



SKRIPSI – TK 141581

**EKSTRAKSI MINYAK ATSIRI BAWANG PUTIH (*Allium sativum L.*) DENGAN MENGGUNAKAN METODE
MICROWAVE HYDRODISTILLATION DAN *SOLVENT-FREE MICROWAVE EXTRACTION***

Oleh:

**Eka Putra Sanbari
NRP. 02211645000010**

**Laili Ellya Fauziyah
NRP. 02211645000014**

**Dosen Pembimbing:
Prof. Dr. Ir. Mahfud, DEA
NIP. 1961 08 02 1986 01 1001**

**DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018**



SKRIPSI – TK 141581

**EKSTRAKSI MINYAK ATSIRI BAWANG PUTIH (*Allium sativum L.*) DENGAN MENGGUNAKAN METODE
MICROWAVE HYDRODISTILLATION DAN *SOLVENT-FREE MICROWAVE EXTRACTION***

Oleh:

**Eka Putra Sanbari
NRP. 02211645000010**

**Laili Ellya Fauziyah
NRP. 02211645000014**

**Dosen Pembimbing:
Prof. Dr. Ir. Mahfud, DEA
NIP. 19610802 198601 1 001**

**DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018**



FINAL PROJECT– TK141581

ESSENTIAL OIL EXTRACTION OF GARLIC (*Allium sativum* L.) USING MICROWAVE HYDRODISTILLATION AND SOLVENT-FREE MICROWAVE EXTRACTION METHOD

By :

**Eka Putra Sanbari
NRP. 02211645000010**

**Laili Ellya Fauziyah
NRP. 02211645000014**

**Academic Advisor
Prof. Dr. Ir. Mahfud, DEA
NIP. 19610802 198601 1 001**

**CHEMICAL ENGINEERING DEPARTMENT
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA
2018**

LEMBAR PENGESAHAN

EKSTRAKSI MINYAK ATSIRI BAWANG PUTIH (*Allium sativum L.*) DENGAN MENGGUNAKAN METODE MICROWAVE HYDRODISTILLATION DAN SOLVENT-FREE MICROWAVE EXTRACTION

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik pada Program Studi S-1 Departemen Teknik Kimia Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh :

Eka Putra Sanbari
Laili Ellya Fauziyah

NRP 0221164500010
NRP 0221164500014

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Prof. Dr. Ir. Mahfud, DEA (Pembimbing)
2. Dr. Lailatul Qadariyah, S.T.,M.T. (Penguji I)
3. Firman Kurniawansyah, ST, M.Eng.Sc,Ph.D (Penguji II)
4. Donny Satria Bhuana, ST, M.Sc.Adv (Penguji III)



EKSTRAKSI MINYAK ATSIRI BAWANG PUTIH (*Allium sativum* L.) DENGAN MENGGUNAKAN METODE MICROWAVE HYDRODISTILLATION DAN SOLVENT FREE MICROWAVE EXTRACTION

Nama/NRP : 1. Eka Putra Sanbari
(0221164500010)
2. Laili Ellya Fauziah
(0221164500014)

Departemen : Teknik Kimia

Dosen Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Mahfud, DEA

ABSTRAK

Studi telah menunjukkan bahwa bawang putih dapat menghambat pertumbuhan berbagai mikroorganisme. Namun, metode pengambilan *garlic oil* saat ini masih dilakukan dengan menggunakan metode konvensional. Pada penelitian ini digunakan penyempurnaan metode yang sudah ada, sehingga menghasilkan *yield* yang lebih tinggi serta biaya operasional yang rendah, yaitu *microwave hydrodistillation* (MHD) dan *Solvent-Free Microwave Extraction* (SFME) yang memiliki laju ekstraksi yang lebih cepat, *yield*, dan juga kemurnian ekstrak yang lebih tinggi. Tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah membandingkan pengaruh penggunaan metode, menentukan kondisi operasi optimum, dan kualitas minyak bawang putih yang dihasilkan. Variabel yang digunakan pada ekstraksi ini, yaitu ukuran bahan baku, daya *microwave*, *rasio feed to distiller*, dan *rasio feed to solvent*. Pada metode *microwave hydrodistillation* dilakukan waktu ekstraksi selama 1 jam, 2 jam, dan 3 jam dengan, sedangkan metode *solvent-free microwave extraction* dilakukan waktu ekstraksi selama 30 menit, 60 menit, dan 90 menit. Dari hasil penelitian dapat dilihat bahwa ekstraksi minyak atsiri bawang putih menggunakan metode *microwave*

hydrodistillation menghasilkan *yield* 0,6804% yang lebih tinggi dari metode *solvent-free microwave extraction*, yaitu 0,0128%.

Kata kunci : Bawang putih, *Microwave hydrodistillation*, *Solvent-free Microwave Extraction*, Minyak atsiri

ESSENTIAL OIL EXTRACTION OF GARLIC (*Allium sativum* L.) USING MICROWAVE HYDRODISTILLATION AND SOLVENT-FREE MICROWAVE EXTRACTION METHOD

Name/NRP :1. Eka Putra Sanbari
(0221164500010)
2. Laili Ellya Fauziyah
(0221164500014)

Department : Chemical Engineering
Academic Advisor : Prof. Dr. Ir. Mahfud, DEA

ABSTRACT

Studies have shown that garlic can inhibit the growth of various microorganisms. However, garlic oil retrieval method is still done using the conventional method. In this research, the use of existing methods is improved, resulting in higher yield and lower operational cost, ie microwave hydrodistillation (MHD) and Solvent-Free Microwave Extraction (SFME) which have faster extraction rate, yield, and also purity higher extracts. The purpose of this final research is to compare the influence of the use of methods, determine the optimum operating conditions, and the quality of garlic oil produced. The variables used in this extraction are raw material size, microwave power, feed to distiller ratio, and feed to solvent ratio. In the microwave hydrodistillation method extraction time for 1 hour, 2 hours, and 3 hours with, while the solvent-free microwave extraction method performed extraction time for 30 minutes, 60 minutes, and 90 minutes. From the research results can be seen that the extract of essential oil of garlic using microwave hydrodistillation method yielded a 0.6804% higher yield than the solvent-free microwave extraction method, which is 0,0128%.

Keyword : *Garlic, Microwave hydrodistillation, Solvent-free Microwave Extraction, Essential oil*

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan kekuatan sehingga kami dapat menyelesaikan proposal skripsi yang berjudul “**Ekstraksi Minyak Atsiri Bawang Putih (*Allium sativum* L.) dengan Menggunakan Metode *Microwave Hydrodistillation* dan *Solvent-Free Microwave Extraction*”.**

Selama penyusunan laporan ini, kami banyak sekali mendapat bimbingan, dorongan, serta bantuan dari banyak pihak. Untuk itu, kami ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Juwari S.T, M.Eng, Ph.D selaku Kepala Departemen Teknik Kimia FTI-ITS Surabaya.
2. Ibu Dr. Lailatul Qadariah, S.T., M.T selaku Koordinator Tugas Akhir Departemen Teknik Kimia FTI-ITS Surabaya.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Mahfud, DEA selaku Dosen Pembimbing dan Kepala Laboratorium Teknologi Proses Kimia, yang selalu meluangkan waktu untuk memberikan saran, bimbingan dan dukungan kepada kami.
4. Bapak dan Ibu Dosen pengajar serta seluruh karyawan Departemen Teknik Kimia FTI-ITS.
5. Orang tua dan saudara-saudara kami atas doa, dukungan, bimbingan, perhatian, dan kasih sayang yang selalu tercurah selama ini.
6. Teman-teman di Laboratorium Teknologi Proses, serta Semua pihak yang telah membantu.

Kami menyadari masih banyak kekurangan dalam penulisan laporan ini, yang membutuhkan saran yang konstruktif demi penyempurnaannya.

Surabaya, 23 Juli 2018

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
BAB I PENDAHULUAN	
I.1 Latar Belakang.....	1
I.2 Perumusan Masalah	3
I.4 Tujuan Penelitian	3
I.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
II.1 Bawang Putih.....	5
II.2 Minyak Bawang Putih.....	6
II.3 Metode Ekstraksi Minyak Atsiri.....	7
II.4 Gelombang Mikro (Microwave)	10
II.5 Penyulingan dengan Microwave (<i>Microwave-Assisted Extraction</i>).....	12
II.6 Peneltian Terdahulu	12
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
III.1 Garis Besar Penelitian.....	17
III.2 Bahan dan Alat	17
III.3 Prosedur Penelitian	19
III.4 Diagram Alir Peneltian	21
III.5 Kondisi Operasi dan Variabel Penelitian	23
III.6 Besaran Peneltian yang Diukur	23
BAB IV PEMBAHASAN	
IV.1 Proses Ekstraksi Minyak Atsiri dari Bawang Putih	25
IV.2 Parameter yang Berpengaruh pada Ekstraksi Minyak Atsiri Bawang Putih dengan Metode	

<i>Microwave Hydrodistillation dan Solvent-Free Microwave Extraction</i>	28
IV.3 Hasil Analisa Properti Kimia Minyak Atsiri Bawang Putih.....	40
IV.4 Permodelan Kinetika pada Ekstraksi Minyak Atsiri Bawang Putih dengan Metode <i>Microwave Hydrodistillation dan Solvent-Free Microwave Extraction</i>	45
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
V.1 Kesimpulan.....	51
V.2 Saran	52
DAFTAR PUSTAKA	xiii
LAMPIRAN :	
- Appendiks A	
- Appendiks B	
- Appendiks C	

DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1	Bawang Putih (<i>Allium sativum</i> L.)	5
Gambar II.2	Skema Peralatan <i>Hydrodistillation</i>	8
Gambar II.3	Skema Peralatan <i>Steam-Distillation</i>	9
Gambar II.4	Skema Peralatan <i>Steam-Hydrodistillation</i>	10
Gambar III.1	Skema Peralatan untuk Ekstraksi dengan Metode <i>Microwave Hydrodistillation</i>	17
Gambar III.2	Skema Peralatan untuk Ekstraksi dengan Metode <i>Solvent-Free Microwave Extraction</i>	18
Gambar III.3	Diagram Alir untuk Ekstraksi dengan Metode <i>Microwave Hydrodistillation</i>	21
Gambar III.4	Diagram Alir untuk Ekstraksi dengan Metode <i>Solvent-Free Microwave Extraction</i>	22
Gambar IV.1	Perbandingan metode ekstraksi terhadap <i>yield</i> antara metode <i>microwave hydrodistillation</i> dan <i>solvent-free microwave extraction</i>	28
Gambar IV.2	Perbandingan pengaruh waktu terhadap <i>yield</i> antara <i>microwave hydrodistillation</i> (rasio F/S 0,25 g/ml, 6 cacahan, dan daya <i>microwave</i> 600 W) dan <i>solvent-free microwave extraction</i> (rasio F/D 0,10 g/ml, 6 cacahan, dan daya <i>microwave</i> 450 W).....	31
Gambar IV.3	Pengaruh daya <i>microwave</i> terhadap <i>yield</i> minyak atsiri bawang putih antara (a) <i>microwave hydrodistillation</i> (rasio F/S 0,25 g/ml dan 6 cacahan) dan (b) <i>solvent-free microwave extraction</i> (F/D 0,10 g/ml dan 6 cacahan)	33
Gambar IV.4	Pengaruh rasio antara massa bahan baku dengan <i>volume solvent</i> terhadap <i>yield</i>	

	minyak atsiri bawang putih yang diperoleh menggunakan metode <i>microwave hydrodistillation</i> bawang putih 6 cacahan dengan daya 600 W	36
Gambar IV.5	Pengaruh rasio massa bahan baku dengan <i>volume distiller</i> terhadap <i>yield</i> menggunakan metode <i>solvent-free microwave extraction</i> dengan daya 450 W dan 6 cacahan	37
Gambar IV.6	Pengaruh ukuran bahan baku terhadap <i>yield</i> minyak atsiri bawang putih antara (a) <i>microwave hydrodistillation</i> (rasio F/S 0,25 g/ml dan daya 600 W) dan (b) <i>solvent-free microwave extraction</i> (rasio F/D 0,10 g/ml dan daya 450 W)	39
Gambar IV.7	Perbandingan antara model kinetika dengan hasil eksperimen pada ekstraksi minyak nilam yang diperoleh dengan metode: (a) <i>microwave hydrodistillation</i> (rasio F/S 0,25 g/ml, daya 600 W, 6 cacahan) dan (b) <i>solvent-free microwave extraction</i> (rasio F/D 0,10 g/ml, daya 450 W, 6 cacahan)	48

DAFTAR TABEL

Tabel II.1	<i>Yield Garlic Oil</i>	7
Tabel II.2	<i>State of The Art of Garlic Essential Oil Extraction</i>	13
Tabel II.3	Perbandingan Antara Ekstraksi dengan Menggunakan Metode <i>Microwave-Assisted Extraction</i> dan Konvensional	14
Tabel IV.1	Komponen-Komponen yang Terkandung dalam Minyak Atsiri Bawang Putih dengan metode <i>microwave hydrodistillation</i> (Rasio 0,25 g/mL, Ukuran 6 cacahan, dan Daya 600 W) berdasarkan Analisa GC-MS.....	42
Tabel IV.2	Komponen-Komponen yang Terkandung dalam Minyak Atsiri Bawang Putih dengan metode <i>solvent-free microwave hydrodistillation</i> (Rasio 0,10 g/mL, Ukuran 6 cacahan, dan Daya 450 W) berdasarkan Analisa GC-MS.....	43
Tabel IV.3	Linierisasi model kinetika dari ekstraksi minyak atsiri bawang putih yang diperoleh dengan metode <i>microwave hydrodistillation</i> dan <i>solvent-free microwave extraction</i>	47

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Industri minyak atsiri Indonesia memiliki potensi yang sangat besar, namun pengembangan industri ini berjalan lambat. Hal ini disebabkan oleh berbagai permasalahan yang berasal dari lingkup industri minyak atsiri sendiri hingga produk unggulan atsiri Indonesia kalah bersaing dengan produk dari negara lain. Usaha pengembangan minyak atsiri akan lebih berdaya guna bila usaha kecil yang selama ini dikelola secara tradisional secara perlahan ditata agar mampu mempertinggi tingkat daya saingnya dan tidak terkena imbas strategi *disruptive innovation* (Sutarmin & Banin, 2017).

Salah satu bahan yang dapat menghasilkan minyak atsiri adalah bawang putih. Studi telah menunjukkan bahwa bawang putih adalah salah satu ramuan yang digunakan dalam menghambat pertumbuhan berbagai mikroorganisme, seperti bakteri, jamur dan virus. Faktor-faktor yang berperan terhadap komponen bioaktif minyak atsiri bawang putih adalah senyawa organik yang mengandung belerang dan dikenal sebagai polipulfida dialkil yang mengandung aktivitas antimikroba untuk menghambat pertumbuhannya pada unggas (Katata, 2017).

Pengambilan minyak atsiri dari bawang putih saat ini secara umum masih dilakukan dengan menggunakan metode konvensional seperti *hydrodistillation*, *steam-hydrodistillation*, dan *steam distillation*. Metode konvensional ini pada umumnya memiliki *yield* yang lebih kecil, membutuhkan waktu yang relatif lama dan membutuhkan biaya yang besar. Hal ini didukung dari data penelitian oleh Zhao, *et al.* (2016), yaitu pada ekstraksi *taxus chinensis* dengan metode *heat reflux extraction* (HRE) dalam waktu 3 jam dengan *yield* 0,12% dan *hydrodistillation extraction* (HDE) dalam waktu 6 jam dengan *yield* 0,03%.

