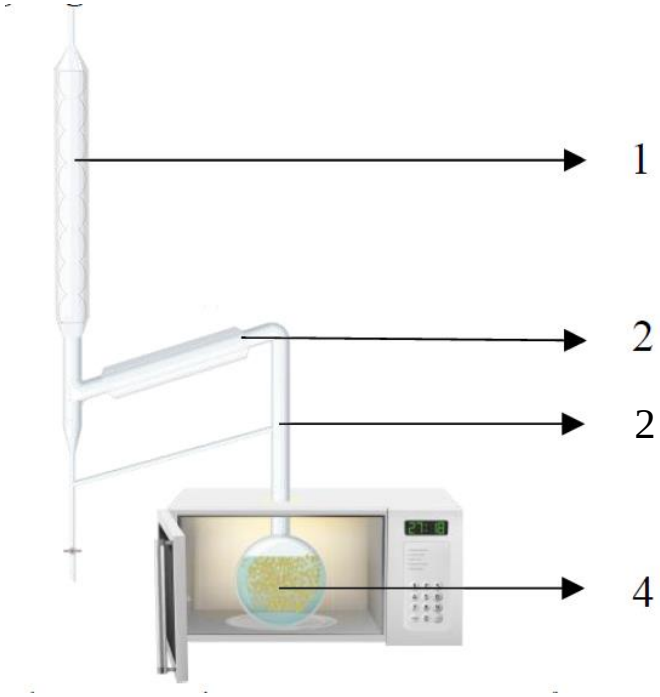
1. Daun, bunga dan ranting cengkeh

   Untuk perolehan bahan baku cengkeh diperoleh dari daerah Dampit, Malang, Jawa Timur. Daun dan ranting cengkeh yang diperoleh yaitu daun cengkeh yang sudah kering dengan masih adanya kadar air ± 16%, sedangkan untuk bunga memiliki kadar air ± 6% . Perlakuan awal dilakukan pada bahan baku yang akan diekstrak yaitu untuk daun dan ranting cengkeh 2 cm dan bunga cengkeh berukuran utuh dan serbuk (30 mesh)
2. *Aquadest*

   Aquadest ini digunakan sebagai *solvent* pada metode MHD dan perendaman bahan baku pada metode SFME. Sedangkan air yang digunakan pada kondensor untuk proses pendinginan menggunakan air PDAM.
3. *N-Hexane*

   N-Heksana dalam penelitian ini digunakan untuk mengikat minyak cengkeh yang dihasilkan pada saat proses ekstraksi. Spesifikasi n-heksana yang digunakan pada penelitian ini adalah n-heksana bermerk FULLTIME dengan kadar 95% pro-analysis (CAS No. 110-54-3).

3.2.2 Alat yang digunakan



Gambar 3.1 *Solvent-free Microwave Extraction* (SFME).

Dengan keterangan :

1. *Condensor Reflu*
2. *Clevenger*
3. Labu distilasi

Spesifikasi *microwave* yang digunakan:
Dimensi *microwave* : panjang 50 cm, lebar 40 cm dan tinggi 35 cm

- Labu distilasi : 1000 mL
- Corong pemisah : 100 Ml

3.3 Prosedur Penelitian

3.3.1 Prosedur Perlakuan Awal Bahan

1. Mencacah daun dan ranting cengkeh dengan ukuran 2; 3; 4 cm.
2. Menyiapkan bunga cengkeh dengan ukuran utuh, cacah dan 30 mesh
3. Menyimpan bahan dengan suhu ruangan ± 30^{o}C.

3.3.2 Prosedur penelitian *Solvent-Free Microwave Extraction*

1. Menimbang bahan baku daun dan ranting cengkeh sesuai dengan variabel.
2. Merendam bahan baku ranting atau daun cengkeh selama waktu sesuai dengan variabel
3. Memisahkan ranting atau daun cengkeh basah dan air bekas rendaman.
4. Memasukan bahan baku ranting atau daun cengkeh basah pada *distiller*.
5. Mengalirkan air pada sistem pendingin (kondensor *liebig* dan kondensor *reflux*)
6. Menyalakan *microwave* agar *distiller* yang berrisi bahan baku mendapatkan paparan radiasi *microwave* sesuai kondisi operasi dan variabel penelitian.
7. Menunggu sampai tetes pertama keluar dari kondensor *liebig*.
8. Menghitung waktu ekstraksi mulai tetes pertama keluar dari kondensor *liebig*. Menghentikan proses ekstraksi sesuai dengan waktu yang telah ditentukan.
9. Memasukkan hasil distilat (minyak dan air) kedalam corong pemisah lalu ditambahkan *n-hexane.*
10. Memisahkan campuran minyak dan *n-hexane* dari air.
11. Memisahkan minyak dan *n-hexane* dengan pemanasan pada *hotplate.*
12. Menimbang minyak atsiri yang diperoleh menggunakan neraca analitik.
13. Menyimpan minyak atsiri dalam botol vial pada temperatur 4oC.
14. Melakukan analisa terhadap minyak atsiri yang dihasilkan.

3.3.3 Prosedur Analisa Densitas Minyak Atsiri

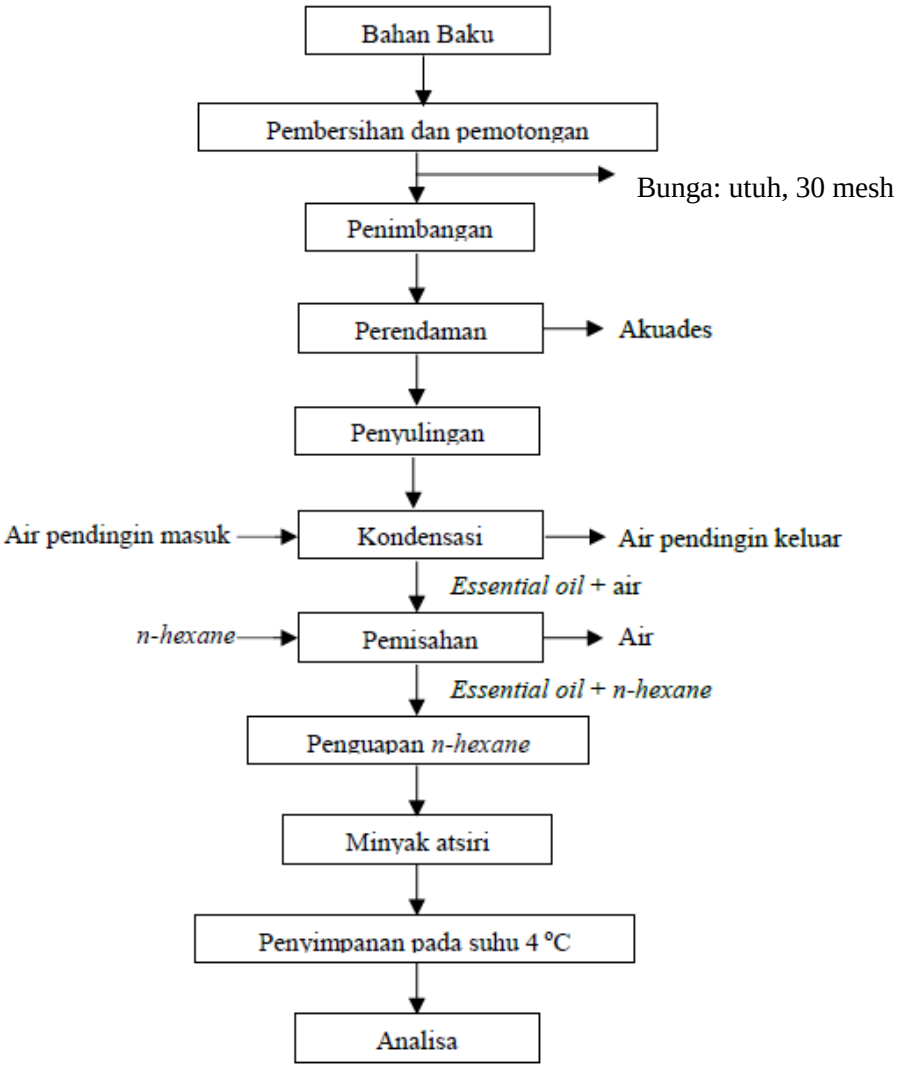
1. Menyalakan neraca analitik ohaus.
2. Menimbang berat piknometer kosong.
3. Memasukkan minyak atsiri kedalam piknometer.
4. Menimbang berat minyak.
5. Mencatat suhu minyak saat analisa dilakukan.

3.3.4 Prosedur Analisa Kelarutan dalam Alkohol

1. Memasukkan sampel minyak (1 ml) dalam tabung reaksi.
2. Menambahkan *ethanol* 70% setetes demi setetes, kocok setelah setiap penambahan sampai diperoleh suatu larutan yang sebening minyak.
3. Bila larutan tersebut tidak bening, bandingkan kekeruhan yang terjadi dengan kekeruhan larutan pembanding.

4. Setelah minyak tersebut larut tambahkan *ethanol* berlebih karena beberapa minyak tertentu mengendap pada penambahan etanol lebih lanjut.

3.4 Diagram Penelitian



Gambar 3.2 Skema Penelitian Metode *Solvent-Free Microwave Extraction*

3.5 Kondisi Operasi dan Variabel Penelitian

3.5.1 Kondisi Operasi

Kondisi operasi yang digunakan untuk metode *solvent-free microwave extraction* (SFME) adalah pada tekanan atmosferik.

3.5.2 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

a. Daya *microwave*: 300; 450; 600 W
b. Rasio bahan baku terhadap *distiller* untuk tanaman cengkeh (*Syzgium aromaticum L.*) adalah 0,06; 0,08; 0,10; 0,14 g/mL.
c. Ukuran bahan baku: untuk bunga cengkeh berukuran utuh; cacah; 30 mesh.
d. Waktu perendaman 1; 6 dan 24 jam (untuk bunga cengkeh)
e. Waktu Pengamatan: 5, 10, 20, 30, 35, 40, 45, 50, 55 dan 60 menit.

3.6 Besaran Penelitian yang Diukur

Adapun beberapa besaran dan analisa yang dilakukan terhadap minyak cengkeh yang diperoleh antara lain:

1. Pengukuran *yield* minyak atsiri

$$Yield = \frac{berat\ minyak\ atsiri\ yang\ dihasilkan}{berat\ bahan\ baku\ yang\ digunakan\ x\ (1 - kadar\ air(\%))}\ x\ 100$$

2. Pengukuran *recovery* minyak atsiri

$$Recovery = \frac{massa\ minyak\ atsiri\ hasil\ ekstraksi}{massa\ minyak\ atsiri\ hasil\ soxhlet}\ x\ 100$$

3. Minyak cengkeh (*Syzgium aromaticum L.*) dianalisa komposisinya dengan menggunakan *Gas Chromatography* (GC)/ *Mass Spectrometry* (MS)
4. Tanaman Cengkeh (*Syzgium aromaticum L.*) sebelum dan sesudah diekstraksi dianalisa morfologi permukaannya dengan menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscopy*).
5. Penetapan sifat fisik:
   a. Analisa berat jenis dengan menggunakan piknometer
   b. Analisa kelarutan dalam alkohol.

BAB 4
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Ekstraksi Minyak Atsiri Tanaman Cengkeh (Syzgium aromaticum)

Penelitian ekstraksi minyak atsiri dari Tanaman Cengkeh meliputi ranting, daun dan bunga cengkeh dilakukan dengan metode *solvent-free microwave extraction* (SFME). Metode *solvent-free microwave extraction* (SFME) adalah metode ekstraksi tanpa menggunakan pelarut dengan memanfaatkan gelombang mikro (*microwave*) sebagai pemanas. Metode tersebut membutuhkan waktu ekstraksi dengan waktu yang lebih singkat jika dibandingkan dengan metode *microwave-assisted extraction* lainnya seperti MHD. Ekstraksi dengan waktu yang lebih singkat disebabkan oleh cepatnya kenaikan suhu saat ekstraksi. Cepatnya kenaikan suhu ini mengakibatkan kelenjar minyak lebih cepat terbuka (Golmakani and Rezaei 2008). Bahan tanaman Cengkeh yang digunakan dalam penelitian ini didapatkan dari Wilayah Malang, Jawa Timur. Daun cengkeh (*clove leaf*), ranting cengkeh (*clove stem*) dan bunga cengkeh (*clove bud*) memiliki kandungan minyak atsiri dan kandungan air yang berbeda-beda. Untuk kandungan minyak atsiri pada daun cengkeh (*clove leaf*) memiliki kandungan minyak atsiri 1-4%, pada ranting cengkeh (*clove stem*) memiliki kandungan 5-10%, sedangkan pada bunga cengkeh (*clove bud*) memiliki kandungan minyak atsiri yang tinggi yaitu 10-20%. Bahan-bahan ini memiliki kandungan air yang berbeda, daun, ranting maupun bunga yang didapat sudah dalam kondisi kering dengan kadar air ± 16%, dan untuk bunga cengkeh (*clove bud*) didapatkan dalam kondisi kering dengan kadar air ± 6%. Untuk menghasilkan kualitas minyak yang baik dan *yield* yang tinggi dengan *microwave* terdapat beberapa parameter yang berpengaruh antara lain, yaitu *feed to distiller* (0,06; 0,10; 0,14 g/ml), daya *microwave* (300; 450 dan 600 W). Adapun variabel waktu yang dilakukan selama 60 menit. Perhitungan waktu ekstraksi untuk *solvent-free microwave extraction* (SFME) dimulai saat kondensat pertama kali menetes di corong pemisah yang berad di ujung kondensor. Penelitian ini menggunakan variabel ukuran bahan baku untuk bunga cengkeh dengan ukuran bunga utuh dan serbuk (30 mesh), dan terdapat waktu perendaman (0,5; 6; 24 jam) untuk bunga cengkeh.

