



TESIS - TK 142541

**EKSTRAKSI MINYAK ATSIRI DARI BATANG, DAUN DAN  
KULIT JERUK PURUT (*Citrus hystrix* DC) DENGAN  
METODE SOLVENT-FREE MICROWAVE EXTRACTION**

TITA SYARIFAH  
NRP 2315 201 005

DOSEN PEMBIMBING  
Prof. Dr. Ir. Mahfud, DEA  
Dr. Lailatul Qadariyah, S.T., M.T.

PROGRAM MAGISTER  
BIDANG KEAHLIAN TEKNOLOGI PROSES  
DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2017

## LEMBAR PENGESAHAN TESIS

### EKSTRAKSI MINYAK ATSIRI DARI BATANG, DAUN DAN KULIT JERUK PURUT (*Citrus hystrix* DC) DENGAN METODE SOLVENT-FREE MICROWAVE EXTRACTION

Tesis ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar  
Magister Teknik (MT)  
di

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

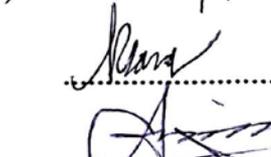
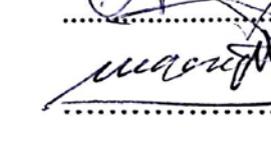
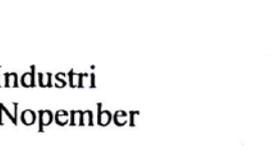
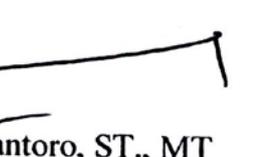
Tita Syarifah

Nrp. 2315201005

Tanggal Ujian : 20 Juli 2017

Periode Wisuda : September 2017

Disetujui oleh :

- |   |                |   |
|---|----------------|---|
| 1. Prof. Dr. Ir Mahfud, DEA<br>NIP. 19611021 198601 1 001               | (Pembimbing 1) |  |
| 2. Dr. Lailatul Qadariah, ST, MT<br>NIP. 19760918 200312 2 002          | (Pembimbing 2) |  |
| 3. Prof. Dr. Ir. M.Rachimoellah, Dip. EST<br>NIP. 19491117 197612 1 001 | (Penguji 1)    |  |
| 4. Prof. Ir. Ali Altway, M.Sc<br>NIP. 19510804 197412 1 001             | (Penguji 2)    |  |
| 5. Prof. Dr. Ir. Sugeng Winardi, M.Eng<br>NIP. 19520916 198003 1 002    | (Penguji 3)    |  |



Dekan Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

  
Dr. Bambang Lelono Widjiantoro, ST., MT  
NIP. 19690507 199512 1 001

# **EKSTRAKSI MINYAK ATSIRI DARI BATANG, DAUN DAN KULIT JERUK PURUT (*Citrus hystrix* DC) DENGAN METODE SOLVENT-FREE MICROWAVE EXTRACTION**

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

**Dr. Lailatul Qadariyah, S.T.,M.T.**

**Disusun oleh : Tita Syarifah (2315 201 005)**

## **ABSTRAK**

Jeruk purut (*Citrus hystrix* DC) merupakan produk yang ekonomis dan memiliki nilai kesehatan yang tinggi karena berbagai macam kegunaannya seperti pada industri makanan, kosmetik dan pengobatan tradisional. Umumnya pada bagian daun dan kulit jeruk purut merupakan bagian yang mengandung minyak atsiri. Ekstraksi minyak dari kulit dan daun jeruk purut biasanya masih menggunakan metode konvensional, diantaranya *hydrodistillation* yang masih membutuhkan pelarut dan waktu ekstraksi yang lama untuk menghasilkan minyak dengan kualitas yang baik. Oleh karena itu pada penelitian ini akan diteliti tidak hanya bagian daun dan kulit namun juga pada bagian batang dari jeruk purut. Metode yang digunakan pada penelitian adalah SFME yang tidak menggunakan pelarut. Hasil *yield* optimum pada ekstraksi minyak daun jeruk purut yang diperoleh dengan metode SFME yaitu pada kondisi segar dengan ukuran cacah kecil ( $0.88 \pm 0.25$  cm) pada rasio 0.15 g/mL adalah 7.23%. Kemudian *yield* optimum pada ekstraksi minyak batang jeruk purut yang diperoleh dengan metode SFME yaitu pada kondisi segar dengan ukuran cacah 2 ( $2.24 \pm 0.15$  cm) pada rasio 0.3 g/mL adalah 0.29 % dan *yield* optimum pada ekstraksi minyak kulit jeruk purut yang diperoleh dengan metode SFME pada kondisi segar dengan ukuran cacah kecil ( $1.34 \pm 0.23$  cm) pada rasio 0.2 g/mL adalah 4.19 %. Kemudian dilakukan optimasi *Response Surface methodology* dan model kinetiknya.

**Kata Kunci:** *Citrus hystrix* DC, solvent-free microwave extraction, minyak atsiri

# **EXTRACTION OF ESSENTIAL OIL FROM STEM, LEAF AND SKIN *Citrus hystrix DC* WITH SOLVENT-FREE MICROWAVE EXTRACTION METHOD**

**Advisor** : Prof. Dr. Ir. Mahfud, DEA  
Dr. Lailatul Qadariyah, S.T.,M.T.  
**Name** : Tita Syarifah (2315 201 005)

## **ABSTRACT**

Kaffir lime (*Citrus hystrix DC*) is an economical product and has high health value due to its various uses such as food industry, cosmetics and traditional medicine. Generally on the leaves and skin of kaffir lime is part containing essential oil. The oil extraction of leaf and lime leaves usually still use conventional methods, such as hydrodistillation which still require solvent and long extraction time to produce oil with good quality. Therefore, in this study will be studied not only the leaf and skin but also on the stem of the kaffir lime. The method used in this research is SFME that does not use solvent. The optimum yield on the extraction of lime leaf oil obtained by the SFME method is fresh condition with small count (0.88 ± 0.25 cm) at 0.15 g / mL is 7.23%. Then the optimum yield on the extraction of lime Stem oil obtained by the SFME method is fresh condition with 2 cut size (2.24 ± 0.15 cm) at ratio 0.3 g / mL is 0.29% and the optimum yield on the extraction of skin of kaffir lime obtained by the method SFME in fresh condition with small count size (1.34 ± 0.23 cm) at 0.2 g / mL ratio is 4.19%. Then carried out optimization Response Surface methodology and kinetics model.

**Keywords:** *Citrus hystrix DC, solvent-free microwave extraction, essential oil*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kami kepada Allah SWT karena atas berkah, rahmatNya kami dapat menyelesaikan Laporan Tesis yang berjudul, “ *Ekstraksi Minyak Atsiri Dari Batang, Daun dan Kulit Jeruk Purut (Citrus hystrix DC) Dengan Metode Solvent-Free Microwave Extraction*”. Tugas ini merupakan salah satu prasyarat meraih gelar master di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (FTI-ITS). Selama penyusunan laporan tesis ini, kami banyak mendapat bimbingan, bantuan dan dorongan dari berbagai bayak pihak. Untuk itu kami ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Orang tua dan saudara-saudara atas segala kasih sayang, kesabaran, dukungan dan doa.
2. Bapak Juwari, S.T.,M.Eng., Ph.D, selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia FTI-ITS.
3. Bapak Dr. Tantular Nurtono, ST, M.Eng selaku Koordinator Prodi Pascasarjana Teknik Kimia FTI-ITS
4. Bapak Prof. Dr. Ir. Mahfud, DEA, selaku Kepala Laboratorium Teknologi Proses Kimia serta Dosen Pembimbing I saya yang telah memberikan waktu, tenaga dan ilmu dalam penyelesaian proposal tesis ini.
5. Ibu Dr. Lailatul Qadariyah, S.T.,M.T. selaku Dosen Pembimbing II saya atas bimbingan dan saran yang telah diberikan.
6. Bapak dan Ibu Dosen Pengajar serta serta seluruh karyawan jurusan Teknik Kimia FTI-ITS Surabaya.
7. Teman-teman s1,s2 dan di Laboratorium Teknologi Proses Kimia

Penulis menyadari bahwa penulisan laporan kemajuan ini masih banyak kekurangan oleh karena itu kami sangat mengharapkan saran dan masukan untuk kesempurnaan laporan kemajuan ini.

Surabaya, Agustus 2017

Penyusun

*Halaman ini dikosongkan*

## DAFTAR ISI

COVER .....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
ABSTRAK .....	iii
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR TABEL .....	xiii
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	4
1.4 Manfaat Penelitian .....	5
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Jeruk Purut ( <i>Citrus hystrix</i> DC) .....	7
2.2 Minyak Atsiri Jeruk .....	8
2.3 Metode Distilasi minyak atsiri dari kulit jeruk .....	11
2.4 Gelombang Mikro ( <i>microwave</i> ) .....	13
2.5 Penyulingan dengan Microwave ( <i>MAE</i> ) .....	14
2.6 <i>Solvent-Free microwave extraction</i> .....	15
2.7 Pemodelan Kinetika.....	16
2.8 Penelitian Terdahulu .....	18
<b>BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN</b>	
3.1 Rancangan Penelitian .....	21
3.2 Bahan dan Alat .....	21
3.3 Prosedur Penelitian .....	22
3.4 Diagram Prosedur Penelitian .....	23
3.5 Variabel Penelitian .....	23
3.6 Besaran Penelitian yang Diukur .....	24

BAB 4.	HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1	Kondisi Operasi pada Metode <i>solvent-free microwave extraction</i> untuk ekstraksi minyak jeruk purut .....	25
4.2	Parameter yang Berpengaruh pada Ekstraksi Minyak Jeruk Purut dengan metode <i>solvent-free microwave extraction</i> .....	27
4.3	Pemodelan Kinetika pada Ekstraksi Minyak Jeruk Purut dengan metode <i>solvent-free microwave extraction</i> .....	62
4.4	Optimasi <i>Response Surface Methodology</i> .....	66
4.5	Hasil Analisa Properti Fisik dari Minyak Jeruk Purut.....	69
4.6	Hasil Analisa GC-MS dari Minyak Jeruk Purut .....	70
BAB 5.	KESIMPULAN	
5.1	Kesimpulan .....	75
DAFTAR PUSTAKA	.....	xv

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Tanaman Jeruk Purut .....	7
Gambar 2.2.	Skema Peralatan Distilasi Air .....	11
Gambar 2.3.	Skema Peralatan Distilasi Uap.....	12
Gambar 2.4.	Skema Peralatan <i>Microwave</i> Extraction .....	14
Gambar 3.1	Skema Peralatan <i>Solvent Free Microwave Extraction</i> .....	21
Gambar 3.2	Diagram Prosedur Penelitian SFME.....	23
Gambar 4.1	Profil suhu tiap waktu.....	27
Gambar 4.2	Grafik hubungan daya <i>microwave</i> terhadap <i>yield</i> minyak daun jeruk purut segar dengan ukuran : (a) $5.21 \pm 0.51$ cm ; (b) $3.06 \pm 0.57$ cm dan (c) $0.88 \pm 0.25$ cm.....	30
Gambar 4.3	Grafik hubungan daya <i>microwave</i> terhadap <i>yield</i> minyak daun jeruk purut kering dengan ukuran (a) $5,10 \pm 0,83$ cm, (b) $2,69 \pm 0,64$ cm dan (c) $1,23 \pm 0,40$ cm.....	32
Gambar 4.4	Grafik hubungan daya <i>microwave</i> terhadap <i>yield</i> minyak batang jeruk purut segar dengan ukuran (a) $3.20 \pm 0.17$ ; (b) $2.24 \pm 0.15$ dan (c) $1.50 \pm 0.20$ cm .....	34
Gambar 4.5	Grafik hubungan daya <i>microwave</i> terhadap <i>yield</i> minyak batang jeruk purut kering dengan ukuran (a) $3.73 \pm 0.65$ cm ; (b) $2.31 \pm 0.43$ cm dan (c) $1.54 \pm 0.49$ cm.....	37
Gambar 4.6	Grafik hubungan daya <i>microwave</i> terhadap <i>yield</i> minyak kulit jeruk purut segar dengan ukuran (a) $3.39 \pm 0.21$ cm; (b) $2.38 \pm 0.21$ cm dan (c) $1.34 \pm 0.23$ cm .....	39
Gambar 4.7	Grafik hubungan daya <i>microwave</i> terhadap <i>yield</i> minyak kulit jeruk purut segar dengan ukuran (a) $3.38 \pm 0.17$ cm; (b) $2.48 \pm 0.24$ cm dan (c) $1.06 \pm 0.43$ cm .....	41
Gambar 4.8	Grafik hubungan rasio massa bahan baku terhadap <i>yield</i> minyak daun jeruk purut segar dengan ukuran : (a) $5.21 \pm 0.51$ cm ; (b) $3.06 \pm 0.57$ cm dan (c) $0.88 \pm 0.25$ cm.....	43

Gambar 4.9	Grafik hubungan rasio F/D terhadap <i>yield</i> minyak daun jeruk purut kering dengan ukuran (a) $5,10 \pm 0,83$ cm, (b) $2,69 \pm 0,64$ cm dan (c) $1,23 \pm 0,40$ cm.....	46
Gambar 4.10	Grafik hubungan rasio F/D terhadap <i>yield</i> minyak batang jeruk purut segar dengan ukuran (a) $3.20 \pm 0.17$ ; (b) $2.24 \pm 0.15$ dan (c) $1.50 \pm 0.20$ cm .....	48
Gambar 4.11	Grafik hubungan daya <i>microwave</i> terhadap <i>yield</i> minyak batang jeruk purut kering dengan ukuran (a) $3.73 \pm 0.65$ cm ; (b) $2.31 \pm 0.43$ cm dan (c) $1.54 \pm 0.49$ cm.....	50
Gambar 4.12	Grafik pengaruh ukuran daun jeruk purut segar terhadap <i>yield</i> minyak jeruk purut pada (a) rasio 0.2 g/mL dan (b) daya 240 W .....	52
Gambar 4.13	Grafik pengaruh ukuran daun jeruk purut kering terhadap <i>yield</i> minyak jeruk purut pada (a) rasio 0,2 g/mL dan (b) daya 380 W .....	54
Gambar 4.14	Grafik pengaruh ukuran batang jeruk purut segar terhadap <i>yield</i> minyak jeruk purut pada (a) rasio 0,3 g/mL dan (b) daya 380 W .....	55
Gambar 4.15	Grafik pengaruh ukuran batang jeruk purut kering terhadap <i>yield</i> minyak jeruk purut pada (a) rasio 0,3 g/mL dan (b) daya 400 W .....	57
Gambar 4.16	Grafik pengaruh ukuran batang jeruk purut kering terhadap <i>yield</i> minyak jeruk purut pada (a) rasio 0,2 g/mL dan (b) daya 400 W .....	58
Gambar 4.17	Grafik pengaruh ukuran batang jeruk purut kering terhadap <i>yield</i> minyak jeruk purut pada (a) rasio 0,2 g/mL dan (b) daya 400 W .....	59
Gambar 4.18	Grafik pengaruh kadar air daun jeruk purut terhadap <i>yield</i> minyak jeruk purut pada rasio 0,2 g/mL .....	62
Gambar 4.19	Perbandingan antara model kinetika orde satu dan orde dua dengan hasil eksperimen pada ekstraksi minyak daun jeruk purut	

	segar yang diperoleh dengan metode <i>solvent-free microwave extraction</i> .....	63
Gambar 4.20	Perbandingan antara model kinetika orde satu dan orde dua dengan hasil eksperimen pada ekstraksi minyak daun jeruk purut kering yang diperoleh dengan metode <i>solvent-free microwave extraction</i> .....	64
Gambar 4.21	Perbandingan antara model kinetika orde satu dan orde dua dengan hasil eksperimen pada ekstraksi minyak kulit jeruk purut kering yang diperoleh dengan metode <i>solvent-free microwave extraction</i> .....	65
Gambar 4.22	<i>Response surface</i> (3-D) untuk minyak daun jeruk purut segar yang menunjukkan efek dari (A) daya microwave; (B) F/D rasio dan (C) ukuran bahan .....	67
Gambar 4.23	<i>Response surface</i> (3-D) dari daun kering menunjukkan efek dari (A) daya microwave; (B) F/D rasio dan (C) ukuran bahan .....	69

*Halaman ini dikosongkan*

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Komposisi Minyak Atsiri Jeruk.....	9
Tabel 2.2.	Standar Mutu Minyak Atsiri Jeruk.....	10
Tabel 2.3.	Penelitian Terdahulu .....	18
Tabel 4.1.	Data Kadar Air Bahan.....	61
Tabel 4.2.	Hasil Analisa Properti Fisik Minyak Atsiri daun jeruk purut .....	70
Tabel 4.3.	Hasil Analisa GC-MS Minyak Daun Jeruk Purut .....	71

*Halaman ini dikosongkan*

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Minyak atsiri atau yang disebut juga dengan *essential oil*, *ethereal oils*, atau *volatile oils* adalah komoditi ekstrak alami dari jenis tumbuhan. Minyak atsiri merupakan salah satu hasil sisa proses metabolisme dalam tanaman, yang terbentuk karena reaksi antara berbagai persenyawaan kimia dengan adanya air. Minyak tersebut disintesis dalam sel kelenjar pada jaringan tanaman dan ada juga yang terbentuk dalam pembuluh resin, misalnya minyak terpentin dari pohon pinus. Tanaman penghasil minyak atsiri diperkirakan berjumlah 150-200 spesies. Minyak atsiri dapat bersumber pada setiap bagian tanaman, yaitu dari daun, bunga, buah, biji batang atau kulit, dan akar atau rizhoma.

Kebutuhan minyak atsiri dunia semakin tahun semakin meningkat seiring dengan meningkatnya perkembangan industri modern seperti industri parfum, kosmetik, makanan, aroma terapi dan obat-obatan. Minyak atsiri saat ini sudah dikembangkan dan menjadi komoditas ekspor Indonesia yang meliputi minyak atsiri dari nilam, akar wangi, pala, cengkeh, serai wangi, kenanga, kayu putih, cendana, lada dan kayu manis (Yuni *et al.*, 2013). Seiring dengan berkembangnya industri minyak atsiri, mulai dikembangkan untuk memakai bahan dari genus *citrus*.