Lamanya waktu dan masih kecilnya *yield* yang didapat dari metode konvensional tersebut maka perlu dilakukan

pengembangan terhadap metode pengambilan minyak atsiri yaitu dengan metode *Microwave-Assisted Extraction* (MAE). Metode ini terdiri dari *Microwave-Assisted Hydrodistillation* (MAHD), *Microwave Steam Distillation* (MSD), *Microwave Steam Diffusion* (MSDf), dan lain-lain. Seperti halnya yang telah dikembangkan yaitu metode *Microwave-Assisted Hydrodistillation* (MAHD). Berdasarkan penelitian sebelumnya yaitu pada ekstraksi minyak atsiri dari *Ferulago angulata* dengan 50 gram bahan dan 750 mL air pada daya *microwave* 650 watt didapatkan hasil *yield* 3,8% selama 70 menit dengan menggunakan metode *Microwave-Assisted Hydrodistillation* (MAHD), sedangkan untuk *hydrodistillation* dengan bahan sebanyak 100 gram dan 1200 ml air didapatkan *yield* sebesar 1,7% selama 3 jam (Asghari, *et al.*, 2012).

Kemudian oleh Golmakani and Moayyedi (2015) mengembangkan suatu metode terbaru yaitu *Solvent-Free Microwave Extraction* (SFME). Metode ini memiliki kelebihan dibandingkan metode-metode yang telah disebutkan di 3 atas diantaranya memiliki laju ekstraksi yang lebih cepat, *yield*, dan juga kemurnian ekstrak yang lebih tinggi karena tidak membutuhkan pelarut sehingga tidak berkontak dengan bahan kimia. Berdasarkan uji GC/MS (*Gas Chromatography / Mass Spectrometry*), metode SFME tidak mengubah komponen kimia yang ada dalam minyak atsiri, serta metode ini dapat dikategorikan sebagai *green technology* karena dapat mengurangi kebutuhan energi per mL dari ekstraksi minyak atsiri yang didapat. Kelebihan ini didukung dari data pada pengambilan minyak atsiri dari kulit jeruk lemon yaitu *yield hydrodistillation* ($1,22 \pm 0,14\%$ w/w) setelah 120 menit, MAHD setelah 15 menit dengan bahan sebanyak 50 gram dan 450 mL air (rasio bahan/pelarut adalah 1:9) pada daya 1200 watt didapatkan *yield* sebesar $1,18 \pm 0,08\%$ w/w, serta untuk SFME dengan waktu ekstraksi selama 15 menit dengan daya *microwave* 1200 watt didapatkan *yield* sebesar $1,36 \pm 0,06\%$ w/w.

Atas dasar di atas, maka pada penelitian ini akan dilakukan ekstraksi minyak atsiri dari bawang putih dengan metode *microwave hydrodistillation* dan *solvent-free microwave extraction*. Dengan menggunakan metode tersebut diharapkan dapat diperoleh *yield* minyak bawang putih yang optimum dan didapatkan kualitas minyak bawang putih yang lebih baik.

I.2 Perumusan Masalah

Adapun perumusan masalah dalam penelitian ini meliputi :

1. Bagaimana pengaruh penggunaan metode *microwave hydrodistillation* dan metode *solvent-free microwave extraction* terhadap *yield* minyak bawang putih yang dihasilkan?
2. Bagaimana kondisi operasi optimum untuk ekstraksi minyak bawang putih dengan menggunakan metode *microwave hydrodistillation* dan metode *solvent-free microwave extraction*?
3. Bagaimana pengaruh penggunaan metode *microwave hydrodistillation* dan metode *solvent-free microwave extraction* terhadap komponen minyak bawang putih yang dihasilkan?

I.1 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini meliputi :

1. Membandingkan pengaruh penggunaan metode *microwave hydrodistillation* dan metode *solvent-free microwave extraction* terhadap *yield* minyak bawang putih yang dihasilkan.
2. Menentukan kondisi operasi optimum untuk ekstraksi minyak bawang putih dengan menggunakan metode *microwave hydrodistillation* dan metode *solvent-free microwave extraction*.
3. Membandingkan pengaruh penggunaan metode *microwave hydrodistillation* dan metode *solvent-free*

microwave extraction terhadap komponen minyak bawang putih yang dihasilkan.

I.2 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini meliputi :

1. Memberikan informasi mengenai proses pengambilan minyak bawang putih yang efektif dan efisien dalam mendapatkan *yield* minyak bawang putih yang optimal serta mutu minyak bawang putih yang dapat diterima di pasaran. Sehingga diharapkan dapat menjadi referensi bagi peneliti lain yang tertarik dalam bidang ekstraksi minyak atsiri.
2. Sebagai referensi dan informasi bagi penulis selanjutnya yang tertarik untuk mengkaji dan meneliti tentang pengambilan minyak dari bawang putih.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Bawang Putih

Bawang putih (*Allium sativum L.*) merupakan komoditas sayuran yang juga berfungsi sebagai bahan penyedap masakan dan juga sangat bermanfaat bagi kesehatan karena pada bawang putih mengandung unsur-unsur aktif memiliki daya bunuh terhadap bakteri, sebagai bahan antibiotik, merangsang pertumbuhan sel tubuh, sebagai sumber vitamin B1, dan mengandung sejumlah komponen kimia yang diperlukan untuk hidup manusia. Kadar air pada bawang putih yaitu antara 60,9-67,8% (Husna, 2017).



Gambar II.1 Bawang Putih (*Allium sativum L.*)
(Faradiba, 2014)

Arisandi dan Andriani (2008) menyatakan bahwa bawang putih (*Allium Sativum L*) salah satu syarat tumbuhnya adalah ditanam pada jenis tanah gromosol (ultisol), teksturnya berlempung pasir (gembur) dan draniase baik dengan kedalaman air tanah 50cm-150cm dari permukaan tanah dengan keasaman 6-6,8.

Menurut Arisandi dan Andriani (2008), tanaman bawang putih diklasifikasikan sebagai berikut :

Kingdom	: Plantae
Sub-Kingdom	: Tracheobionta
Super Division	: Spermatophyta

Division : Magnoliophyta
Class : Liliopsida
Sub-Class : Lilidae
Order : Liliales
Family : Liliaceae
Genus : Allium L.
Spesies : *Allium sativum* L.

Bawang putih memiliki kandungan biologi dan farmakologi seperti, antijamur, antibakteri, antitumor, antiinflamasi, antitrombotik, dan sifat hipokolesterolemik. Sifat antibakteri dari ekstrak bawang putih (*Allium sativum*) telah dibuktikan oleh peneliti sebelumnya Hernawan *et al.*, (2003) yang menyatakan bahwa bawang putih (*Allium sativum*) memiliki aktivitas antibiotik yang luas, baik bakteri Gram positif dan bakteri Gram negatif. Efektifitas bawang putih dalam menghambat dan membunuh bakteri disebabkan oleh *diallyl disulphide* (DADS) dan *diallyl trisulphide* (DATS) yang dihasilkan oleh allisin. Senyawa tersebut bekerja dengan mereduksi sistein dalam tubuh bakteri yang kemudian ikatan disulfida dalam proteinnya akan terganggu.

II.2 Minyak Bawang Putih

Umbi bawang putih berpotensi sebagai agen anti-mikrobia. Kemampuannya menghambat pertumbuhan mikrobia sangat luas, mencakup virus, bakteri, protozoa, dan jamur. Senyawa yang terdapat dalam ekstrak bawang putih mempunyai aktivitas anti-virus paling tinggi dibandingkan senyawa lain, seperti allisin, allil metil tiosulfinat, dan metil allil tiosulfinat (Faradiba, 2014)

Kandungan alliin bawang putih yang diremas akan segera teroksidasi menjadi allisin dan selanjutnya menjadi deoksi-alliin, *diallyl disulfide* (DADS), dan *diallyl trisulfide* (DATS), suatu senyawa anti bakteri, namun tidak mempunyai aktivitas antivirus (Pizorno dan Murray, 2000). Senyawa tersebut dapat mereduksi sistem dalam tubuh mikrobia, sehingga mengganggu ikatan disulfida dalam proteinnya (Hernawan, 2003).

Minyak bawang putih adalah campuran kompleks dari berbagai senyawa yang memiliki aktivitas antimikroba. Beberapa penelitian menjelaskan bahwa minyak bawang putih memiliki senyawa aktif *disulfida diallyl* dan *allyl* dapat mengurangi konsentrasi asetat dan amonia, serta peningkatan konsentrasi propionat dan butirat. Namun, ketidakstabilan kimia dari senyawa ini dapat mengurangi keefektifan minyak bawang putih (Foskolos, et al., 2015). Selain itu, dalam industri makanan, *diallyl disulfide* digunakan untuk memperbaiki rasa daging, sayuran, dan buah-buahan (Lim, et al., 2014).

Tabel II.1 Yield Garlic Oil (Kimbaris, 2004)

Parameter	Diethyl ether			Hexane		
	SDE	MWHD	USE	SDE	MWHD	USE
Yield (g oil/100 g garlic)	0,23	0,22	0,13	0,22	0,21	0,12

*SDE : *Simultaneous distillation solvent extraction*

MWHD : *Microwave-assisted hydrodistillation extraction*

USE : *Ultrasound-assisted extraction*

II.3 Metode Ekstraksi Minyak Atsiri

Prinsip dari ekstraksi ini adalah memisahkan komponen yang ada dalam bahan yang diekstraksi dengan menggunakan pelarut tertentu. Ekstraksi dengan pelarut dilakukan dengan mempertemukan bahan yang akan diekstrak dengan pelarut selama waktu tertentu, diikuti pemisahan filtrat terhadap residu bahan yang diekstrak.

Ekstraksi dengan menggunakan pelarut seperti etanol, metanol, etil asetat, heksana dan air mampu memisahkan senyawa-senyawa yang penting dalam suatu bahan. Pemilihan pelarut yang akan dipakai dalam proses ekstraksi harus memperhatikan sifat kandungan senyawa yang akan diisolasi. Sifat yang penting adalah polaritas dan gugus polar dari suatu senyawa. Pada prinsipnya suatu bahan akan mudah larut dalam

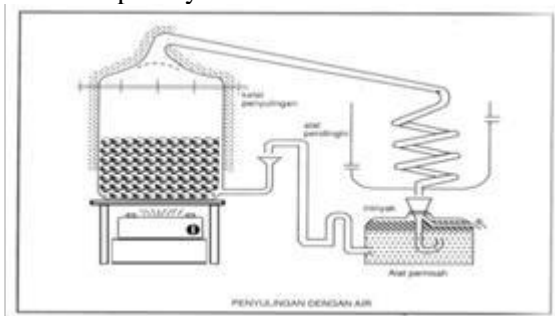
pelarut yang sama polaritasnya, sehingga akan mempengaruhi sifat fisikokimia ekstrak yang dihasilkan.

Metode ekstraksi yang digunakan diduga juga mempengaruhi sifat fisikokimia dari ekstrak tersebut. Ekstraksi dapat dilakukan dengan satu tahap ekstraksi maupun bertingkat. Pada ekstraksi satu tahap hanya digunakan satu pelarut untuk ekstraksi, sedang pada ekstraksi bertingkat digunakan dua atau lebih pelarut (Septiana & Asnani, 2012).

Adapun istilah metode yang dikenal oleh akademisi maupun di industri yaitu terdapat beberapa macam metode, yaitu :

1. *Hydrodistillation*

Metode hidrodistilasi mempunyai keuntungan karena dapat mengekstrak minyak dari bahan yang berbentuk bubuk (akar, kulit, kayu dan sebagainya) dan beberapa bahan yang mudah menggumpal jika disuling dengan uap seperti jenis bunga-bunga (bunga mawar dan orange blossom). Pengolahan minyak atsiri dengan metode hidrodistilasi dikenal sebagai metode konvensional yang didasarkan pada prinsip bahwa campuran (uap minyak dan uap air) mempunyai titik didih sedikit lebih rendah dari titik didih uap air murni, sehingga campuran uap mengandung minyak memiliki jumlah yang lebih besar. Dengan pengurangan kecepatan kohobasi, maka kandungan minyak dalam destilat akan lebih besar disebabkan oleh uap yang keluar akan lebih jenuh oleh uap minyak.

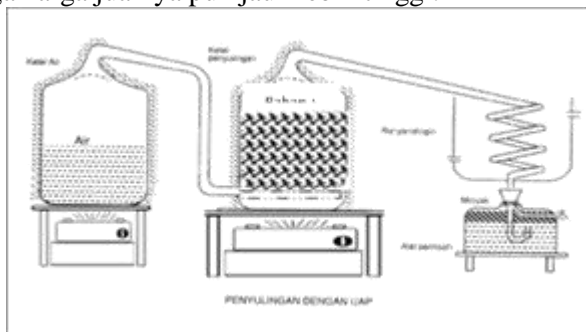


Gambar II.2 Skema peralatan *hydrodistillation* (Guenther, 1987)

Rendemen yang diperoleh dari metode hidrodistilasi sangat ditentukan oleh beberapa faktor antara lain ukuran bahan, jumlah (rasio) bahan dan air yang digunakan, perlakuan pengadukan serta waktu proses (Djafar *et al.*, 2010) . Bahan yang akan disuling dikontakkan langsung dengan air mendidih. Bahan tersebut mengapung di atas air atau terendam secara sempurna tergantung dari bobot jenis dan jumlah bahan yang disuling (Guenther, 1987).

2. *Steam Distillation*

Steam distillation atau penyulingan uap langsung dan prinsipnya sama dengan yang telah dibicarakan di atas, kecuali air tidak diisikan dalam ketel. Uap yang digunakan adalah uap jenuh atau uap kelewat panas pada tekanan lebih dari 1 atm. Uap dialirkan melalui pipa yang terletak di bawah bahan, dan uap bergerak ke atas melalui bahan yang terletak di atas saringan (Guenther, 1987). Kualitas produk minyak atsiri yang dihasilkan jauh lebih sempurna dibandingkan dengan kedua cara lainnya, sehingga harga jualnya pun jauh lebih tinggi.



Gambar II.3 Skema peralatan *steam-distillation* (Guenther, 1987)

3. *Steam-Hydrodistillation*

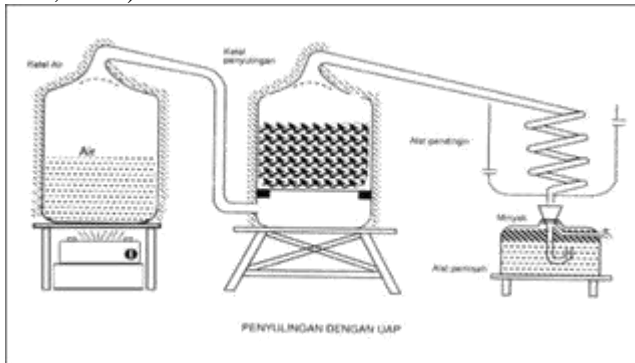
Penyulingan minyak atsiri dengan cara ini memang sedikit lebih maju dan produksi minyaknya pun relatif lebih baik daripada metode distilasi air (*hydro distillation*). Pada proses penyulingan ini, bahan yang akan diolah diletakkan di atas rakrak

atau 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.

Ciri khas dari proses ini adalah sebagai berikut :

- a. Uap selalu dalam keadaan basah, jenuh dan tidak terlalu panas
- b. Bahan yang disuling hanya berhubungan dengan uap dan tidak dengan air panas.