Bahan baku Tanaman Cengkeh yang telah ditimbang massanya (60; 100 dan 140 gram) direndam terlebih dahulu, waktu perendaman menjadi parameter dalam penelitian, apakah waktu perendaman memengaruhi hasil *yield* yang didapatkan. Pada penelitian ini baru dilaksanakan waktu perendaman 30 menit. Setelah bahan baku direndam, lalu ditiriskan dan kemudian dimasukkan kedalam *distiller* bervolume 1000 ml, karena menggunakan metode *solvent-free microwave extraction* maka tidak perlu menambahkan air. Selanjutnya dilakukan pemanasan menggunakan *microwave* sesuai dengan variabel daya. Proses pendinginan

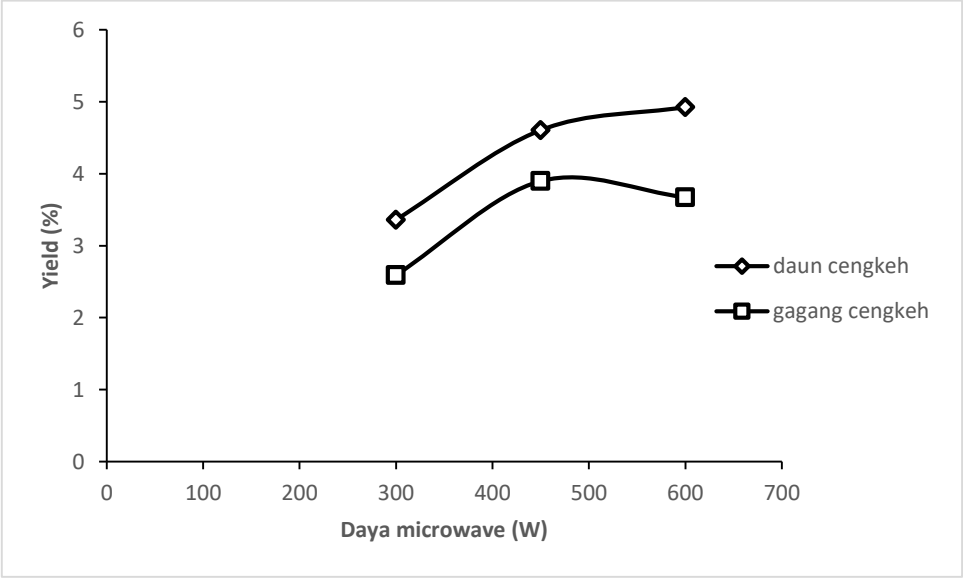
menggunakan kondensor *liebig* yang dialiri air dingin. Dalam metode tersebut, dilakukan recycle air (refluks) yang terkandung dalam bahan ke dalam labu *distiller* menggunakan *clevenger* yang disebut kohobasi. Hal tersebut perlu dilakukan karena apabila tidak ditambahkan atau tidak dilakukan pengembalian air maka bahan yang dieksrak akan lebih cepat terbakar. Selain itu juga bertujuan untuk menghindari kehilangan minyak yang masih terikat dalam destilat air sehingga bisa didapatkan yield minyak yang maksimal serta membantu proses ekstraksi minyak berlangsung secara kontinyu (Kusuma, 2017). Ekstraksi dilakukan selama 60 menit dengan interval 10 menit untuk pengembalian minyak. Di akhir ekstraksi, campuran minyak dan air pada *clavenger* diberi ± 7 ml *n-hexane* untuk mengikat minyak yang tercampur di air. Selanjutnya air yang kemudian dipisahkan dari campuran minyak dan *n-hexane,* di *recycle* kembali ke *clavenger,* sedangkan campuran minyak dan *n-heane* ditampung dengan botol vial. Selanjutnya diuapkan dengan *waterbath* pada suhu rendah (120^{o}C), yang bertujuan untuk mencegah adanya kerusakan pada komponen yang ada pada minyak atsiri dari tanaman cengkeh.

4.2 Parameter yang Berpengaruh pada Ekstraksi Minyak Atsiri Tanaman Cengkeh (Ranting dan Daun Cengkeh) dengan Metode *Solvent-Free Microwave Extraction*

4.2.1 Pengaruh Daya *Microwave* Terhadap *Yield* Minyak Atsiri Tanaman Cengkeh (Minyak Ranting Cengkeh dan Minyak Daun Cengkeh)

Daya pada proses ekstraksi memiliki pengaruh terhadap *yield* minyak Cengkeh yang dihasilkan. Telah diketahui bahwa daya dalam ekstraksi menggunakan *microwave* akan mengontrol besarnya energi yang akan diterima oleh bahan tanaman untuk diubah menjadi energi panas. Energi panas iniliah yang membantu proses keluarnya minyak atsiri dari bahan tanaman cengkeh yang akan di ekstrak (Liang et al, 2018). Daya *microwave* yang digunakan dalam proses ekstraksi dengan metode *solvent-free micorwave extraction* sangat terkait dengan temperatur proses, dimana semakin tinggi daya yang digunakan maka akan mempercepat pemanasan terhadap bahan yang diekstrak karena secara linier dengan daya yang tinggi makam semakin tinggi pula suhu pemanasan terhadap bahan yang diekstraksi. Selain itu daya yang tinggi juga mempengaruhi profil suhu yang terkontak pada bahan. Hal tersebut menyebabkan kelenjar-kelenjar minyak dalam tanaman cengkeh yang terekstrak mengalami *overheating* dan dinding sel mengalami lisis. Pada ekstraksi dengan metode *solvent-free microwave extraction* dengan bahan baku yang didapatkan adalah bahan baku kering maka terdapat air hasil perendaman bahan selama 30 menit (menyesuaikan dengan variabel waktu perendaman). Dimana air in-situ dalam tanaman cengkeh adalah air hasil perendaman bahan selama 30 menit dan pelarut ini akan dipanaskan dengan *microwave.* Dengan semakin cepatnya mencapai titik didih dari air tersebut yang

akhirnya menyebabkan meningkatnya perolehan *yield* minyak atsiri hingga mencapai kondisi *insignificant*, dan juga daya *microwave* juga berperan sebagai *driving force* untuk memecah struktur membran sel tanaman sehingga minyak dapat terdifusi keluar. Sehingga adanya penambahan daya *microwave* secara umum meningkatkan *yield* dan mempercepat waktu ekstraksi (Liang et al, 2018). Pada penelitian ini dapat dilihat bahwa daya *microwave* yang paling baik untuk menghasilkan minyak Cengkeh secara optimum bervariasi. Daya optimum untuk menghasilkan *yield* tertinggi pada ranting cengkeh dan daun cengkeh adalah dengan daya 600 W. Hal tersebut dapat dilihat pada **Gambar IV.1** Grafik pengaruh daya terhadap *yield* minyak cengkeh (ranting dan daun cengkeh).



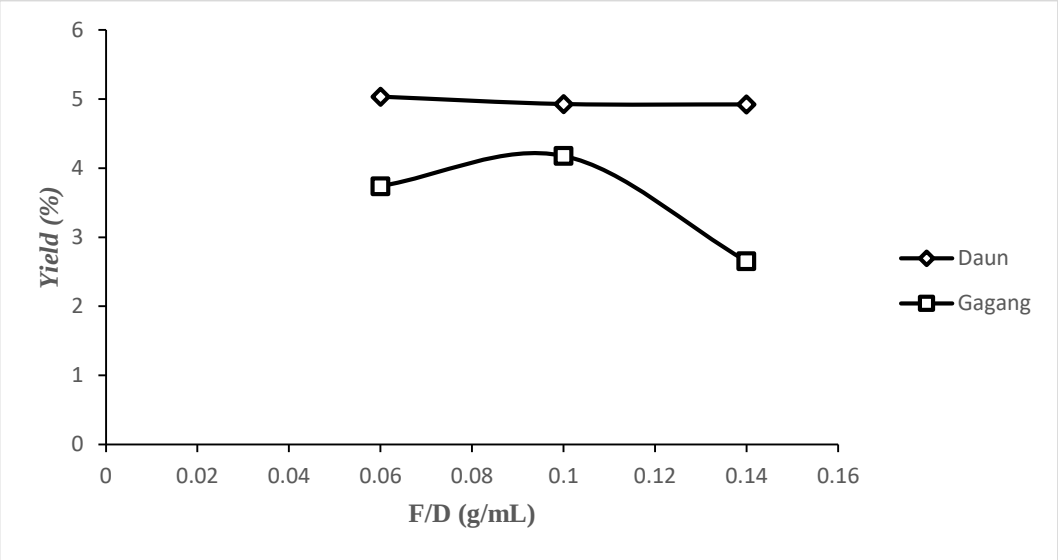
Gambar 4.1 Pengaruh daya *microwave* terhadap *yield* minyak daun cengkeh dan minyak ranting cengkeh dengan F/D 0,10 g/mL

Berdasarkan **Gambar IV.1** terdapat kecenderungan kenaikan *yield* seiring dengan bertambahnya daya sehingga secara umum dapat dikatakan bahwa semakin besar energi yang diterima bahan untuk diubah menjadi panas, menyebabkan *yield* minyak atsiri yang diperoleh semakin banyak pada daya *microwave* 600 W. Akan tetapi, dari grafik **Gambar IV.1** dapat dilihat bahwa ekstraksi yang dilakukan pada daya 600 W untuk Ranting cengkeh dihasilkan *yield* lebih rendah apabila dibandingkan dengan daya 450 W. Hal tersebut dikarenakan terjadinya degradasi pada bahan dan komponen minyak atsiri. Adanya penurunan hasil *yield* didukung dengan penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Song *et al.* (2011) yang telah melakukan ekstraksi menggunakan *microwave-assisted extraction* dari daun ubi jalar (*Ipomoea batatas*) dengan ukuran bahan dicacah dan rasio F/S sebesar 30 mL/g selama 90 detik dan diperoleh *recovery* sebesar 50,1% pada daya 450 W dan 49,8% untuk daya *microwave* 650 W. Dari hasil penelitian Song *et al.* (2011) diketahui bahwa adanya penurunan *recovery* akibat digunakannya daya *microwave*

yang relatif tinggi (600 W) yang dapat menyebabkan terjadi degradasi termal pada phenol.

4.2.2. Pengaruh Rasio antara Massa Bahan Baku dengan Volume *Distiller* (F/D) terhadap *Yield* Minyak Cengkeh (Daun dan Ranting Cengkeh)

Pada ekstraksi minyak cengkeh dengan metode *solvent-free microwave extraction*, masa bahan yang digunakan untuk tanaman cengkeh adalah 60,80, 100, 120 dan 140 gram pada masing-masing variabel ukuran. Massa bahan ini akan mempengaruhi rasio massa bahan per *volume distiller*. Adapun pengaruh dari rasio antara massa bahan baku terhadap *volume distiller* pada *yield* yang diperoleh dapat dilihat pada Gambar IV.2



Gambar 4.2 Pengaruh Rasio Massa Bahan Baku Terhadap Volume *Distiller* Pada Minyak Ranting dan Daun Cengkeh

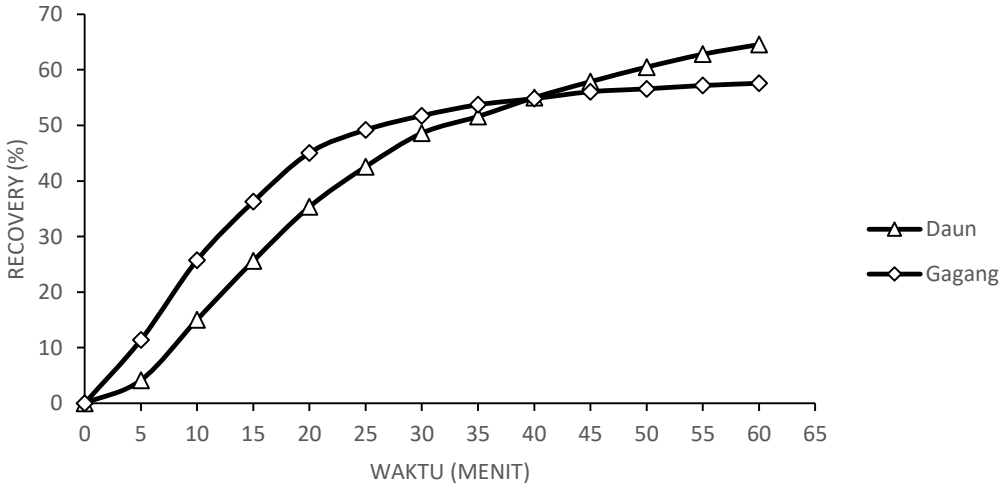
Berdasarkan **Gambar 4.2** dengan hasil yang didapat pada rasio F/D dapat terlihat bahwa *yield* tertinggi pada ekstraksi tertinggi pada ekstraksi minyak daun cengkeh terdapat pada rasio 0,06 g/mL dan pada ekstraksi ranting cengkeh nilai *yield* tertinggi pada rasio 0,10 g/mL. Terjadi adanya penurunan pada rasio 0,10 g/mL untuk minyak daun cengkeh dan pada rasio 0,14 g/mL untuk minyak ranting cengkeh. Penurunan *yield* yang terjadi pada rasio tersebut yang lebih besar dari 0,10 g/mL disebabkan karena penataan bahan yang terlalu rapat. Hal ini yang menyebabkan minyak atsiri dari tanaman cengkeh pada rasio F/D 0,10 g/mL untuk minyak daun cengkeh dan pada rasio 0,14 g/mL untuk minyak ranting cengkeh menjadi lebih susah berdifusi, sehingga *yield* yang diperoleh menjadi lebih kecil jika dibandingkan dengan rasio diatas 0,10 g/mL.

Selain itu fenomena penurunan pada rasio 0,10 g/mL untuk minyak daun cengkeh dan pada rasio 0,14 g/mL untuk minyak ranting cengkeh karena

bertambahnya massa bahan baku akan mengurangi distribusi suhu pada proses tersebut. Dengan bertambahnya massa maka terjadi kepadatan yang akan memenuhi labu *distiller*, dimana hal ini mengakibatkan uap menjadi sulit penetrasi dalam bahan untuk membawa molekul minyak atsiri terdifusi keluar dari bahan. Hal ini dikarenakan terhambatnya ruang gerak uap untuk bisa menguap menuju kondensor, yang akhirnya menyebabkan berkurangnya *yield* minyak atsiri daun cengkeh dan ranting cengkeh yang diperoleh dan menurunkan efisiensi penyulingan.

4.2.3 Hasil *Recovery* dari Minyak Ranting dan Daun Cengkeh yang dihasilkan Melalui Metode *Solvent-Free Microwave Extraction*

Dalam penelitian ini dilakukan perhitungan *recovery* untuk mengetahui seberapa besar pengaruh penggunaan metode *Solvent-Free Microwave Extraction* dalam mengekstrak kandungan minyak atsiri dari ranting cengkeh dan daun cengkeh. Nilai akumulasi *recovery* dapat diperoleh dengan cara membandingkan *yield* minyak atsiri yang didapatkan dari metode tersebut dengan *yield* minyak atsiri yang didapatkan dari metode *soxhlet*. Untuk *yield* minyak ranting cengkeh yang diperoleh dengan metode *soxhlet* memiliki nilai sebesar 7,25% sedangkan untuk minyak daun cengkeh memiliki nilai 7.633%.