Adapun salah satu jenis dari kelompok *Citrus* yaitu *Citrus hystrix* DC (jeruk purut) yang merupakan produk yang ekonomis dan memiliki nilai kesehatan yang tinggi karena berbagai macam kegunaannya seperti pada industri makanan, kosmetik dan pengobatan tradisional (Silalahi, 2002; Saidani *et al.*, 2004). Jeruk purut (*Citrus hystrix*. D.C) merupakan salah satu sumber alternatif, strategis dan potensial bagi petani dan pengrajin minyak atsiri. Dalam perdagangan dunia minyak atsiri, jeruk purut belum termasuk dalam referensi dan katalog produk essential oil, namun permintaan dan kebutuhan semakin meningkat. Permasalahan yang dihadapi diantaranya belum adanya kepastian kondisi operasi optimum untuk meningkatkan rendemen dan kualitas serta standar mutu minyak jeruk purut.

Pada bidang industri yang memerlukan jeruk dalam jumlah besar dan berakibat menimbulkan banyak limbah seperti biji, *pulp* dan kulit namun dari beberapa bahan tersebut dapat dijadikan sumber yang potensial yang kemudian dijadikan sebagai produk. Salah satunya adalah kulit dari jeruk yang mana potensial digunakan untuk minyak atsiri (Andrea *et al.*, 2003). Umumnya bagian yang sering digunakan adalah bagian dari daun dan kulit namun pada bagian batang masih belum banyak diteliti. Sehingga perlu dikembangkan tentang ekstraksi pada batang jeruk.

Manfaat dari minyak atsiri jeruk sendiri dapat digunakan sebagai pengharum ruangan, bahan parfum, dan penambah cita rasa pada makanan. Minyak atsiri jeruk juga bermanfaat bagi kesehatan, yaitu untuk aroma terapi. Aroma jeruk dapat menstabilkan sistem syaraf, menimbulkan perasaan senang dan tenang, meningkatkan nafsu makan, dan menyembuhkan penyakit (Babar *et al.*, 2015).

Pada pengambilan minyak atsiri biasanya menggunakan metode konvensional yaitu metode distilasi air (*hydrodistillation*). Pada penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa metode ini membutuhkan waktu yang lama untuk mendapatkan *yield* selain itu juga membutuhkan banyak pelarut yang mana kurang efisien secara waktu dan tenaga serta kurang ramah lingkungan. (Lucchesi *et al.*, 2004). Maka atas dasar ini sehingga perlu dilakukan pengembangan metode pengambilan minyak atsiri yaitu dengan menggunakan metode *Microwave-Assisted Extraction* (MAE).

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

Pengembangan lanjutan dari metode *Microwave-Assisted Hydrodistillation* (MAHD) ini berikutnya adalah metode *Solvent-Free Microwave Extraction*

(SFME). Metode *Solvent-Free Microwave Extraction* (SFME) merupakan metode yang memanfaatkan energi dari *microwave* dan dilakukan tanpa menggunakan air dan pelarut organik. Metode ini kombinasi antara pemanasan *microwave* dan *distillation* pada tekanan atmosfer. Prinsip dari metode ini karena tidak menggunakan air dan pelarut organik sehingga digunakan kandungan air yang terdapat dalam tanaman. (Lucchesi *et al.*,2004). Berdasarkan penelitian Abdelhadi *et al.* (2015) yaitu pada ekstraksi *Hypericum perforatum L.* menggunakan metode SFME dan mendapatkan hasil pada metode SFME memerlukan waktu 33 menit dan menghasilkan *yield* sebesar 0.365% sedangkan pada metode Hydrodistillation memerlukan waktu 240 menit dan menghasilkan *yield* sebesar 0.08%. Kemudian pada penelitian Beste *et al* (2011) yaitu pada ekstraksi oregano mendapatkan hasil *yield* 0.054 g/ml untuk metode SFME dan 0.048 g/ml untuk metode *microwave hydrodistillation* dengan daya 622 Watt.

Berdasarkan uraian diatas, maka pada penelitian ini akan menggunakan batang, daun dan kulit jeruk untuk diambil minyak atsiri dan metode yang digunakan pada penelitian ini adalah *Solvent-Free Microwave Extraction* (SFME). Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi rendemen, kualitas dan komponen kimia minyak atsiri jeruk purut yang dihasilkan dari daun, batang dan kulit jeruk purut. Dan dengan penelitian ini diharapkan dapat diperoleh *yield citrus oil* dari batang, kulit dan daun jeruk purut yang optimal dengan kualitas yang bagus.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Jeruk purut (*Citrus hystrix*. D.C) merupakan salah satu sumber alternatif, strategis dan potensial bagi petani dan penyuling minyak atsiri. Dalam perdagangan dunia minyak atsiri, jeruk purut belum termasuk dalam referensi dan katalog produk *essential oil*, namun permintaan dan kebutuhan semakin meningkat. Permasalahan yang dihadapi diantaranya belum adanya kepastian kondisi operasi optimum untuk meningkatkan rendemen dan kualitas serta standar mutu minyak jeruk purut.

Pada bidang industri yang memerlukan jeruk dalam jumlah besar dan berakibat menimbulkan banyak limbah seperti biji, *pulp* dan kulit namun dari beberapa bahan tersebut dapat dijadikan sumber yang potensial yang kemudian dijadikan sebagai produk. Salah satunya adalah kulit dari jeruk yang mana potensial

digunakan untuk minyak atsiri (Andrea *et al.*, 2003). Umumnya bagian yang sering digunakan adalah bagian dari daun dan kulit namun pada bagian batang masih belum banyak diteliti. Sehingga perlu dikembangkan tentang ekstraksi pada batang jeruk.

Dalam pengambilan minyak jeruk di Indonesia saat ini secara umum masih dilakukan dengan menggunakan metode konvensional. Dimana pengambilan minyak atsiri dengan menggunakan metode konvensional ini dalam prosesnya memerlukan energi yang besar, pelarut dalam jumlah banyak serta waktu yang cukup lama. Maka dari itu perlu dipertimbangkan untuk menggunakan metode SFME yang tidak menggunakan pelarut, serta penggunaan energi dan waktu yang minimum.

Berdasarkan penelitian sebelumnya maka ekstraksi minyak jeruk purut pada penelitian ini dilakukan dengan metode SFME. Selain itu bagian tanaman yang digunakan pada penelitian ini meliputi batang, kulit dan daun dari jeruk purut yang kemudian akan dibandingkan *yield*nya.

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan penelitian ini meliputi :

1. Mempelajari proses pengambilan minyak atsiri jeruk purut dan membandingkan hasil minyak yang didapat pada daun, batang dan kulit jeruk purut menggunakan metode *Solvent-Free Microwave Extraction* (SFME) berupa *yield* dan mutu minyak atsiri.
2. Mempelajari beberapa parameter operasi dalam metode SFME.
3. Menentukan kondisi operasi optimal untuk ekstraksi minyak jeruk dari batang, daun dan kulit jeruk purut dengan metode *Solvent-Free Microwave Extraction* (SFME) yang meliputi kondisi bahan, ukuran bahan, rasio bahan terhadap volume *distiller*, serta daya *microwave* yang dibutuhkan untuk ekstraksi.

#### **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ekstraksi minyak atsiri jeruk dari batang, daun dan kulit jeruk purut meliputi :

1. Memberikan informasi mengenai proses pengambilan minyak jeruk dari batang, daun dan kulit jeruk purut yang efektif dan efisien dengan metode SFME.
2. Sebagai bahan referensi dan informasi bagi penulis selanjutnya yang tertarik untuk mengkaji dan meneliti tentang pengambilan minyak dari jeruk purut.

*Halaman ini dikosongkan*

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Jeruk Purut (*Citrus hystrix* DC.)

Jeruk purut adalah perasa yang kuat dan digunakan dalam masakan Indonesia dan Thailand. Seluruh bagian tanaman ini memiliki aroma yang kuat. Jeruk purut banyak ditemukan di pekarangan atau kebun. Dalam perdagangan internasional dikenal sebagai *kaffir lime*.

##### 2.1.1 Klasifikasi

Divisio	: Spermathophyta
Sub Divisio	: Angiospermae
Class	: Dicotyledoneae
Ordo	: Geraniales
Famili	: Rutaceae
Genus	: Citrus
Spesies	: <i>Citrus hystrix</i> D. C.



**Gambar 2.1** Tanaman Jeruk Purut

##### 2.1.2 Deskripsi Tanaman

a. Sinonim

*Citrus auraria* Michel, *Citrus echinata* Saint Lager, *Citrus hyalopula* Tanaka, *Citrus macroptera* Montrouzier var. *Kerri* Swingle, *Citrus papeda* Miquel, *Fortunella sagittifolia* F.M Feng & P.I Mao, *Papeda rumphii* Hasskarl.

b. Nama Lokal

Jeruk Purut, Jeruk Obat, Jeruk Sambal, Limo Purut.

c. Morfologi

Pohon jeruk purut (*Citrus hystrix* D. C.) merupakan pohon yang rendah atau perdu dengan tinggi 2-12 m dan batang yang bengkok atau bersudut agak kecil, berbatang rendah, rajuknya tidak beraturan, cabang-cabang rapat, dahan-dahannya kecil – kecil dan bersudut tajam, yang lebih tua bulat berwarna hijau, polos, berbintik-bintik dan berduri di ketiak daunnya. Duri pohon jeruk purut pendek, kaku, berbentuk seperti cundrit, berwarna hitam, ujungnya berwarna coklat dan panjangnya hanya 0,2-1 cm.

d. Kulit jeruk purut

Kulit jeruk purut dilaporkan menjadi salah satu dari sumber-sumber yang kaya senyawa bioaktif yaitu kumarin, flavonoid, karoten, terpenes dan linalool dll (Mondello *et al.*, 2005). Baru-baru ini, kulit *Citrus* juga telah mencari mereka antioksidan alami dan sifat antimikroba (Tepe *et al.*, 2005; Jayaprakasha *et al.*, 2007; Viuda-Martos *et al.*, 2008). Hal ini diterima secara luas bahwa keadaan fisik tanaman sangat terkait dengan komposisi khusus kimianya, terutama metabolit sekunder seperti fenolat dan flavonoid (Jayaprakasha *et al.*, 2007; Viuda-Martos *et al.*, 2008).

e. Daun jeruk purut

Daun *Citrus hystrix* kaya vitamin E. Kandungan dominan daun jeruk purut segar yaitu sitronelal (48,2%), sitronelol (14,3%), dan citronellyl asetat (7,8%), sedangkan trans-linalool oksida (furanoid) (10,9%), diikuti oleh  $\beta$ -fenchyl alkohol (9,6%), terpinen-4-ol (8,4%), sitronelal (8,0%) dan limonene (7,4%) yang merupakan konstituen utama dari kulit jeruk purut.

## 2.2 Minyak Atsiri Jeruk

### 2.2.1 Manfaat

*Citrus oil* merupakan wewangian paling terkenal untuk kulit, dan produk tubuh dimana akan menambahkan kesegaran (Bustamante *et al.*, 2016). *Citrus oil* juga dilaporkan sebagai sumber yang kaya akan senyawa bioaktif seperti coumarins, flavonoids, caratones, terpenes, linalool. (Mondello *et al.*, 2005). Dan juga menurut penelitian Tepe *et al* citrus oil juga memiliki natural antioxidant dan antimicrobial.

## 2.2.2 Karakteristik

*Citrus oil* merupakan salah satu sumber yang kaya akan komponen-komponen bioaktif seperti limonene, linalool. (Mondello *et al.*, 2005). Bahan aktif yang paling banyak terkandung di dalam *citrus oil* adalah senyawa limonene. Limonene (C<sub>10</sub>H<sub>16</sub>) merupakan senyawa yang termasuk golongan monoterpen. Limonene membeku pada temperatur -40°C, mendidih pada temperatur 176,5°C, tidak berwarna, dan tidak berbau (Ismanto *et al.*, 2010). Limonene berpotensi sebagai zat antimikroba, melancarkan peredaran darah, meredakan radang tenggorokan dan batuk, dan dapat menghambat pertumbuhan sel kanker (Raut, *et al.*, 2014).

Selain limonene, minyak atsiri kulit jeruk juga mengandung senyawa linalol, linalil, dan terpinol yang berfungsi sebagai penenang (*sedative*). Ada pula senyawa citronella yang berfungsi sebagai penenang dan dapat digunakan sebagai pengusir nyamuk (Tsai, 2010).

**Tabel 2.1** Komposisi Minyak Atsiri Jeruk Purut

Komponen								
Bagian	Monoterpene	%	Oxygenated	%	Sesquiterpene	%	Oxygenated	%
	Hydrocarbon		Monoterpene		Hydrocarbon		Sesquiterpene	
Kulit	$\alpha$ -Pinene	2	<i>cis</i> -Linalool oxide	1.9	$\beta$ -caryophyllene	0.4	Hedycaryol	0.3
	$\beta$ -Pinene	39.3	Terpinolene	1.6	$\alpha$ -Humulene	0.1	( <i>Z</i> )-Nerolidol	0.1
	Limonene	14.2	Linalool	1.9	( <i>Z</i> )- $\beta$ -Farnesene	0.2	$\alpha$ -Eudesmol	0.2
	$\beta$ -Myrcene	1.3	Terpinen-4-ol	8.9	$\alpha$ -Cadinene	0.1	$\beta$ -Eudesmol	0.2
	$\delta$ -3-Carene	1.4	Citronellal	11.7	( <i>E</i> )- $\beta$ -Farnesene	0.1	Phytol	0.1
	$\gamma$ -Terpinene	2.4			$\delta$ -Cadinene	0.5	$\alpha$ -Sinensal	0.1
Daun	$\beta$ -Myrcene	0.9	Linalool	1.7	$\beta$ -Caryophyllene	0.9	( <i>Z</i> )-Nerolidol	0.9
	$\delta$ -3-Carene	0.1	Citronellal	72.4	$\alpha$ -Cadinene	0.4	$\alpha$ -Eudesmol	0.2
	Limonene	0.1	Citronellol	6.7	$\alpha$ -Humulene	0.2	$\beta$ -Eudesmol	0.2
	trans- $\beta$ -Ocimene	0.5	Citronellyl acetate	4.1	( <i>E</i> )- $\beta$ -Farnesene	0.2	Elemol	0.3
	$\gamma$ -Terpinene	0.3	Geranyl acetate	0.8	$\delta$ -Cadinene	0.4		

Sumber: (Atiqah, *et al.*, 2016)

Minyak atsiri jeruk dapat digunakan sebagai pengharum ruangan, bahan parfum, dan penambah cita rasa pada makanan. Minyak atsiri jeruk juga bermanfaat bagi kesehatan, yaitu untuk aroma terapi. Aroma jeruk dapat menstabilkan sistem syaraf, menimbulkan perasaan senang dan tenang, meningkatkan nafsu makan, dan menyembuhkan penyakit (Babar *et al.*, 2015). Standar mutu minyak atsiri jeruk berdasarkan ISO 3140:2011, standar mutu minyak atsiri jeruk dapat dilihat pada Tabel 2.2 berikut.

**Tabel 2.2.** Standard minyak daun jeruk purut

Parameter	Standard industri multi nasional (flavor dan fragran)
Bentuk	liquid
Kadar <i>Beta carrophyllene</i>	0.0 – 2.5%
Kadar <i>Citronellyl acetate</i>	1.0 – 3.0%
Warna	Tidak berwarna – kuning
Kadar <i>Citronellal</i>	65 – 75%
Kadar <i>Citronellol</i>	1.9 – 6.0%
<i>Fingerprint</i>	<i>Fingerprint GC</i>
Kadar <i>Linalool</i>	3.5 – 5.5%
Rotasi optik	(-25) – (-1) 0
Organoleptik	standar
Indeks bias	1.445 – 1.465
Kadar <i>sabinene</i>	1.0 – 3.5
Berat jenis (d25/25)	0.830 – 0.910

Sumber : (PT Indesso Aroma, 2011)

### 2.2.3 Parameter Minyak Atsiri

#### a. Berat Jenis

Berat jenis adalah perbandingan berat zat di udara pada suhu 25°C terhadap bobot air dengan volume dan suhu yang sama. Penentuan berat jenis merupakan salah satu kriteria penting dalam penentuan mutu dan kemurnian minyak atsiri (Guenther, 1987). 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 (Sastrohamidjojo, 2004).

#### b. Kelarutan dalam Alkohol

Telah diketahui bahwa alkohol merupakan gugus OH. Jika minyak atsiri larut dalam alkohol, maka pada komposisi minyak atsiri yang dihasilkan tersebut

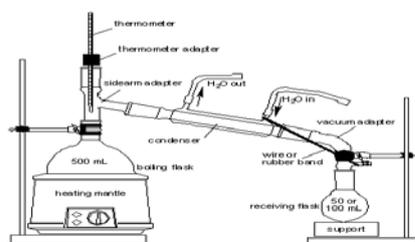
terdapat komponen-komponen terpen teroksigenasi (*oxygenated terpen*). Kelarutan minyak dalam alkohol ditentukan oleh jenis komponen kimia yang terkandung dalam minyak. Pada umumnya minyak atsiri yang mengandung persenyawaan *oxygenated terpen* lebih mudah larut daripada yang mengandung terpen tak teroksigenasi (*non-oxygenated terpen*) (Guenther, 1987). Semakin tinggi kandungan *non-oxygenated terpen* maka semakin sulit untuk larut karena senyawa *non-oxygenated terpen* merupakan senyawa nonpolar yang tidak mempunyai gugus fungsional. Hal ini dapat disimpulkan bahwa semakin kecil kelarutan minyak atsiri pada alkohol (biasanya alkohol 90%) maka kualitas minyak atsiri semakin baik (Sastrohamidjojo, 2004)

### 2.3. Metode Pengambilan Minyak Atsiri dari Kulit Jeruk

Penyulingan dapat didefinisikan sebagai pemisahan komponen-komponen suatu campuran dari dua jenis cairan atau lebih berdasarkan tekanan uap dari masing-masing zat tersebut. Dalam industri minyak atsiri dikenal 2 macam tipe penyulingan berdasarkan kontak antara uap dan bahan yang akan disuling dengan 2 cara yaitu :

#### a. Penyulingan dengan air (*Water Distillation*)

Pada metode ini, 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. Air dipanaskan dengan metode pemanasan yang biasa dilakukan, yaitu dengan panas langsung (Guenther, 1987).