(Guenther, 1987).



Gambar II.4 Skema peralatan *steam-hydrodistillation* (Guenther, 1987)

II.4 Gelombang Mikro (Microwave)

Gelombang mikro atau *microwave* adalah gelombang elektromagnetik dengan frekuensi super tinggi (*Super High Frequency, SHF*), yaitu antara 300 Mhz – 300 Ghz. *Microwave* memiliki rentang panjang gelombang dari 1 mm hingga 1 m (Thostenson, 1999).

Pemanfaatan gelombang mikro sudah diaplikasikan secara luas dalam berbagai bidang ilmu. Dalam elektronika seperti radio, televisi. Dalam teknologi komunikasi seperti radar, satelit, pengukuran jarak jauh, dan untuk penelitian sifat – sifat material. Kapasitas panas dari radiasi gelombang mikro sebanding dengan properti dielektrik dari bahan dan sebaran muatan elektromagnetiknya (Santos, 2011).

Pemanasan pada *microwave* dikenal dengan pemanasan dielektrik *microwave*. Dielektrik adalah bahan isolator listrik yang dapat dikutubkan dengan cara menempatkan bahan dielektrik dalam medan listrik. Ketika bahan tersebut berada dalam medan listrik, muatan listrik yang terkandung di dalamnya tidak akan mengalir. Akibatnya tidak timbul arus seperti bahan konduktor, tetapi hanya bergeser sedikit dari posisi setimbangnya. Hal ini mengakibatkan terciptanya pengutuban dielektrik. Akibatnya muatan positif bergerak menuju kutub negatif medan listrik, sedang muatan negatif bergerak ke arah kutub positif. Hal ini menyebabkan medan listrik internal yang menyebabkan jumlah medan listrik yang melingkupi bahan dielektrik menurun.

Dalam pendekatan teori tentang permodelan dielektrik, sebuah bahan terbuat dari atom-atom. Setiap atom terdiri dari elektron terikat dan meliputi titik bermuatan positif di tengahnya. Dengan adanya medan listrik disekeliling atom ini maka awan bermuatan negative tersebut berubah bentuk.

Mekanisme dasar pemanasan *microwave* melibatkan pengadukan molekul polar atau ion yang berosilasi karena pengaruh medan listrik dan magnet yang disebut polarisasi dipolar. Dengan adanya medan yang berosilasi, partikel akan beradaptasi dimana gerakan partikel tersebut dibatasi oleh gaya interaksi antar partikel dan tahanan listrik. Akibatnya partikel tersebut menghasilkan gerakan acak yang menghasilkan panas.

Keunggulan dalam pemilihan *microwave* sebagai media pemanas karena *microwave* bisa bekerja cepat dan efisien. Hal ini dikarenakan adanya gelombang elektromagnetik yang bisa menembus bahan dan mengeksitasi molekul-molekul bahan secara merata. Gelombang pada frekuensi 2500MHz (2,5 GHz) ini diserap bahan. Saat diserap, atom-atom akan tereksitasi dan menghasilkan panas. Proses ini tidak membutuhkan konduksi panas seperti oven biasa. Maka dari itu, prosesnya bisa dilakukan sangat cepat. Disamping itu, gelombang mikro pada frekuensi ini diserap oleh bahan gelas, keramik, dan sebagian jenis plastik.

II.5 Penyulingan dengan Microwave (Microwave-Assited Extraction)

Salah satu sumber yang dapat menghasilkan panas dalam waktu cepat dan memiliki fungsi kontrol suhu yang sangat baik adalah penggunaan gelombang mikro. Penggunaan gelombang mikro sebagai sumber energi alternatif merupakan terobosan baru yang dapat membuat waktu destilasi menjadi jauh lebih cepat dan tidak kehilangan banyak pelarut (Chemat, 2008).

Metode *Microwave-Assited Extraction* (MAE) merupakan titik kunci pengembangan ekstraksi dengan menggunakan *microwave*. Beberapa ekstraksi dengan menggunakan *microwave* yang telah berhasil dikembangkan adalah metode *microwave hydrodistillation* yang menghasilkan *yield* lebih besar dan dalam waktu yang lebih singkat (Asghari, *et al.*, 2012). Kemudian oleh Golmakani and Moayyedi (2015) mengembangkan suatu metode terbaru yaitu *Solvent-Free Microwave Extraction* (SFME) karena timbul kekhawatiran dampak pelarut pada lingkungan dan tubuh manusia. Metode SFME menggunakan prinsip kerja yang sama dengan metode MAE. Perbedaannya adalah pada metode SFME bahan baku yang akan diekstraksi dimasukkan ke dalam labu distilasi tanpa menggunakan pelarut (Ying Li *et al.*, 2013).

II.6 Penelitian Terdahulu

Pada penelitian ini, bawang putih diekstrak dengan menggunakan metode SFME (*solvent free microwave extraction*) dan MHD (*microwave hydrodistillation*). Umumnya, proses ekstraksi minyak atsiri bawang putih masih menggunakan metode konvensional seperti sokhlet, *hydrodistillation*, maupun *steam distillation*. Dimana metode-metode tersebut membutuhkan waktu yang lama dan *yield* yang dihasilkan juga sedikit. Jika dibandingkan dengan metode ekstraksi menggunakan *microwave*, dengan waktu yang lebih singkat dapat menghasilkan *yield* yang lebih banyak. Berikut adalah beberapa hasil penelitian ekstraksi minyak atsiri bawang putih yang pernah dilakukan pada beberapa penelitian sebelumnya:

Tabel II.2 State of The Art of Garlic Essential Oil Extraction

Bahan yang Diekstrak	Kondisi Operasi yang Digunakan	Hasil	Referensi
<i>Allium sativum</i> L. (Bawang Putih)	Soxhlet : P = 170 mbar T = 70 °C t = 48 jam	<i>Yield</i> = 5,5%	Valle, et al. (2008)
<i>Allium sativum</i> L. (Bawang Putih)	<i>Hydroditillation</i>	<i>Yield</i> = 0,13 – 0,2%	Mnayer, et al. (2014)
<i>Allium sativum</i> L. (Bawang Putih)	<i>Hydroditillation (Laboratory)</i> t = 3 jam	<i>Hydroditillation (Laboratory)</i> <i>yield</i> = 0,2%	Satyal, et al. (2017)
	<i>Hydroditillation (Industrial)</i> t = 4 jam	<i>Hydroditillation (Industrial)</i> <i>yield</i> = 0,22%	
	<i>Steam distillation (Industrial)</i> t = 5 jam	<i>Steam distillation (Industrial)</i> <i>yield</i> = 0,18%	
	<i>Microwave-assisted hydrodistillation extraction (MWHD)</i> P = 700 W t = 30 menit	Pelarut Diethyl ether <i>Yield</i> = 0,22% Pelarut Hexane <i>Yield</i> = 0,21% Pelarut Ethyl acetate <i>Yield</i> = 0,23%	Kimbaris, et al. (2006)

Dari beberapa penelitian yang telah dipaparkan sebelumnya tersebut dapat dikatakan bahwa ekstraksi minyak atsiri dengan menggunakan metode *microwave-assisted extraction* lebih baik apabila dibandingkan dengan menggunakan metode konvensional dilihat dari *yield* dan kualitas dari minyak atsiri yang diperoleh serta waktu dan energi yang diperlukan. Hal ini juga didukung oleh beberapa penelitian lain yang telah dilakukan. Berikut beberapa hasil penelitian tentang penggunaan dan perkembangan metode *microwave-assisted extraction* untuk ekstraksi minyak atsiri.

Tabel II.3 Perbandingan Antara Ekstraksi dengan Menggunakan Metode *Microwave-Assisted Extraction* dan Konvensional

Bahan yang Diekstrak	Kondisi Operasi yang Digunakan	Hasil	Referensi
<i>Ferulago angulate</i>	<p><i>Microwave-assisted hydrodistillation</i> (MAHD) : Massa = 50 g Vakuades = 750 mL P = 600 dan 650 W t = 34 menit</p> <p><i>Hydrodistillation</i> (HD) : Massa = 100 g Vakuades = 1200 mL T = 3 jam</p>	<p><i>Microwave-assisted hydrodistillation</i> (MAHD) : Yield : 3,8% α-pinene = 5,54% Z-β-ocimene = 33,91% Boronyl acetate = 5,54% γ-tripinene = 6,26%</p> <p><i>Hydrodistillation</i> (HD) : Yield = 1,7% α-pinene = 3,08% Z-β-ocimene = 26,78%</p>	Asghari, <i>et al.</i> (2012)

		<i>Boronyl acetate</i> = 3,08% <i>γ-tripinene</i> = 5,81%	
Kulit Jeruk Lemon	<i>Hydrodistillation</i> (HD) : t = 120 menit <i>Microwave-</i> <i>assisted</i> <i>hydrodistillation</i> (MAHD) : t = 15 menit P = 1200 watt <i>Solvent-free</i> <i>microwave</i> <i>extraction</i> (SFME) : t = 15 menit P =1200 watt	<i>Hydrodistillation</i> (HD) : Yield = 1,22 ± 0,14% w/w <i>Microwave-</i> <i>assisted</i> <i>hydrodistillation</i> (MAHD) : Yield = 1,18 ± 0,08% w/w <i>Solvent-free</i> <i>microwave</i> <i>extraction</i> (SFME) : Yield = 1,36 ± 0,06% w/w	Golmakani dan Moayyedi (2015)

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

III.1 Garis Besar Penelitian

Prinsip dari penelitian ini adalah mengestrawk minyak atsiri dari bawang putih (*Allium sativum* L.) dengan metode *microwave hydrodistillation* dan *solvent-free microwave extraction*. Kondisi operasi untuk metode ini adalah tekanan atmosferik.

III.2 Bahan dan Alat

III.2.1 Bahan Penelitian

1. Bawang putih (*Allium sativum* L.)

Bawang putih yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari pasar keputran, Surabaya dalam bentuk segar.

2. Akuades

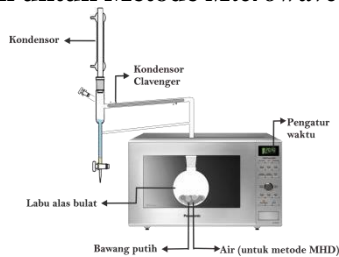
Akuades dalam penelitian ini digunakan sebagai solvent untuk metode *microwave distillation*, sedangkan air yang digunakan pada kondensor untuk proses pendinginan adalah air PDAM.

3. n-Heksana

n-Heksana dalam penelitian ini digunakan untuk membantu pemisahan minyak atsiri bawang putih dengan air.

III.2.2 Peralatan Penelitian

III.2.2.1 Peralatan untuk Metode *Microwave Hydrodistillation*



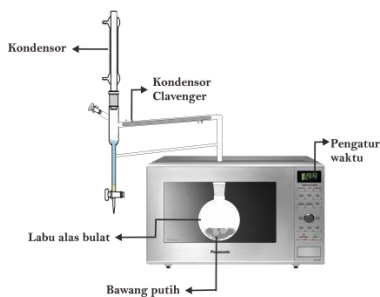
Gambar III.1 Skema Peralatan untuk Ekstraksi dengan Metode *Microwave Hydrodistillation*

Deskripsi Peralatan :

Skema peralatan untuk metode *microwave hydrodistillation* dapat dilihat pada Gambar III.1. Peralatan utama terdiri dari *microwave* dan *distiller* yang terbuat dari labu alas bulat leher satu Pyrex, kondensor *clavenger*, dan corong pemisah. Spesifikasi peralatan utama adalah sebagai berikut:

- *Distiller* yang digunakan terbuat dari labu alas bulat leher dua Pyrex dengan ukuran 1 liter
- *Microwave* yang digunakan Electrolux model EMM-2007X dengan spesifikasi sebagai berikut:
 - Daya Maksimum : 800 W
 - Tegangan 220 V, Daya 1250 W
 - Frekuensi Magnetron 2450 MHz (2,45 GHz)
 - Dimensi *Microwave*: Panjang = 46,1 cm, Lebar = 28,0 cm, dan Tinggi = 37,3 cm

III.2.2.2 Peralatan untuk Metode *Solvent Free Microwave Extraction*



Gambar III.2 Skema Peralatan untuk Ekstraksi dengan Metode *Solvent-Free Microwave Extraction*

Deskripsi Peralatan:

Skema peralatan untuk metode *microwave hydrodistillation* dapat dilihat pada Gambar III.1. Peralatan utama terdiri dari *microwave* dan *distiller* yang terbuat dari labu alas bulat leher satu Pyrex, kondensor *clavenger*, dan corong pemisah. Spesifikasi peralatan utama adalah sebagai berikut:

- *Distiller* yang digunakan terbuat dari labu alas bulat leher dua *Pyrex* dengan ukuran 1 liter
- *Microwave* yang digunakan Electrolux model EMM-2007X dengan spesifikasi sebagai berikut:
 - Daya Maksimum: 800 W
 - Tegangan 220 V, Daya 1250 W
 - Frekuensi Magnetron 2450 MHz (2,45 GHz)
 - Dimensi *Microwave*: Panjang = 46,1 cm, Lebar = 28,0 cm, dan Tinggi = 37,3 cm

III.3 Prosedur Penelitian

III.3.1 Metode *Microwave Hydrodistillation*

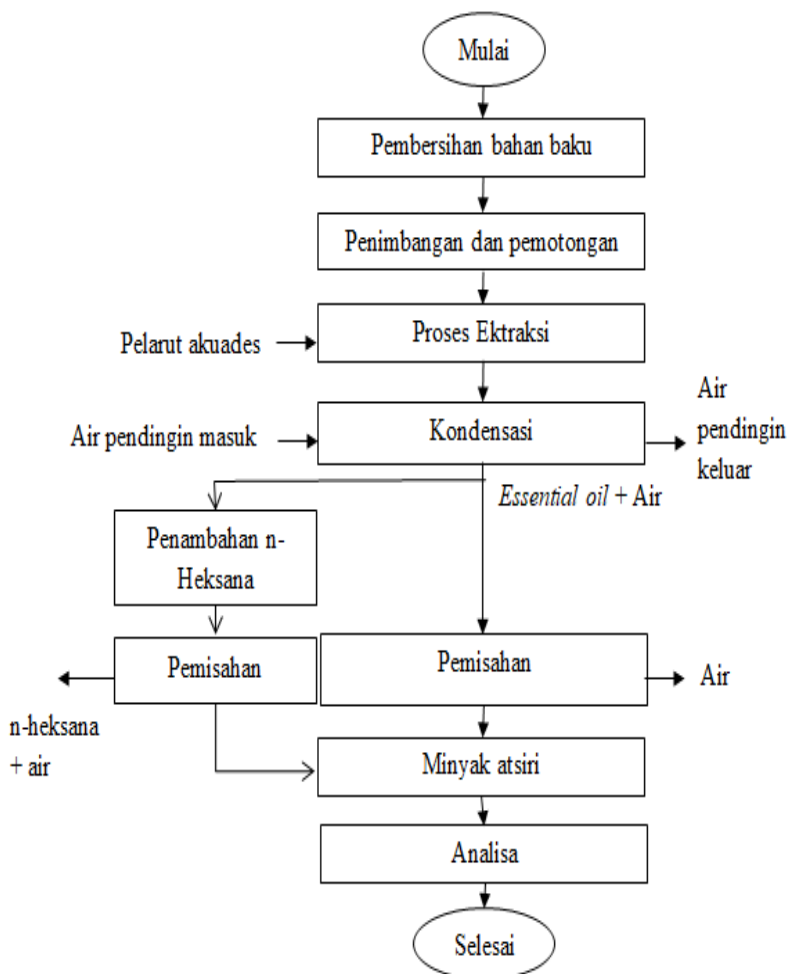
1. Menimbang bahan baku sesuai dengan variabel yang telah ditentukan
2. Melakukan pemotongan bahan baku sesuai dengan variabel
3. Melakukan instalasi alat ekstraksi (Gambar III.1)
4. Memasukkan bahan baku yang telah ditimbang pada *distiller* dan menambahkan pelarut *aquadest* sebanyak 100 mL
5. Mengalirkan air pada sistem pendingin (kondensor *Clavenger*)
6. Menyalakan *microwave* dan mengatur daya *microwave* sesuai dengan variabel
7. Mencatat waktu ekstraksi mulai dari tetes pertama distilat keluar dari kondensor
8. Menghentikan proses ekstraksi setelah waktu yang telah ditentukan
9. Menampung distilat yang keluar dengan menggunakan corong pemisah
10. Menambahkan 10 mL n-Heksana untuk membantu pemisahan minyak atsiri bawang putih dengan air
11. Menimbang minyak atsiri yang diperoleh dengan menggunakan neraca analitik