Gambar 4.3 Akumulasi *recovery* dari Minyak Ranting Cengkeh dan Minyak Daun Cengkeh yang diperoleh. (Daya 600 W dan F/D 0,1 g/mL)

Nilai akumulasi *recovery* dari ekstraksi minyak ranting cengkeh dan daun cengkeh dapat kita amati pada **Gambar 4.3** yang menggambarkan hubungan antara *recovery* terhadap waktu, yang dimana menghasilkan nilai akumulasi *recovery* yang berbeda. Grafik pada **Gambar 4.3** menunjukan bahwa semakin lama waktu ekstraksi, maka akumulasi *recovery* minyak ranting cengkeh maupun daun cengkeh

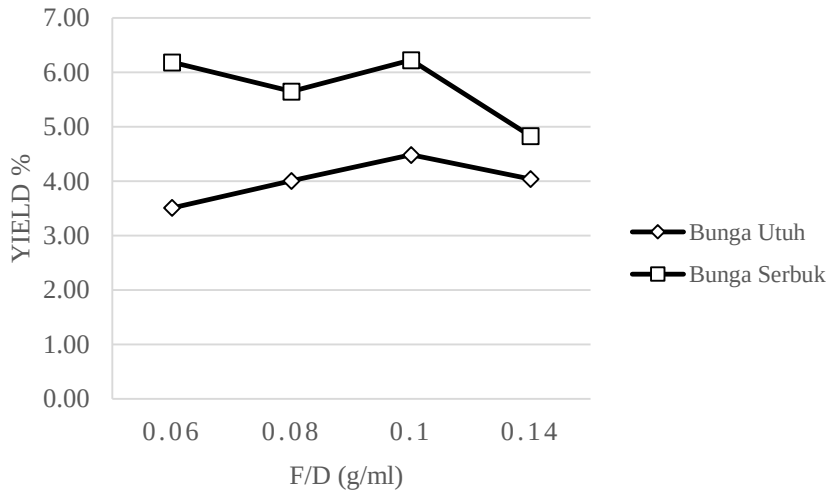
yang dihasilkan semakin meningkat. Terjadi peningkatan *recovery* secara drastis pada waktu 0 – 35 menit, setelah itu peningkatan *recovery* mulai konstan. Waktu yang dibutuhkan saat peningkatan *recovery* cukup cepat, hal tersebut dikarenakan menggunakan metode *solvent-free microwave extraction* yang membuat kenaikan dari temperatur yang lebih cepat panas (Golmakani,2015). Hasil dari akumulasi *recovery* untuk ekstraksi minyak ranting cengkeh sebesar 57,58%, sedangkan untuk minyak daun cengkeh adalah sebesar 64,57%.

4.3 Kondisi Operasi pada Proses Ekstraksi Minyak Atsiri Cengkeh dari Bunga Cengkeh dengan Metode *Solvent-Free Microwave Extraction*

Ekstraksi minyak cengkeh selain dari daun cengkeh dan ranting cengkeh, minyak atsiri dapat diperoleh dari bagian bunga cengkeh, dilakukan dengan metode *solvent-free microwave extraction.* Bahan baku bunga cengkeh yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari Malang Jawa Timur dalam keadaan kondisi kering dengan kadar air ± 6%. Bunga cengkeh ini diekstrak dengan beberapa variabel seperti rasio *feed to distiller* (0,06; 0,08; 0,10; 014 g/mL), ukuran bahan (utuh dan serbuk dengan ukuran ± 30 mesh), daya *microwave* 450 Wserta adanya waktu perendaman (0,5; 6; 24 jam). Proses ini dilakukan selama 60 menit.

4.3.1 Pengaruh Rasio antara Massa Bahan Baku dengan Volume *Distiller* (F/D) terhadap *Yield* Minyak Bunga Cengkeh

Pada ekstraksi minyak bunga cengkeh, menggunakan massa bahan adalah 60, 80, 100 dan 140 gram pada masing-masing variabel ukuran yaitu ukuran bunga utuh dan ukuran bunga serbuk ± 30 mesh. Massa bahan ini akan memperngaruhi rasio massa bahan per *volume distiller*. Pengaruh rasio F/D pada *yield* dapat dilihat pada **Gambar 4.4.**



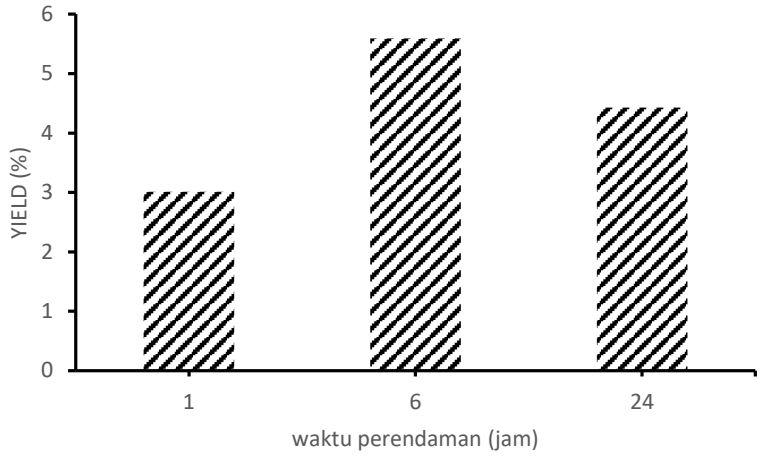
Gambar 4.4 Perbandingan hasil *yield* antara Bunga cengkeh utuh dan Bunga cengkeh serbuk

Berdasarkan gambar diatas, untuk bunga cengkeh berukuran utuh terlihat bahwa semakin besar rasio F/D maka semakin kecil *yield* yang didapatkan. Begitupun untuk bunga cengkeh berukuran serbuk. Terjadinya hal tersebut juga terdapat faktor penataan bahan, dimana penataan bahan dalam labu yang kurang teratur dapat menyebabkan terbentuknya jalur uap "*rat holes*" yang akan berpengaruh pada perolehan *yield* minyak cengkeh yang baik dapat meningkatkan ataupun menurunkan *yield* minyak cengkeh (Guenther,1990).

Yield optimum pada bahan bunga cengkeh yang berukuran utuh dan serbuk terdapat pada rasio 0,10 g/mL. Hal ini terjadi karena pada rasio tersebut cengkeh dapat terekstrak dengan baik dengan tingkat kepadatan yang tidak telalu tinggi dibandingkan pada rasio 0,14 g/mL. Faktor kepadatan adalah massa bahan baku yang digunakan sudah terlampau padat dan memenuhi labu *distiller*. Dimana hal ini mengakibatkan uap menjadi sulit berpenetasi dalam bahan untuk membawa molekul minyak atsiri terdifusi keluar dari bahan. Tingkat kepadatan bahan berhubungan dengan besar ruangan antar bahan. Kepadatan bahan mengakibatkan laju penyulingan atau penguapan minyak atsiri akan menjadi lambat, karena terhambatnya ruang gerak uap untuk dapat menguap menuju kondensor, yang akhirnya menyebabkan berkurangnya *yield* minyak cengkeh yang diperoleh. Selain itu juga dikarenakan semakin tinggi rasio yang digunakan, maka beban ekstraksi akan semakin berat sehingga bahan tidak akan terekstrak secara sempurna. Peningkatan jumlah bahan ini menyebabkan efek pemanasan dielektrik menjadi lebih rendah sehinnga dapat menurunkan efek radiasi *microwave* yang mengakibatkan tidak berjalan optimal (Desai *et al,* 2010)

4.3.2 Pengaruh Waktu Perendaman terhadap *Yield* Minyak Bunga Cengkeh

Untuk mengetahui adanya pengaruh waktu perendaman bahan baku sebelum dilakukan proses ekstraksi terhadap *yield* minyak bunga cengkeh yang diekstraksi dengan metode *solvent-free microwave extraction,* maka pada penelitian ini digunakan beberapa variasi waktu perendaman dengan air selama 1, 6 dan 24 jam.

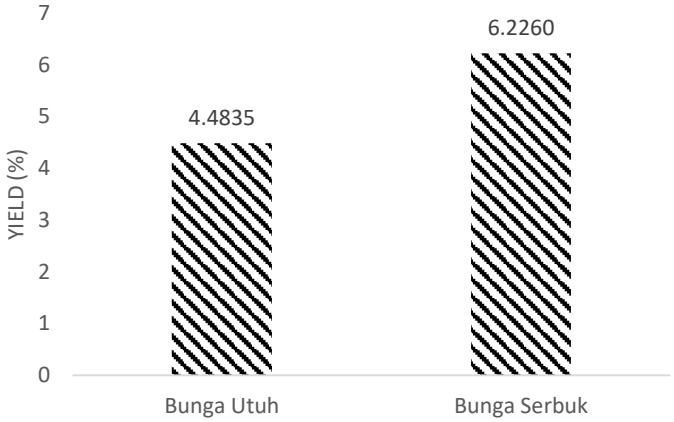


Gambar 4.5. Pengaruh waktu perendaman bahan sebelum ekstraksi terhadap *yield* minyak bunga cengkeh (rasio 0.06 g/mL dan daya *microwave* 450 W)

Berdasarkan penelitian terdahulu menyimpulkan bahwa semakin lama waktu perendaman maka *yield* yang dihasilkan akan semakin tinggi (Bayram *et al*,2004). Adanya variasi perendaman memiliki pengaruh jumlah air yang terkandung dalam bahan, adanya perendaman lebih lama membuat bahan semakin bertambah kelembapannya yang akan berpengaruh pada saat waktu ekstraksi terjadi. Pada **Gambar 4.5** dapat diketahui bahwa *yield* tertinggi diperoleh dengan waktu perendaman 6 jam dengan perolehan *yield* sebesar 5,592%. Hal ini dikarenakan keasaamn dari medium perendam yaitu air dapat menimbulkan korosi pada dinding sel bahan yang dalam kondisi hipotonik. Sehingga pada waktu perendaman yang lebih lama menyebabkan kerusakan pada dinding sel dan selanjutnya dapat melepaskan kandungan minyaknya (Jok *et al,* 2015).

4.3.3 Pengaruh Ukuran Bahan terhadap *Yield* Minyak Bunga Cengkeh

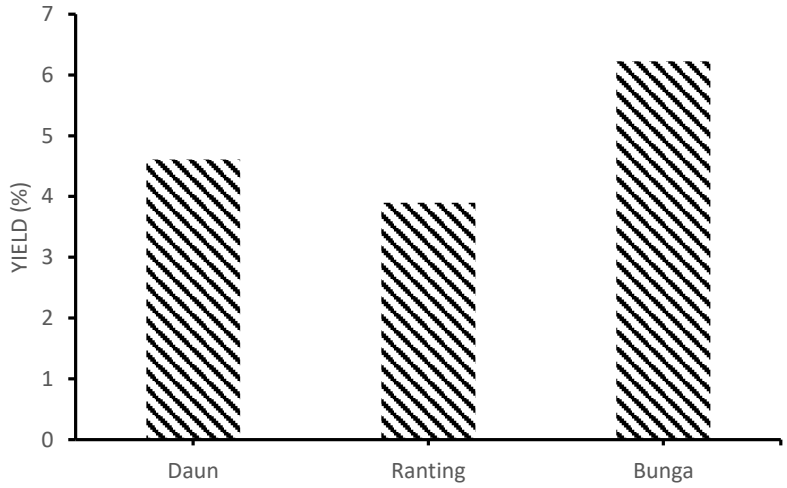
Pada penelitian inim bahan baku yaitu bunga cengkeh mendapat perlakuan yang berbeda-beda, salah satunya adalah ukuran, dimana bunga cengkeh dibiarkan utuh sesuai dengan ukuran asli, serta bunga cengkeh dihaluskan menjadi serbuk halus yang ukurannya ± 30 mesh. Adanya variasi bahan dilakukan karena didalam bahan baku minyak atsiri dikelilingi oleh kelenjar minyak, pembuluh-pembuluh, kantong minyak sehingga apabila bahan dalam ukuran utuh, minyak atsiri hanya dapat terekstrak apabila uap air berhasil melalui jaringan tanaman dan mendesaknya ke permukaan. Peristiwa difusi berlangsung lambat apabila bahan dibiarkan dalam keadaan utuh, karena kecepatan minyak yang terekstrak ditentukan oleh kecepatan difusi. Oleh karena itu, perlu adanya variasi ukuran yang dihaluskan menjadi serbuk sehingga dapat menyebabkan kelenjar minyak dapat menjadi terbuka semaksimal mungkin. Adapun pengaruh ukuran bahan terhadap *yield* minyak bunga cengkeh yang diperoleh dapat dilihat pada **Gambar 4.6.**



Gambar 4.6. Pengaruh ukuran bahan baku terhadap *yield* minyak bunga cengkeh (rasio 0.10 g/mL dan daya *microwave* 450 W)

Berdasarkan pada gambar diatas, untuk bahan bunga cengkeh dengan ukuran bunga utuh *yield* yang dihasilkan lebih rendah dibandingkan dengan ukuran bunga serbuk. Hal tersebut, karena proses pencacahan atau penghalusan dapat menyebabkan kelenjar minyak menjadi terbuka semaksimal mungkin. Selain itu, ukuran ketebalan bahan tanaman di tempat terjadinya difusi akan berkurang, sehingga ketika proses ekstraksi laju penguapan minyak atsiri dari bahan tanaman menjadi cukup cepat (Guenther, 1987). Bahwa dapat disimpulkan pada penelitian ini, dimana untuk bahan bunga cengkeh, *yield* optimum berada pada ukuran serbuk.

4.3.4 Perbandingan Hasil *Yield* antara Ekstraksi Minyak Cengkeh dari Ranting, Daun dan Bunga Cengkeh



Gambar 4.7. Perbandingan Hasil *Yield* Antara Ekstraksi Minyak Cengkeh dari Daun, Ranting dan Bunga

Minyak atsiri dari cengkeh dapat diperoleh dari bagian ranting, daun dan bunga cengkeh. Setiap bagian dari cengkeh memiliki kandungan kadar minyak

yang berbeda-beda. Pada penelitian ini bunga dan ranting cengkeh digiling kasar untuk memecahkan sel-sel minyak dan memperluas permukaan sehingga minyak dapat lebih mudah keluar daridalam sel, sedangkan untuk daun cengkeh tidak membutuhkan pengecilan ukuran. Pada **Gambar 4.7** menunjukan bahwa adanya perbandingan hasil *yield* yang diperoleh dari masing-masing bahan cengkeh yang diekstraksi. Pada minyak ranting cengkeh memperoleh *yield* sebesar 3,8983%, untuk minyak daun cengkeh memperoleh *yield* sebesar 4,6073% sedangkan utnuk minyak bunga cengkeh memperoleh *yield* sebesar 6,226%. Hasil *yield* yang diperoleh dari minyak bunga cengkeh lebih besar dibandingkan daun maupun ranting cengkeh. Karena kandungan kadar minyak untuk bunga cengkeh lebih tinggi.