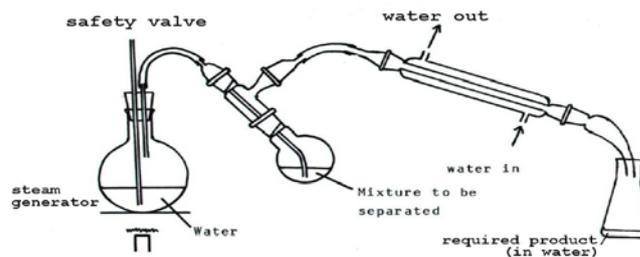


**Gambar 2.2.** Skema Peralatan Distilasi Air (*Water Distillation*)

Prinsip kerja penyulingan dengan air adalah sebagai berikut: Ketel penyulingan diisi air sampai volumenya hampir separuh, lalu dipanaskan. Sebelum air mendidih, bahan baku dimasukkan ke dalam ketel penyulingan. Dengan demikian penguapan air dan minyak atsiri berlangsung bersamaan. Cara penyulingan seperti ini disebut penyulingan langsung (*direct distillation*). Bahan baku yang digunakan biasanya dari bunga atau daun yang mudah bergerak di dalam air dan tidak mudah rusak oleh panas uap air. Penyulingan secara sederhana ini sangat mudah dilakukan, dan tidak perlu modal banyak. Namun, kualitas minyak atsiri yang dihasilkan cukup rendah, kadar minyaknya sedikit, terkadang terjadi proses hidrolisis ester, dan produk minyaknya bercampur dengan hasil sampingan (*Sumitra, 2003*).

b. Penyulingan dengan uap (*Steam Distillation*)

Penyulingan uap 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, 1952*). Kualitas produk minyak atsiri yang dihasilkan jauh lebih sempurna dibandingkan dengan kedua cara lainnya, sehingga harga jualnya pun jauh lebih tinggi.



**Gambar 2.3.** Skema Peralatan Distilasi Uap (*Steam Distillation*)

## 2.4 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).

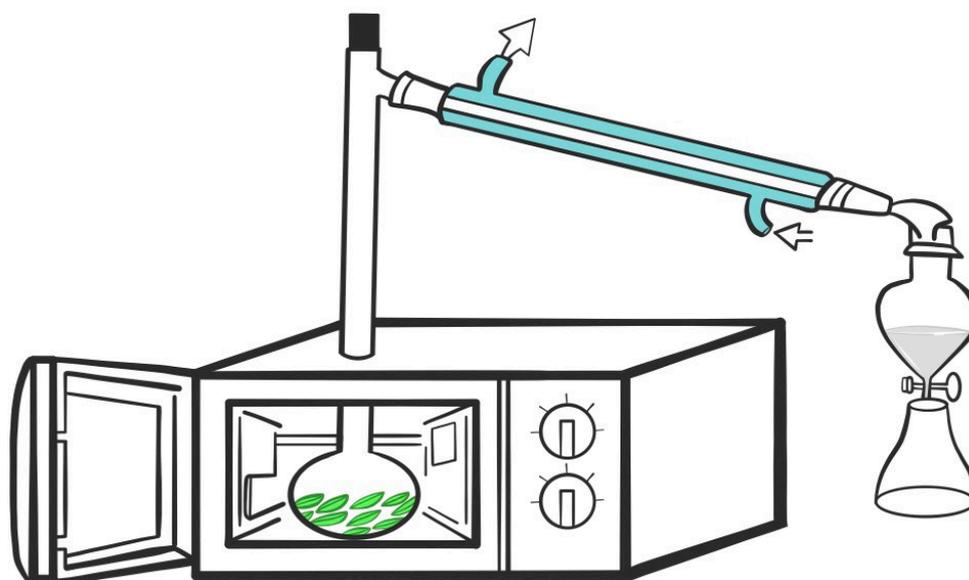
Pemanasan pada *microwave* dikenal dengan pemanasan dielektrik *microwave*. Dielektrik adalah bahan isolator listrik yang dapat dikutubkan dengan cara menempatkan bahan dielektrik dalam medan listrik. Ketika bahan tersebut berada dalam medan listrik, muatan listrik yang terkandung di dalamnya tidak akan 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 negative medan listrik, sedang muatan negative bergerak kearah 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 electron 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.

## 2.5 Penyulingan dengan Microwave (*Microwave-Assited Extraction*)



**Gambar 2.4** Skema Peralatan *Microwave-Assited Extraction*

Metode *Microwave-Assited Extraction* (MAE) ini dilakukan dengan memasukkan bahan ke dalam labu yang terbuat dari gelas atau plastik agar dapat ditembus oleh radiasi *microwave* akan menyerap radiasi tersebut, hingga mencapai kelenjar *glandular* dan *system vascular* bahan tanaman di dalam dinding sel. Peristiwa ini akan menimbulkan panas sehingga dinding sel akan pecah dan minyak atsiri di dalamnya dapat keluar. Adanya air di dalam bahan tanaman dan juga panas akibat menyerap energi elektromagnetik akan berdifusi ke dalam minyak atsiri

sehingga menimbulkan peristiwa hidrodifusi. Minyak atsiri dan air akan menguap bersamaan berdasarkan prinsip distilasi campuran tak saling larut lalu di kondensasikan. Metode *Microwave-Assited Extraction* (MAE) merupakan titik kunci pengembangan ekstraksi dengan menggunakan *microwave*. Dengan menggunakan *microwave* proses ekstraksi dapat dilakukan dengan cepat, karena dapat diselesaikan dengan hitungan menit bukan dalam hitungan jam seperti metode lainnya. Pengembangan metode ekstraksi dengan menggunakan *microwave* terus berlanjut. Hingga akhirnya ditemukan metode *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)

## **2.6 *Solvent-Free Microwave Extraction* (SFME)**

Metode *Solvent-Free Microwave Extraction* (SFME) adalah salah satu jenis dari metode *Microwave-Assisted Extraction* (MAE) yang merupakan metode ekstraksi modern tanpa menggunakan pelarut dan memanfaatkan panas dari gelombang mikro pada tekanan atmosfer. Prinsip metode ini adalah air didalam sel tanaman distimulasi untuk berotasi di bawah radiasi gelombang mikro sehingga secara cepat dapat merubah susunan sel di tanaman dikarenakan adanya peningkatan tekanan di dalam sel tanaman. Hal ini akan mengakibatkan pecahnya dinding sel dan keluarnya bahan yang diinginkan (Li *et al.*, 2013). Proses ini menyebabkan terbebasnya minyak atsiri yang mana teruapkan oleh air *in-situ* dari material tanaman sample. Sistem pendinginan di luar *microwave* secara terus-menerus mengkondensasi uap yang kemudian akan tertampung di dalam suatu gelas. Kelebihan air akan di refluks kembali ke tangki ekstraksi untuk mengembalikan air *in-situ* ke dalam sample. Setelah minyak atsiri berhasil di ekstrak, kemudian minyak tersebut dapat langsung dianalisis dengan GC-MS (*Gas Chromatography-Mass Spectrometry*).

Gelombang mikro memberikan sumber energi panas tanpa adanya kontak langsung, dimana tidak hanya dapat membuat pemanasan lebih efektif dan selektif,

tapi juga dapat membantu untuk meningkatkan energy transfer, *start-up*, dan juga respon terhadap pengendalian pemanasan dan untuk mengurangi termal gradient, ukuran peralatan, dan unit operasi. SFME adalah kunci teknologi berkelanjutan dalam mendapatkan *green chemistry* (Chemat *et al.*, 2015).

Metode SFME diketahui dapat menghasilkan jumlah senyawa teroksigenasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode *Hydrodistillation*. Senyawa teroksigenasi lebih berharga dikarenakan aromanya yang tajam dibandingkan Monoterpen Hydrocarbon (Lucchesi *et al.*, 2006).

## 2.7 Pemodelan Kinetika pada Proses Ekstraksi

Pada penelitian ini pemodelan kinetika untuk ekstraksi minyak nilam dan minyak cendana dengan menggunakan metode *microwave hydrodistillation* dan *microwave air-hydrodistillation* dilakukan menggunakan model orde satu dan orde dua. Dimana nantinya dapat diketahui model kinetika yang sesuai dengan hasil eksperimen untuk ekstraksi minyak nilam dan minyak cendana dengan menggunakan metode *microwave hydrodistillation* dan *microwave air-hydrodistillation*.

### 2.7.1 Model Kinetika Orde Satu

Persamaan kinetika orde satu menurut Lagergren (Lagergren, 1898; Reddad *et al.*, 2002; Ho, 2004) dapat ditulis dalam bentuk diferensial sebagai berikut:

$$\frac{dC_t}{dt} = k_1(C_S - C_t) \quad (1)$$

dimana  $k_1$  ( $\text{min}^{-1}$ ) adalah konstanta laju ekstraksi untuk orde satu dan  $t$  (min) adalah waktu ekstraksi.

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

$$\ln \frac{C_S}{C_S - C_t} = k_1 t \quad (2)$$

Persamaan (2) yang telah diperoleh tersebut dapat diubah menjadi bentuk linier sebagai berikut:

$$\log(C_S - C_t) = \log(C_S) - \frac{k_1}{2,303} t \quad (3)$$

Kemudian dibuat *plot* antara  $\log (C_s - C_t)$  dengan  $t$  untuk mendapatkan *slope* dan *intercept* yang nantinya dapat digunakan untuk menentukan nilai konstanta laju ekstraksi untuk orde satu ( $k_1$ ) dan nilai kapasitas ekstraksi ( $C_s$ ).

### 2.7.2 Model Kinetika Orde Dua

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

$$\frac{dC_t}{dt} = k_2 (C_s - C_t)^2 \quad (4)$$

dimana  $k_2$  ( $L g^{-1} min^{-1}$ ) adalah konstanta laju ekstraksi untuk orde dua.

Dengan melakukan pengelompokan variabel pada Persamaan (4) didapatkan:

$$\frac{dC_t}{(C_s - C_t)^2} = k_2 dt \quad (5)$$

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

$$\frac{1}{(C_s - C_t)} - \frac{1}{C_s} = k_2 t \quad (6)$$

$$C_t = C_s - \frac{C_s}{1 + C_s k_2 t} \quad (7)$$

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

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

$$\frac{t}{C_t} = \frac{1}{k_2 C_s^2} + \frac{t}{C_s} \quad (9)$$

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

$$\frac{C_t}{t} = \frac{1}{(1/k_2 C_s^2) + (t/C_s)} \quad (10)$$

dan laju awal ekstraksi  $h$ , dengan  $C_t = t$  ketika  $t$  mendekati 0, dapat didefinisikan sebagai:

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

Persamaan (8) dapat diubah lagi sehingga akhirnya didapatkan:

$$\frac{t}{C_t} = \frac{t}{C_s} + \frac{1}{h} \quad (12)$$

Laju awal ekstraksi  $h$ , kapasitas ekstraksi  $C_s$ , dan konstanta laju ekstraksi untuk orde dua k2 dapat ditentukan secara eksperimental dari *slope* dan *intercept* dengan cara membuat *plot* antara  $t/C_t$  dengan  $t$ .

## 2.8 Penelitian Terdahulu

Tabel 2.3 Penelitian Terdahulu

Bahan yang diekstrak	Kondisi operasi yang digunakan	Yield yang diperoleh	Referensi
<i>Ocimum basilicum L dan Cananga odorata</i>	<b>SFME</b> Ocium basilicum : rasio 0,25 g/mL ukuran ±3 cm daya 380 W Cananga odorata : rasio 0,1 g/mL ukuran ±2,5 cm daya 380 W	- Yield Ocimum basilicum 3,070% - Yield Cananga odorata 4,179%	<b>Ditta dan intan (2016)</b>
<i>Citrus sinensis</i>	<b>SFME</b> Daya 400 W Time 1 jam	Menghasilkan yield sebesar 1.6738%	<b>Prilia dan cininta (2016)</b>

**Tabel 2.3** Penelitian Terdahulu (cont.)

<b>Bahan yang diekstrak</b>	<b>Kondisi operasi yang digunakan</b>	<b>Yield yang diperoleh</b>	<b>Referensi</b>
<i>Basil, crisbate mint dan thyme</i>	<p><b>SFME</b>                      Daya 500 W                      Time 30 menit                      Massa 250 g</p> <p><b>HD</b>                      Massa 500 gr                      Pelarut air 6 L                      Time 4,5 jam</p>	<p><b>SFME</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- yield untuk basil 0,029%, crisbate mint 0.095% dan thyme 0.160%</li> </ul> <p><b>HD</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Yield untuk basil 0,028%, crisbate mint 0.095% dan thyme 0.161%</li> </ul>	<b>Lucchesi., et al (2004)</b>
<b>Orange peels</b>	<p><b>MAD</b>                      200 gr fresh orange peels                      Time 30 min</p> <p><b>HD</b>                      200 gr fresh orange peels                      Time 3 jam                      Pelarut air</p>	<p><b>MAD</b>                      Yield <math>0.42 \pm 0.02</math> %</p> <p><b>HD</b>                      Yield <math>0.39 \pm 0.02</math> %</p>	<b>Ferhat., et al (2006)</b>

*Halaman ini dikosongkan*

## BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Rancangan Penelitian

Ekstraksi minyak atsiri pada penelitian ini dilakukan menggunakan 3 bahan baku yaitu kulit, batang dan daun jeruk purut dengan metode *Solvent-Free Microwave Extraction* (SFME). Pada SFME, uap yang dihasilkan dikondensasi dan distilat yang berupa campuran minyak dan air yang kemudian dipisahkan menggunakan corong pemisah.

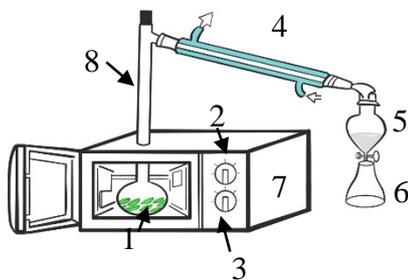
### 3.2 Bahan dan Alat

#### 3.2.1 Bahan Penelitian

Daun, batang dan kulit jeruk purut yang digunakan untuk penelitian ini diperoleh dari Tulungagung, Jawa Timur

#### 3.2.2 Peralatan Penelitian

##### *Solvent Free Microwave Extraction*



1. *Distiller*
2. Pengatur daya
3. Pengatur waktu
4. Kondensor *liebig*
5. Corong pemisah
6. Erlenmeyer
7. *Microwave*
8. *Conector three-way*

**Gambar 3.1** Skema peralatan SFME

Deskripsi peralatan :

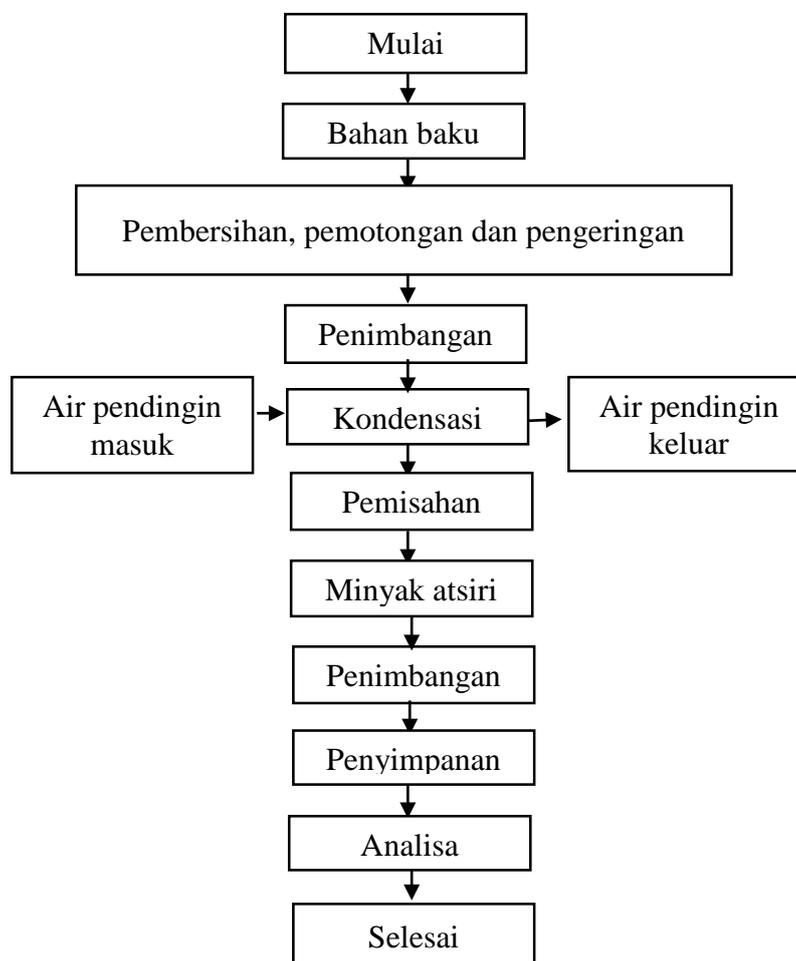
➤ *Microwave* yang digunakan Electrolux model EMM-2007X dengan spesifikasi:

- Daya maksimum : 800 W
- Tegangan : 220 V
- Frekuensi : 2450 MHz
- Dimensi *Microwave* :
  - ❖ Panjang : 46,1 cm
  - ❖ Lebar : 28 cm
  - ❖ Tinggi : 37,3 cm

### 3.3 Prosedur Penelitian

1. Melakukan pembersihan, pemotongan dan pengeringan bahan baku sesuai variabel
2. Menimbang bahan baku sesuai dengan variabel
3. Memasukkan bahan baku yang telah ditimbang ke dalam labu distilasi
4. Memasukkan labu distilasi yang telah berisi bahan baku ke dalam *microwave*
5. Menyalakan *microwave* serta mengatur daya *microwave* sesuai variabel
6. Mencatat waktu distilasi dimulai dari tetes pertama distilat keluar dari kondensor
7. Menghentikan proses setelah 60 menit
8. Memisahkan minyak dari air dengan menggunakan corong pemisah kemudian menampung minyak tersebut pada botol sampel (apabila minyak yang dihasilkan sedikit ditambahkan *n-hexane* untuk melarutkan minyak kemudian diuapkan)
9. Menghentikan proses setelah 60 menit
10. Menimbang berat minyak atsiri yang didapat
11. Melakukan analisa terhadap minyak yang dihasilkan, yaitu analisa GC-MS, densitas, dan kelarutan dalam etanol 90%.