12. Melakukan analisa terhadap minyak atsiri yang dihasilkan.

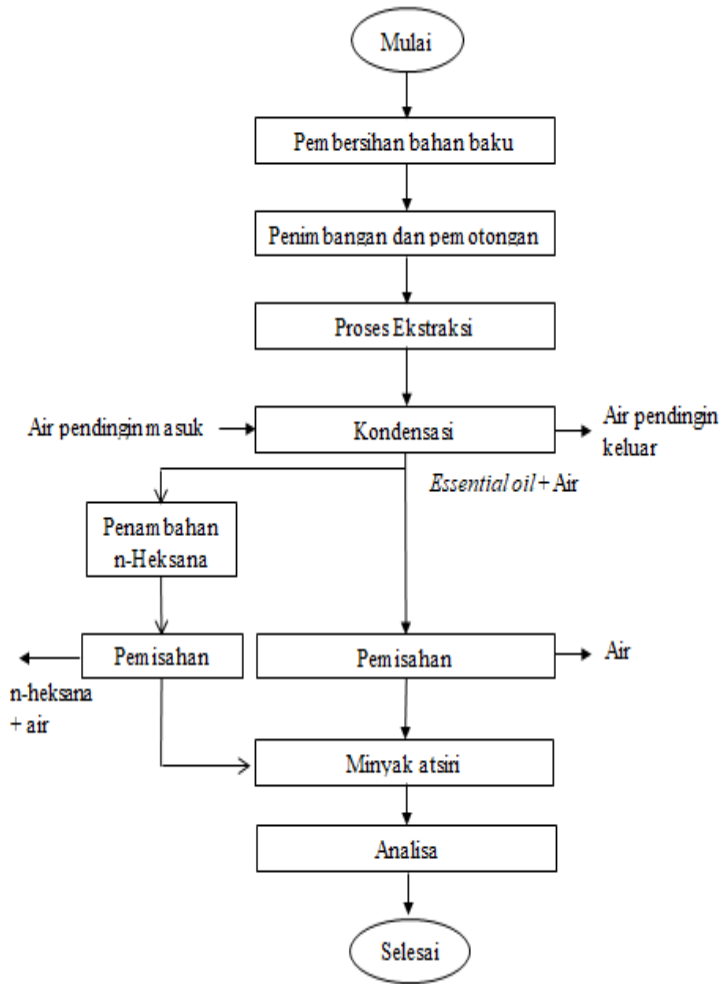
III.3.2 Metode *Solvent-Free Microwave Extraction*

1. Menimbang bahan baku sesuai dengan variabel yang telah ditentukan
2. Melakukan pemotongan bahan baku sesuai dengan variabel
3. Melakukan instalasi alat ekstraksi (Gambar III.2)
4. Memasukkan bahan baku yang telah ditimbang pada tersebut pada *distiller*
5. Mengalirkan air pada sistem pendingin (kondensor *Clavenger*)
6. Menyalakan *microwave* dan mengatur daya *microwave* sesuai dengan variabel
7. Mencatat waktu ekstraksi mulai dari tetes pertama distilat keluar dari kondensor
8. Menghentikan proses ekstraksi setelah waktu yang telah ditentukan
9. Menampung distilat yang keluar dengan menggunakan corong pemisah
10. Menambahkan 10 mL n-Heksana untuk membantu pemisahan minyak atsiri bawang putih dengan air
11. Menimbang minyak atsiri yang diperoleh dengan menggunakan neraca analitik
12. Melakukan analisa terhadap minyak atsiri yang dihasilkan.

III.4 Diagram Alir Penelitian



Gambar III.3 Diagram Alir untuk Ekstraksi dengan Metode *Microwave Hydrodistillation*



Gambar III.4 Diagram Alir untuk Ekstraksi dengan Metode *Solvent-Free Microwave Extraction*

III.5 Kondisi Operasi dan Variabel Penelitian

III.5.1 Kondisi Operasi

Kondisi operasi yang digunakan untuk metode *microwave hydrodistillation* adalah sebagai berikut :

- a. Tekanan atmosferik
- b. Volume pelarut 100 mL

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

III.5.2 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Metode Ekstraksi

Metode *microwave hydrodistillation* dan *solvent-free microwave extraction*

- b. Daya Microwave

300 W, 450 W, dan 600 W

- c. Ukuran Bahan Baku

Cacahan 2 bagian (± 15 mm), cacahan 6 bagian (± 5 mm), dan cacahan 10 bagian (± 3 mm)

- d. Waktu Ekstraksi

Waktu ekstraksi (1; 2; 3 jam) untuk metode *microwave hydrodistillation* dan (30; 60; 90 menit) untuk metode *solvent-free microwave extraction*

- e. Rasio bahan

Rasio *feed to solvent* (0,25; 0,50; dan 0,75 g/ml) untuk metode *microwave hydrodistillation* dan (0,05; 0,10; dan 0,15 g/ml) untuk metode *solvent-free microwave extraction*

III.6 Besaran Penelitian yang Diukur

Adapun beberapa besaran dan analisa yang dilakukan terhadap minyak nilam yang diperoleh antara lain adalah sebagai berikut :

1. Pengukuran *yield* minyak atsiri

Pengukuran *yield garlic oil (dry basis)* dengan rumus sebagai berikut:

$$Yield = \frac{\text{massa minyak}}{\text{massa bahan (1-x)}} \times 100\%$$

Dimana x = kadar air (%)

2. Uji GC-MS

Minyak atsiri bawang putih (*Allium sativum* L.) dianalisa komposisinya dengan menggunakan GC-MS.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

IV.1 Proses Ekstraksi Minyak Atsiri dari Bawang Putih

Penelitian ekstraksi minyak atsiri dari bawang putih ini dilakukan dengan metode *microwave hydrodistillation* dan *solvent-free microwave extraction*. Metode *microwave hydrodistillation* adalah metode ekstraksi menggunakan pelarut dengan memanfaatkan gelombang mikro (*microwave*) sebagai pemanas, sedangkan metode *solvent-free microwave extraction* adalah metode ekstraksi tanpa menggunakan pelarut dengan memanfaatkan gelombang mikro (*microwave*) sebagai pemanas. Dalam metode ini, dilakukan refluks atau *recycle* air yang terkandung dalam bahan ke dalam labu *distiller* menggunakan *cleverger*. Dalam metode ini, dilakukan refluks atau *recycle* air yang terkandung dalam bahan ke dalam labu *distiller* yang disebut kohobasi. Hal ini disebabkan karena apabila tidak ditambahkan atau dilakukan pengembalian air tersebut, maka bahan yang diekstrak akan lebih cepat terbakar. *Recycle* atau kohobasi ini juga bertujuan untuk menghindari kehilangan minyak yang masih terikut dalam destilat air sehingga bisa didapatkan *yield* minyak yang maksimal serta membantu proses ekstraksi minyak berlangsung secara kontinyu (Kusuma, 2016).

Bahan bawang putih yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari pasar Keputran dengan beberapa variabel seperti rasio *feed to distiller* (0,05; 0,10; dan 0,15 g/mL), rasio *feed to solvent* (0,25; 0,50; dan 0,75 g/mL), cacahan bahan (2 cacahan, 6 cacahan, dan 10 cacahan), serta daya *microwave* (300 W, 450 W, dan 600 W). Proses ekstraksi dengan metode *microwave hydrodistillation* dilakukan selama 180 menit dan untuk *solvent-free microwave extraction* selama 90 menit. Perhitungan waktu ekstraksi untuk metode *solvent-free microwave extraction* dan *microwave hydrodistillation* dimulai saat kondensat pertama kali menetes di corong pemisah yang berada di ujung kondensor

Pada ekstraksi minyak atsiri bawang putih dengan metode *microwave hydrodistillation*, volume pelarut (akuades) yang digunakan adalah sebanyak 100 mL. Pemilihan volume pelarut (akuades) yang digunakan tersebut didasarkan atas kebutuhan pelarut untuk dapat merendam seluruh bahan yang akan diekstrak serta untuk menghindari terjadinya *bumping*. *Bumping* sendiri merupakan suatu fenomena yang terjadi karena meningkatnya tekanan pada *distiller* akibat dari naiknya temperatur pemanasan secara cepat selama proses radiasi *microwave* berlangsung sehingga melebihi stabilitas bahan (Eskillsson dan Bjourklund, 2000). Selain itu, tujuan dari pemilihan volume pelarut sebanyak 100 ml ini adalah untuk meminimalkan penggunaan pelarut. Pada penelitian Kusuma (2016), dilakukan ekstraksi minyak nilam menggunakan metode *microwave hydrodistillation* dengan rasio massa bahan baku terhadap *volume solvent* sebesar 0,05, 0,10, 0,15, dan 0,20 g/ml dan *volume solvent* sebesar 400 ml. Pada penelitian ini digunakan *volume solvent* yang lebih kecil daripada penelitian sebelumnya. Hal ini menyebabkan rasio massa bahan baku terhadap *volume solvent* yang lebih besar yaitu 0,25; 0,5, 0,75; dan 1 g/ml. Dengan rasio antara massa bahan baku dengan *volume solvent* yang semakin besar, maka *volume solvent* yang digunakan akan semakin kecil sehingga akan meminimalkan penggunaan *solvent*. Maka, pada penelitian ini dipelajari tentang pengaruh rasio antara massa bahan baku terhadap *volume solvent*.

Selain pemilihan volume pelarut (akuades) yang digunakan, perlakuan terhadap bahan yang mengandung minyak merupakan salah satu hal yang juga perlu diperhatikan. Bahan baku yaitu bawang putih mendapat perlakuan yang berbeda-beda sesuai variabel ukuran, yaitu variabel cacah (2 cacahan, 6 cacahan, dan 10 cacahan). Pemoangan dilakukan karena minyak atsiri di dalam bahan dikelilingi oleh kelenjar minyak, pembuluh-pembuluh, kantong minyak atau rambut glandular, sehingga apabila bahan dibiarkan utuh, minyak atsiri hanya dapat terekstrak apabila uap air berhasil melalui jaringan tanaman dan

mendesaknya ke permukaan. Proses ini hanya dapat terjadi karena peristiwa hidrodifusi, suatu fenomena yang penting artinya dalam proses ekstraksi minyak atsiri bawang putih. Proses difusi akan berlangsung sangat lambat apabila bawang putih dibiarkan dalam keadaan utuh. Hal ini disebabkan karena kecepatan minyak yang terekstrak ditentukan oleh kecepatan difusi. Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan proses pencacahan atau pemotongan bawang putih. Hal ini dikarenakan proses pemotongan dapat menyebabkan kelenjar minyak dapat menjadi terbuka sebanyak mungkin. Selain itu dengan adanya proses pencacahan, ukuran ketebalan bahan tanaman di tempat terjadinya difusi akan berkurang. Sehingga ketika dilakukan ekstraksi, laju penguapan minyak atsiri dari bahan tanaman menjadi cukup cepat (Guenther, 1987).

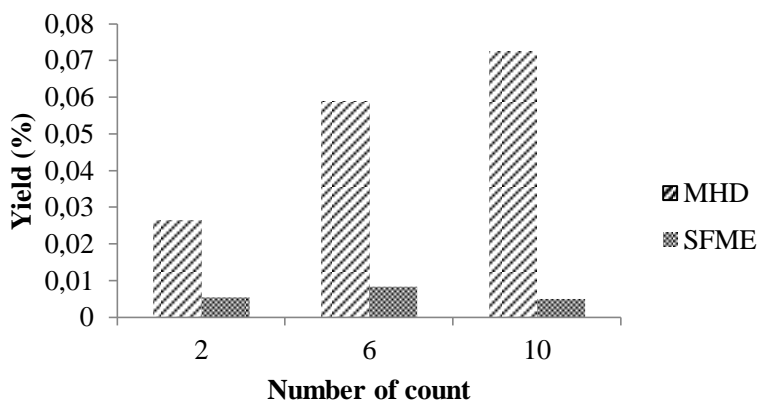
Pada metode *solvent-free microwave extraction*, ekstraksi dilakukan tanpa menggunakan pelarut. Selain itu, pada metode *solvent-free microwave extraction* dilakukan ekstraksi dengan waktu yang lebih singkat jika dibandingkan dengan metode *microwave hydrodistillation*. Ekstraksi dengan waktu yang lebih singkat ini disebabkan oleh cepatnya kenaikan suhu saat ekstraksi pada metode *solvent-free microwave extraction* jika dibandingkan dengan metode *microwave hydrodistillation*. Cepatnya kenaikan suhu ini mengakibatkan kelenjar minyak lebih cepat terbuka (Golmakani, 2015).

Dalam penelitian ini juga dipelajari adanya pengaruh dari beberapa parameter pada ekstraksi minyak atsiri bawang putih dengan metode *microwave hydrodistillation* dan *solvent-free microwave extraction*. Dimana parameter yang berpengaruh terhadap *yield* dan kualitas dari minyak atsiri bawang putih yang diperoleh dengan menggunakan metode *microwave hydrodistillation* dan *solvent-free microwave extraction*, meliputi daya *microwave*, lama waktu ekstraksi, rasio antara bahan baku dengan *volume solvent*, rasio antara bahan baku dengan *volume distiller*, dan ukuran bahan baku.

IV.2 Parameter yang Berpengaruh pada Ekstraksi Minyak Atsiri Bawang Putih dengan Metode *Microwave Hydrodistillation* dan *Solvent-Free Microwave Extraction*

IV.2.1 Pengaruh Metode Ekstraksi terhadap *Yield* Minyak Atsiri Bawang Putih

Pada penelitian ini digunakan dua metode ekstraksi yaitu metode *microwave hydrodistillation* dan *solvent-free microwave extraction*. Perbedaan dari kedua metode ekstraksi tersebut adalah pada ekstraksi minyak atsiri bawang putih dengan metode *microwave hydrodistillation* digunakan *solvent* berupa akuades, sedangkan untuk ekstraksi minyak atsiri bawang putih dengan metode *solvent-free microwave extraction* tidak dilakukan penambahan *solvent*.