4.4 Pemodelan Kinetika pada Ekstraksi Minyak Cengkeh (Ranting Cengkeh dan Daun Cengkeh) dengan Metode *Solvent-Free Microwave Extraction*

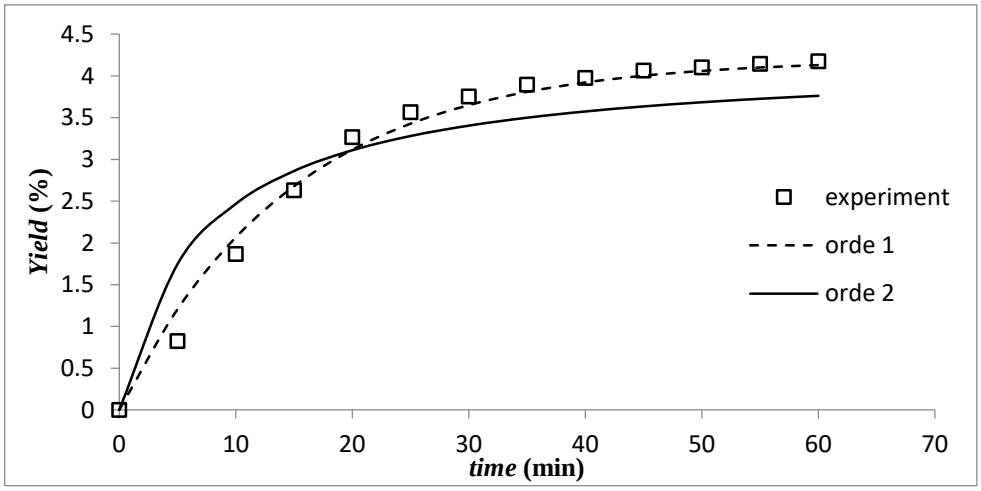
Pada ekstraksi minyak cengkeh, dapat dilihat pada **Gambar 4.8** bahwa *yield* minyak cengkeh yang diperoleh akan meningkat secara cepat di menit-menit awal dan seiring dengan lamanya waktu ekstraksi maka hasil yang diperoleh akan menurun. Adanya perubahan yang diperoleh dapat ditunjukan dengan cara membuat plot antara yield dengan waktu ekstraksi. Hal ini digunakan untuk mempelajari model kinetika pada ekstraksi minyak cengkeh menggunakan metode *solvent-free microwave extraction*. Pada penelitian ini akan dipelajari model kinetika orde satu dan orde dua. Untuk mempelajari model kinetika pada ekstraksi ini dengan menggunakan variabel rasio F/D 0,10 g/mL; daya 600 W dan waktu ekstrasi selama 60 menit

Untuk mempelajari model kinetika orde satu pada ekstraksi minyak ranting dan daun cengkeh maka dapat dilakukan dengan cara membuat *plot* antara log (Cs-Ct) dengan *t*. Selanjutnya dilakukan linierisasi terhadap plot tersebut untuk mendapatkan *slope* dan *intercept* yang nantinya dapat digunakan untuk menentukan nilai k1, Cs dan koefisien dterminasi (R^2). Selain itu menentukan nilai k1 dan Cs juga dapat dilakukan dengan cara *minimization of the sum of square of errors* antara data ekperimental dengan data model (data yang diperoleh dari model matematika kinetika orde satu) menggunakan *Solver* (Kusuma, 2016). Sedangkan untuk mempelajari model kinetika orde dua pada ekstraksi minyak cengkeh maka dapat dilakukan dengan cara membuat *plot* antara *t*/Ct dengan *t*. Selanjutnya dilakukan linierisasi terhadap plot tersebut untuk mendapatkan *slope* dan *intercept* yang nantinya dapat digunakan untuk menentukan nilai k2, Cs dan koefisien dterminasi (R^2). Selain itu menentukan nilai k2 dan Cs juga dapat dilakukan dengan cara *minimization of the sum of square of errors* antara data ekperimental dengan data model (data yang diperoleh dari model matematika kinetika orde satu) menggunakan *Solver*.

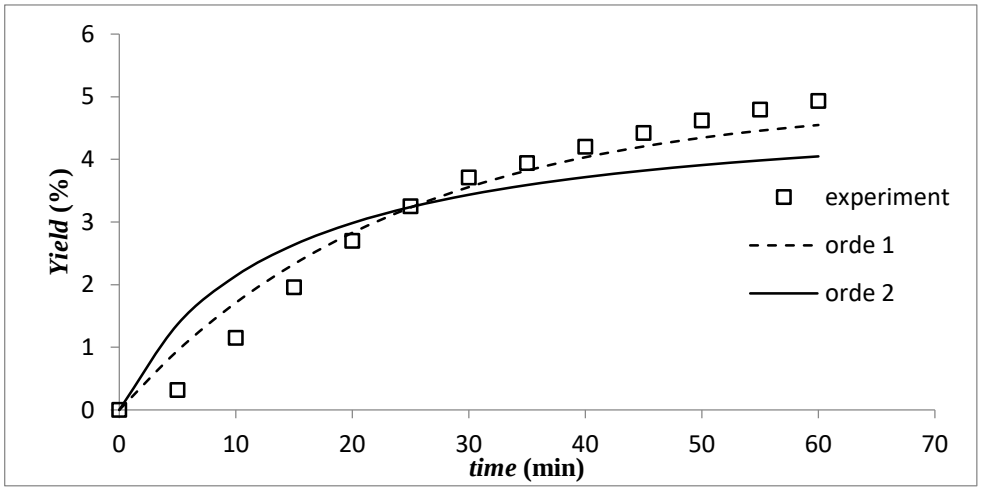
Pada penelitian ini untuk menentukan model yang dapat merepresentasikan hasil eksperimen dari ekstraksi minyak ranting dan daun cengkeh menggunakan metode *solvent-free microwave extraction*, maka dapat dilihat dari nilai R^2 dari setiap model kinetika yang digunakan. Suatu model kinetika dikatakan dapat merepresentasikan hasil eksperimen dengan baik apabila memiliki nilai R^2 yang mendekati 1 (satu).

Tabel 4.1. Linierisasi model kinetika orde satu dan orde dua dari ekstraksi minyak ranting cengkeh dan daun cengkeh dengan metode *solvent-free microwave extraction*

Metode Ekstraksi	Bahan Baku	Model Kinetika			
		Orde satu		Orde dua	
Solvent-Free Microwave Extraction	Ranting Cengkeh	k1 (min^{-1})	0,0870	k2 (min^{-1})	0,1551
		Cs (g/ml)	0,2229	Cs (g/ml)	0,3141
		R^2*	0,9784	R^2*	0,9773
		RSME	0,2961	RSME	0,2105
	Daun Cengkeh	k1 (min^{-1})	0,0615	k2 (min^{-1})	0,0007
		Cs (g/ml)	0,2616	Cs (g/ml)	2,8401
		R^2*	0,9471	R^2*	0,9388
		RSME	0,6312	RSME	0,4830



(a)



(b)

Gambar 4.8. Perbandingan antara model kinetika orde satu dan orde dua dengan hasil eksperimen pada ekstraksi (a) minyak ranting cengkeh dan (b) minyak daun cengkeh (rasio F/D 0,1 g/mL dan daya 600 W)

Secara umum dari hasil regresi dapat dilihat bahwa pada model kinetika orde satu untuk ekstraksi minyak ranting cengkeh maupun daun cengkeh yang ditunjukan pada **Tabel 4.1** dan **Gambar 4.8** menggunakan metode *solvent-free microwave extraction* memiliki nilai koefisien determinasi (R^2=0,9784) untuk minyak ranting cengkeh dan (R^2=0,9471) untuk minyak daun cengkeh yang relative lebih tinggi dan yang memiliki nilai R2 yang mendekati 1 (satu), dibandingkan dengan hasil model kinetika orde dua. Sehingga dapat dikatakan bahwa model kinetika orde satu dapat merepresentasikan secara baik hasil eksperimen dari ekstraksi minyak cengkeh. Hal ini dikarenakan pada ekstraksi minyak ranting dan daun cengkeh dengan menggunakan *solvent-free microwave extraction* hanya terdapat satu mekanisme yang berperan penting yaitu kemampuan dari komponen minyak cengkeh untuk dapat larut dalam air *in situ* pada ranting dan daun cengkeh. Dimana hal tersebut sesuai dengan (Coveolo et, al, 2004) yang menyatakan bahwa model kinetika orde satu hanya dapat merepresentasikan secara baik proses yang hanya mempunyai satu mekanisme.

4.5 Optimasi Ekstraksi Minyak Cengkeh dengan *Response Surface Methodology* (RSM)

Response Surface Methodolgy adalah kumpula dari teknik statika dan matematika yang telah berhasil digunakan untuk menentukan pengaruh dari beberapa variabel dan optimasi proses. Kelebihan dari RSM adalah untuk mengurangi jumlah percobaan eksperimen yang dibutuhkan lalu untuk mengevaluasi banyak variabel dan hubungan antar variabel (Mahfud dan Kusuma,

2015)**.** Dalam penelitian ini parameter untuk metode *solvent-free microwave extraction* (daya *microwave*, rasio F/D dan waktu ekstraksi) dianalisa dan dioptimasi terlebih dahulu menggunakan desain eksperimen Face-Centered Central Composite Design (FCCCD) dengan perangkat lunak *Design-Expert version* 11.0.6.2 (State-Ease Inc., Minneapolis, MN, USA). Hal ini bertujuan untuk mengoptimasi proses ekstraksi minyak ranting cengkeh dan daun cengkeh agar didapatkan kondisi optimum yang dapat menghasilkan *yield* maksimum.

4.5.1 Optimasi pada Ekstraksi Minyak Ranting Cengkeh menggunakan Metode *Solvent-Free Microwave Extraction* dengan *Response Surface Methodology* (RSM)

Pada optimasi untuk ekstraksi minyak cengkeh dari ranting cengkeh digunakan tiga faktor yaitu daya *microwave* (W), rasio F/D (g/mL) dan waktu ekstraksi (menit) yang dapat dilihat pada **Tabel 4.2.** Dimana nilai daya *microwave* yang digunakan berkisar 300-600 W, rasio F/D 0.06-0.14 g/mL, sedangkan waktu ekstraksi berkisar antara 20-60 menit.

Tabel 4.2. Faktor pada desain eksperimen pada ekstraksi minyak cengkeh dari ranting cengkeh menggunakan metode *solvent-free microwave extraction* dengan face-centered central composite design (FCCCD)

Faktor	Satuan	Level		
		Low	Middle	High
A: Microwave power	W	300	450	600
B: F/D ratio	g/mL	0,06	0,10	0,14
C: Extraction Time	min	20	40	60

Setelah memasukkan masing-masing nilai faktor pada aplikasi *Design-Expert version* 11.0.6.2 (State-Ease Inc., Minneapolis, MN, USA). Dengan memilih Face-Centered Central Composite Design (FCCCD) diperoleh desain eksperimen sebanyak 20 percobaan untuk mendapatkan *yield* minyak cengkeh yang optimum dari ranting cengkeh yang diekstraksi dengan metode *solvent-free microwave extraction* dan juga dapat dilihat *yield* minyak ranting cengkeh

Tabel 4.3. Hasil dan desain eksperimen pada ekstraksi minyak cengkeh dari ranting cengkeh menggunakan metode *solvent-free microwave extraction* dengan face-centered central composite design (FCCCD)

Microwave power (W)	F/D ratio (g/mL)	Extraction time (min)	*Yield (%)*		
			Experimental	Predicted	Residual
300	0,1	40	2,3647	2,4554	-0,0097
300	0,14	20	1,0492	1,0236	0,0256

300	0,14	60	2,5699	2,6024	-0,0325
300	0,06	60	2,7371	2,7553	-0,0182
300	0,06	20	2,5380	2,4222	0,1158
450	0,1	40	3,2645	3,0360	0,2285
450	0,1	40	3,2594	3,0360	0,2235
450	0,1	60	2,9416	2,8233	0,1183
450	0,14	40	3,0597	3,0289	0,0308
450	0,1	40	2,8922	3,0360	-0,1438
450	0,1	20	2,1452	2,4109	-0,2657
450	0,1	40	3,1955	3,0360	0,1596
450	0,1	40	3,2761	3,0360	0,2402
450	0,1	40	2,6228	3,0360	-0,4131
450	0,06	40	3,1934	3,3717	0,1783
600	0,06	20	3,2719	3,2026	0,0693
600	0,14	20	2,7249	2,6699	0,0550
600	0,14	60	3,0827	3,1617	-0,0789
600	0,1	40	3,0685	3,1252	-0,0567
600	0,06	60	2,4599	2,4486	0,0113

Pada ekstraksi minyak cengkeh dari ranting cengkeh dilakukan analisis ANOVA untuk mengidentifikasi faktor-faktor penting yang mempengaruhi *yield* minyak ranting cengkeh yang diekstraksi pada P-value = 0,05. Hasil analisis ANOVA dapat dilihat pada **Tabel 4.4.** Faktor penting yang mempengaruhi *yield* minyak cengkeh dari ranting cengkeh yang diekstraksi menggunakan metode *solvent-free microwave extraction* ditunjukan oleh P-value < 0,05. **Tabel 4.4** menunjukan bahwa parameter linier yaitu berupa daya *microwave* (A), F/D ratio (B), dan waktu ekstraksi (C) serta parameter interaksi yaitu berupa interaksi antara daya *microwave* dan waktu ekstraksi (AC) memberikan efek signifikan terhadap *yield* minyak cengkeh dari ranting cengkeh yang diekstraksi (P-value < 0,05).

Tabel 4.4 Analisis ANOVA pada ekstraksi minyak cengkeh dari ranting cengkeh menggunakan metode *solvent-free microwave extraction* dengan face-centered central composite design (FCCCD)

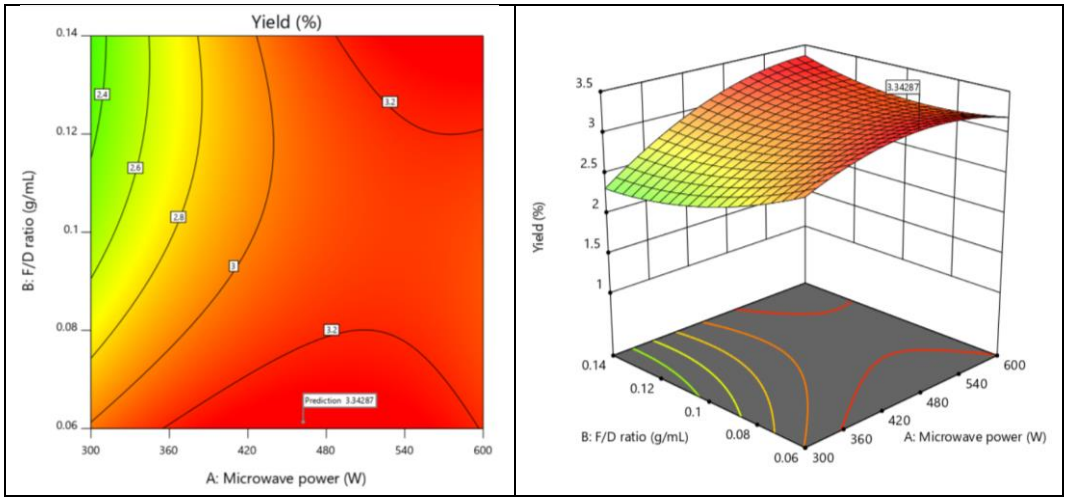
Source	**Sum of Squares**	**df**	**Mean Square**	**F Value**	**p-value Prob > F**
Model	4.86	9	0.5398	10.09	0.0006
A: microwave power	1.12	1	1.12	20.96	0.0010
B: F/D ratio	0.2937	1	0.2937	5.49	0.0411
C: extraction time	0.4252	1	0.4252	7.95	0.0182
AB	0.3749	1	0.3749	7.01	0.0244
AC	0.5908	1	0.5908	11.04	0.0077