### 3.4 Diagram Prosedur Penelitian



**Gambar 3.2** Diagram prosedur penelitian SFME

### 3.5 Variabel Penelitian

1. Variabel penelitian digunakan adalah sebagai berikut:
  - Kondisi bahan baku [Kulit jeruk purut segar dan kering, batang jeruk purut serta daun jeruk purut segar dan kering]
  - Rasio massa batang jeruk purut terhadap volume distiler (0,150; 0,200; 0,250; 0,300 g/mL); Rasio massa daun jeruk purut terhadap volume distiler (0,05; 0,10; 0,150; 0,200; 0,250; 0,300 g/mL); Rasio massa kulit jeruk purut terhadap volume distiler (0,150; 0,200; 0,250; 0,300 g/mL)
  - Daya *microwave* (100 W, 240 W, 380 W, 540 W)

2. Kondisi operasi  
Tekanan atmosferik (1 atm)

### 3.6 Besaran Penelitian yang Diukur

1. Pengukuran *yield* minyak kulit jeruk tiap 60 menit untuk masing-masing metode dengan rumus :

$$\text{yield} = \frac{\text{Massa minyak yang diperoleh (gr)}}{\text{Massa bahan baku (gr) (1-x)}} \times 100\%$$

2. Analisa Berat Jenis (Densitas)
3. Analisa identifikasi komponen dalam minyak atsiri kulit jeruk dengan *Gas Chromatography-Mass Spectrometry* (GC-MS).
4. Optimasi kualitas dan kuantitas menggunakan *Response Surface Methodology*. *Response surface methodology* adalah kumpulan dari teknik statistika 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).

## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Kondisi Operasi pada Metode *Solvent Free Microwave Extraction* untuk Ekstraksi Minyak Jeruk Purut

Penelitian ekstraksi minyak atsiri dari minyak jeruk purut dilakukan dengan metode *Solvent Free Microwave Extraction* (SFME). Metode ini dilakukan tanpa menggunakan pelarut dengan memanfaatkan gelombang mikro (*microwave*) sebagai pemanas. Dalam SFME, sel tanaman dirangsang untuk dirotasi di bawah iradiasi *microwave*, sehingga terjadi perubahan internal yang menyebabkan tekanan meningkat dan kenaikan suhu di dalam sel tanaman, hal ini menyebabkan kerusakan dinding sel dan pelepasan molekul target (Chemat *et al*, 2017). 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).

Pada penelitian ini menggunakan bahan jeruk purut dengan 3 bagian yaitu daun, batang dan kulit yang diperoleh dari Tulungagung, Jawa Timur. Ketiga bagian tersebut telah dikondisikan sesuai dengan variabel (keadaan bahan, ukuran bahan, rasio massa bahan baku per volume *distiller*, dan daya) yang dimasukkan ke dalam labu *distiller* dengan volume 1000 mL. Pada ekstraksi minyak jeruk purut untuk bagian daun digunakan rasio massa bahan baku terhadap volume *distiller* 0.5; 0.10; 0.15; 0.2; 0.25 dan 0.3 g/mL dengan kondisi bahan segar yang memiliki ukuran bahan  $5.21 \pm 0.51$ ;  $3.06 \pm 0.57$  dan  $0.88 \pm 0.25$  cm. Sedangkan untuk ukuran bahan kondisi kering  $5.10 \pm 0.83$ ;  $2.69 \pm 0.64$  dan  $1.23 \pm 0.40$  cm. Pada ekstraksi minyak jeruk purut untuk bagian batang digunakan rasio massa bahan baku terhadap volume *distiller* 0.15; 0.20; 0.25 dan 0.3 g/mL dengan ukuran bahan untuk kondisi bahan segar  $3.20 \pm 0.17$ ;  $2.24 \pm 0.15$  dan  $1.50 \pm 0.20$  cm. Sedangkan untuk

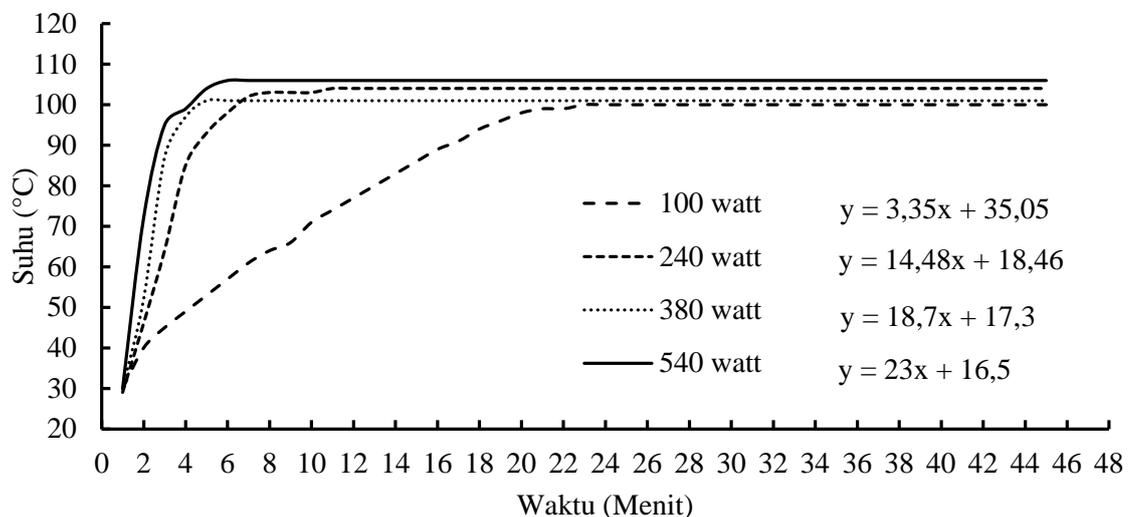
ukuran bahan pada kondisi kering  $3.73 \pm 0.65$ ;  $2.31 \pm 0.43$  dan  $1.54 \pm 0.49$  cm. Selanjutnya pada ekstraksi minyak jeruk purut untuk bagian kulit digunakan rasio massa bahan baku terhadap volume *distiller* 0.5; 0.10; 0.15; 0.20; 0.25 dan 0.3 g/mL dengan ukuran bahan untuk kondisi bahan segar  $3.39 \pm 0.21$ ;  $2.38 \pm 0.21$  dan  $1.34 \pm 0.23$  cm. Sedangkan untuk ukuran bahan pada kondisi kering  $3.38 \pm 0.17$ ;  $2.48 \pm 0.24$  dan  $1.06 \pm 0.43$  cm. Adanya variabel ukuran ini 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. Pada variabel kondisi bahan kering, bahan dibasahi terlebih dahulu selama 30 menit sebelum dilakukan ekstraksi dengan tujuan untuk memberi kelembaban awal sebelum dilakukan ekstraksi (Chemat *et al.*, 2017) selain itu juga agar bahan tidak mudah terbakar saat proses ekstraksi berlangsung. Variabel lain yang digunakan pada penelitian ini adalah rasio F/D (*Feed to Distiller*) yang mana pemilihan variabel berupa rasio ini bertujuan untuk memprediksi hasil *yield* dari ekstraksi jeruk purut dengan alat yang di-*scale up*. Sehingga jika dilakukan *scale up* alat berturut-turut akan menghasilkan *yield* yang sama dengan rasio tersebut. (Cadmiralia dan Amelia, 2016). Proses selanjutnya dilakukan pemanasan menggunakan daya *microwave* sebesar 100, 240, 380 dan 540 W. Pengaruh daya juga diperhitungkan dalam ekstraksi karena penggunaan *microwave* akan mengontrol besarnya energi yang akan diterima oleh bahan tanaman untuk diubah menjadi energi panas. (Liang *et al.*, 2008). Pada proses ekstraksi dilakukan proses pendinginan menggunakan kondensor *liebig* yang dialiri air dingin. Proses ekstraksi ini dilakukan selama 60 menit dimulai saat kondensat pertama kali menetes di corong pemisah yang berada di ujung kondensor *liebig*. Dimana pada ekstraksi minyak jeruk purut menggunakan metode SFME dilakukan refluks atau *recycle* air setiap 5 (lima) menit.

Pada penelitian ini digunakan pengaruh dari beberapa parameter antara lain pengaruh daya *microwave*, pengaruh rasio massa bahan baku terhadap volume *distiller* (F/D), pengaruh ukuran bahan baku (utuh, cacah 2 dan cacah kecil), pengaruh kondisi bahan baku (segar dan kering) dan pengaruh besarnya kadar air.

## 4.2 Parameter yang Berpengaruh pada Ekstraksi Minyak Jeruk Purut dengan Metode *Solvent Free Microwave Extraction*

### 4.2.1 Pengaruh daya *microwave* terhadap *yield* minyak jeruk purut

Telah diketahui bahwa daya dalam ekstraksi menggunakan *microwave* akan mengontrol besarnya energi yang akan diterima oleh bahan tanaman untuk dirubah menjadi energi panas. Energi panas inilah yang membantu proses keluarnya minyak atsiri dari bahan tanaman atau *sample* (Liang *et al.*, 2008). Semakin besar daya yang digunakan maka proses ekstraksi akan semakin cepat mencapai titik didih dari air. Air yang dimaksud pada metode SFME ini adalah air yang terdapat didalam bahan dalam kondisi segar sedangkan air untuk varibel kering didapat dari hasil rendaman bahan baku didalam air selama 30 menit.



**Gambar 4.1** Profil Suhu Tiap Waktu untuk Berbagai Daya *Microwave*  
(Putri dan Dewi, 2016)

Dalam proses ekstraksi minyak atsiri penentuan daya yang optimal untuk proses ekstraksi sangat penting karena daya juga berpengaruh pada temperatur saat

ekstraksi. Pada Gambar 4.1 terlihat pengaruh berbagai *microwave* daya terhadap temperatur. Semakin besar daya *microwave* yang digunakan maka molekul-molekul polar dalam bahan ketika terpapar radiasi *microwave* akan mengalami rotasi yang semakin cepat (gerakan osilasi dan saling bertumbukan) dan menghasilkan energi kalor (panas) yang terdeteksi dari peningkatan temperatur. Dimana dengan semakin besarnya daya *microwave* yang digunakan maka energi yang dihasilkan juga akan semakin besar. Hal ini dapat digambarkan menggunakan persamaan berikut:

$$P = \frac{E}{t}, \text{ dimana } E = Q = m.C_p.\Delta T$$

Sehingga dapat dilihat bahwa  $P \approx E \approx \Delta T$  (daya sebanding dengan energi dan peningkatan temperatur) (Kusuma, 2016). Untuk dapat lebih memahami hal tersebut, maka dapat dilihat dari profil waktu-temperatur untuk masing-masing daya yang digunakan dalam proses ekstraksi pada Gambar 4.1.

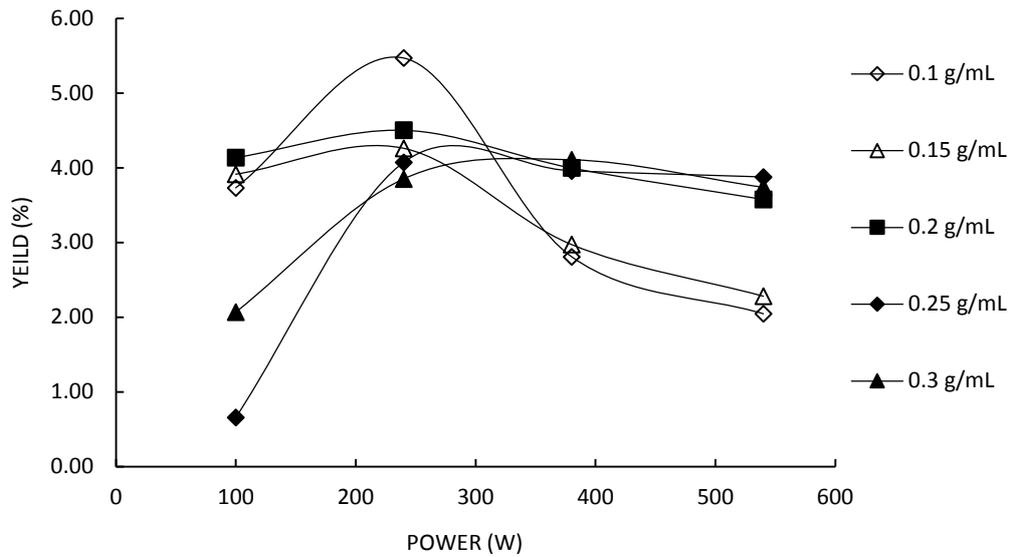
Kecepatan naiknya temperatur untuk masing-masing daya tersebut dapat diukur dengan cara menentukan *slope* dari bagian linier yang terdapat pada profil temperatur (Golmakani dan Moayyedi, 2015). Dari Gambar 4.1 dapat dilihat bahwa kenaikan temperatur untuk masing-masing daya yang digunakan dalam proses ekstraksi adalah sebagai berikut :

- daya 100 W terjadi kenaikan temperatur sebesar 3,35 °C/min,
- daya 240 W terjadi kenaikan temperatur sebesar 14,48 °C/min,
- daya 380 W terjadi kenaikan temperatur sebesar 18,7 °C/min, dan
- daya 540 W terjadi kenaikan temperatur sebesar 23 °C/min.

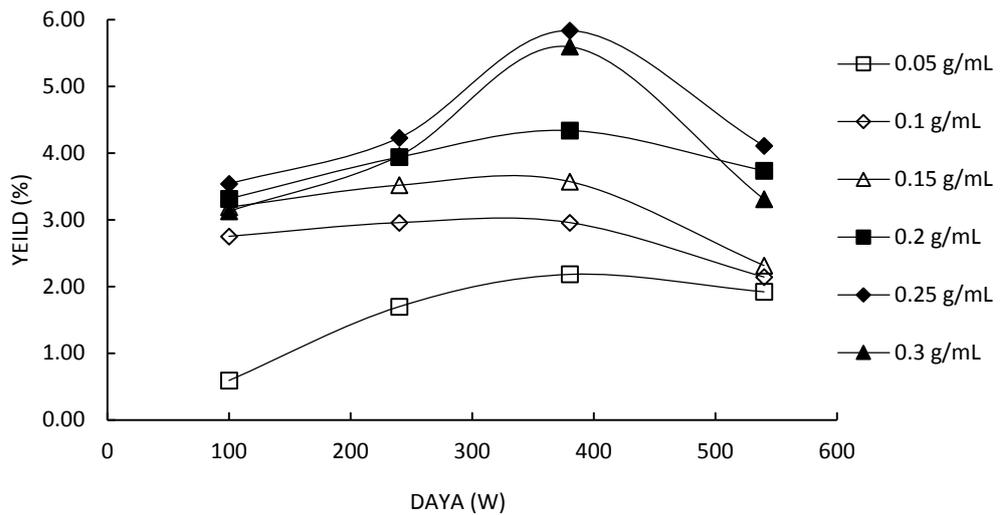
Pada Gambar 4.1 ini secara umum dapat dilihat bahwa daya *microwave* yang paling cepat untuk mengalami kenaikan temperatur adalah 540 W. Namun, dalam proses ekstraksi yang menggunakan metode *Solvent-Free Microwave Extraction* terdapat faktor karakteristik bahan yang mempengaruhi proses ekstraksi. Dengan adanya faktor karakteristik bahan tersebut, maka ketika menggunakan daya 540 W belum tentu *yield* yang dihasilkan adalah *yield* terbaik.

#### 4.2.1.1 Pengaruh daya microwave terhadap yield minyak daun jeruk purut segar

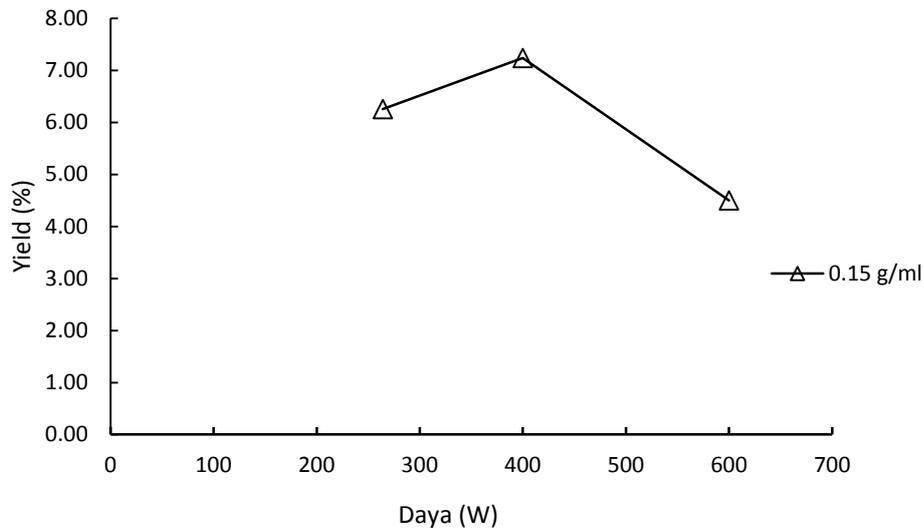
Pada parameter ini dapat dilihat bahwa semakin besar daya *microwave* yang digunakan maka molekul-molekul polar dalam bahan ketika terpapar radiasi *microwave* akan mengalami rotasi yang semakin cepat (gerakan osilasi dan saling bertumbukan) dan menghasilkan energi kalor (panas) sehingga molekul target dapat terekstrak keluar.