Gambar IV.1 Perbandingan metode ekstraksi terhadap *yield* antara metode *microwave hydrodistillation* dan *solvent-free microwave extraction*

Berdasarkan Gambar IV.1, diketahui bahwa *yield* pada metode *microwave hydrodistillation* lebih besar daripada metode *solvent-free microwave extraction* dengan variabel *microwave power* 450 W dan massa 50 gram. *Yield* terbesar yang diperoleh

dengan metode *microwave hydrodistillation* dengan cacahan 10 yaitu sebesar 0,0725%, sedangkan dengan menggunakan metode *solvent-free microwave extraction* diperoleh *yield* sebesar 0,0084% dengan bahan bawang putih 6 cacahan.

Dari data tersebut diketahui bahwa *yield* yang diperoleh dengan menggunakan metode *microwave hydrodistillation* lebih besar dibandingkan dengan *yield* yang diperoleh dengan metode *solvent-free microwave extraction* karena waktu ekstraksinya yang lebih lama yaitu 180 menit. Selain itu tidak adanya penambahan pelarut pada metode *solvent-free microwave extraction* menyebabkan kenaikan suhu yang lebih cepat, sehingga untuk waktu yang lebih lama cenderung terjadi degradasi pada bahan dan komponen minyak atsiri.

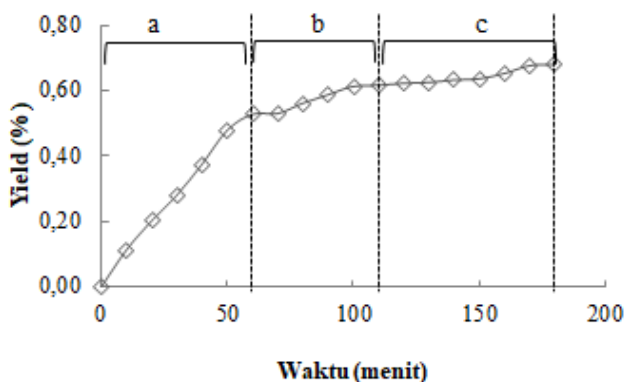
IV.2.2 Pengaruh Lama Waktu Ekstraksi terhadap *Yield* Minyak Atsiri Bawang Putih

Peningkatan *yield* minyak atsiri bawang putih akan terus terjadi seiring dengan bertambahnya waktu ekstraksi pada metode *microwave hydrodistillation* dan *solvent-free microwave extraction*, karena pemanasan dengan menggunakan *microwave* bersifat selektif dan volumetrik. Pemanasan bersifat selektif dalam arti radiasi gelombang mikro bisa langsung menembus labu destilasi (*distiller*) yang bersifat transparan (meneruskan gelombang mikro), sehingga radiasinya bisa langsung diserap oleh bahan dan pelarut yang bersifat menyerap gelombang mikro. Sedangkan pemanasan bersifat volumetrik dalam arti terjadi pemanasan langsung pada keseluruhan volume bahan sehingga pemanasannya bisa seragam (merata) dan berlangsung lebih cepat. Hal inilah yang menyebabkan *yield* minyak atsiri bawang putih lebih cepat diperoleh apabila ekstraksi dilakukan dengan menggunakan metode *microwave hydrodistillation* dan *solvent-free microwave extraction* dibandingkan dengan ekstraksi yang dilakukan menggunakan metode konvensional.

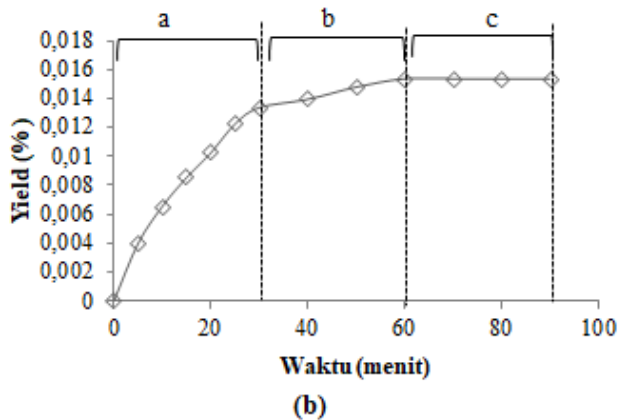
Secara umum, pada proses ekstraksi terdapat tiga tahap penting yaitu: fase ekuilibrium (*equilibrium phase*), fase transisi

(*transition phase*), dan fase difusi (*diffusion phase*). Pada fase ekuilibrium (*equilibrium phase*) ini terjadi perpindahan substrat yang terdapat pada lapisan luar dari matriks. Perpindahan substrat tersebut berlangsung dengan laju yang konstan. Kemudian, dilanjutkan dengan fase transisi (*transition phase*) dimana pada tahap ini terjadi perpindahan massa secara konveksi dan difusi. Dan pada fase yang terakhir yaitu fase difusi (*diffusion phase*) ini laju ekstraksi berjalan dengan lambat, yang dimana pada fase ini dikarakterkan dengan keluarnya ekstrak melalui mekanisme difusi. Pada proses ekstraksi, fase difusi (*diffusion phase*) ini sering dianggap sebagai tahap pembatas (*limiting step*) (Raynie, 2000).

Pada ekstraksi minyak atsiri bawang putih dengan menggunakan metode *microwave hydrodistillation* dan *solvent-free microwave extraction*, waktu ekstraksi juga merupakan salah satu faktor yang perlu diperhatikan. Secara umum dengan semakin lama waktu ekstraksi, maka *yield* yang diperoleh juga akan semakin besar. Akan tetapi dengan semakin lamanya waktu ekstraksi, maka peningkatan *yield* yang diperoleh menjadi semakin kecil (Wang *et al.*, 2008).



(a)



Keterangan :

a = a' = fase ekuilibrium

b = b' = fase transisi

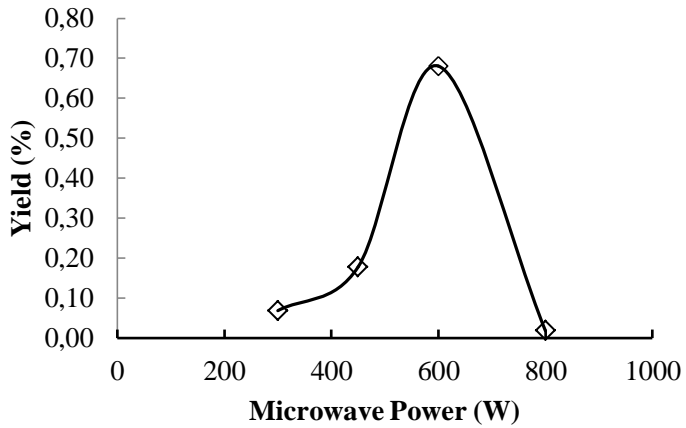
c = c' = fase difusi

Gambar IV.2 Perbandingan pengaruh waktu terhadap *yield* antara *microwave hydrodistillation* (rasio F/S 0,25 g/ml, 6 cacahan, dan daya *microwave* 600 W) dan *solvent-free microwave extraction* (rasio F/D 0,10 g/ml, 6 cacahan, dan daya *microwave* 450 W)

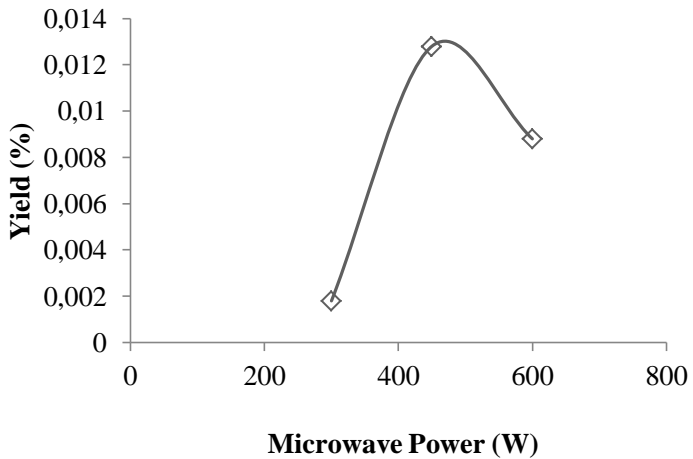
Hubungan antara waktu ekstraksi terhadap *yield* minyak atsiri bawang putih dapat dilihat pada Gambar IV.2. Berdasarkan Gambar IV.2 terlihat bahwa dengan metode *microwave hydrodistillation* terlihat bahwa waktu yang dibutuhkan untuk mencapai fase ekuilibrium (*equilibrium phase*) lebih lama dibandingkan metode *solvent-free microwave extraction* yaitu 60 menit. Sedangkan pada metode *solvent-free microwave extraction*, dalam waktu 60 menit telah berada pada akhir fase transisi. Hasil penelitian tersebut terlihat bahwa semakin lama waktu ekstraksi, maka semakin tinggi *yield* yang dihasilkan. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Kumar (2018) bahwa ekstraksi biji *pongamia pinnata* selama waktu 10 menit dihasilkan *yield* sebesar 15,6%, sedangkan dalam waktu 18 menit dihasilkan *yield* sebesar 19,6%.

IV.2.3 Pengaruh Daya *Microwave* terhadap *Yield* Minyak Atsiri Bawang Putih

Daya adalah banyaknya energi yang dihantarkan per satuan waktu (Joule/sekon). Daya dalam proses ekstraksi memiliki pengaruh terhadap *yield* minyak atsiri bawang putih yang dihasilkan. Telah diketahui bahwa daya dalam ekstraksi menggunakan *microwave* akan mengontrol besarnya energi yang akan diterima oleh bawang putih untuk dirubah menjadi energi panas. Energi panas inilah yang membantu proses keluarnya minyak atsiri dari bahan tanaman atau *sample*. Daya *microwave* yang digunakan dalam proses ekstraksi dengan metode *microwave hydrodistillation* dan *solvent-free microwave extraction* sangat terkait dengan temperatur proses, dimana semakin besar daya yang digunakan maka temperatur sistem pada proses ekstraksi akan semakin cepat mencapai titik didih dari air. Air yang dimaksud pada kalimat sebelumnya berbeda untuk tiap variabel kondisi bahan. Pada ekstraksi dengan metode *microwave hydrodistillation* dan metode *solvent-free microwave extraction* terdapat adanya pelarut dan air in situ yang terdapat dalam bawang putih. Dengan semakin cepatnya mencapai titik didih dari air inilah yang akhirnya menyebabkan meningkatnya perolehan *yield* minyak atsiri hingga mencapai kondisi *insignificant*. Selain itu pada ekstraksi dengan metode *microwave hydrodistillation* dan *solvent-free microwave extraction*, daya *microwave* juga berperan sebagai *driving force* untuk memecah struktur membran sel tanaman sehingga minyak dapat terdifusi keluar dan larut dalam pelarut. Sehingga penambahan daya *microwave* secara umum akan meningkatkan *yield* dan mempercepat waktu ekstraksi (Liang *et al.*, 2008). Pada penelitian ini secara umum dapat dilihat bahwa daya *microwave* yang paling baik untuk menghasilkan *yield* minyak atsiri bawang putih yang optimum adalah 600 W untuk metode *microwave hydrodistillation* dan 450 W dengan menggunakan metode *solvent-free microwave*.



(a)



(b)

Gambar IV.3 Pengaruh daya *microwave* terhadap *yield* minyak atsiri bawang putih antara (a) *microwave hydrodistillation* (rasio F/S 0,25 g/ml dan 6 cacahan) dan (b) *solvent-free microwave extraction* (F/D 0,10 g/ml dan 6 cacahan)

Berdasarkan Gambar IV.3 di atas, terlihat bahwa secara garis besar terlihat bahwa ekstraksi dengan metode *microwave hydrodistillation* dan *solvent-free microwave extraction*, daya *microwave* yang paling efektif menghasilkan *yield* tertinggi berturut-turut yaitu pada daya 600 W dan 450 W.

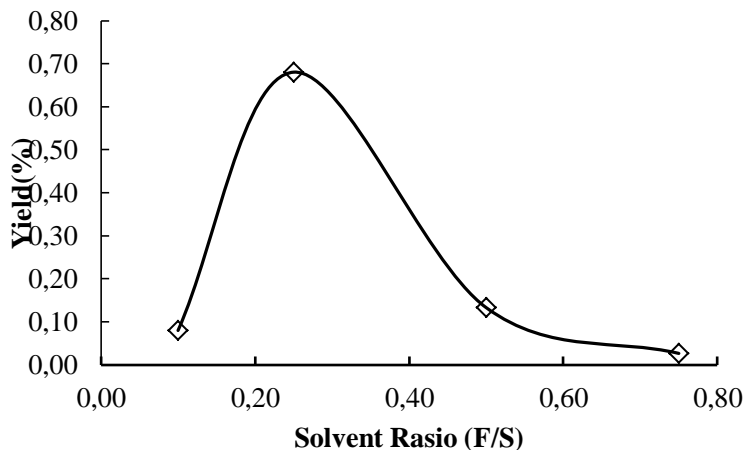
Akan tetapi dari Gambar IV.3 secara umum juga dapat dilihat bahwa ekstraksi yang dilakukan pada daya 800 W dengan metode *microwave hydrodistillation* dan pada daya 600 W dengan metode *solvent-free microwave extraction* dihasilkan *yield* yang lebih rendah apabila dibandingkan dengan daya yang lebih kecil. Salah satu faktor yang mungkin dapat menyebabkan berkurangnya atau menurunnya *yield* adalah terjadinya degradasi pada bahan dan komponen minyak atsiri. Hal ini didukung oleh penelitian yang telah dilakukan oleh Song *et al.* (2011). Dimana Song *et al.* (2011) telah melakukan ekstraksi menggunakan metode *microwave-assisted extraction* dari daun ubi jalar segar (*Ipomoea batatas*) berukuran cacah dengan rasio F/S sebesar 30 ml/g selama 90 detik diperoleh *recovery* sebesar 50,1% untuk daya *microwave* 450 W dan 49,8% untuk daya *microwave* 600 W. Dari data tersebut diketahui bahwa terjadi penurunan *recovery* karena digunakan daya *microwave* yang lebih besar yaitu 600 W. Dimana penggunaan daya *microwave* yang tinggi menyebabkan thermal degradasi dari phenol.

IV.2.4 Pengaruh Rasio antara Massa Bahan Baku dengan Volume Solvent terhadap Yield Minyak Atsiri Bawang Putih

Pembahasan mengenai rasio antara bahan baku yang akan diekstrak dengan pelarut dan kapasitas alat destilasi (*distiller*) ini bermanfaat nantinya untuk proses *scale up* alat, yang aplikasinya untuk menentukan perbandingan bahan baku yang akan diekstrak dengan pelarut dan kapasitas volume alat destilasi (ketel suling) yang dapat digunakan agar diperoleh *yield* yang maksimal. Mengingat salah satu faktor yang menyebabkan berkurangnya

yield minyak atsiri seiring dengan semakin besarnya rasio antara bahan baku yang akan diekstrak dengan pelarut adalah faktor kepadatan bahan, yang merupakan rasio antara massa bahan dan kapasitas volume labu *distiller* yang digunakan. Faktor rasio ini terkait dengan seberapa padatnya (banyaknya) kondisi bahan baku yang dimasukkan dalam labu destilasi (*distiller*), sehingga proses ekstraksi dan penguapan minyak bisa berjalan secara sempurna.