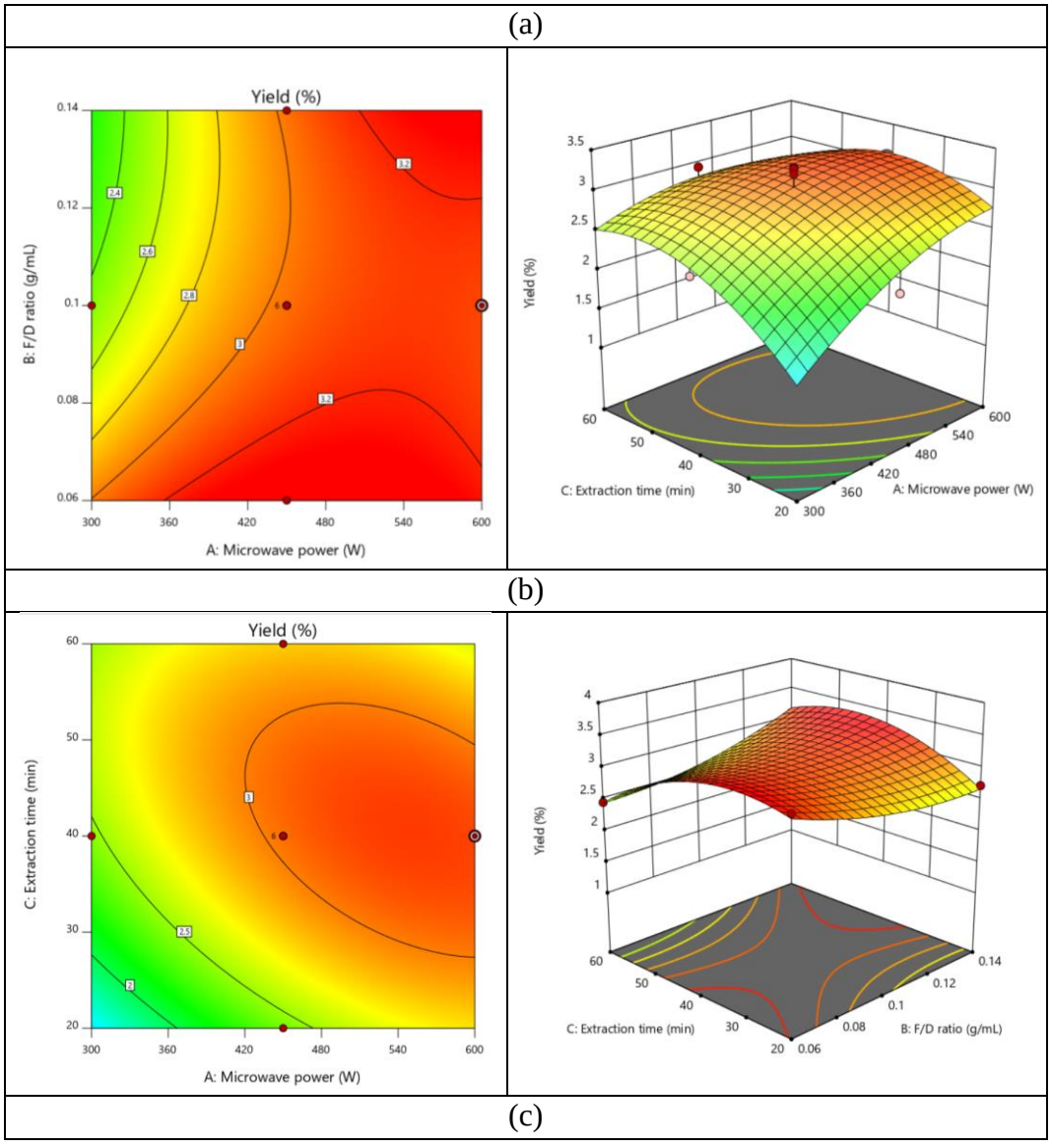
BC	0.7759	1	0.7759	14.50	0.0034
A^2	0.1659	1	0.1659	3.10	0.1087
B^2	0.0742	1	0.0742	1.39	0.2661
C^2	0.4825	1	0.4825	9.02	0.0133
Residual	0.5351	10	0.0535		
Lack of Fit	0.1729	5	0.0346	0.4775	0.7818
Pure Error	0.3622	5	0.0724		
Cor Total	5.39	19			

Selain itu, pada optimasi dari ekstraksi minyak ranting cengkeh menggunakan metode *solvent-free microwave extraction* dengan face-centered central composite design (FCCCD) juga dapat diperoleh persamaan yang dapat digunakan untuk memprediksi *yield* minyak cengkeh yang diperoleh. Berdasarkan desain eksperimen yang telah dilakukan, *yield* minyak cengkeh dari ranting cengkeh yang diekstraksi dapat dilihat pada Persamaan (15).

Yield = 0,738469 – 0.012073*microwave power – 56,6315*F/D ratio + 0,095915*extraction time + 0,036081*microwave power*F/D ratio – 0,000091*microwave power*extraction time + 0,389284*F/D ratio*extraction time – 0,000011*microwave power^2 + 102,6947*F/D ratio^2 – 0,00105*extraction time^2 (15)

Dalam penelitian ini, untuk menguji pengaruh dari beberapa faktor terhadap respon berupa *yield* minyak cengkeh dari ranting cengkeh yang diekstraksi menggunakan metode *solvent-free microwave extraction,* maka dapat dilihat dari representasi grafik yang dikenal sebagai plot kontur. Dimana plot kontur ini diperoleh dari model regresi yang terdapat pada Persamaan (15) dan dapat dilihat pada **Gambar 4.9.**





Gambar 4.9. Plot kontur 2D dan 3D yang menunjukan pengaruh dari daya *microwave* (A), rasio F/D (B) dan waktu ekstraksi (C) pada ekstraksi minyak ranting cengkeh menggunakan metode *solvent-free microwave extraction* dengan face-centered central composite design (FCCCD)

Plot kontur yang terdapat pada **Gambar 4.9.** menunjukan bahwa kondisi optimum untuk mendapatkan yield yang maksimum pada ekstraksi minyak cengkeh dari ranting cengkeh menggunakan metode *solvent-free microwave extraction* dengan face-centered central composite design (FCCCD) adalah dengan kondisi daya *microwave* 462,311 W, rasio F/D 0,06133 g/mL dan waktu ekstraksi 42,4769 menit. Pada kondisi optimum tersebut, diprediksi *yield* maksimum yang diperoleh pada ekstraksi sebesar 3,3429%. untuk mengetahui tingkat kesesuaian antara hasil eksperimen dengan model, ,ala dapat dilihat $R^{2.}$ Dari pemodelan ini didapatkan nilai R^2 yaitu 0,9008. Sehingga dapat disimpulkan bahwa model yang diperoleh dapat

digunakan untuk merepresentasikan hasil eksperimen atau untuk menentukan *yield* pada ekstraksi minyak cengkeh dari ranting cengkeh.

4.5.2 Optimasi pada Ekstraksi Minyak Daun Cengkeh menggunakan Metode *Solvent-Free Microwave Extraction* dengan *Response Surface Methodology* (RSM)

Pada optimasi untuk ekstraksi minyak cengkeh dari daun cengkeh digunakan tiga faktor yaitu daya *microwave* (W), rasio F/D (g/mL) dan waktu ekstraksi (menit) yang dapat dilihat pada **Tabel 4.5.** Dimana nilai daya *microwave* yang digunakan berkisar 300-600 W, rasio F/D 0.06-0.14 g/mL, sedangkan waktu ekstraksi berkisar antara 20-60 menit.

Tabel 4.5 Faktor pada desain eksperimen pada ekstraksi minyak cengkeh dari daun cengkeh menggunakan metode *solvent-free microwave extraction* dengan face-centered central composite design (FCCCD)

Faktor	**Satuan**	**Level**		
		Low	**Middle**	**High**
A: Microwave power	W	300	450	600
B: F/D ratio	g/mL	0,06	0,10	0,14
C: Extraction Time	min	20	40	60

Setelah memasukkan masing-masing nilai faktor pada aplikasi *Design-Expert version* 11.0.6.2 (State-Ease Inc., Minneapolis, MN, USA). Dengan memilih Face-Centered Central Composite Design (FCCCD) diperoleh desain eksperimen sebanyak 20 percobaan untuk mendapatkan *yield* minyak cengkeh yang optimum dari daun cengkeh yang diekstraksi dengan metode *solvent-free microwave extraction* dan juga dapat dilihat *yield* minyak daun cengkeh

Tabel 4.6. Hasil dan desain eksperimen pada ekstraksi minyak cengkeh dari daun cengkeh menggunakan metode *solvent-free microwave extraction* dengan face-centered central composite design (FCCCD)

Microwave power (W)	F/D ratio (g/mL)	Extraction time (min)	*Yield (%)*		
			Experimental	Predicted	Residual
300	0,1	40	2,0774	2,7338	-0,6564
300	0,14	20	0,7054	0,2717	0,4337
300	0,14	60	2,6136	2,5987	0,0149
300	0,06	60	4,1367	3,6790	0,4577
300	0,06	20	1,9205	2,1702	-0,2498
450	0,1	40	3,5705	3,2127	0,3578

450	0,1	40	3,3503	3,2127	0,1376
450	0,1	60	2,7540	3,2315	-0,4775
450	0,14	40	2,4668	2,8964	-0,4295
450	0,1	40	3,5585	3,2127	0,3458
450	0,1	20	1,5237	1,4240	0,0997
450	0,1	40	2,9909	3,2127	-0,2278
450	0,1	40	3,0382	3,2127	-0,1746
450	0,1	40	3,5234	3,2127	0,3107
450	0,06	40	4,2430	4,1912	0,0518
600	0,06	20	3,5458	3,4663	0,0796
600	0,14	20	1,5936	1,9568	-0,3632
600	0,14	60	4,4073	4,0631	0,3442
600	0,1	40	4,3927	4,1140	0,2787
600	0,06	60	4,4150	4,7543	-0,3393

Pada ekstraksi minyak cengkeh dari daun cengkeh dilakukan analisis ANOVA untuk mengidentifikasi faktor-faktor penting yang mempengaruhi *yield* minyak daun cengkeh yang diekstraksi pada P-value = 0,05. Hasil analisis ANOVA dapat dilihat pada **Tabel 4.7.** Faktor penting yang mempengaruhi *yield* minyak cengkeh dari daun cengkeh yang diekstraksi menggunakan metode *solvent-free microwave extraction* ditunjukan oleh P-value < 0,05. **Tabel 4.7.** menunjukan bahwa parameter linier yaitu berupa daya *microwave* (A), F/D ratio (B), dan waktu ekstraksi (C) memberikan efek signifikan terhadap *yield* minyak cengkeh dari daun cengkeh yang diekstraksi (P-value < 0,05).

Tabel 4.7 Analisis ANOVA pada ekstraksi minyak cengkeh dari daun cengkeh menggunakan metode *solvent-free microwave extraction* dengan face-centered central composite design (FCCCD)

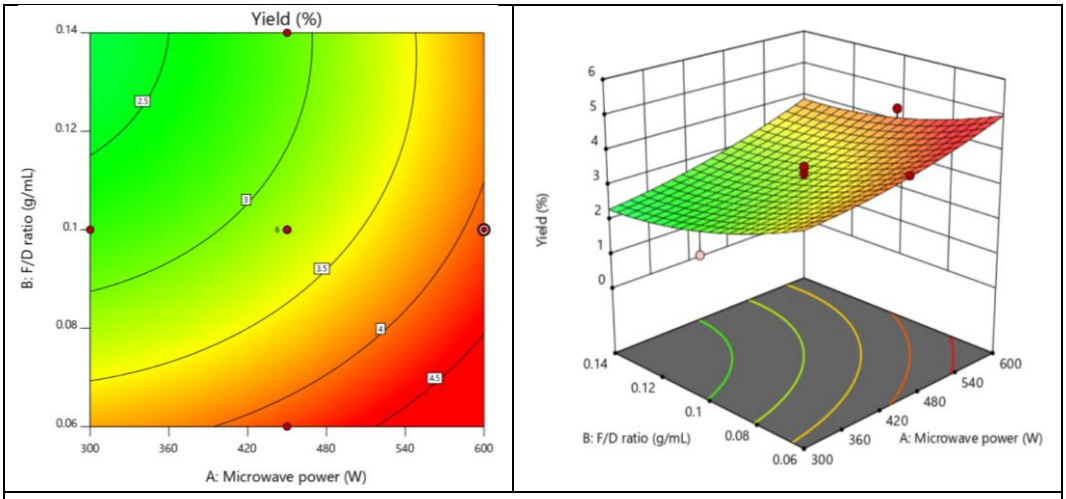
Source	**Sum of Squares**	**df**	**Mean Square**	**F Value**	**p-value Prob > F**
Model	19.78	9	2.20	9.95	0.0006
A: microwave power	4.76	1	4.76	21.56	0.0009
B: F/D ratio	4.19	1	4.19	18.98	0.0014
C: extraction time	8.17	1	8.17	36.98	0.0001
AB	0.0757	1	0.0757	0.3428	0.5712
AC	0.0244	1	0.0244	0.1103	0.7466
BC	0.3347	1	0.3347	1.52	0.2464
A^2	0.1227	1	0.1227	0.5554	0.4733
B^2	0.3014	1	0.3014	1.36	0.2698
C^2	2.15	1	2.15	9.75	0.0108
Residual	2.21	10	0.2208		

Lack of Fit	1.86	5	0.3722	5.35	0.0447
Pure Error	0.3476	5	0.0695		
Cor Total	21.99	19			