(a)



(b)



(c)

**Gambar 4.2** Grafik hubungan daya *microwave* terhadap *yield* minyak daun jeruk purut segar dengan ukuran : (a)  $5.21 \pm 0.51$  cm ; (b)  $3.06 \pm 0.57$  cm dan (c)  $0.88 \pm 0.25$  cm

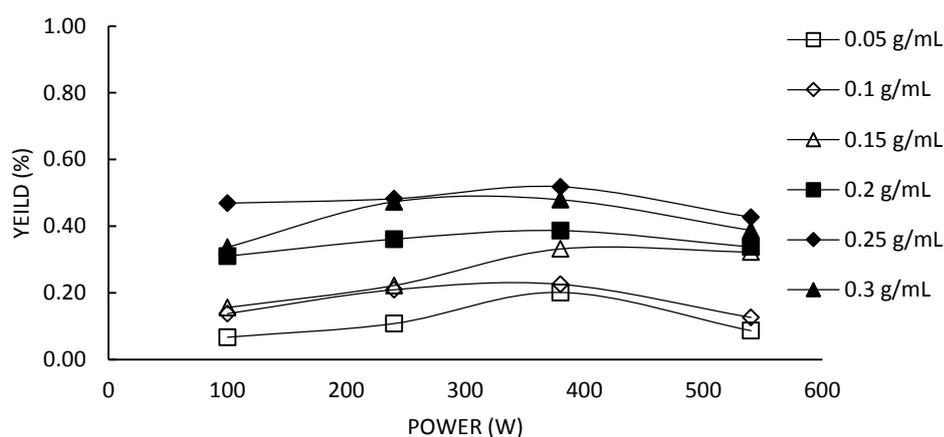
Berdasarkan Gambar 4.2 (a), 4.2 (b) dan 4.2 (c) di atas, secara umum dapat dilihat adanya kecenderungan peningkatan *yield* seiring kenaikan daya. Kecenderungan naiknya *yield* ini disebabkan karena besarnya massa bahan yang digunakan sehingga kandungan air yang terdapat didalamnya juga semakin banyak dan mengakibatkan bahan dapat diekstrak dengan baik jika daya ditambahkan. Namun pada Gambar 4.2 (a) *yield* mulai menurun pada daya 380 W hal ini berbeda dengan yang terjadi pada Gambar 4.2 (b) dan (c) yang mana *yield* menurun pada daya 540 dan 600 W. Penurunan *yield* ini disebabkan karena jika daya yang digunakan terlalu tinggi menandakan bahwa energi yang ditransfer ke dalam sampel terlalu besar sehingga menyebabkan hasil *yield* yang optimum tidak tercapai karena terjadinya degradasi pada bahan dan komponen minyak atsiri (Chen *et al*, 2015). Hal ini didukung oleh penelitian Chen *et al* yaitu pada pengambilan minyak atsiri dari *pomelo peels* dengan menggunakan metode SFME dan waktu ekstraksi 30 menit yang mana pada daya 300 W didapat hasil *yield* 25.3% namun pada daya 450 W *yield* menurun menjadi 20%. Penelitian tersebut juga didukung oleh hasil

SEM yang memperlihatkan bahwa pada daya 450 W kerusakan kelenjar minyak lebih dari 42% yang mana seharusnya berkisar antara 14-28%.

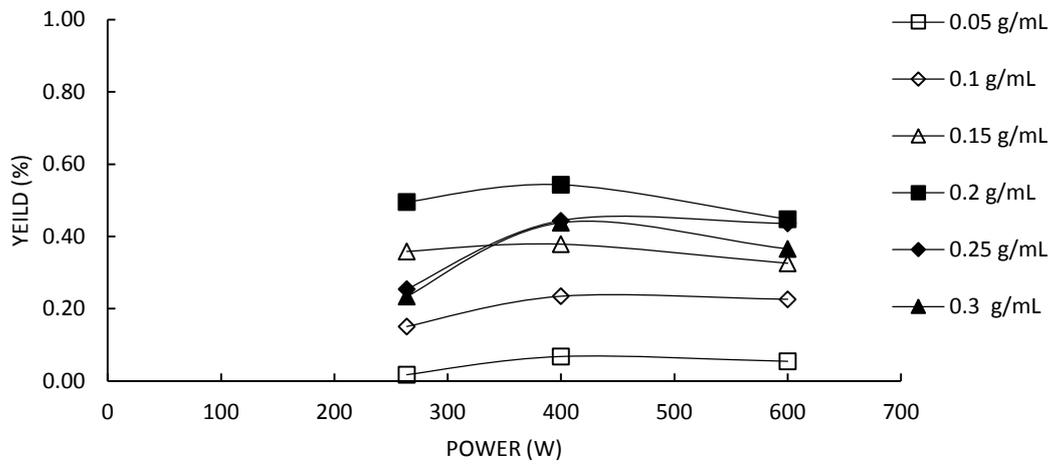
Hal ini juga berefek pada *yield* optimum yang didapatkan yaitu pada Gambar 4.2 (a) *yield* optimum berada pada daya 240 W sedangkan untuk Gambar 4.2 (b) dan 4.2 (c) *yield* optimum terletak pada daya 380 dan 400 W. Dan dari Gambar tersebut *yield* tertinggi terletak pada ukuran  $0.88 \pm 0.25$  cm yaitu gambar 4.1(b).

#### 4.2.1.2 Pengaruh daya microwave terhadap yield minyak daun jeruk purut kering

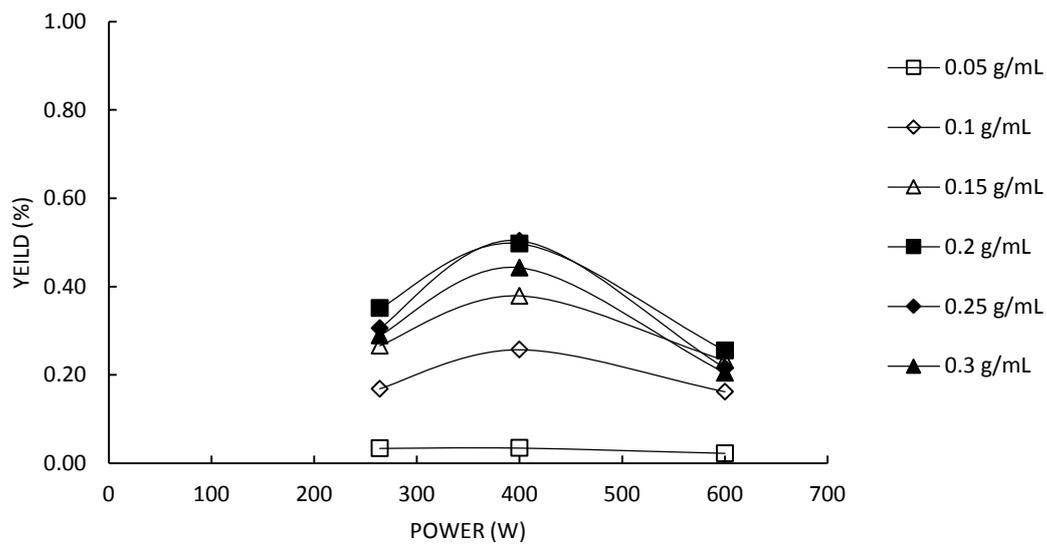
Pada variabel kering (basah) dilakukan proses perendaman dimana dalam penelitian ini dilakukan selama 30 menit. Hal ini bertujuan untuk menambah kelembaban awal bahan sehingga pada saat proses ekstraksi bahan tidak mudah terbakar. Selain itu tujuan lain dari kelembaban sebagai *recovery yield* yang dihasilkan oleh variabel kering (Mcmillin *et al*, 1997). Letellier dan Budzinski (1999) menyatakan bahwa matriks basah (tinggi kelembaban) meningkatkan pemulihan ekstraksi karena gelombang mikro berinteraksi secara selektif dengan molekul air yang terdapat dalam kelenjar dan sistem vaskular, yang menyebabkan pemanasan cepat dan kenaikan suhu, diikuti oleh pecahnya dinding dan pelepasan minyak jeruk purut.



(a)



(b)



(c)

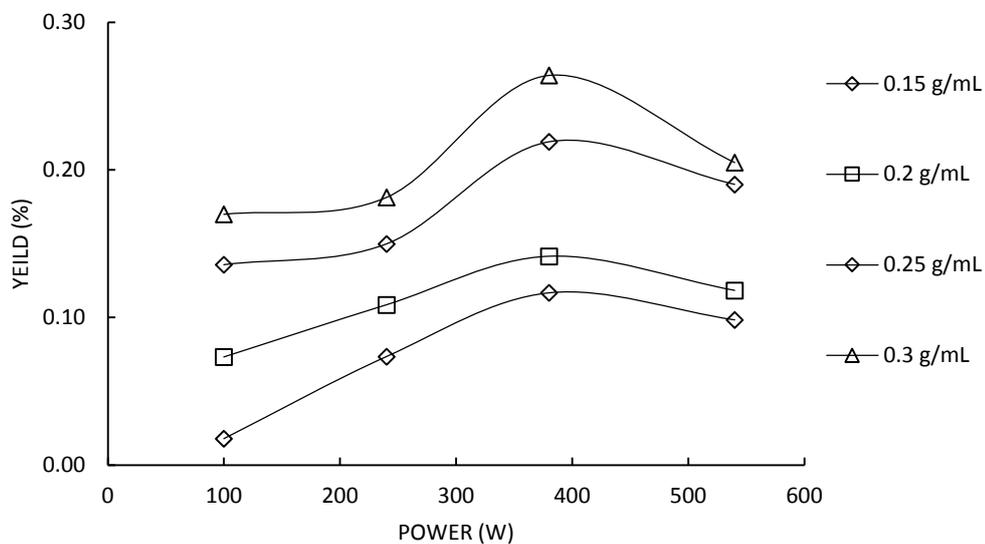
**Gambar 4.3** Grafik hubungan daya *microwave* terhadap *yield* minyak daun jeruk purut kering dengan ukuran (a)  $5,10 \pm 0,83$  cm, (b)  $2,69 \pm 0,64$  cm dan (c)  $1,23 \pm 0,40$  cm

Berdasarkan Gambar 4.3 (a), (b) dan (c) di atas, secara umum dapat dilihat adanya kecenderungan peningkatan *yield* seiring kenaikan daya. Kecenderungan naiknya *yield* ini disebabkan karena besarnya massa bahan yang digunakan

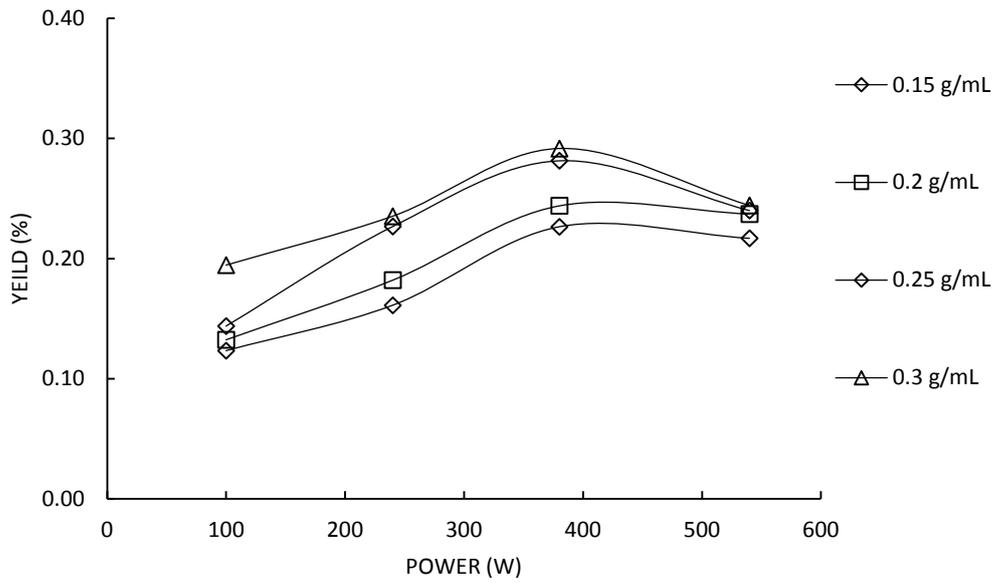
sehingga kandungan air yang terdapat didalamnya juga semakin banyak dan mengakibatkan bahan dapat diekstrak dengan baik jika daya ditambahkan. *Yield* optimum pada gambar 4.3 (a) terletak pada daya 380 W dan *yield* optimum untuk Gambar 4.3 (b) dan (c) terletak pada 400 W. Namun pada daya 540 W pada gambar 4.3 (a) *yield* mengalami penurunan sedangkan pada gambar 4.3 (b) dan (c) *yield* mengalami penurunan pada daya 600 W. Fenomena ini juga terjadi pada penelitian dari Admiralia dan Amelia (2016) yaitu pada ekstraksi kulit jeruk purut kering dimana pada daya 380 W didapat hasil *yield* 0.7% sedangkan pada daya 400 W nilai *yield* turun menjadi 0.6%. Selain itu daya yang terlalu tinggi dapat menyebabkan *overheating* internal, isomerisasi atau ketidakstabilan termal (Ma *et al*, 2011).

#### 4.2.1.3 Pengaruh daya microwave terhadap yield minyak batang jeruk purut segar

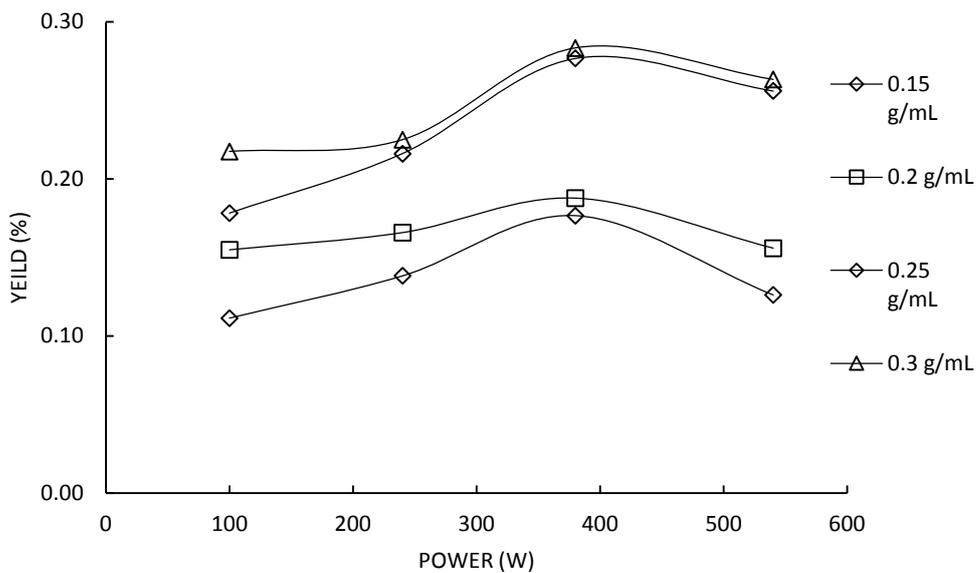
Pada penelitian ini secara umum dapat dilihat bahwa daya *microwave* yang paling baik untuk menghasilkan *yield* optimum minyak batang jeruk purut segar adalah 380 W.



(a)



(b)



(c)

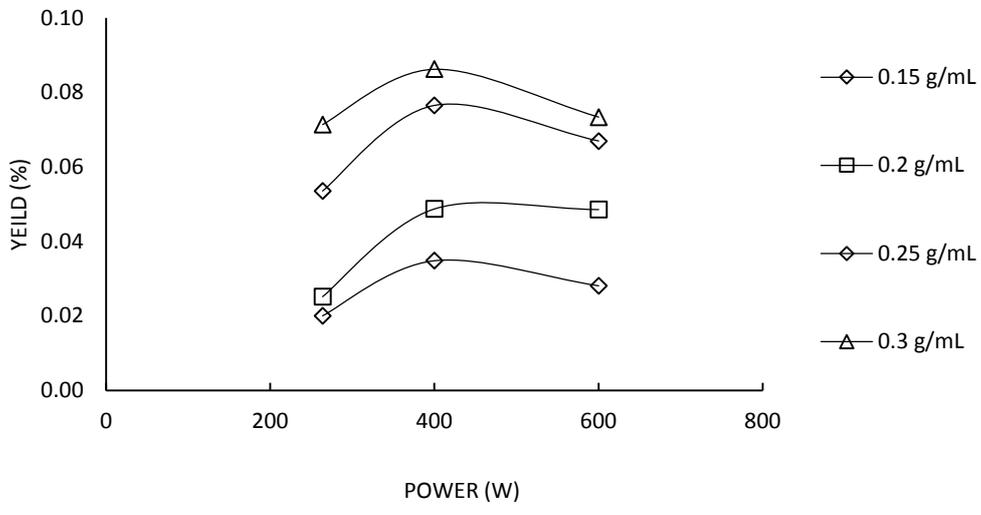
**Gambar 4.4** Grafik hubungan daya *microwave* terhadap *yield* minyak batang jeruk purut segar dengan ukuran (a)  $3.20 \pm 0.17$ ; (b)  $2.24 \pm 0.15$  dan (c)  $1.50 \pm 0.20$  cm

Berdasarkan Gambar 4.4 (a), (b) dan (c) dapat dilihat bahwa daya optimal untuk menghasilkan *yield* terbaik yaitu 380 W. Secara garis besar dapat dilihat *yield* cenderung meningkat dari daya 100 sampai 380 W. Dan *yield* tertinggi terdapat pada ukuran  $2,24 \pm 0,15$  cm yaitu pada gambar 4.4 (b) dengan daya optimal 380 W. Sedangkan pada daya 600 W *yield* mengalami penurunan. Hal ini dikarenakan daya yang diberikan terlalu besar maka laju penguapan semakin cepat. Hal inilah yang mungkin dapat menyebabkan terjadinya degradasi terhadap bahan yang justru bisa menurunkan hasil *yield* serta bisa merusak susunan minyak atsiri yang ingin diambil (Kusuma, 2016).