Rasio antara massa bahan baku dengan *volume solvent* merupakan salah satu parameter penting yang perlu dioptimasi. Secara garis besar pada ekstraksi minyak atsiri bawang putih menggunakan metode *microwave hydrodistillation* menunjukkan bahwa semakin banyak bahan baku yang digunakan, maka massa minyak atsiri bawang putih yang diperoleh akan semakin meningkat. Namun banyaknya massa bahan baku dan besarnya minyak atsiri bawang putih yang didapat, tidak selalu berkorelasi positif dengan peningkatan *yield* minyak atsiri bawang putih yang diperoleh. Hal ini disebabkan karena *yield* minyak atsiri bawang putih dipengaruhi oleh faktor rasio antara massa minyak atsiri bawang putih yang diperoleh dan massa bahan baku awal. Profil *yield* minyak atsiri bawang putih yang diperoleh terhadap rasio antara massa bahan baku dengan *volume solvent* dari metode *microwave hydrodistillation* yang digunakan dapat dilihat pada Gambar IV.4.



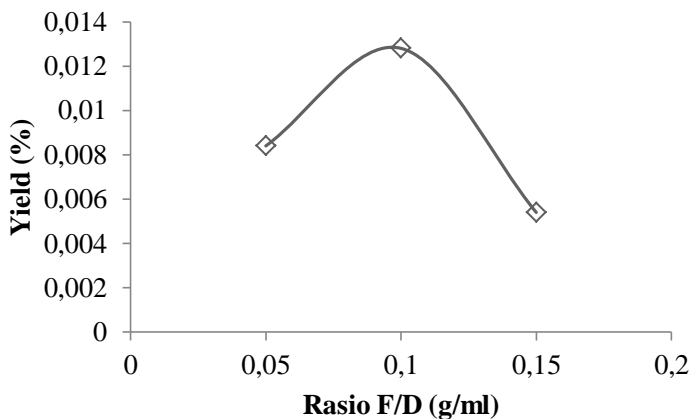
Gambar IV.4 Pengaruh rasio antara massa bahan baku dengan *volume solvent* terhadap *yield* minyak atsiri bawang putih yang diperoleh menggunakan metode *microwave hydrodistillation* bawang putih 6 cacahan dengan daya 600 W

Berdasarkan Gambar IV.4 terlihat bahwa *yield* tertinggi pada ekstraksi minyak atsiri bawang putih menggunakan metode *microwave hydrodistillation* terdapat pada rasio 0,25 g/mL. Apabila pada ekstraksi minyak atsiri bawang putih menggunakan metode *microwave hydrodistillation* digunakan rasio yang lebih besar dari 0,25 g/mL, maka *yield* yang diperoleh menjadi lebih kecil. Adanya penurunan *yield* minyak atsiri bawang putih yang diperoleh dengan metode *microwave hydrodistillation* seiring dengan semakin besarnya rasio antara bahan baku yang akan diekstrak dengan pelarut (rasio antara bawang putih dengan akuades yang lebih besar dari 0,25 g/mL). Hal ini disebabkan oleh jumlah air dalam *distiller* pada proses ekstraksi minyak atsiri bawang putih dengan metode *microwave hydrodistillation*. Jumlah rasio antara massa bahan dengan *solvent* yang digunakan sangat berpengaruh dalam perolehan *yield* minyak bawang putih. Jumlah *solvent* yang berada dalam labu *distiller* memiliki jumlah yang sama pada setiap proses ekstraksi minyak atsiri bawang

putih yaitu sebesar 100 ml. Sedangkan massa bahan yang digunakan mengalami peningkatan setiap proses ekstraksi minyak atsiri bawang putih. Perbandingan rasio antara massa bahan yang memiliki kenaikan dengan jumlah *solvent* yang sama inilah yang menyebabkan menurunnya *yield*.

IV.2.5 Pengaruh Rasio antara Massa Bahan Baku dengan *Volume Distiller* terhadap *Yield* Minyak Atsiri Bawang Putih

Pada penelitian ini massa bahan yang digunakan untuk adalah 50, 100 dan 150 gram pada masing-masing variabel ukuran. Massa bahan ini akan mempengaruhi rasio massa bahan per *volume distiller*. Adapun pengaruh massa bahan per *volume distiller* pada *yield* dapat dilihat pada Gambar IV.5.



Gambar IV.5 Pengaruh rasio massa bahan baku dengan *volume distiller* terhadap *yield* menggunakan metode *solvent-free microwave extraction* dengan daya 450 W dan 6 cacahan

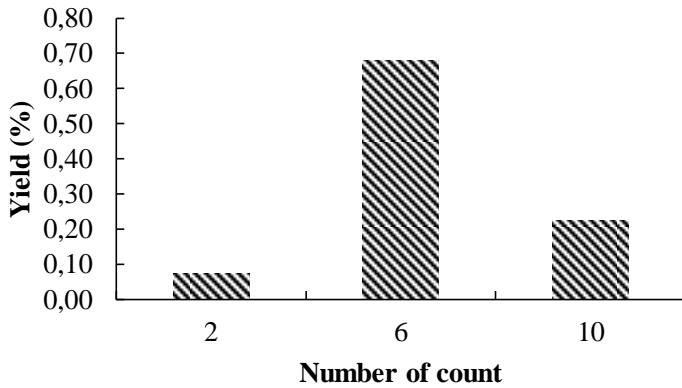
Berdasarkan Gambar IV.5 terlihat bahwa *yield* tertinggi pada ekstraksi minyak atsiri bawang putih menggunakan metode *solvent-free microwave extraction* terdapat pada rasio 0,10 g/ml. Apabila pada ekstraksi minyak atsiri bawang putih menggunakan

metode *solvent-free microwave extraction* digunakan rasio yang lebih besar dari 0,10 g/mL, maka *yield* yang diperoleh menjadi lebih kecil. Penurunan *yield* yang terjadi pada rasio F/D yang lebih besar dari 0,10 g/ml disebabkan karena penataan bahan yang terlalu rapat. Hal ini yang memungkinkan menyebabkan minyak atsiri bawang putih pada rasio F/D yang lebih besar dari 0,10 g/ml menjadi lebih susah berdifusi, sehingga *yield* yang diperoleh menjadi lebih kecil jika dibandingkan dengan rasio F/D 0,10 g/ml.

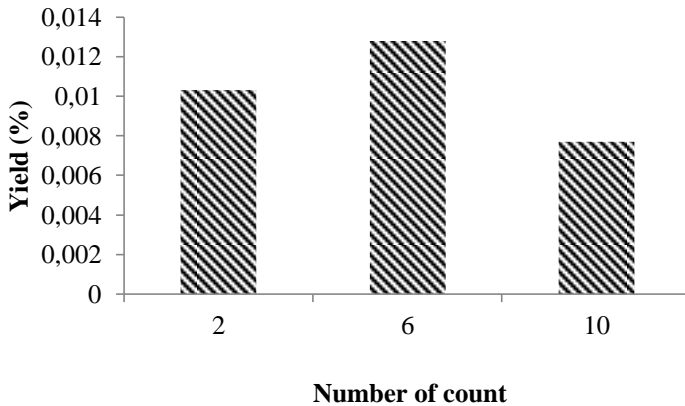
Faktor kepadatan yaitu massa bahan baku bawang putih yang digunakan sudah terlampaui banyak (padat) dan hampir memenuhi labu *distiller*. Dimana hal ini mengakibatkan uap menjadi sulit berpenetrasi dalam bahan untuk membawa molekul minyak atsiri terdifusi keluar dari bahan. Tingkat kepadatan bahan berhubungan erat dengan besar ruangan antar bahan. Kepadatan bahan yang terlalu tinggi dan tidak merata dapat menyebabkan terbentuknya jalur uap “*rat holes*” yang dapat menurunkan *yield* dan mutu minyak atsiri (Guenther, 1990). Selain itu dengan semakin tingginya kepadatan bahan juga akan mengakibatkan laju penyulingan atau penguapan minyak atsiri akan menjadi semakin lambat. Hal ini dikarenakan terhambatnya ruang gerak uap untuk bisa menguap menuju kondensor, yang akhirnya menyebabkan berkurangnya *yield* minyak atsiri bawang putih yang diperoleh dan menurunkan efisiensi penyulingan.

IV.2.6 Pengaruh Ukuran Bahan Baku terhadap Yield Minyak Atsiri Bawang Putih

Pada penelitian ini ukuran bahan yang digunakan untuk bawang putih adalah 2 cacahan, 6 cacahan, dan 10 cacahan. Adapun pengaruh ukuran bahan terhadap *yield* terhadap *yield* minyak atsiri bawang putih yang diekstraksi menggunakan metode *microwave hydrodistillation* dan *solvent-free microwave extraction* dapat dilihat pada Gambar IV.6.



(a)



(b)

Gambar IV.6 Pengaruh ukuran bahan baku terhadap *yield* minyak atsiri bawang putih antara (a) *microwave hydrodistillation* (rasio F/S 0,25 g/ml dan daya 600 W) dan (b) *solvent-free microwave extraction* (rasio F/D 0,10 g/ml dan daya 450 W)

Berdasarkan Gambar IV.6 terlihat bahwa untuk metode *microwave hydrodistillation*, ukuran bahan yang menghasilkan

yield tertinggi pada rasio F/S 0,25 g/ml dan daya 600 W adalah 6 cacahan. Pada ekstraksi minyak atsiri bawang putih dengan metode *solvent-free microwave extraction*, ukuran bahan yang menghasilkan *yield* tertinggi dengan rasio F/D 0,10 g/ml dan daya 450 W adalah 6 cacahan. Pada kedua metode, ukuran bahan yang menghasilkan *yield* tertinggi adalah dengan ukuran 6 cacahan. Pada ukuran bahan yang lebih kecil, *yield* minyak atsiri yang dihasilkan mengalami penurunan, hal ini dikarenakan adanya pengaruh kadar air bahan. Bawang putih dengan 10 cacahan memiliki ukuran yang lebih kecil, sehingga jumlah kadar air juga lebih sedikit dibandingkan variabel ukuran yang lain. Hal ini mengakibatkan bahan yang terekstrak mudah hangus atau terbakar, sehingga bahan tidak dapat terekstrak dengan sempurna. Hal ini terjadi karena proses pencacahan menyebabkan kelenjar minyak dapat menjadi terbuka sebanyak mungkin. Selain itu dengan adanya proses pencacahan, ukuran ketebalan bahan tanaman di tempat terjadinya difusi akan berkurang. Sehingga ketika dilakukan ekstraksi, laju penguapan minyak atsiri dari bahan tanaman menjadi cukup cepat (Guenther, 1987).

IV.3 Hasil Analisa Properti Kimia Minyak Atsiri Bawang Putih

Dalam penentuan kualitas dari minyak atsiri bawang putih yang diperoleh dengan menggunakan metode *microwave hydrodistillation* dan *solvent-free microwave extraction*, maka perlu dilakukan pengujian terhadap sifat kimia dari minyak atsiri bawang putih yang telah diperoleh tersebut. Pengujian terhadap sifat kimia dari minyak atsiri bawang putih dapat dilakukan dengan cara mengidentifikasi komposisi senyawa yang terdapat pada minyak atsiri bawang putih menggunakan GC-MS. Selain dapat digunakan untuk memperoleh gambaran tentang kualitas dari minyak atsiri, dengan cara membandingkan hasil analisa sifat kimia dengan data standar mutu ini juga dapat digunakan untuk mengetahui ada atau tidaknya pemalsuan terhadap minyak atsiri (Guenther, 1990).

Untuk mengetahui komponen-komponen yang terkandung dalam suatu minyak atsiri digunakanlah analisa GC-MS (*Gas Chromatography–Mass Spectrometry*). Dengan analisa ini selain digunakan untuk mengetahui komponen yang terkandung dalam minyak atsiri juga dapat digunakan untuk mengetahui kadar untuk setiap komponennya.

Seperti yang ditunjukkan pada Tabel IV.2 dan Tabel IV.3 pada minyak atsiri dari bawang putih, jumlah komponen yang terkandung dengan ekstraksi menggunakan metode *microwave hydrodistillation* sebanyak 12 komponen, sedangkan dengan menggunakan metode *solvent-free microwave hydrodistillation* sebanyak 23 komponen. Bertambahnya jumlah komponen pada metode *solvent-free microwave hydrodistillation* ini disebabkan karena tidak adanya pelarut yang ditambahkan sehingga kenaikan suhu terjadi lebih cepat dan bahan juga mudah terdegradasi. Hal ini didukung penelitian oleh Turek *et al.*, (2013) yang menyatakan bahwa kemungkinan adanya reaksi konversi pada minyak atsiri seperti proses isomerisasi, oksidasi, dehidrogenasi, polimerisasi, dan *thermal rearrangements* yang semuanya dapat terjadi oleh karena adanya panas, cahaya, serta udara (Turek *et al.*, 2013). Komponen tertinggi untuk minyak atsiri bawang putih dengan metode *microwave hydrodistillation* adalah *n-Heneicosane* 67,940%, sedangkan dengan metode *solvent-free microwave hydrodistillation* adalah *Eicosane* 49,133%. Pada penelitian oleh Satyal (2017), komponen *Diallyl disulphide* pada minyak atsiri bawang putih yang dihasilkan sebanyak 1,4% menggunakan metode *steam distillation*, sedangkan pada penelitian ini memiliki komponen *Diallyl disulphide* yang lebih tinggi, yaitu sebanyak 1,735%.

Komponen-komponen yang terkandung dalam minyak atsiri tersebut dapat digolongkan menjadi beberapa senyawa yaitu *monoterpenes*, *oxygenated monoterpenes*, *sesquiterpenes*, *oxygenated sesquiterpenes*, *other compounds*, dan *other oxygenated compounds*. Dimana komponen *oxygenated compound* lebih berpengaruh pada aroma minyak atsiri

dibandingkan dengan senyawa *monoterpene*. Pada penelitian ini, berdasarkan uji GC-MS diketahui jumlah *oxygenated compound* pada minyak atsiri bawang putih dengan metode *microwave hydrodistillation* sebanyak 0,662%, sedangkan dengan metode *solvent-free microwave extraction* sebanyak 16,35%. Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa dengan metode *solvent-free microwave extraction* minyak atsiri bawang putih memiliki keunggulan yaitu memiliki kadar *oxygenated compound* paling besar sehingga aroma minyak yang dihasilkan lebih baik. Beberapa hal yang mempengaruhi kadar *oxygenated compound* yaitu, terjadi pengurangan efek thermal dan hydrolytic pada metode *solvent-free microwave extraction* jika dibandingkan dengan metode *microwave hydrodistillation* yang membutuhkan waktu dan energi yang besar (Ferhat *et al.*, 2007) dan perbedaan karakteristik setiap bahan (Figueiredo, *et al.*, 2008; Schmidt, 2010).

Berdasarkan hasil penelitian, *yield* yang diperoleh dengan metode *microwave hydrodistillation* sebesar 0,6804%, sedangkan dengan metode *solvent-free microwave extraction* diperoleh *yield* sebesar 0,0054%. Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa dengan metode *microwave hydrodistillation* minyak atsiri bawang putih memiliki keunggulan yaitu dapat memperoleh *yield* yang lebih tinggi daripada metode *solvent-free microwave extraction*, tetapi aroma minyak yang dihasilkan masih kurang baik jika dibandingkan metode *solvent-free microwave extraction*.