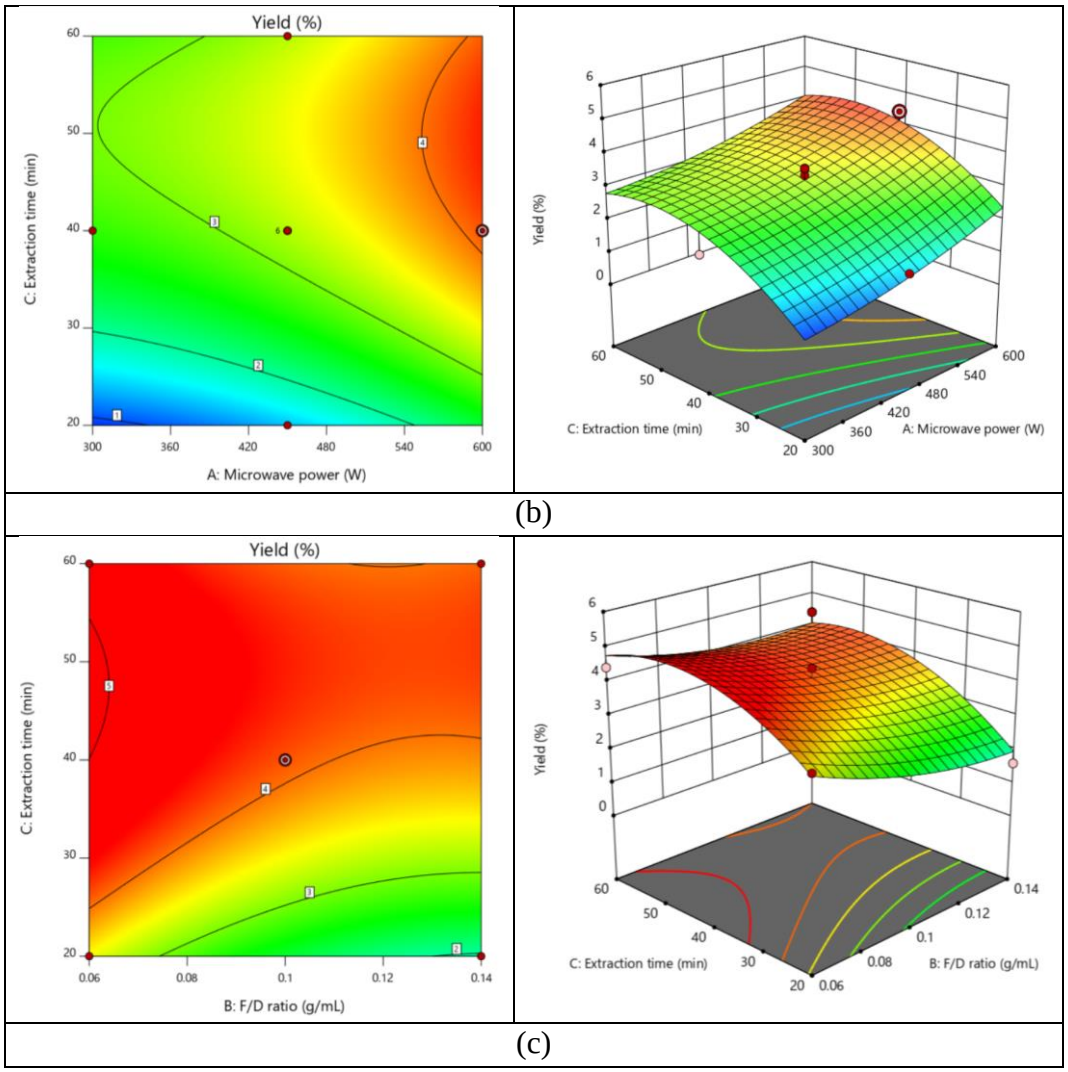
Selain itu, pada optimasi dari ekstraksi minyak daun cengkeh menggunakan metode *solvent-free microwave extraction* dengan face-centered central composite design (FCCCD) juga dapat diperoleh persamaan yang dapat digunakan untuk memprediksi *yield* minyak cengkeh yang diperoleh. Berdasarkan desain eksperimen yang telah dilakukan, *yield* minyak cengkeh dari daun cengkeh yang diekstraksi dapat dilihat pada Persamaan (16).

$$\text{Yield} = +2.80480 - 0.004733*\text{microwave power} - 75.09389*\text{F/D ratio} + 0.204896*\text{extraction time} + 0.016213*\text{microwave power}*\text{F/D ratio} - 0.000018*\text{microwave power}*\text{extraction time} + 0.255692*\text{F/D ratio}*\text{extraction time} + 0.0000093867*\text{microwave power}^2 + 206.92372*\text{F/D ratio}^2 - 0.002212*\text{extraction time}^2 \quad (16)$$

Dalam penelitian ini, untuk menguji pengaruh dari beberapa faktor terhadap respon berupa *yield* minyak cengkeh dari daun cengkeh yang diekstraksi menggunakan metode *solvent-free microwave extraction*, maka dapat dilihat dari representasi grafik yang dikenal sebagai plot kontur. Dimana plot kontur ini diperoleh dari model regresi yang terdapat pada Persamaan (15) dan dapat dilihat pada **Gambar 4.10.**



(a)

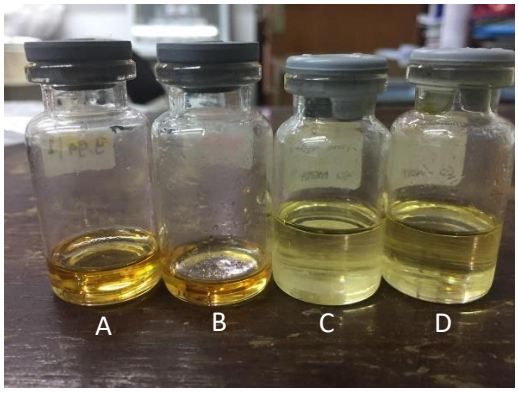


Gambar 4.10. Plot kontur 2D dan 3D yang menunjukan pengaruh dari daya *microwave* (A), rasio F/D (B) dan waktu ekstraksi (C) pada ekstraksi minyak daun cengkeh menggunakan metode *solvent-free microwave extraction* dengan face-centered central composite design (FCCCD)

Plot kontur yang terdapat pada **Gambar 4.10.** menunjukan bahwa kondisi optimum untuk mendapatkan yield yang maksimum pada ekstraksi minyak cengkeh dari daun cengkeh menggunakan metode *solvent-free microwave extraction* dengan face-centered central composite design (FCCCD) adalah dengan kondisi daya *microwave* 563,622 W, rasio F/D 0,066 g/mL dan waktu ekstraksi 38,2002 menit. Pada kondisi optimum tersebut, diprediksi *yield* maksimum yang diperoleh pada ekstraksi sebesar 4,515%. untuk mengetahui tingkat kesesuaian antara hasil eksperimen dengan model, ,ala dapat dilihat $R^{2.}$ Dari pemodelan ini didapatkan nilai R^2 yaitu 0,8996. Sehingga dapat disimpulkan bahwa model yang diperoleh dapat digunakan untuk merepresentasikan hasil eksperimen atau untuk menentukan *yield* pada ekstraksi minyak cengkeh dari daun cengkeh.

4.6 Hasil Analisa Properti Fisik dan Kimia Minyak Cengkeh (Daun dan Ranting Cengkeh)

Menentukan kualitas minyak cengkeh dari tangkai, daun dan bunga cengkeh yang diperoleh dengan menggunakan metode *solvent-free microwave* extraction, maka perlu dilakukan pengujian terhadap sifat fisik dan kimia dari minyak cnegkeh yang telah diperoleh tersebut. Pengujian sifat fisik dapat dilakukan dengan cara menentukan berat jenis dan kelarutannya. Sedangkan uji sifat kimia dapat dilakukan dengan identifikasi komposisi senyawa menggunakan uji GC-MS yang telah dilakukan untuk minyak daun cengkeh dan ranting cengkeh, sementara untuk minyak cengkeh uji GC-MS belum dilakukan. Hasil uji tersebut kemudian akan dibandingkan dengan standar mutu minyak cengkeh yang nantinya dapat dilihat tentang kemurnian minyak cengkeh hasil percobaan (Guenther E. 1990)



Gambar 4.11. Kenampakan minyak cengkeh dari tangkai, daun dan bunga (utuh dan serbuk) dengan metode *solvent-free microwave extraction*

Keterangan :

A = Minyak atsiri dari bunga utuh cengkeh
B = Minyak atsiri dari bunga serbuk cengkeh
C = Minyak atsiri dari daun cengkeh
D = Minyak atsiri dari ranting cengkeh

Pada gambar diatas, menunjukan kejernihan minyak atsiri dari cengkeh yang diperoleh dengan metode *solvent-free microwave extraction*. Dapat dilihat bahwa minyak cengkeh dari ranting cengkeh lebih jernih dibandingkan dengan tiga sample minyak cengkeh lainnya.

4.6.1 Analisa Berat Jenis dan Kelarutan Minyak Atsiri Cengkeh

Analisa fisik minyak cengkeh dari tangkai, daun dan bunga cengkeh berupa analisa berat jenis dan kelarutan dengan hasil sebagai berikut :

Tabel 4.8. Hasil Analisa Properti Fisiki Minyak Atsiri Ranting Cengkeh

Properti Fisik	SNI 06-4374-1996	Hasil Ekstraksi
Berat jenis pada suhu 25^{o}C (g/ml)	1,033 – 1,063	1,062
Kelarutan dalam ethanol 70% (ml/ml)	1 : 2 jernih	1 : 2 jernih

Tabel 4.9. Hasil Analisa Properti Fisiki Minyak Atsiri Daun Cengkeh

Properti Fisik	SNI 06-2387-2006	Hasil Ekstraksi
Berat jenis pada suhu 20^{o}C (g/ml)	1,025 – 1,049	1,048
Kelarutan dalam ethanol 70% (ml/ml)	1 : 2 jernih	1 : 2 jernih

Tabel 4.10. Hasil Analisa Properti Fisiki Minyak Atsiri Bunga Cengkeh

Properti Fisik	SNI 06-4267-1996	Hasil Ekstraksi
Berat jenis pada suhu 15^{o}C (g/ml)	1,04 – 1,07	1,059
Kelarutan dalam ethanol 70% (ml/ml)	1 : 2 jernih	1 : 2 jernih

Hasil analisa sifat fisik minyak cengkeh dapat dilihat pada table diatas yang menunjukan bahwa berat jenis pada minyak cengkeh yang diperoleh dengan menggunakan metode *solvent-free microwave extraction* memiliki nilai diantara range dari nilai SNI masing-masing bahan. Hal tersebut berkaitan erat dengan kadar komponen utama yang ada pada minyak cengkeh yaitu komponen Eugenol. Pada uji kelarutan diperoleh hasil kelarutan minyak tangkai, daun beserta bunga cengkeh telah sesuai dengan standar SNI. Begitupun juga dengan kelarutan dalam ethanol 70% menyatakan adanya perbandingan volume minyak cengkeh dan volume ethanol 70% yang dibutuhkan untuk melarutkan minyak atsiri.

4.6.2 Analisa Berat GC-MS Minyak Cengkeh dari Ranting dan Daun Cengkeh

Untuk mengetahui komponen-komponen yang terkandung dalam suatu minyak cengkeh digunakanlah analisa GC-MS (*Gas Chromatography-Mass Spectrometry*). Dengan analisa ini selain digunakan untuk mengetahui komponen yang terkandung dalam minyak cengkeh, dapat juga digunakan untuk mengetahui kadar untuk setiap komponennya untuk melihat kualitas dari minyak cengkeh tersebut. Untuk memperoleh gambaran tentang kualitas minyak cengkeh maka hasil dari analisa GC-MS dengan standar mutu yang sesuai dengan standar SNI, hal tersebut untuk mengetahui ada atau tidaknya pemalsuan terhadap minyak atsiri (Guenther, 1990). Dengan adanya analisa GC-MS diharapkan hasil ekstraksi minyak cengkeh menggunakan metode *solvent-free microwave extraction* sesuai dengan standar SNI, yaitu SNI 06-4374-1996 untuk ranting cengkeh, SNI 06-2387-2006 untuk daun cengkeh dan SNI 06-4267-1996 untuk bunga cengkeh. Berikut adalah tabel hasil analisa GC-MS dari minyak cengkeh :

Tabel 4.11. Komponen yang Terkandung dalam Minyak Ranting Cengkeh (Daya 600 W, F/D 0,1 g/mL)

No.	Komponen	RT (menit)	% Area
1	*Methyl salicylate*	8,43	0,12
2	***Eugenol***	11,96	***98,48***
3	*Eugenol acetate*	13,47	0,44
4	*Caryophyllene oxide*	13,92	0,74

Tabel 4.12. Komponen yang Terkandung dalam Minyak Daun Cengkeh (Daya 600 W, F/D 0,1 g/mL)

No.	Komponen	RT (menit)	% Area
1	*Alpha-Cucubene*	10,72	0,09
2	***Eugenol***	12,18	***95,68***
3	*Delta-Cadinene*	13,15	0,33
4	*Carphyllene oxide*	14,00	2,99
5	*Santolina triene*	14,12	0,08

Tabel 4.13. Komponen yang Terkandung dalam Minyak Bunga Utuh Cengkeh (Daya 450 W, F/D 0,1 g/mL)

No.	Komponen	RT (menit)	% Area
1	*L-Linalool*	4,646	0,03
2	*Methyl Salicylate*	5,448	0,25
3	***Eugenol***	7,19	***91,32***

4	*Caryophyllene oxide*	7,732	1,51
5	*Vanilin*	7.430	0,12
6	*α- Humulene*	8,059	0,26
7	*Eugenol acetate*	8,541	2,99

Tabel 4.14. Komponen yang Terkandung dalam Minyak Bunga Serbuk Cengkeh (Daya 450 W, F/D 0,1 g/mL)

No.	Komponen	RT (menit)	% Area
1	*Linalool*	4,647	0,04
2	*Methyl Salicylate*	5,468	0,1
3	***Eugenol***	7,193	***87,05***
4	*Vanilin*	7.466	0,34
5	*Caryophyllene oxide*	7,746	1,57
6	*α- Humulene*	8,076	0,3
7	*Eugenol acetate*	8,592	5,45

Komponen fraksi berat yaitu komponen *oxygenated* lebih berpengaruh pada aroma minyak atsiri daripada lainnya (Ferhat et al. 2006). Komponen tersebut yang paling banyak terkandung dalam minyak cengkeh yaitu *eugenol.* Kadar eugenol hasil ekstraksi dengan metode *solvent-free microwave extraction* pada minyak ranting cengkeh sebesar 98,48%. untuk minyak daun cengkeh 95,68%; untuk bunga cengkeh (utuh) sebesar 91,32% dan bunga cengkeh (serbuk) sebesari 87,05%. Kadar Eugenol pada Minyak Cengkeh dari ranting, daun dan bunga cengkeh telah memenuhi standar SNI.

BAB 5
KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Ekstraksi minyak cengkeh dengan metode *solvent-free microwave extraction* dari ranting, daun dan bunga cengkeh memiliki hasil yang berbeda-beda. Pada penelitian ini terdapat perbandingan hasil *yield* yang diperoleh dari masing-masing bahan. Dengan rasio F/D 0,1 g/mL pada daya 450 W didapatkan hasil *yield* untuk minyak ranting cengkeh sebesar 3,8983%, untuk minyak daun cengkeh memperoleh *yield* sebesar 4,6073%, sedangkan minyak bunga cengkeh memperoleh *yield* sebesar 6,226%. *Yield* yang diperoleh minyak bunga cengkeh lebih besar dikarenakan bunga cengkeh memiliki kandungan kadar minyak yang tinggi.
2. Kondisi operasi optimal untuk ekstraksi minyak cengkeh dengan metode *solvent-free microwave extraction* adalah sebagai berikut:
   a. Untuk ekstraksi ranting cengkeh, kondisi operasi optimal diperoleh ketika menggunakan daya 450 W dan rasio F/D 0,1 g/mL dengan perolehan *yield* sebesar 3,89%.
   b. Untuk ekstraksi daun cengkeh, kondisi operasi optimal diperoleh ketika menggunakan daya 600 W dan rasio F/D 0,1 g/mL dengan perolehan *yield* sebesar 4,93%
   c. Untuk ekstraksi bunga cengkeh, kondisi operasi optimal diperoleh ketika menggunakan daya 450 W, ukuran bunga cengkeh serbuk (± 30 mesh) dan rasio F/D 0,1 g/mL dengan perolehan *yield* sebesar 6,226%.
   d. Adanya hasil *recovery* dari minyak ranting dan daun cengkeh yang dihasilkan menggunakan metode *solvent-free microwave extraction*. Nilai akumulasi *recovery* dapat diperoleh dengan cara membandingkan *yield* minyak atsiri yang didapatkan dari metode tersebut dengan *yield* minyak atsiri yang didapatkan dari metode *soxhlet*. Untuk *yield* minyak ranting cengkeh yang diperoleh dengan metode *soxhlet* memiliki nilai sebesar 7,25% sedangkan untuk minyak daun cengkeh memiliki nilai 7.633%. Hasil dari akumulasi *recovery* untuk ekstraksi minyak ranting cengkeh sebesar 57,58%, sedangkan untuk minyak daun cengkeh adalah sebesar 64,57%.
   e. Terdapat pengaruh waktu perendaman terhadap *yield* untuk minyak bunga cengkeh. Variasi waktu perendaman adalah 1, 6 dan 24 jam. Hasil

yield tertinggi diperoleh dengan waktu perendaman 6 jam dengan perolehan *yield* sebesar 5,592%

f. Untuk ekstraksi minyak bunga cengkeh dilakukan dengan adanya dua ukuran bahan baku bunga cengkeh yaitu bunga utuh dan bunga serbuk (± 30 mesh). Terdapat pengaruh ukuran bahan, pada minyak bunga cengkeh dengan ukuran utuh diperoleh *yield* sebesar 4,4835%, sedangkan minyak cengkeh dengan ukuran serbuk (± 30 mesh) diperoleh *yield* sebesar 6,226%.