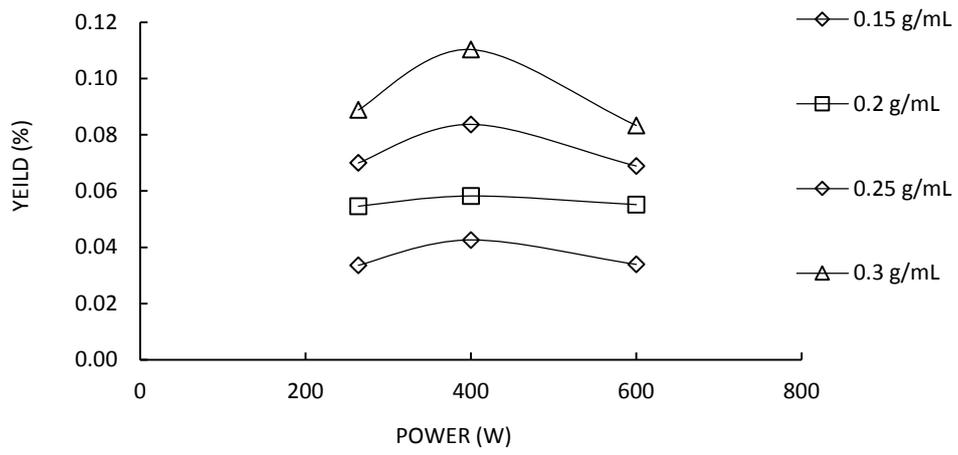
Adapun hasil *yield* yang didapat pada daun segar jika dibandingkan dengan hasil *yield* pada batang segar maka jelas terlihat bahwa lebih besar *yield* dari daun segar. Hal ini disebabkan karena besarnya kadar air yang terkandung dalam daun jeruk purut segar lebih tinggi yaitu 90.2567 % dibandingkan dengan batang jeruk purut segar yaitu 51.83 %. Kandungan air yang terdapat dalam akan berpengaruh 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 *solvent-free microwave extraction*, daya *microwave* juga berperan sebagai *driving force* untuk memecah struktur membran sel tanaman sehingga minyak dapat terdifusi keluar. Sehingga penambahan daya *microwave* secara umum akan meningkatkan *yield* dan mempercepat waktu ekstraksi (Liang *et al.*, 2008).

#### ***4.2.1.4 Pengaruh daya microwave terhadap yield minyak batang jeruk purut kering***

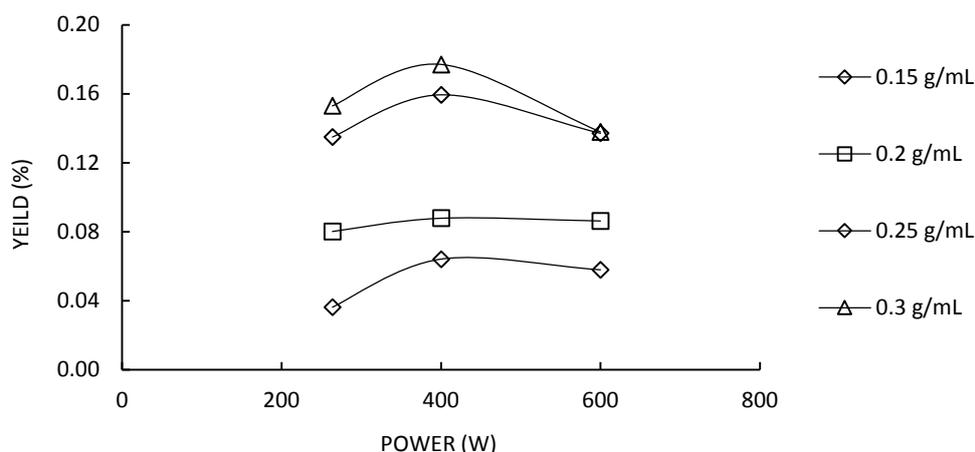
Pada penelitian ini secara umum dapat dilihat bahwa daya *microwave* yang paling baik untuk menghasilkan *yield* optimum minyak batang jeruk purut kering adalah 400 W.



(a)



(b)



(c)

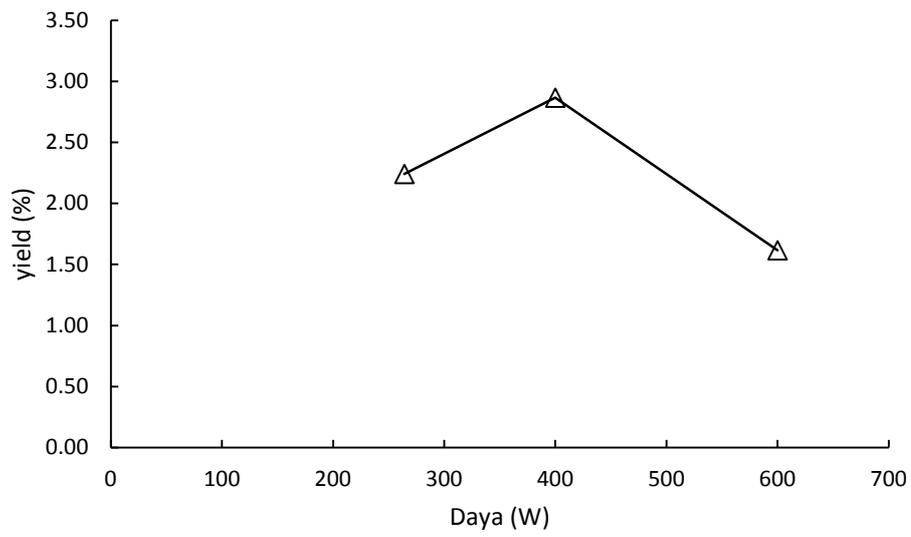
**Gambar 4.5** Grafik hubungan daya *microwave* terhadap *yield* minyak batang jeruk purut kering dengan ukuran (a)  $3.73 \pm 0.65$  cm ; (b)  $2.31 \pm 0.43$  cm dan (c)  $1.54 \pm 0.49$  cm

Berdasarkan Gambar 4.5 (a), 4.5 (b) dan 4.5 (c) dapat dilihat bahwa daya optimal untuk menghasilkan *yield* terbaik adalah 400 W. Secara garis besar dapat dilihat *yield* cenderung meningkat dari daya 264 sampai 400 W namun pada daya 600 W hasil *yield* menurun.

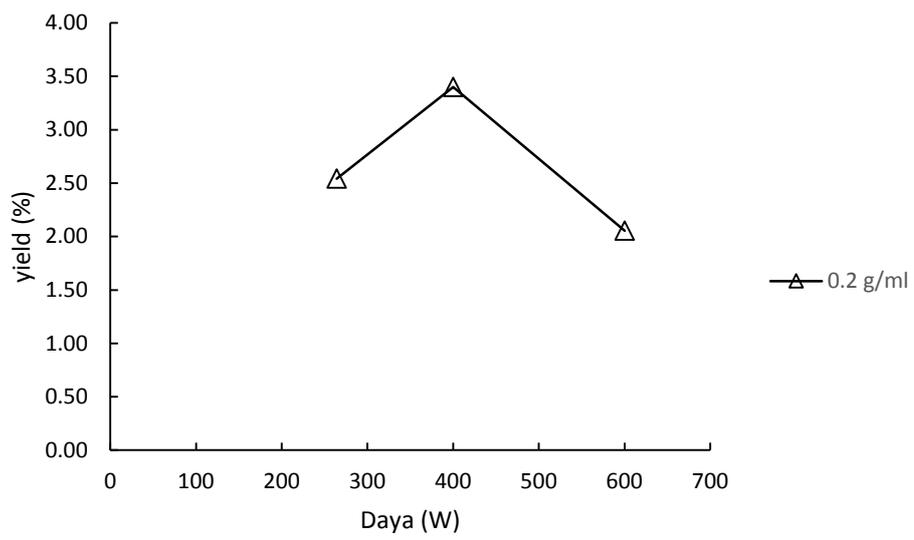
Adapun hasil *yield* yang didapat pada daun jeruk purut kering jika dibandingkan dengan hasil *yield* pada batang jeruk purut kering maka jelas terlihat bahwa lebih besar *yield* dari daun kering. Hal ini disebabkan karena besarnya kadar air yang terkandung dalam daun jeruk purut kering lebih tinggi yaitu 7.3861 % dibandingkan dengan batang jeruk purut kering yaitu 4.429%.

#### 4.2.1.5 Pengaruh daya *microwave* terhadap *yield* minyak kulit jeruk purut segar

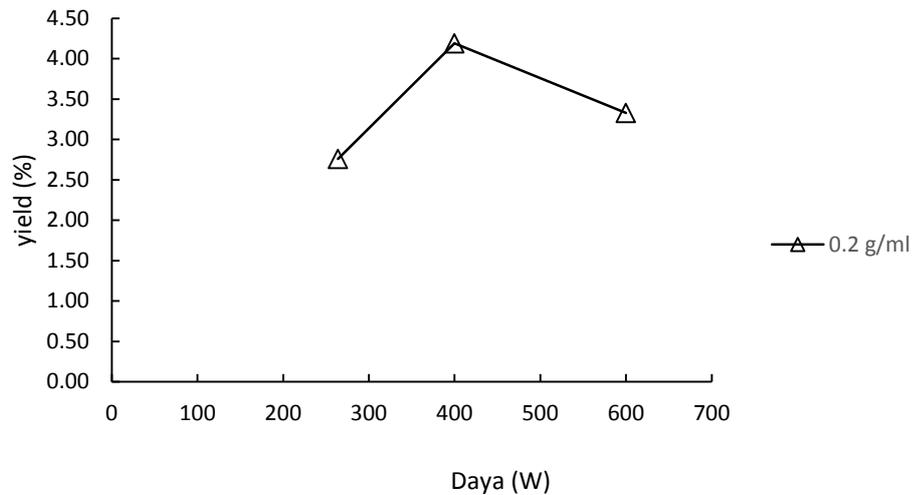
Pada parameter ini secara umum dapat dilihat bahwa daya *microwave* yang paling baik untuk menghasilkan *yield* optimum minyak batang jeruk purut kering adalah 400 W.



(a)



(b)



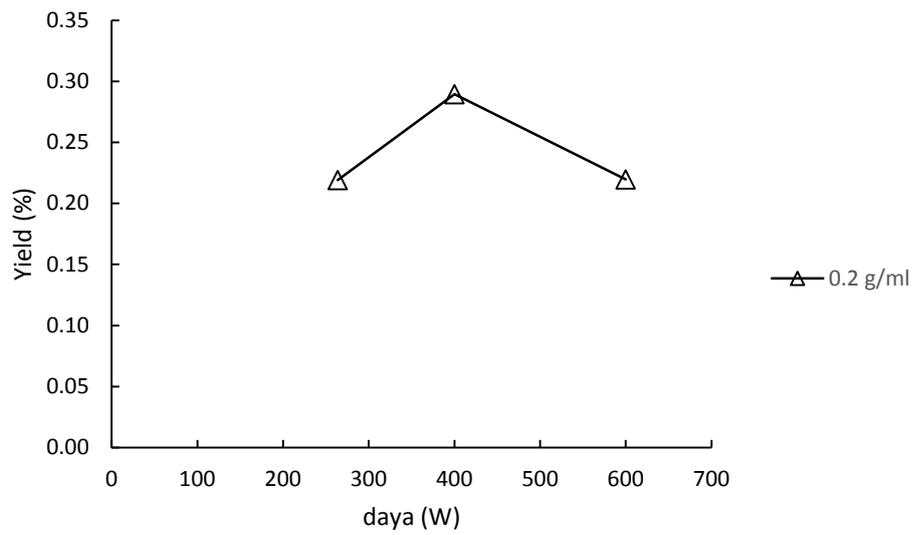
(c)

**Gambar 4.6** Grafik hubungan daya *microwave* terhadap *yield* minyak kulit jeruk purut segar dengan ukuran (a)  $3.39 \pm 0.21$  cm; (b)  $2.38 \pm 0.21$  cm dan (c)  $1.34 \pm 0.23$  cm

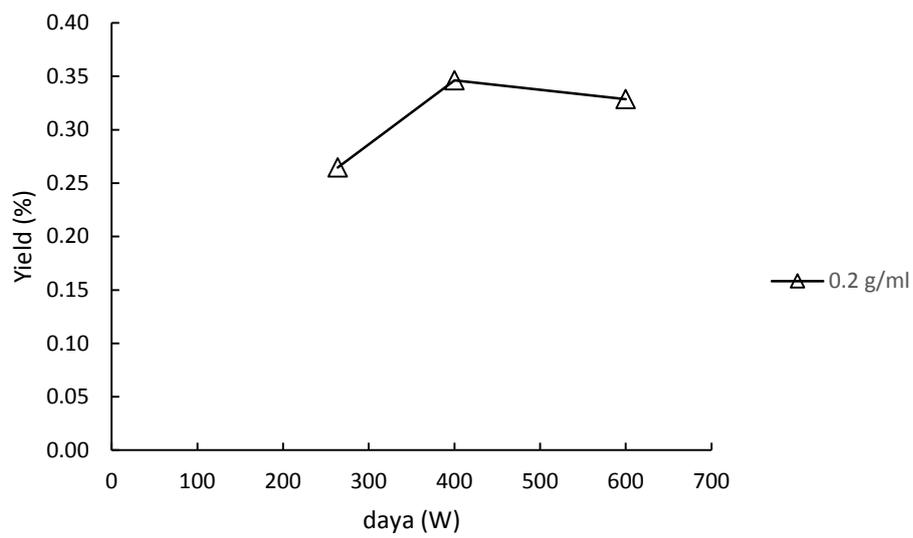
Berdasarkan Gambar 4.6 (a), 4.6 (b) dan 4.6 (c) dapat dilihat bahwa daya optimal untuk menghasilkan *yield* terbaik adalah 400 W. Secara garis besar dapat dilihat *yield* cenderung meningkat dari daya 264 sampai 400 W namun pada daya 600 W hasil *yield* menurun.

#### **4.2.1.6 Pengaruh daya *microwave* terhadap *yield* minyak kulit jeruk purut kering**

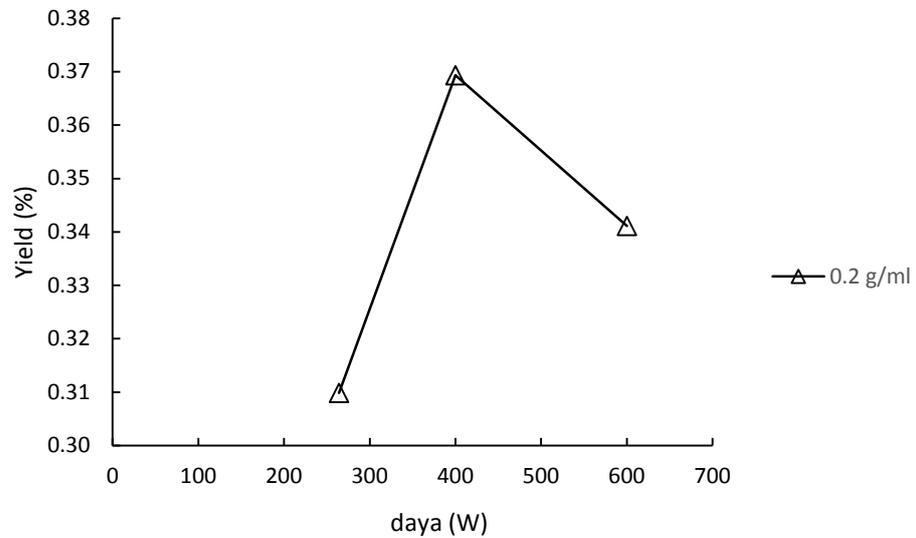
Pada parameter ini secara umum dapat dilihat bahwa daya *microwave* yang paling baik untuk menghasilkan *yield* optimum minyak batang jeruk purut kering adalah 400 W.



(a)



(b)



(c)

**Gambar 4.7** Grafik hubungan daya *microwave* terhadap *yield* minyak kulit jeruk purut segar dengan ukuran (a)  $3.38 \pm 0.17$  cm; (b)  $2.48 \pm 0.24$  cm dan (c)  $1.06 \pm 0.43$  cm

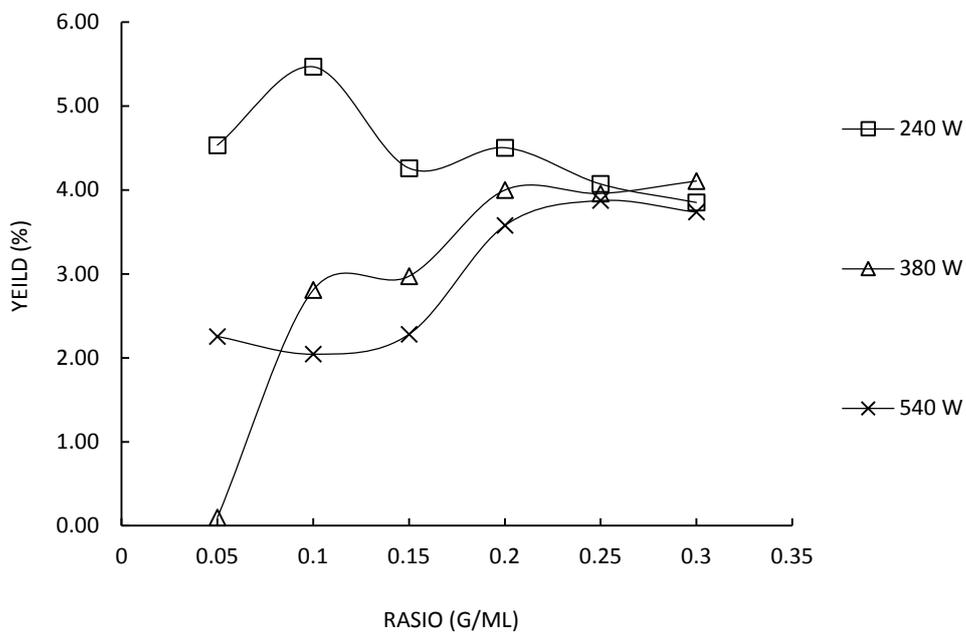
Berdasarkan Gambar 4.7 (a), 4.7 (b) dan 4.7 (c) dapat dilihat bahwa daya optimal untuk menghasilkan *yield* terbaik adalah 400 W. Secara garis besar dapat dilihat *yield* cenderung meningkat dari daya 264 sampai 400 W karena apabila daya *microwave* semakin besar maka energi panas yang diterima oleh bahan dalam *distiller* semakin banyak. Sehingga akan semakin memudahkan proses penguapan minyak kulit jeruk purut. Itulah yang menyebabkan *yield* minyak kulit jeruk purut meningkat. Sedangkan pada Gambar 4.7 (a); 4.7 (b) dan 4.7 (c) *yield* menurun pada daya 600 W hal ini disebabkan daya yang diberikan terlalu besar maka dapat menyebabkan terjadinya degradasi minyak sehingga menurunkan nilai *yield* (Kusuma dan Mahfud, 2015).