Tabel IV.1 Komponen-Komponen yang Terkandung dalam Minyak Atsiri Bawang Putih dengan metode *microwave hydrodistillation* (Rasio 0,25 g/mL, Ukuran 6 cacahan, dan Daya 600 W) berdasarkan Analisa GC-MS

No	Compound	R.T. (min)	% Area
	<i>Sesquiterpenes</i>		
1	β -Elemene	8,243	0,128
2	β -Caryophyllen	8,814	0,448
3	α -Guaiene	9,089	2,337

4	Seychellene	9,349	2,081
5	α -Caryophyllene	9,502	0,107
6	β -Guaiene	9,735	0,342
7	Guaia-4,11-diene	10,459	0,395
8	δ -Guaijene	10,639	2,028
	<i>Other compounds</i>		
9	n-Heneicosane	23,295	67,940
10	n-Heptadecane	23,363	23,533
	<i>Other oxygenated compounds</i>		
11	Benzyl alcohol	8,698	0,203
12	1,2-Octadecanediol	17,43	0,459
	<i>Sesquiterpenes</i>	7,866	
	<i>Other Compounds</i>	91,473	
	<i>Other Oxygenated Compound</i>	0,662	
	<i>Yield</i>	0,6804	

Tabel IV.2 Komponen-Komponen yang Terkandung dalam Minyak
 Atsiri Bawang Putih dengan metode *solvent-free microwave*
hydrodistillation (Rasio 0,10 g/mL, Ukuran 6 cacahan, dan Daya 450
 W) berdasarkan Analisa GC-MS

No	Compound	R.T. (min)	% Area
	<i>Monoterpenes</i>		
1	α -pinene	2,542	0,645
2	β -pinene	2,912	0,417
	<i>Sesquiterpenes</i>		
3	β -Caryophyllene	8,814	1,412
4	α -Guaiaene	9,089	7,476
5	Seychellene	9,349	6,790
6	Aromadendrene	9,740	0,914
7	δ -Guaijene	10,639	7,073
	<i>Oxygenated sesquiterpenes</i>		
8	Guaiac alcohol	10,459	1,560

	<i>Other compounds</i>		
9	Diallyl disulphide	3,970	1,735
10	Trimethylene trisulfide	5,044	0,982
11	4-Fluoro-o-xylene	5,149	1,398
12	Naphthalene	5,409	1,156
13	Isobutylamine	6,572	0,955
14	1,1-cyclobutanedimethanamine, N,N'-dimethyl-	6,688	1,358
15	1,2,4,6-Tetrathiepane	8,032	1,197
16	2-Dimethylaminopyrimidine	8,693	1,008
17	Eicosane	13,442	49,133
	<i>Other oxygenated compounds</i>		
18	Cyclotetrasiloxane	2,806	2,609
19	(+,-)-6,7,8,14-tetrahydro- 4,5.alpha.-epoxy-3,6- dimethoxymorphian-17-carboxylic acid methyl ester	4,594	0,403
20	Benzeneneethanamine, N,N- bis(trimethylsily)-beta.,3,4- tris[(trimethylsily)oxy]- (R)-	8,238	0,551
21	2H-Pyran-2-one, 3,6-dihydro-3- methyl-	8,693	1,008
22	N,N-Dimethyl-dimethylphosphoric amide	9,507	0,296
23	2-Furanmethanol	17,980	9,923
	<i>Monoterpenes</i>	1,06	
	<i>Sesquiterpenes</i>	25,23	
	<i>Oxygenated Sesquiterpenes</i>	1,56	
	<i>Other Compounds</i>	58,92	
	<i>Other Oxygenated Compound</i>	14,79	
	<i>Yield</i>	0,0128	

Berdasarkan hasil analisa GC-MS didapatkan peranan senyawa yang terdapat pada kandungan minyak atsiri bawang putih antara lain :

1. β -Elemene memiliki efek anti-proliferasi terhadap beberapa jenis sel kanker
2. β -Caryophyllen, α -Caryophyllene mengobati peradangan dan mengurangi keparahan peradangan usus besar, yang sebagian mencegah kerusakan usus dan penurunan berat badan dan salah satu senyawa kimia yang berkontribusi pada pedasnya lada hitam
3. α -Guaiene, β -Guaiene dan δ -Guaijene digunakan dalam industri wewangian dan penyedap untuk menghasilkan aroma dan selera yang bersahaja, digunakan pada industri wewangian dan penyedap untuk menghasilkan aroma dan selera
4. n-Heneicosane menghasilkan aroma pengusir nyamuk.
5. α -pinene berfungsi sebagai anti-inflamasi dan menjadi antimikroba
6. β -pinene berfungsi Menunjukkan aktivitas mikrobisida yang dipamerkan terhadap semua jamur dan bakteri,menghambat aktivitas fosfolipase dan esterase
7. Diallyl disulphide, Trimethylene trisulfide berfungsi sebagai senyawa anti kanker dan Aroma kuat untuk mengusir tikus dan serangga

IV.4 Permodelan Kinetika pada Ekstraksi Minyak Atsiri Bawang Putih dengan Metode *Microwave Hydrodistillation* dan *Solvent-Free Microwave Extraction*

Pada ekstraksi minyak atsiri bawang putih menggunakan metode *microwave hydrodistillation* dan *solvent-free microwave extraction*, dapat dilihat bahwa *yield* minyak atsiri bawang putih yang diperoleh akan meningkat secara cepat di awal dan kemudian akan semakin menurun seiring dengan semakin lamanya waktu ekstraksi. Perubahan *yield* minyak atsiri bawang putih yang diperoleh dapat ditunjukkan dengan cara membuat

plot antara *yield* dengan waktu ekstraksi. Hal ini selanjutnya digunakan untuk mengetahui serta mempelajari model kinetika pada ekstraksi minyak atsiri bawang putih menggunakan metode *microwave hydrodistillation* dan *solvent-free microwave extraction*.

Proses ekstraksi minyak atsiri bawang putih dapat dimodelkan dengan permodelan kinetika ekstraksi orde satu (*first order*).

$$\frac{dC_t}{dt} = k_1(C_s - C_t)$$

Permodelan ini diterapkan untuk memprediksi laju ekstraksi dan *equilibrium capacity*. Hal ini dikarenakan model tersebut merupakan yang paling cocok diidentifikasi menggunakan analisisa statistik.

Selain permodelan kinetika *first order* juga diterapkan model kinetika ekstraksi yang berbeda untuk menggambarkan kinetika proses ekstraksi minyak atsiri bawang putih menggunakan metode *microwave hydrodistillation* dan *solvent-free microwave extraction*.

Model matematis adalah alat rekayasa yang berguna untuk memfasilitasi simulasi, optimasi, desain, dan kontrol proses serta berkontribusi pada pemanfaatan energi, waktu, bahan mentah, dan pelarut yang digunakan. Permodelan kinetik yang digunakan sebagai pembanding adalah *Peleg's model* dan *Logarithmic model* untuk menguji pengaruh pelarut pada hasil ekstraksi minyak atsiri bawang putih, dan pengaruh suhu pada kinetika ekstraksi.

$$\text{Peleg's Model, } c(t) = \frac{t}{K_1 + K_2 t}$$

dimana, $c(t)$ = konsentrasi total minyak atsiri pada waktu t
 t = waktu ekstraksi
 K_1 = *Peleg's rate constant*
 K_2 = *Peleg's capacity constant*

Logarithmic Model, $c(t) = a \log t + b$

dimana, $c(t)$ = konsentrasi total minyak atsiri pada waktu t
 t = waktu ekstraksi
 a, b = *Logarithmic model constant*

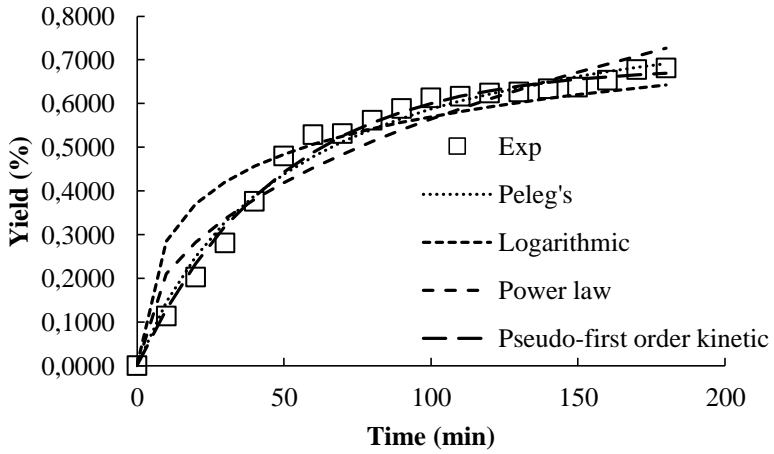
Permodelan kinetik lainnya yang digunakan sebagai pembandingan adalah *Power law model*. Permodelan ini diharapkan dapat menganalisis kurva kinetika ekstraksi padat-cair dan menentukan koefisien difusi yang efektif dalam *solid*.

$$c(t) = Bt^n$$

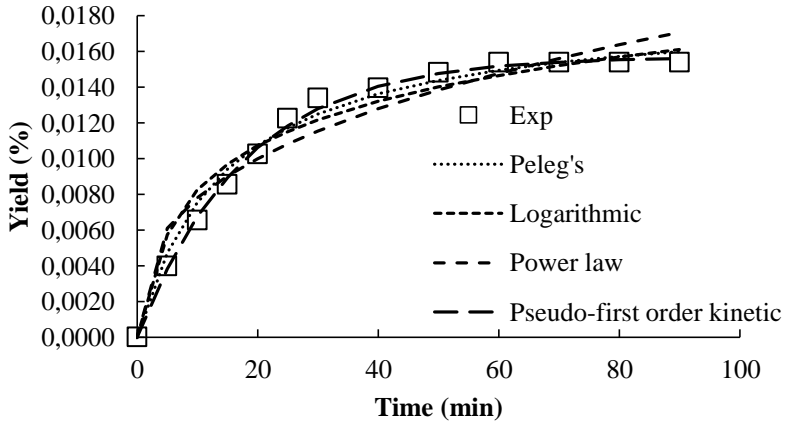
Seperti halnya *Peleg's model*, permodelan kinetik *Power law* juga berdasarkan atas *Fick's Law* yang merupakan permodelan empiris. Penggunaan *Fick's law* dalam permodelan ekstraksi dikarenakan telah terbukti keakuratan penggunaannya dalam mengimplemantasikan kurva ekstraksi.

Tabel IV.3 Linierisasi model kinetika dari ekstraksi minyak atsiri bawang putih yang diperoleh dengan metode *microwave hydrodistillation* dan *solvent-free microwave extraction*

Metode Ekstraksi	Model Kinetika							
	<i>Peleg's Model</i>		<i>Logarithmic Model</i>		<i>Power Law</i>		<i>First Order Kinetic</i>	
<i>Microwave Hydrodistillation</i>	K_1	719,6652	a	0,0228	B	0,0062	C_s	0,0549
	K_2	14,0666	b	0,0000	N	0,4298	K_1	0,0208
	R^2	0,9831	R^2	0,9681	R^2	0,9412	R^2	0,9912
<i>Solvent-Free Microwave Extraction</i>	K_1	2240,5914	a	0,0029	B	0,0012	C_s	0,0055
	K_2	153,1279	b	0,0000	N	0,3552	K_1	0,0562
	R^2	0,9869	R^2	0,9557	R^2	0,9403	R^2	0,9968



(a)



(b)

Gambar IV.7 Perbandingan antara model kinetika dengan hasil eksperimen pada ekstraksi minyak nilam yang diperoleh dengan metode: (a) *microwave hydrodistillation* (rasio F/S 0,25 g/ml, daya 600 W, 6 cacahan) dan (b) *solvent-free microwave extraction* (rasio F/D 0,10 g/ml, daya 450 W, 6 cacahan)

Berdasarkan pendekatan keempat model dengan data hasil penelitian, didapatkan nilai R^2 (*coefficient of determination*) tertinggi, yaitu model dengan nilai error yang terkecil. Pada metode ekstraksi *microwave hydrodistillation* didapatkan R^2 (*coefficient of determination*) tertinggi adalah 0,9912 dengan model *first-order kinetic*. Sedangkan pada metode ekstraksi *solvent-free microwave extraction*, didapatkan nilai R^2 (*coefficient of determination*) tertinggi dengan model *first-order kinetic* sebesar 0,9968. Hal ini dapat disimpulkan bahwa *first-order kinetic* memiliki nilai error yang kecil dan baik digunakan untuk permodelan ekstraksi minyak atsiri bawang putih dengan metode *microwave hydrodistillation* dan metode *solvent-free microwave extraction*.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

V.1 Kesimpulan

1. Ekstraksi menggunakan metode *microwave hydrodistillation* menghasilkan *yield* yang lebih tinggi 98,12% dari metode *solvent-free microwave extraction*
2. Adapun pengaruh metode ekstraksi, lama waktu ekstraksi terhadap *yield* minyak bawang putih antara lain:
 - a. Ekstraksi minyak bawang putih menggunakan metode *microwave hydrodistillation* secara umum menghasilkan *yield* yang lebih besar dibandingkan dengan metode *solvent-free microwave extraction*.
 - b. Semakin lama waktu ekstraksi, maka *yield* yang dihasilkan akan semakin meningkat.
3. Kondisi operasi optimal untuk ekstraksi minyak bawang putih dengan menggunakan metode *microwave hydrodistillation* dan *solvent-free microwave extraction* :
 - a. Untuk ekstraksi bawang putih menggunakan metode *microwave hydrodistillation*, kondisi operasi optimal diperoleh ketika menggunakan daya *microwave* 600 W, ukuran bahan 6 cacahan, dan rasio massa bahan baku terhadap *volume solvent* 0,25 g/ml diperoleh *yield* sebesar 0,6804%.
 - b. Untuk ekstraksi bawang putih menggunakan metode *solvent-free microwave extraction* kondisi operasi optimal diperoleh ketika menggunakan daya *microwave* 450 W, ukuran bahan 6 cacahan, dan rasio massa bahan baku terhadap *volume distiller* 0,1 g/ml diperoleh *yield* sebesar 0,0128%.
4. Hasil analisa kimia minyak bawang putih hasil ekstraksi menggunakan metode *microwave hydrodistillation* dan *solvent-free microwave extraction* berdasarkan hasil analisa GC-MS adalah :

Untuk ekstraksi dengan bawang putih menggunakan metode *microwave hydrodistillation* didapatkan komponen terbesar adalah n-Heneicosane sebesar 67,94%.

Untuk ekstraksi dengan bahan bawang putih menggunakan metode *microwave hydrodistillation* :didapatkan komponens terbesar adalah Eicosane sebesar 49,13%

V.2 Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut pada ekstraksi minyak bawang putih.
2. Sebaiknya dilakukan ekstraksi minyak bawang putih dengan metode lain dan membandingkannya dengan penelitian yang telah dilakukan.
3. Sebaiknya dilakukan pencacahan menggunakan alat mekanik agar ukuran seragam.