3. Pemodelan kinetika ektraksi minyak ranting cengkeh dan minyak daun cengkeh yang lebih dapat merepresentasikan secara baik hasil eksperimen adalah dengan model kinetika orde
4. Optimasi proses ekstraksi minyak cengkeh dengan metode *solvent-free microwave extraction* menggunakan *Response Surface Methdology* (RSM) diperoleh hasil sebagai berikut:
   a. Untuk ekstraksi ranting cengkeh, kondisi optimal diperoleh ketika menggunakan daya *microwave* 462,311 W, rasio antara massa bahan baku terhadap *volume distiller* (F/D) 0,0613 g/mL dan waktu ekstraksi 42,47 menit diperoleh *yield* sebesar 3,3429% dengan nilai R^2 yaitu 0,9008.
   b. Untuk ekstraksi daun cengkeh, kondisi optimal diperoleh ketika menggunakan daya *microwave* 563,622 W, rasio antara massa bahan baku terhadap *volume distiller* (F/D) 0,066 g/mL dan waktu ekstraksi 38,20 menit diperoleh *yield* sebesar 4,515% dengan nilai R^2 yaitu 0,8996.
5. Kandungan terpenting dari minyak atsiri cengkeh yaitu Eugenol, untuk mengetahui kandungan komponen yang terdapat pada minyak cengkeh yang diperoleh maka diperlukan hasil analisa GC-MS. Hasil GC-MS yang diperoleh akan dibandingkan dengan standar kualitas masing-masing SNI pada bahan cengkeh. Hasil analisa kimia ekstraksi minyak cengkeh berdasarkan hasil analisa GC-MS adalah :
   a. Untuk ekstraksi minyak cengkeh dari ranting, daun dan bunga cengkeh diperoleh komponen tertinggi pada hasil analisa GC-MS berupa *Eugenol*. Pada minyak cengkeh terdapat komponen Eugenol sebesar 98,48%, pada minyak daun cengkeh sebesar 95,68%, pada minyak bunga cengkeh utuh sebesar 91,32% dan untuk minyak bunga cengkeh serbuk sebesar 87,05%
   b. Berdasarkan hasil analisa sifat fisik dan kimia dari minyak cengkeh hasil ekstraksi dengan metode *solvent-free microwave extraction* telah sesuai dengan standar kualitas SNI 055-4374-1996 (ranting cengkeh), SNI 06-2387-2006 (daun cengkeh) dan SNI 06-4267-1996 (bunga cengkeh).

DAFTAR PUSTAKA

Bayram, M., Oner, M. D., dan Kaya, A. 2004. "Influence of soaking on the dimensions and colour of soybean for bulgur production", *Journal of Food Engineering,* Vol. 6, hal. 331-339

Bustaman, Sjahrul. 2011. "Potensi Pengembangan Minyak Daun Cengkih Sebagai Komoditas Ekspor Maluku." 30(10).

Covelo, E.F., Andrade, M.L., dan Vega, F.A. (2004), "Heavy Metal Adsorption by Humic Umbrisols: Selectivity Sequences and Competitive Sorption Kinetics", *Journal of Colloid Interface Science*, Vol. 280, No. 1, hal. 1–8.

Chemat, F. and C. Boutekedjiret. 2015. *Extraction // Steam Distillation*. Elsevier Inc.

Deans, S. G. 1997. "Bioactivity of Selected Plant Essential Oils against Listeria Monocytogenes." 759–62.

Desai, M., Parikh, J., dan Parikh, P. A. 2010. "Extraction of Natural Products Using Microwaves as a Heat Source", *Separation & Purification Reviews*, Vol. 39, No. 1-32

Ferhat, Mohamed A., Brahim Y. Meklati, Jacqueline Smadja, and Farid Chemat. 2006. "An Improved Microwave Clevenger Apparatus for Distillation of Essential Oils from Orange Peel." *Journal of Chromatography A* 1112(1–2):121–26

Guenther, Ernest. 1987. "Minyak Atsiri Jilid 1, Penerjemah Ketaren S., Universitas Indonesia Press, Jakarta."

Guenther E. 1990. "Essential Oils Volume IVB (in Bahasa Indonesia), Penerjemah Ketaren., Universitas Indonesia Press. Jakarta."

Guntero, Vanina A., Pedro M. Mancini, and María N. Kneeteman. 2017. "Introducing Organic Chemistry Students to the Extraction of Natural Products Found in Vegetal Species." 5(4):142–47.

Golmakani, Mohammad Taghi and Karamatollah Rezaei. 2008. "Comparison of Microwave-Assisted Hydrodistillation with the Traditional Hydrodistillation Method in the Extraction of Essential Oils from Thymus Vulgaris L." *Food Chemistry* 109(4):925–30.

Ho, Yuh-shan. 2004. "Citation Review of Lagergren Kinetic Rate Equation on Adsorption Reactions." *Publishers, Kluwer Academic Centre, Bibliometric* 59(1):171–77.

Ho, Yuh-shan, Hanatou Adamou Harouna-oumarou, Henri Fauduet, and Catherine Porte. 2005. "Kinetics and Model Building of Leaching of Water-Soluble Compounds of Tilia Sapwood." 45:169–73.

Jok, V. A., Radzi, N. C., dan Hamid, K. H. K. (2015), "Agarwood Oil Yield As A Result of Changes in Cell Morphology Due To Soaking Process", *Social and*

Behavioral Sciences, Vol. 195, hal. 2443-2450

Kusuma, H.S. dan Mahfud, M. (2016), "The Extraction of Essential Oil from Sandalwood (*Santalum album*) by Microwave Air-Hydrodistillation Method", *Journal of Materials and Environmental Science*, Vol. 7, No. 5, hal. 1597-1606.

Kusuma, H. S. and M. Mahfud. 2017. "Comparison of Kinetic Models of Oil Extraction from Sandalwood by Microwave-Assisted Hydrodistillation." *International Food Research Journal* 24(4):1697–1702.

Lagergren. 1898. "About The Theory of So-Called Adsorption of Soluble Subtances". Kungliga Svenska Vetenskapsakademiens Handlingar 24(4):1–39.

Lang, G. and G. Buchbauer. 2012. "A Review on Recent Research Results (2008–2010) on Essential Oils as Antimicrobials and Antifungals." 322–28.

Lestari. 2017. "Tata Ruang dan Perubahakan Iklim." 2.

Li, Ying, Anne Sylvie Fabiano-tixier, Maryline Abert Vian, and Farid Chemat. 2013. "Solvent-Free Microwave Extraction of Bioactive Compounds Provides a Tool for Green Analytical." *Trends In Analyticak Chemistry*.

Lucchesi, Marie E., Jacqueline Smadja, Steven Bradshaw, Willem Louw, and Farid Chemat. 2007. "Solvent Free Microwave Extraction of Elletaria Cardamomum L .: A Multivariate Study of a New Technique for the Extraction of Essential Oil." 79:1079–86.

Luthfi, Mukhtar and Ani Kurniawati. 2018. "Clove Harvest Management (Syzygium Aromaticum L.) at Branggah Banaran Estate, Blitar, East Java." 6(2):188–97.

Montgomery. 2001. *Design and Analysis of Experiments (Fifth Edition),*. Jakarta: Balai Pustaka.

Mursito, B. 2002. "Pemanfaat Minyak Atsiri Untuk Industri Makanan Dan Farmasi."

Nurdjannah, Nanan. 2016. "Diversifikasi Penggunaan Cengkeh." *Perspektif* 3(2):61–70.

Pratiwi, Ambar and Listiatie Budi Utami. 2018. "Isolasi Dan Analisis Kandungan Minyak Atsiri Pada Kembang Leson." 4(1):42–47.

Radojkovi, Marija M., Zoran P. Zekovi, Senka S. Vidovi, Drago D. Ko, and Pavle Z. Maškovi. 2012. "Free Radical Scavenging Activity and Total Phenolic and Flavonoid Contents of Mulberry (Morus Spp . L ., Moraceae) Extracts." 66(4):547–52.

Reddad, Zacaria, Claire Gerente, Yves Andres, and Pierre L. E. Cloirec. 2002. "Adsorption of Several Metal Ions onto a Low-Cost Biosorbent : Kinetic and Equilibrium Studies." 36(9):2067–73.

Regina, Aniceta. 2017. "Analisa Kualitatif Minyak Atsiri Hasil Ekstraksi Bunga Melti (Jaminum Sambac) Dengan Metode Enflurage Menggunakan Vaselin

Album Dan Margarin Kuning." 8:67–78.
Ruhnayat, Ir. Agus. 2004. *Bertanam Vanili Si Emas Hijau Nan Wangi*. Jakarta: Agromedia Pustaka.
Suparman, Nurhasanah, and Nurmaya P. 2017. "Pemetaan Populasi Dan Tipe Varietas Lokal Tanaman Cengkeh (*Syzygium Aromaticum L.*) Di Kecamatan Pulau Ternate." *Seminar Nasional Penerapan Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi* 239–44.
Taylor M; Atri B; Minhas S. 2005. "Intellectual Property Developments in Microwave Chemistry." *Evalueserve* 1–50.
Thomas. 2007. *Tanaman Obat Tradisonal 2*. Yogyakarta: Kanisius.
Towaha, Juniaty. 2012. "The Benefits of Cloves Eugenol in Various Industries in Indonesia." 11(2):79–90.

LAMPIRAN A

PROSEDUR ANALISA

Besaran yang diukur dan dianalisa untuk sementara yang dilakukan adalah perhitungan *yield* minyak atsiri. Contoh perhitungan dari data variabel daun cengkeh dengan rasio 0,10 g/mL, ukuran daun 2 cm, dan dengan daya *microwave* 450 watt menggunakan metode *solvent-free microwave extraction.*

Prosedur Analisa

1. **Perhitungan *yield* minyak atsiri**
   a. Menimbang botol vial kosong yang dinotasikan sebagai A (gram)
   b. Menimbang botol vial berisi minyak atsiri (B)
   c. Menghitung massa minyak atsiri (gram) = B – A
   d. Menghitung yield minyak atsiri dengan menggunakan persamaan:

Contoh perhitungan *yield*

Massa bahan	=	100,0015
Massa vial kosong (A)	=	12,1241
Massa vial kosong (B)	=	16,001
Massa Minyak	=	0,0461
Kadar air	=	15,8546

Menghitung *yield minyak atsiri*

$$Yield\ (\%) = \frac{Massa\ minyak\ atsiri}{massa\ bahan\ (1-kadar\ air)}\ x\ 100\%$$

$$= \frac{0{,}0461}{100{,}0015(1-0{,}158546)}\ x100\%$$

$$= 0{,}04292\%$$

2. **Contoh Perhitungan Berat Jenis Minyak Tangkai Cengkeh**
   a. Menimbang *picnometer* kosong menggunakan neraca analitik dan mencatat temperatur pengukuran.
   b. Memasukkan minyak tangkai cengkeh ke dalam *picnometer*.
   c. Menimbang berat minyak didalam *picnometer* pada suhu 25^{o}C.
   d. Menghitung berat jenis minyak tangkai cengkeh saat temperatur 25^{o}C
      - Massa *picnometer* kosong (W_1) = 12,4 gram
      - Massa *picnometer* + minyak = 17,70 gram
      - Massa minyak (W_m) = 5,3 gram
      - Volume *picnometer* = 5 ml

      Berat jenis minyak (ρ) $= \frac{\text{Berat minyak (gram)}}{\text{Volume picnometer (mL)}}$

$$= \frac{5{,}3 \text{ gram}}{5 \text{ mL}}$$

$$= 1{,}060 \text{ g/ml}$$

3. Contoh Perhitungan Kelarutan Minyak Tangkai Cengkeh

a. Mengambil minyak tangkai cengkeh menggunakan pipet volume 1 mL dan memasukkan ke dalam tabung reaksi kemudian mencatat volumenya (V_1).
b. Menambahkan ethanol 70% setial 1 mL ke dalam tabung reaksi dan mencatat volume ethanol 70% yang dibutuhkan untuk melarutkan minyak serai wangi (V_2).
c. Menghitung nilai kelarutan minyak tangkai cengkeh
   - V_1 = 1 ml
   - V_2 = 2 ml

   Kelarutan = 1 mL : 2 ml

   = 1 : 2

4. Contoh Perhitungan *Recovery* Minyak Tangkai Cengkeh

a. Mencari minyak total yang terkandung dalam bahan menggunakan *soxhlet* dengan pelarut *n-hexane*.
b. Membandingkan *yield* minyak pada hasil percobaan masing-masing metode dengan metode *soxhlet*.
   - *Yield* metode *soxhlet* = 7,25%
   - *Yield* metode MHD = 4,6811%

   $$\%\ \textit{Recovery} = \frac{\text{Yield minyak pada metode MHD}}{\text{Yield minyak pada metode soxhlet}} \text{x } 100\%$$

   $$= \frac{4{,}6811}{7{,}25} \text{ x } 100\%$$

   - = 64,567 %v

LAMPIRAN B
DATA HASIL PENELITIAN

Tabel B.1 Data *Yield* Minyak Cengkeh Hasil Percobaan Untuk Variabel Daya Microwave pada Massa 100 gram

No.	**Daya (watt)**	**Yield %**	
		Daun Cengkeh	**Gagang Cengkeh**
1	300	3,3617	2,5929
2	450	4,6073	3,8983
3	600	4,9290	3,6749

Tabel B.2 Data *Yield* Minyak Cengkeh Hasil Percobaan Untuk Variabel Rasio F/D pada Massa 100 gram