#### 4.2.2 Pengaruh rasio antara massa bahan baku dengan volume *distiller* terhadap *yield* minyak jeruk purut

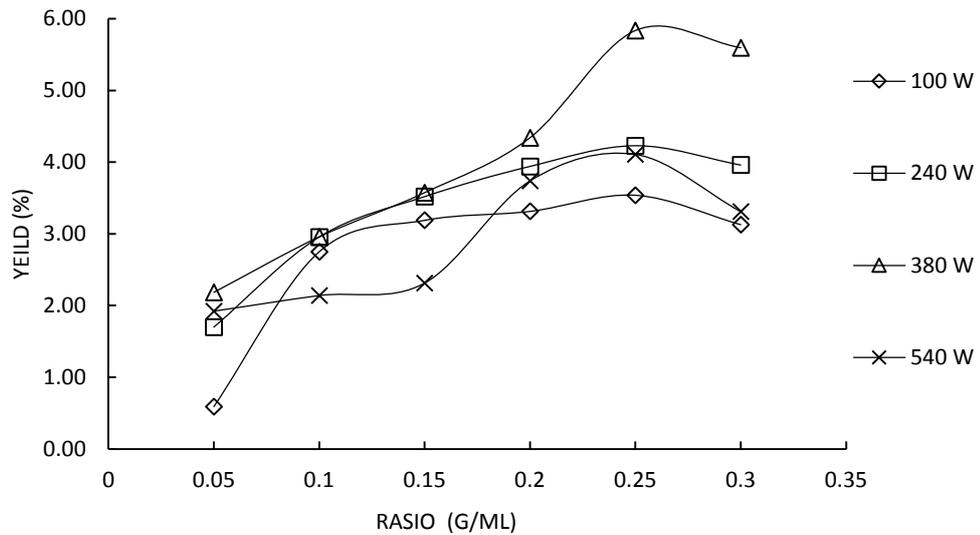
Pada ekstraksi minyak jeruk purut dengan metode SFME digunakan variabel rasio massa bahan terhadap volume *distiller* untuk bagian daun 0,05; 0,1; 0,15; 0,2;

0,25 dan 0,3 g/mL yang berarti massa bahan 50, 100, 150, 200, 250, dan 300 gram ditempatkan di dalam labu distilasi 1000 mL. Sedangkan untuk bagian batang 0,15; 0,2; 0,25 dan 0,3. Pemilihan variabel berupa rasio bertujuan untuk memprediksi hasil *yield* dari ekstraksi jeruk purut dengan alat yang di-*scale up*. Sehingga jika dilakukan *scale up* alat berturut-turut akan menghasilkan *yield* yang sama dengan rasio tersebut.

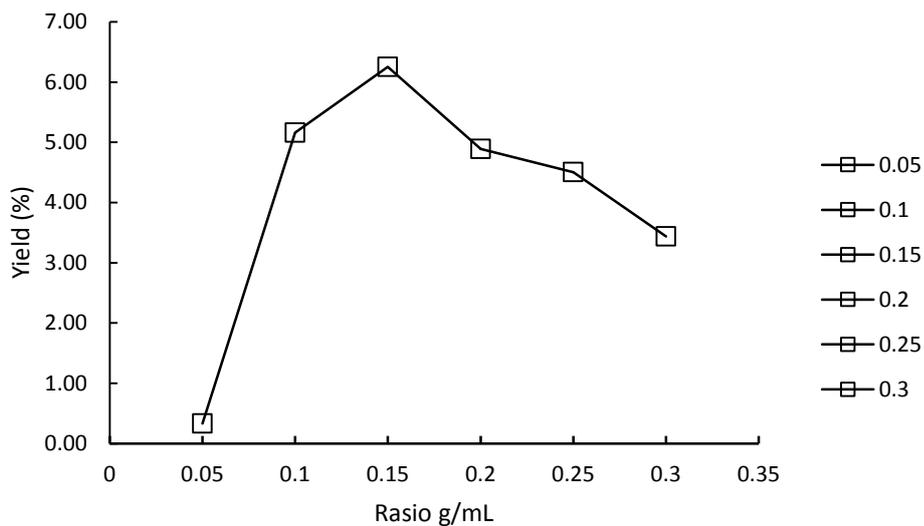
**4.2.2.1 Pengaruh rasio antara massa bahan baku dengan volume distiller terhadap yield minyak daun segar jeruk purut**



(a)



(b)



(c)

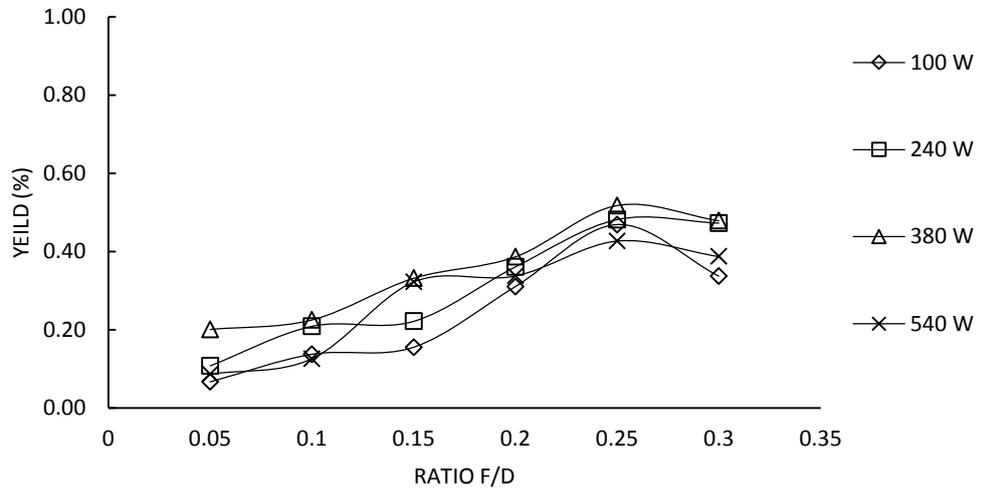
**Gambar 4.8** Grafik hubungan rasio massa bahan baku terhadap *yield* minyak daun jeruk purut segar dengan ukuran : (a)  $5.21 \pm 0.51$  cm ; (b)  $3.06 \pm 0.57$  cm dan (c)  $0.88 \pm 0.25$  cm

Berdasarkan gambar 4.8 (a) rasio optimum terdapat pada 0.15 g/mL untuk daya 240 W, sedangkan pada daya 380 W rasio optimum terletak pada 0,2 g/mL dan untuk daya 540 W rasio optimum berada pada 0.25 g/mL. Namun secara keseluruhan rasio dengan hasil *yield* terbaik adalah 0.1 g/mL dengan daya 240 W.

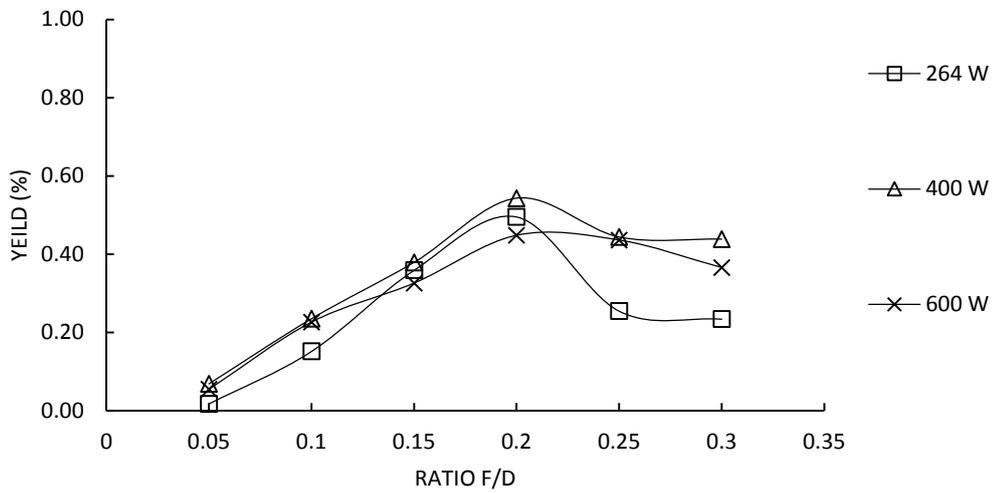
Berdasarkan Gambar 4.8 (b) dapat dilihat bahwa ratio optimal untuk menghasilkan *yield* terbaik adalah 0,25 g/ml. Secara garis besar dapat dilihat *yield* meningkat dari rasio 0,05 sampai 0,25 g/ml pada setiap daya. Namun pada rasio 0,3 g/ml *yield* mengalami penurunan hal ini disebabkan oleh faktor kepadatan yaitu massa bahan baku yang digunakan sudah terlampau 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 ruang 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 jeruk purut yang diperoleh dan menurunkan efisiensi penyulingan.

Berdasarkan Gambar 4.8 (c) dapat dilihat bahwa ratio optimal untuk menghasilkan *yield* terbaik adalah 0,15 g/ml. Secara garis besar dapat dilihat *yield* meningkat dari rasio 0,05 sampai 0,15 g/ml pada setiap daya. Namun pada rasio 0.2 g/mL *yield* mengalami penurunan.

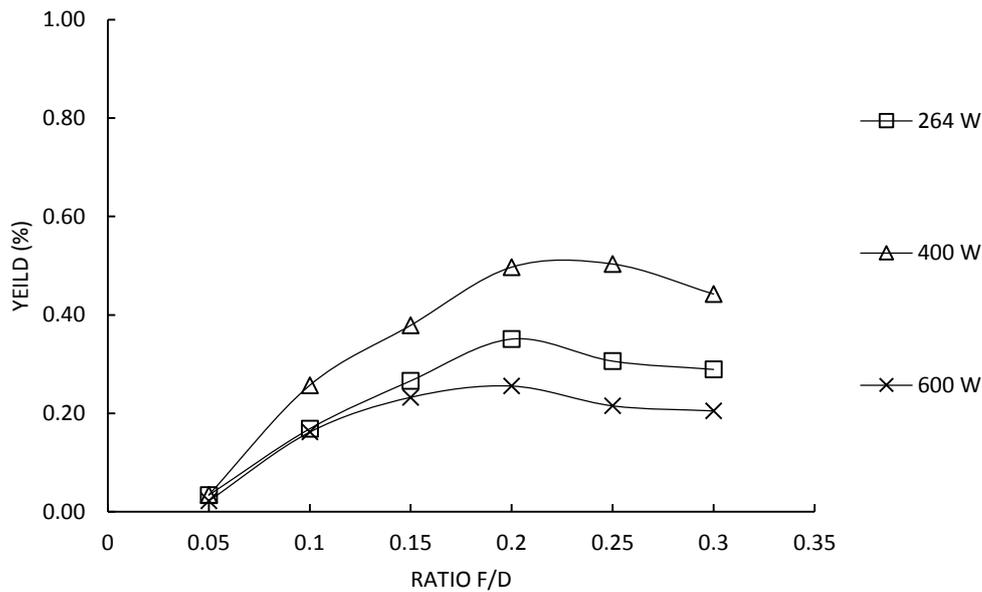
**4.2.2.2 Pengaruh rasio antara massa bahan baku dengan volume distiller terhadap yield minyak daun jeruk purut kering**



**(a)**



**(b)**



(c)

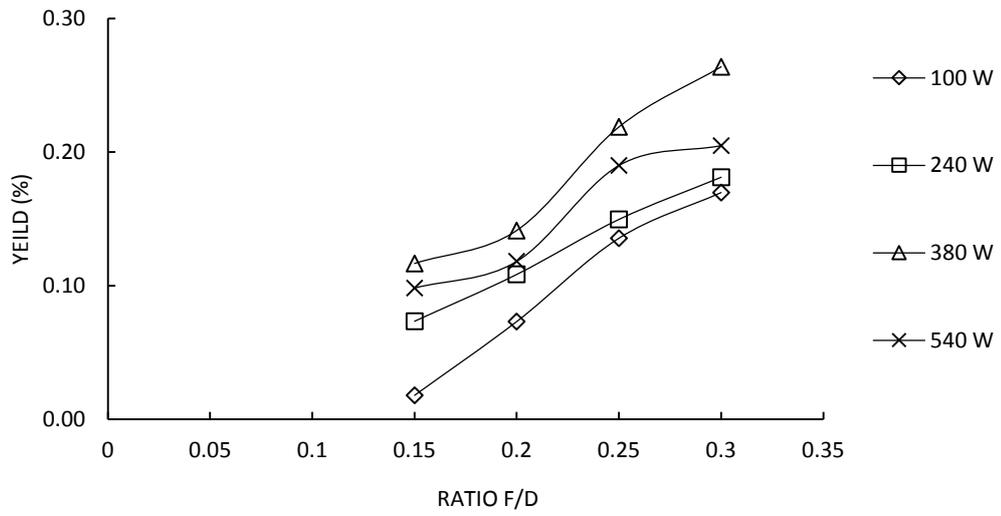
**Gambar 4.9** Grafik hubungan rasio F/D terhadap *yield* minyak daun jeruk purut kering dengan ukuran (a)  $5,10 \pm 0,83$  cm, (b)  $2,69 \pm 0,64$  cm dan (c)  $1,23 \pm 0,40$  cm

Berdasarkan Gambar 4.9 (a) dapat dilihat bahwa ratio optimal untuk menghasilkan *yield* terbaik adalah 0,25 g/ml. Secara garis besar dapat dilihat *yield* meningkat dari rasio 0,05 sampai 0,25 g/ml pada setiap daya. Dan hasil *yield* menurun pada rasio 0.3 g/mL. Hal ini disebabkan karena 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 jeruk purut yang diperoleh dan menurunkan efisiensi penyulingan.

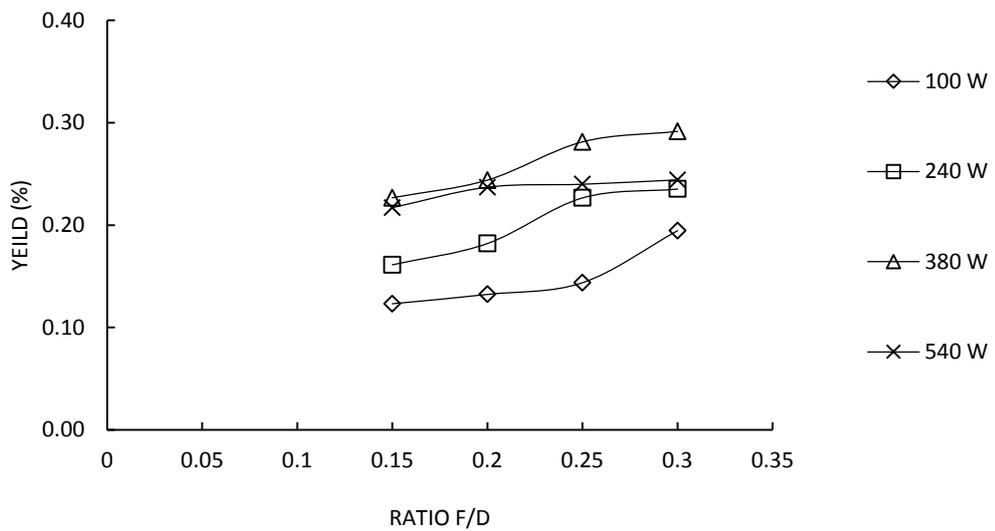
Berdasarkan Gambar 4.9 (b) dan 4.9 (c) dapat dilihat bahwa ratio optimal untuk menghasilkan *yield* terbaik adalah 0,2 g/ml. Secara garis besar dapat dilihat *yield*

meningkat dari rasio 0,05 sampai 0,2 g/ml dan menurun pada rasio 0,25 g/mL. Fenomena ini sama halnya dengan fenomena yang terjadi pada Gambar 4.9 (a).