DAFTAR PUSTAKA

- Arisandi, Yohana dan Andriani, Yovita. 2008. Khasiat Tanaman Obat. Jakarta: Pustaka Buku Murah.
- Asghari, J., Touli, C. K., Mazaheritehrani, M., dan Maghdasi, M. 2012. *Comparison of the Microwave-Assisted Hydrodistillation with the Traditional Hydrodistillation Method in the Extraction of Essential Oils from Ferulago angulata (Schelcht.) Boiss.* European Journal of Medicinal Plants 2(4):hal. 324-334.
- Chemat, F. 2008. *Microwave Assisted Separations : Green Chemistry in Action.* New York : Nova Science Publishers.
- Djafar, F., Supardan, M.D., Gani, A., 2010, Pengaruh ukuran partikel, SF rasio dan waktu proses terhadap rendemen pada hidrodistilasi minyak jahe. *Hasil Penelitian Industri*, 23, 48.
- Eskillsson, C.S., Bjourklund, E., 2000, Analytical-scale microwave-assisted extraction, *Journal of Chromatography A*, 902(1), 227-250.
- Faradiba, S., 2014. Efektivitas Bawang Putih (*Allium sativum* L.) dalam Menghambat Pertumbuhan Bakteri *Staphylococcus epidermis*.
- Ferhat, M.A., Meklati, B.Y., dan Chemat, F. 2007. Comparison of Different Isolation Methods of Essential Oil from Citrus Fruits: Cold Pressing, Hydrodistillation and Microwave Dry Distillation. *Flavour and Fragrance Journal*, 22, 494-504.
- Figueiredo, A.C., Barroso, J.G., Pedro, L.G., Scheffer, J.J.C., 2008, Factor affecting secondary metabolite production in plants: volatile components and essential oils, *Flavour Fragr J* 23, 213-26.
- Foskolos, A. et al., 2015. The Effects of A Garlic Oil Chemical Compound, Propyl-propane thiosulfonate, on Ruminant Fermentation and Fatty Acid Outflow in A Dual-Flow

- Continuous Culture System. *Journal of Dairy Science*, 98(8).
- Golmakani, Mohammad-Taghi dan Moayyedi, Mahsa. 2015. "Comparison of heat and mass transfer of different microwave- assisted extraction methods of essential oil from Citrus limon (Lisbon variety) peel". *Food Science & Nutrition*.
- Guenther, E. 1987. *Minyak Atsiri Jilid I*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Guenther, E. 1990. *Minyak Atsiri, Jilid IVB*. diterjemahkan oleh Ketaren. Jakarta: UIPress.
- Hernawan, U. E., 2003. Organosulphure Compound of Garlic (*Allium sativum* L.) and Its Biological Activities.
- Katata, L., 2017. Application of Taguchi Method to Optimize Garlic Essential Oil Nanoemulsions. *Journal of Molecular Liquids*, pp. 279-284.
- Kumar, C. et al., 2018. Microwave Assisted Extraction of Oil from Pongamia pinnata Seeds. pp. 2960-2964.
- Kusuma, H.S. 2016. Ekstraksi Minyak Atsiri dari Kayu Cendana (*Santalum album*) dan Daun Nilam (*Pogostemon cablin Benth*) dengan Menggunakan Metode *Microwave Hydrodistillation* dan *Microwave Air-Hydrodistillation*. Thesis, Teknik Kimia FTI, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Liang, H., Hu, Z., Cai, M., 2008., Desirability function approach for the optimization of microwave-assisted extraction of saikosaponins from *Radix bupleuri*. *Separation and Purification Technology*, 61(3), 266-275.
- Lim, S. J. et al., 2014. Determination of Dimethyl Disulfide, Diallyl Disulfide, and Diallyl Trisulfide in Biopesticides Containing *Allium Sativum* Extract by Gas Chromatography. *Korean Journal of Environmental Agriculture*, pp. 381-387.
- Rafe, A. & Nadjafi, M. S., 2014. Physicochemical Characteristics of Garlic (*Allium sativum* L.) oil: Effect of Extraction

- Procedure. *International Journal of Nutrition and Food Sciences*, pp. 1-5.
- Raynie, D.E. 2000. Extraction, In: *Encyclopedia of Separation Science*, eds. Wilson I.D., Adlard E.R., Cooke M., dan Poolie C.F., Academic Press, San Diego.
- Santos, T., Valente, M.A., Monteiro, J., Sousa, J., Costa, L.C., 2011, Elctromagnetic and thermal history during microwave heating. *The Journal of Applied Thermal Engineering*, 31, 3255-3261.
- Satyah, P., Craft, J. D., Dosoky, N. S. & Setzer, W. N., 2017. The Chemical Compositions of the Volatile Oils.
- Schmitt, E. 2010. Production of essential oils. In Baser, K.H., Buchbauer, G. editor. *Handbook of essential oils. Science, technology, and applications*. Boca Raton, Fla.: CRC Press. 83-119.
- Septiana, A. T. & Asnani, A., 2012. Kajian Sifat Fisikokimia Ekstrak Rumput Laut Coklat Sargassum duplicatum Menggunakan Berbagai Pelarut dan Metode Ekstraksi. *AGROINTEK*, 6(1), pp. 22-28.
- Song, J., Li, D., Liu, C., Zhang, Y., 2011, Optimized microwaveassisted extraction of total phenolics (TP) from Ipomoea batatas leaves and its antioxidant activity, *Innovative Food Science and Emerging Technology*, 12, 282-287.
- Sutarmin & Banin, Q. A., 2017. Upaya Peningkatan Daya Saing dan Peluang “Disruptive Innovation” UKM Minyak Nilam di Kabupaten Banyumas berdasarkan Analisis Rantai Nilai. pp. 567-582.
- Thostenson, E.T., Chou, T.W., 1999., Microwave processing : fundamentals and application. *The Journal of Composite Part A : Applied Science And Manufacturing*, 30, 1055-1071.
- Turek, C., Stintzing, F. C., 2013, Stability of essential oils: a review, *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 12.

- Valle, J. M. d., 2008. Extraction of Garlic with Supercritical CO₂ and Conventional Organic Solvent. *Brazilian Journal of Chemical Engineering* Vol. 25, No. 03, pp. 535-542.
- Wang, Y., You, J., Yu, Y., Qu, C., Zhang, H., Ding, L., 2008, Analysis of ginsenosides in *Panax Ginseng* in high pressure microwave-assisted extraction, *Food Chemistry*, 110(1), 161–167.
- Ying Li, H., Hu, Z., dan Cai, M. 2013. *Desirability Function Approach for the Optimization of Microwave-assisted Extraction of Saikosaponins from Radix bupleuri*, Separation and Purification Technology, Vol. 61, No. 3, hal. 266-275.
- Zhao, C. et al., 2016. A Microwave-Assisted Simultaneous Distillation and Extraction Method for the Separation of Polysaccharides and Essential Oil from the Leaves of *Taxus chinensis* Var. *mairei*. *Applied Sciences*.

APPENDIKS A CONTOH PERHITUNGAN

Semua contoh perhitungan dari data variabel bawang putih pada metode *solvent-free microwave extraction* dengan 6 cacahan dengan rasio 0,1 terhadap *volume distiller* dengan daya microwave 450 Watt

1. Perhitungan Yield

Massa bahan	= 101,478 gram
Massa vial kosong	= 29,5205 gram
Massa vial + minyak	= 29,5249 gram
Massa minyak	= 0,0044 gram
Kadar air	= 66,25%

$$\begin{aligned} \text{yield} &= \frac{\text{massa minyak}}{\text{massa bahan}(1-x)} \times 100\% \\ &= \frac{0,0044}{101,478(1-0,6625)} \times 100\% \\ &= 0,0128\% \end{aligned}$$

APPENDIKS B DATA HASIL PENELITIAN

Tabel B.1 Data *yield* hasil percobaan menggunakan metode *microwave hydrodistillation* dengan bahan bawang putih

No	Cacahan	Rasio (g/ml)	Yield(%)			
			300	450	600	800
1	2	0,25	-	0,1883%	0,0754%	-
2		0,5	0,01161%	0,0265%	0,0193%	-
3		0,75	0,01606%	0,0639%	0,01241%	-
4	6	0,25	0,0681%	0,1775%	0,6804%	0,0177%
5		0,5	0,0452%	0,0587%	0,1329%	-
6		0,75	0,0818%	0,0262%	0,0265%	-
7	10	0,25		0,0828%	0,2256%	
8		0,5	0,0389%	0,0725%	0,3397%	
9		0,75		0,0106%		

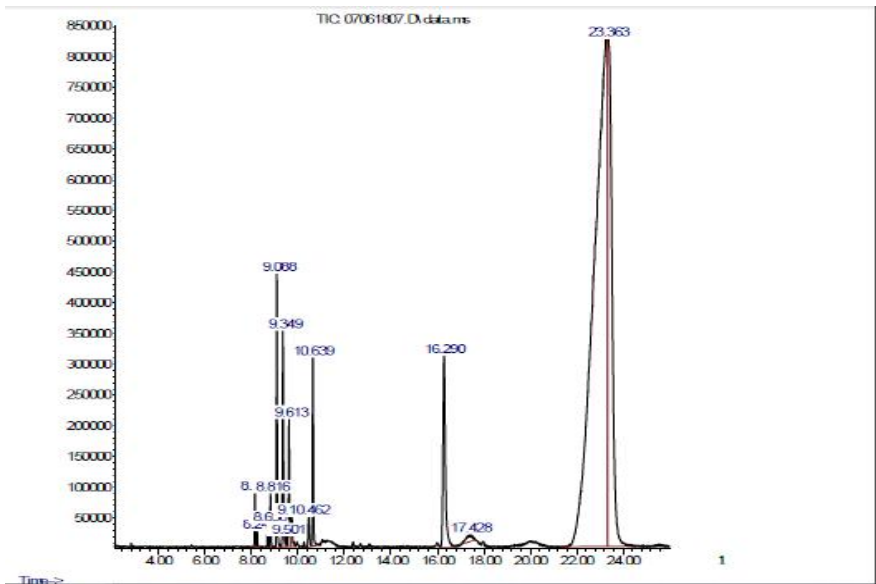
Tabel B.2 Data *yield* hasil percobaan menggunakan metode *solvent-free microwave extraction* dengan bahan bawang putih

No	Cacahan	Rasio (g/ml)	Yield(%)			
			300	450	600	800
1	2	0,05	-	0,0054%	-	-
2		0,1	0,0216%	0,0103%	0,0086%	-
3		0,15	-	0,0038%	-	-
4	6	0,05	0,0774%	0,0084%	0,0289%	-
5		0,1	0,0018%	0,0128%	0,0088%	-
6		0,15	0,0021%	0,0054%	0,0105%	-
7	10	0,05	-	0,0050%	-	-
8		0,1	0,0054%	0,0077%	0,0047%	-
9		0,15	-	0,0064%	-	-

APPENDIKS C

HASIL ANALISA KOMPONEN GC-MS

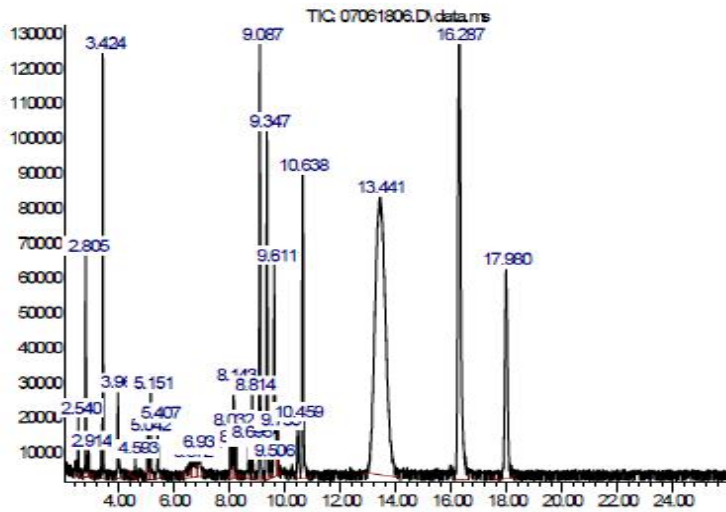
1. Hasil Analisa Komponen Minyak Bawang Putih dengan Metode *microwave hydrodistillation*



Retention time	Nama Senyawa	% Area
8,243	β -Elemene	0,12807
8,814	β -Caryophyllen	0,44824
9,089	α -Guaiene	2,33725
9,349	Seychellene	2,08111
9,502	α -Caryophyllene	0,10672
9,735	β -Guaiene	0,34152

10,459	Guaia-4,11- diene	0,39488
10,639	δ -Guaijene	2,02775
23,295	n-Heneicosane	67,9402
23,363	n-Heptadecane	23,5326
8,698	Benzyl alcohol	0,20277
17,43	1,2- Octadecanediol	0,45891

2. Hasil Analisa Komponen Minyak Atsiri Bawang Putih dengan Metode *Solventfree microwave extraction*



Retention time	Nama Senyawa	% Area
2,542	α -pinene	0,645422
2,912	β -pinene	0,416835
8,814	β -Caryophyllene	1,41186
9,089	α -Guaiaene	7,476133
9,349	Seychellene	6,790372
9,740	Aromadendrene	0,914347
10,639	δ -Guaijene	7,072744
10,459	Guaiac alcohol	1,559769
3,970	Diallyl disulphide	1,73457
5,044	Trimethylene trisulfide	0,981579
5,149	4-Fluoro-o-xylene	1,398413
5,409	Naphthalene	1,15638
6,572	Isobutylamine	0,954686
6,688	1,1-cyclobutanedimethanamine, N,N'-dimethyl-	1,358074
8,032	1,2,4,6-Tetrathiepane	1,196719
8,693	2-Dimethylaminopyrimidine	1,008471
13,442	Eicosane	49,13271
2,806	Cyclotetrasiloxane	2,608579
4,594	(+,-)-6,7,8,14-tetrahydro-4,5.alpha.-epoxy-3,6-dimethoxymorphian-17-carboxylic acid methyl ester	0,403388
8,238	Benzeneneethanamine, N,N-bis(trimethylsilyl)-beta.,3,4-tris[(trimethylsilyloxy)-(R)-	0,551298
8,693	2H-Pyran-2-one, 3,6-dihydro-3-methyl-	1,008471

9,507	N,N-Dimethyl- dimethylphosphoric amide	0,295818
17,980	2-Furanmethanol	9,923356

BIODATA PENULIS

PENULIS I



Penulis bernama Eka Putra Sanbari dilahirkan di Sumenep, tanggal 20 Juli 1995, merupakan anak pertama dari 2 bersaudara dari Bapak Saiful Bahri dan Ibu Samania. Penulis telah menempuh pendidikan di SDN Pagarbatu I pada tahun 2001-2007, SMPN 2 Saronggi pada tahun 2007-2010, SMAN 1 Sumenep pada tahun 2010-2013, dan D3 Teknik Kimia ITS pada tahun 2013-2016. Penulis melanjutkan studi S1 di Teknik Kimia Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya. Penulis

mengerjakan tugas akhir di Laboratorium Teknologi Proses Kimia. Selama proses penulisan tugas akhir penulis membuat Pra Desain Pabrik Garam Industri dari Garam Rakyat dengan Proses Washing dan Skripsi Ekstraksi Minyak Atsiri Bawang Putih (*Allium sativum* L.) dengan metode *Microwave Hydrodistillation* dan *Solvent-Free Microwave Extraction*.

Email : ekaputrasanbari@gmail.com

PENULIS II



Penulis bernama Laili Ellya Fauziyah dilahirkan di Sumenep, tanggal 03 Oktober 1994, merupakan anak pertama dari 3 bersaudara dari Bapak Abdul Manan dan Ibu Sunadah. Penulis telah menempuh pendidikan di SDN Pangarangan 1 pada tahun 2001-2007, SMPN 1 Sumenep pada tahun 2007-2010, SMAN 1 Sumenep pada tahun 2010-2013, dan D3 Teknik Kimia ITS pada tahun 2013-2016. Penulis melanjutkan studi S1 di Teknik Kimia Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya.

Penulis mengerjakan tugas akhir di Laboratorium Teknologi Proses Kimia. Selama proses penulisan tugas akhir penulis membuat Pra Desain Pabrik Garam Industri dari Garam Rakyat dengan Proses Washing dan Skripsi Ekstraksi Minyak Atsiri Bawang Putih (*Allium sativum* L.) dengan metode *Microwave Hydrodistillation* dan *Solvent-Free Microwave Extraction*.

Email : laili.3llya@gmail.com