No.	**Rasio F/D g/mL**	**Yield %**	
		Daun Cengkeh	**Gagang Cengkeh**
1	0,06	5,0338	3,7392
2	0,10	4,9290	4,1748
3	0,14	4,9233	2,6533

Tabel B.3 Data *Yield* Minyak Cengkeh Hasil Percobaan Untuk Variabel Rasio F/D pada Massa 100 gram dengan Daya *microwave* 450 W

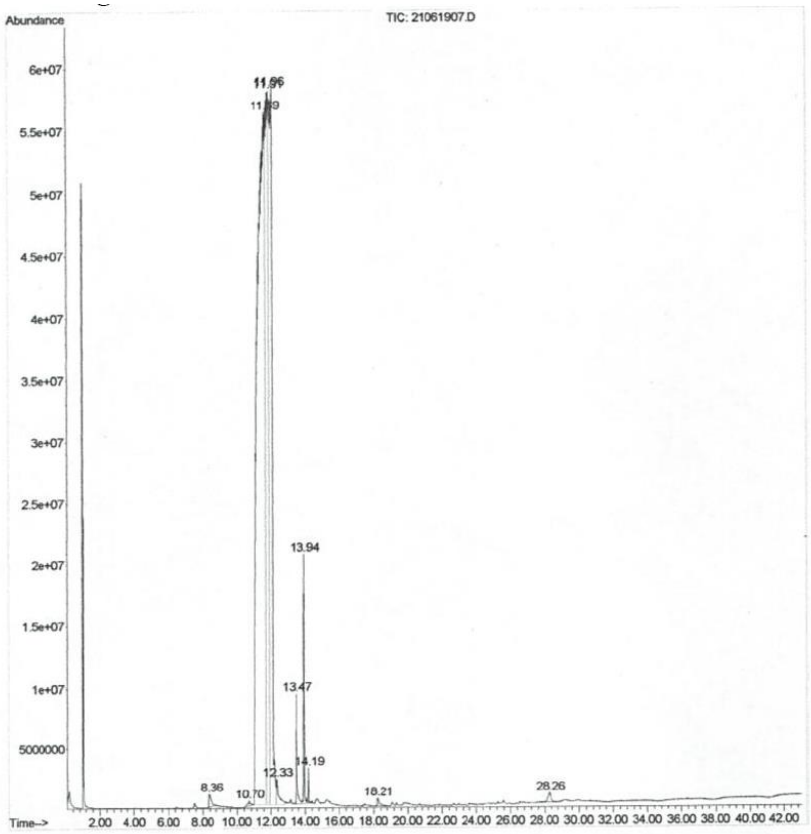
No.	**Rasio F/D g/mL**	**Yield %**	
		Bunga Utuh	**Bunga Serbuk**
1	0,06	3,5104	6,1848
2	0,08	4,0067	5,6502
3	0,10	4,4835	6,226
4	0,14	4,0412	4,8278

Tabel B.4 Data *Recovery* Tangkai dan Daun Cengkeh Dengan Metode MHD dan SFME (Daya 600 Watt dan Massa100 gram)

No	**Metode Ekstraksi**	***Recovery* %**	
		Tangkai	**Daun**
1	*Solvent Free Microwave Extraction* (SFME)	57,5850	64,5720

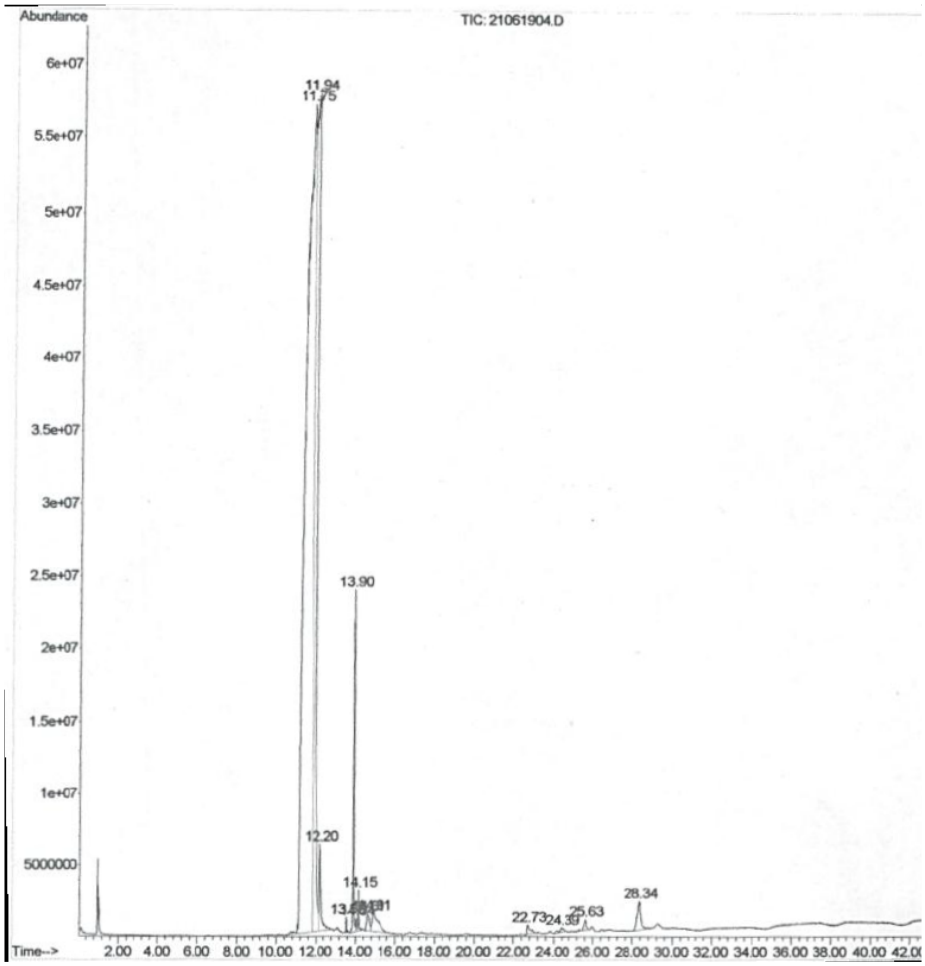
LAMPIRAN C
HASIL ANALISA

A. Hasil Analisa Komponen Minyak Tangkai Cengkeh dengan Metode SFME



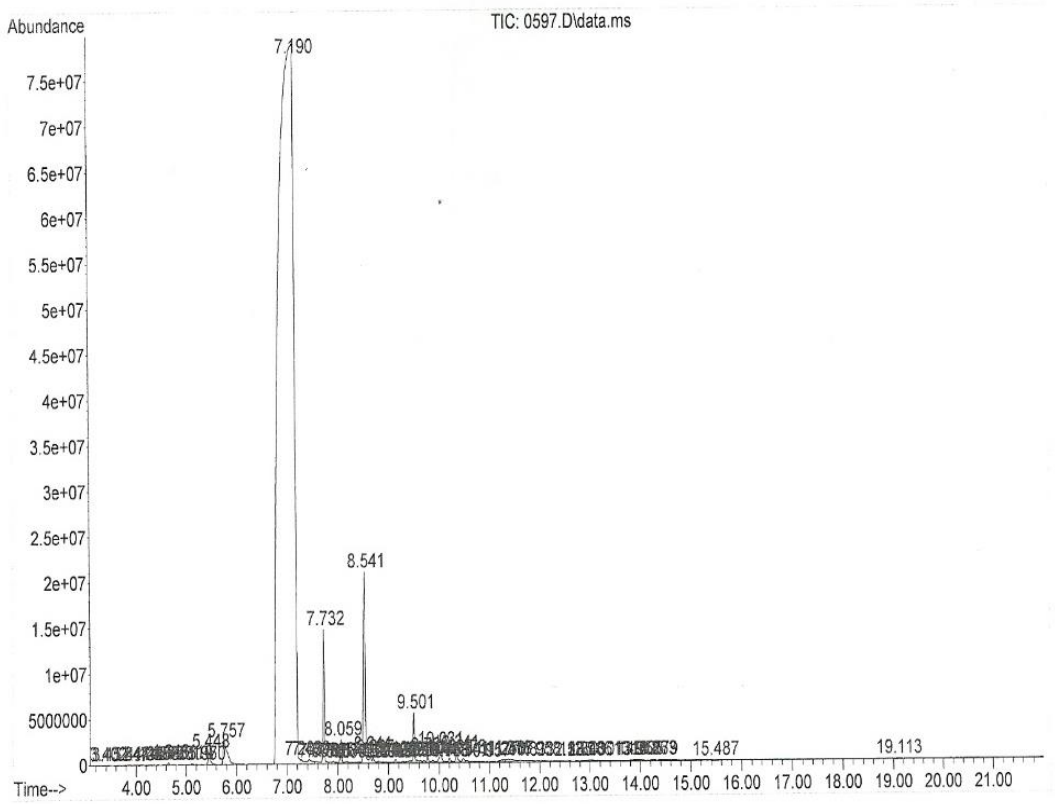
No	Komponen	%Area Metode SFME
1	*Methyl salicylate*	0,12
2	*Eugenol*	98,48
3	*Eugenol acetate*	0,44
4	*Caryophyllene oxide*	0,74

B. Hasil Analisa Komponen Minyak Daun Cengkeh dengan Metode SFME



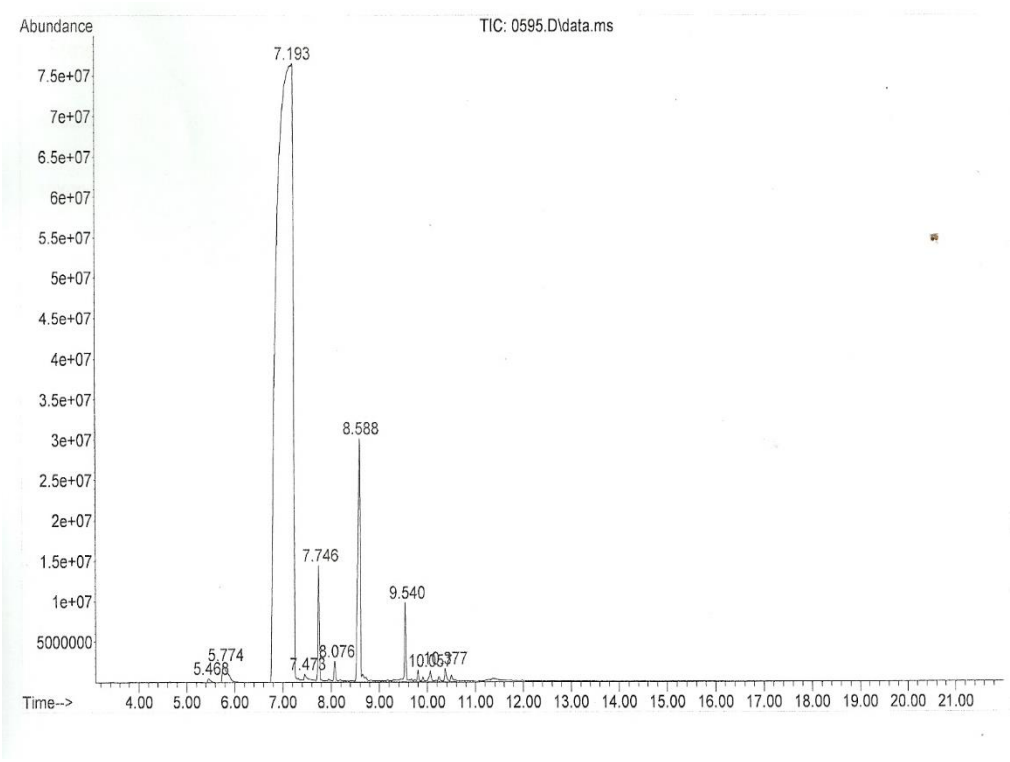
No	Komponen	%Area Metode SFME
1	*Alpha-Cucubene*	0,09
2	*Eugenol*	95,68
3	*Delta-Cadinene*	0,33
4	*Carphyllene oxide*	2,99
5	*Santolina triene*	0,08

C. Hasil Analisa Komponen Minyak Bunga Cengkeh Utuh dengan Metode SFME



No.	Komponen	RT (menit)	% Area
1	*L-Linalool*	4,646	0,03
2	*Methyl Salicylate*	5,448	0,25
3	***Eugenol***	7,19	***91,32***
4	*Caryophyllene oxide*	7,732	1,51
5	*Vanilin*	7.430	0,12
6	*α- Humulene*	8,059	0,26
7	*Eugenol acetate*	8,541	2,99
8	*δ-Cadinene*	8,344	0,11

D. Hasil Analisa Komponen Minyak Bunga Cengkeh Serbuk dengan Metode SFME



No.	Komponen	RT (menit)	% Area
1	*Linalool*	4,647	0,04
2	*Methyl Salicylate*	5,468	0,1
3	***Eugenol***	7,193	***87,05***
4	*Vanilin*	7.466	0,34
5	*Caryophyllene oxide*	7,746	1,57
6	*α- Humulene*	8,076	0,3
7	*Eugenol acetate*	8,592	5,45

Penulis bernama Yurie Nurmitasari dilahirkan di Surabaya Jawa Timur pada tanggal 20 November 1994. Penulis merupakan putri ketiga dari Bapak Sugeng Winardi dan Ibu Suryaningsih. Pendidikan formal yang dilalui penulis : SDN Pucang Jajar Surabaya, SMP Negeri 1 Surabaya, SMA Trimurti Surabaya dan S1 Teknik Kimia di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dengan mengambil judul skripsi "Ekstraksi Minyak *Microalgae (Chlorella sp.)* Dengan Metode *Mocrowaved-Assisted Extraction* Sebagai Bahan Pembuatan Biodiesel". Pada tahun 2018, penulis melanjutkan Pendidikan Master di Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem, Institut Teknologi Sepuluh Nopember di Departemen Teknik Kimia dengan bidang keahlianTeknologi Proses. Pada tahap ini penulis mengambil penelitian terkait ekstraksi minyak atsiri di Laboratorium Proses Reaksi Kimia dan Konversi Biomassa yang dibimbing langsung oleh Kepala Laboratorium Proses Reaksi Kimia dan Konversi Biomassa yaitu Prof. Dr. Ir Mahfud, DEA, dan pada tanggal 03 Agustus 2020 berhasil melalui sidang Tesis.

Dalam penyusunan Tesis yang berjudul "Ekstraksi Minyak Atsiri Cengkeh (*Syzgium aromaticum*) dengan Metode *Solvent-Free Microwave Extraction*". Penulis telah dan akan mengikuti beberapa seminar Internasional. Bagian dari Tesis ini telah diseminarkan di *14th Joint Conference on Chemistry* (JCC) diadakan oleh Universitas Negeri Sebelas Maret Surakarta dan bagian tesis ini juga akan diseminarkan di *4th International Conference on Chemical & Material Engineering* (ICCME) 2020 yang diselenggarakan oleh Universitas Diponegoro, Semarang. Penulis menyelesaikan Tesis yang berfokus pada bidang minyak atsiri menggunakan *green technology*.