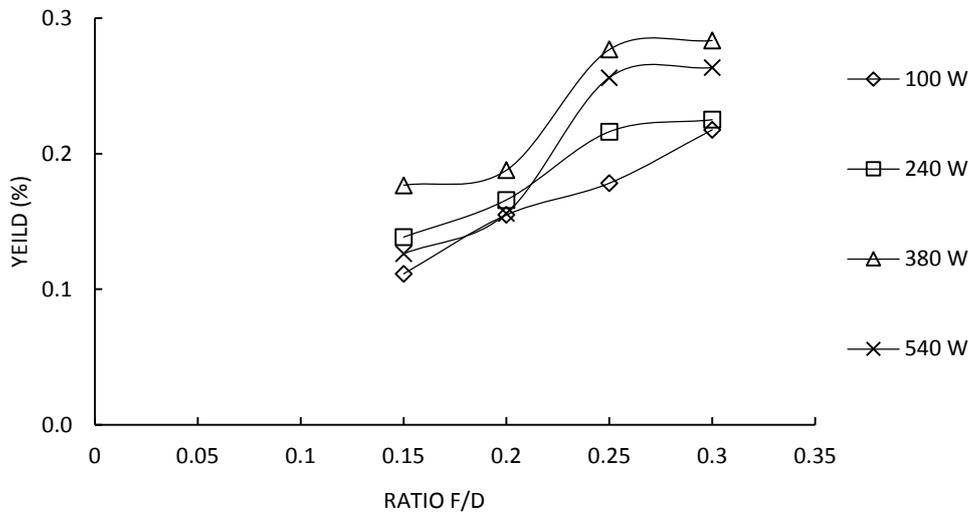
**4.2.2.3 Pengaruh rasio antara massa bahan baku dengan volume distiller terhadap yield minyak batang segar jeruk purut**



(a)



(b)



(c)

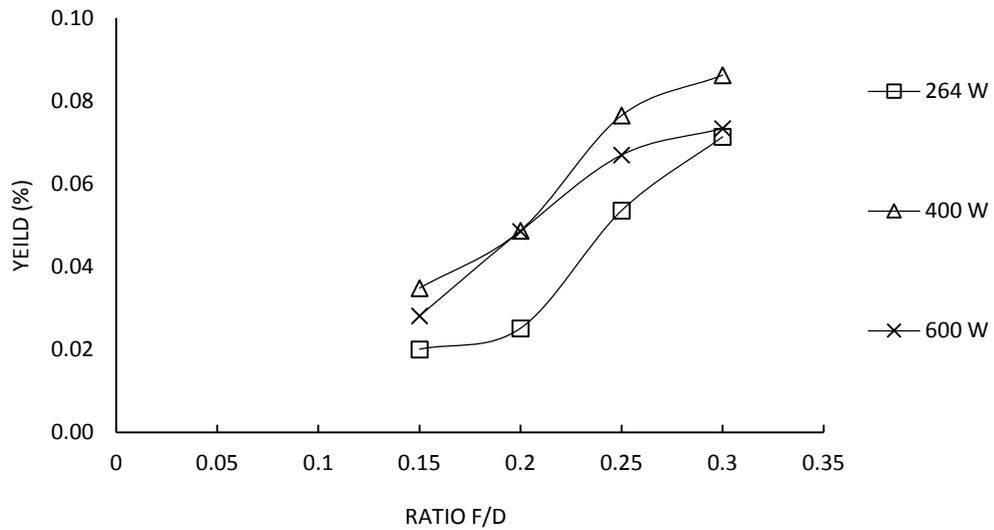
**Gambar 4.10** Grafik hubungan rasio F/D terhadap *yield* minyak batang jeruk purut segar dengan ukuran (a)  $3.20 \pm 0.17$ ; (b)  $2.24 \pm 0.15$  dan (c)  $1.50 \pm 0.20$  cm

Berdasarkan Gambar 4.10 (a); 4.10 (b) dan 4.10 (c) dapat dilihat bahwa rasio optimal untuk menghasilkan *yield* terbaik adalah 0,3 g/ml. Secara garis besar dapat dilihat *yield* terus meningkat dari rasio 0,05 sampai 0,3 g/ml pada setiap daya. Hal ini disebabkan pada rasio 0,3 g/mL keadaan dari *distiller* belum terlalu padat yang mana bahan baku yaitu bahan segar tidak memenuhi *distiller* sehingga ruang gerak untuk mengambil minyak dari batang jeruk purut segar tidak terhalangi oleh besarnya kepadatan bahan. Selain itu semakin besar ruang gerak uap untuk bisa menguap menuju kondensor yang akhirnya menyebabkan bertambahnya *yield* minyak jeruk purut yang diperoleh dan menaikkan efisiensi penyulingan.

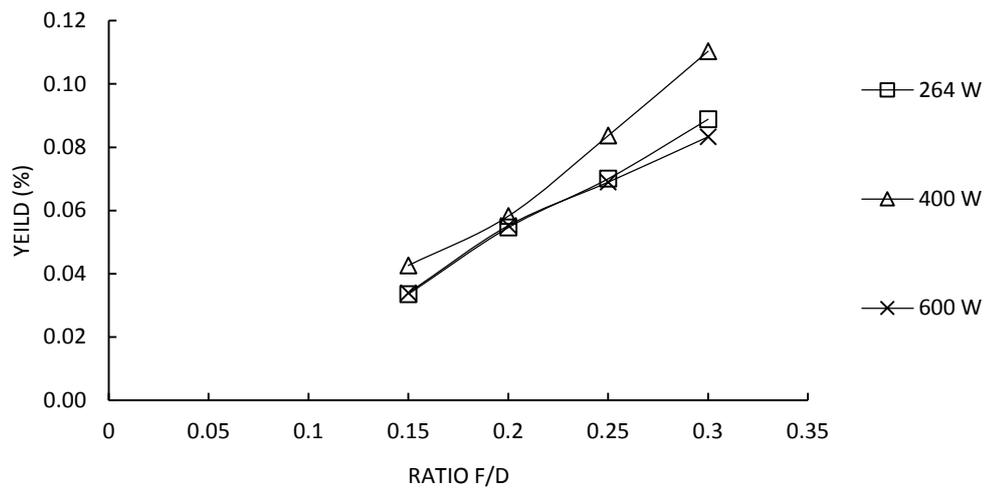
. Semakin besar daya microwave yang digunakan maka semakin besar energi yang diterima bahan tanaman untuk dirubah menjadi panas yang akhirnya menyebabkan *yield* minyak dari bahan dasar batang segar jeruk purut yang diperoleh semakin besar. Selain itu semakin besar daya berarti semakin besar energi gelombang mikro yang dihasilkan untuk menggerakkan molekul-molekul air didalam bahan yang kemudian memecah sel sehingga minyak yang terekstrak semakin banyak (Liang., 2008). Hal ini ditunjang juga pada penelitian (Thakker *et*

al, 2016) yang mana pada penelitian tersebut yaitu pada ekstraksi minyak atsiri dari daun *palmarosa* dengan metode MAE. Ekstraksi ini dilakukan dengan 4 variabel daya yaitu 300, 450, 600 dan 850 W dimana *yield* meningkat seiring dengan meningkatnya daya yaitu sebesar 1.8440 % dengan daya 850 W.

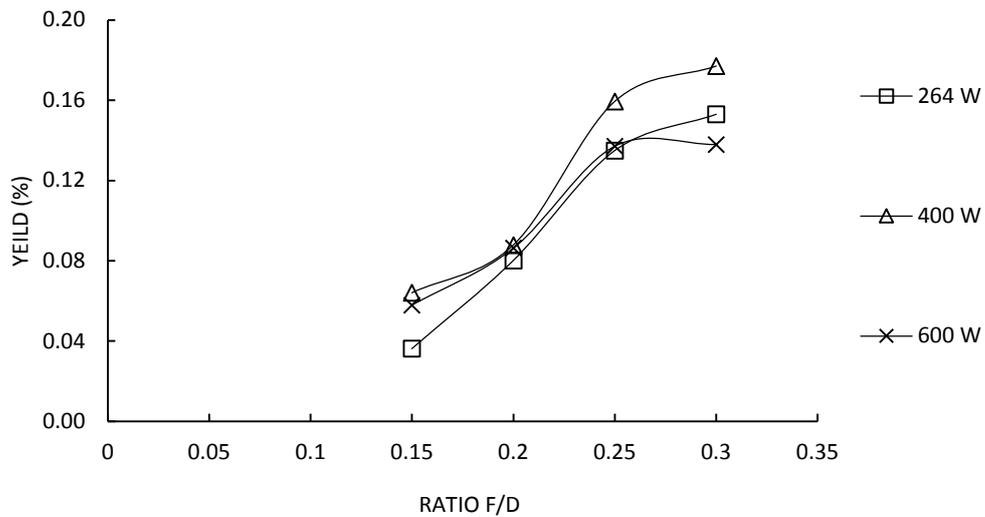
**4.2.2.4 Pengaruh rasio antara massa bahan baku dengan volume distiller terhadap yield minyak batang jeruk purut kering**



(a)



(b)



(c)

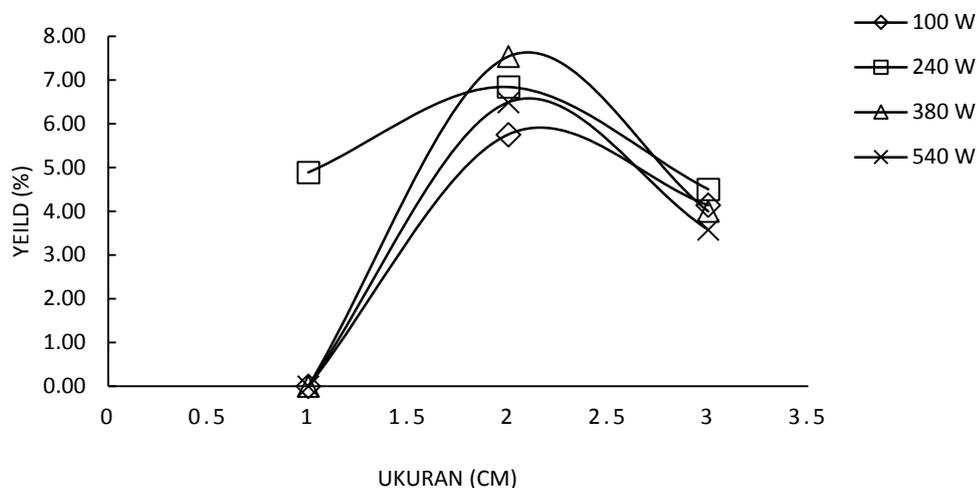
**Gambar 4.11** Grafik hubungan daya *microwave* terhadap *yield* minyak batang jeruk purut kering dengan ukuran (a)  $3.73 \pm 0.65$  cm ; (b)  $2.31 \pm 0.43$  cm dan (c)  $1.54 \pm 0.49$  cm

Berdasarkan Gambar 4.11 (a); 4.11 (b) dan 4.11 (c) dapat dilihat bahwa rasio optimal untuk menghasilkan *yield* terbaik adalah 0,3 g/ml. Secara garis besar dapat dilihat *yield* terus meningkat dari rasio 0,05 sampai 0,3 g/ml. Fenomena ini telah dijelaskan pada Gambar 4.10.

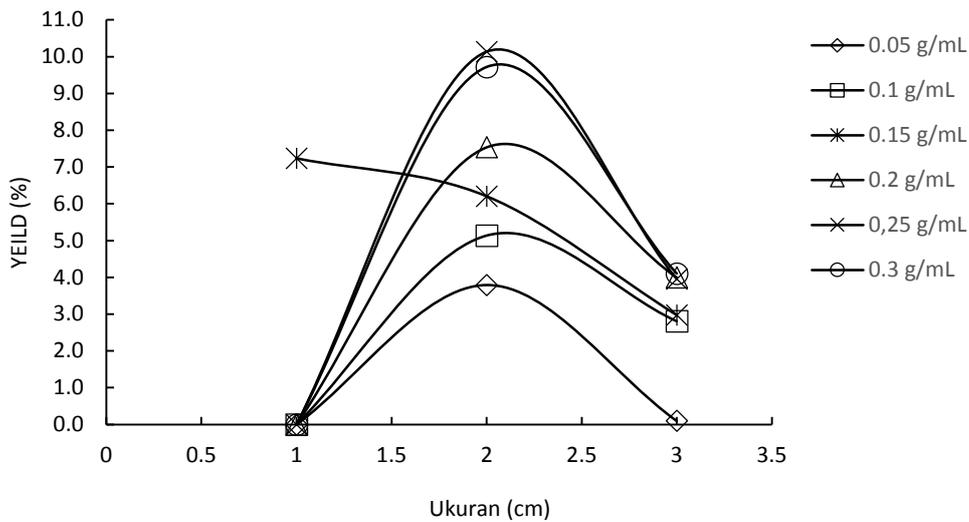
### 4.2.3 Pengaruh ukuran bahan baku terhadap *yield* minyak jeruk purut

Pada parameter ukuran bahan ini digunakan bahan daun segar yang memiliki ukuran bahan  $5.21 \pm 0.51$  cm (utuh) ;  $3.06 \pm 0.57$  cm (cacah 2) dan  $0.88 \pm 0.25$  cm (cacah kecil). Sedangkan untuk ukuran bahan kondisi kering  $5.10 \pm 0.83$  cm (utuh);  $2.69 \pm 0.64$  cm (cacah 2) dan  $1.23 \pm 0.40$  cm (cacah kecil). Pada ekstraksi minyak jeruk purut untuk bagian batang digunakan ukuran bahan untuk kondisi bahan segar  $3.20 \pm 0.17$ ;  $2.24 \pm 0.15$  dan  $1.50 \pm 0.20$  cm. Sedangkan untuk ukuran bahan pada kondisi kering  $3.73 \pm 0.65$ ;  $2.31 \pm 0.43$  dan  $1.54 \pm 0.49$  cm. Selanjutnya pada ekstraksi minyak jeruk purut untuk bagian kulit digunakan ukuran bahan untuk kondisi bahan segar  $3.39 \pm 0.21$ ;  $2.38 \pm 0.21$  dan  $1.34 \pm 0.23$  cm. Sedangkan untuk ukuran bahan pada kondisi kering  $3.38 \pm 0.17$ ;  $2.48 \pm 0.24$  dan  $1.06 \pm 0.43$  cm. Adapun pengaruh ukuran bahan terhadap *yield* dapat dilihat pada sub bab berikut.

#### 4.2.3.1 Pengaruh ukuran daun jeruk purut segar terhadap *yield* minyak jeruk purut



(a)



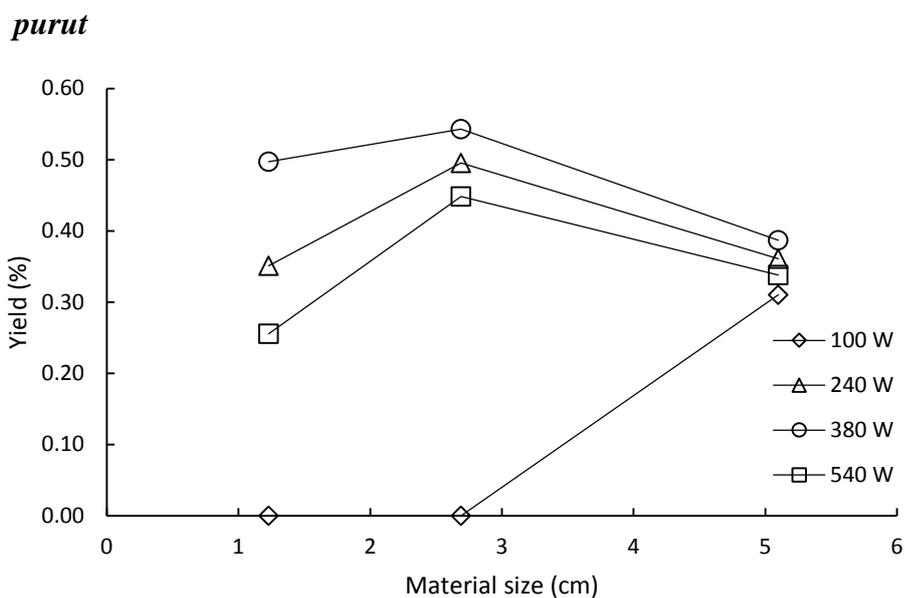
(b)

**Gambar 4.12** Grafik pengaruh ukuran daun jeruk purut segar terhadap *yield* minyak jeruk purut pada (a) rasio 0.2 g/mL dan (b) daya 240 W

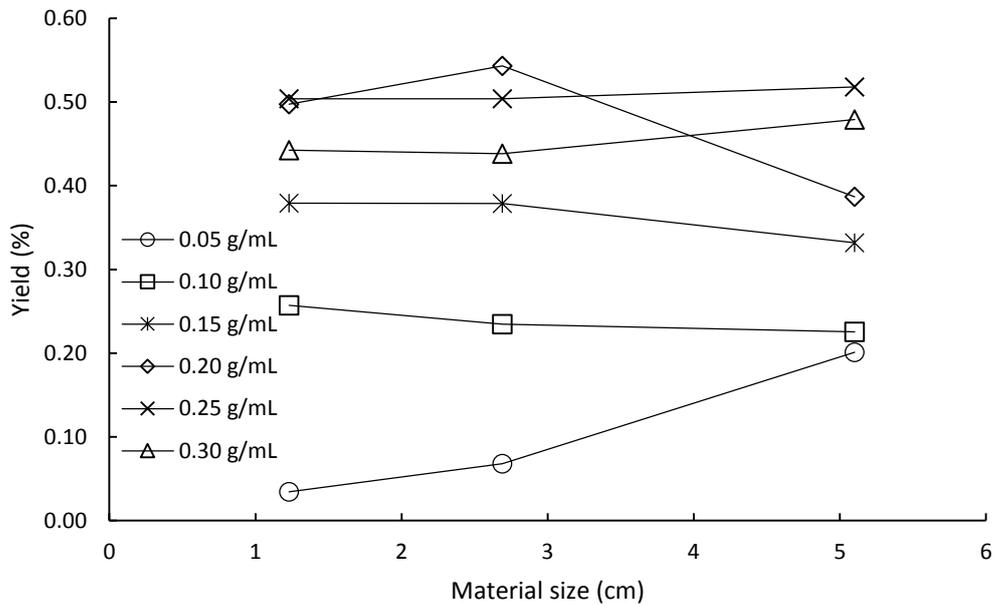
Berdasarkan Gambar 4.12 (a) dapat dilihat bahwa *yield* meningkat dari ukuran  $0.88 \pm 0.25$  cm (cacah kecil) hingga  $3.06 \pm 0.57$  cm (cacah 2). Hasil ini ditunjang dengan penelitian ekstraksi minyak atsiri dari kulit jeruk yang dilakukan oleh Cadmiralia dan Amelia (2016) pada penelitian ini *yield* meningkat dari ukuran sisi 0,5 hingga 3,5 cm kemudian turun pada 5 cm. Rendahnya *yield* yang didapat pada ukuran 0,5 dan 2 cm berkaitan dengan metode yang digunakan, yaitu ekstraksi tanpa pelarut serta efek dari pemanasan *microwave* yang memberikan efek pemanasan lokal (dari dalam ke luar) yang besar sehingga pemanasan terjadi lebih cepat (Kusuma, 2016). Pengaruh dari tidak adanya pelarut ini menyebabkan pada ukuran 0,5 cm, kandungan air *in-situ* dalam bahan sangat sedikit sehingga bahan cenderung lebih mudah kehabisan kandungan air dan menyebabkan minyak tidak dapat terekstrak secara maksimal oleh air *in-situ* bahan. Untuk membuktikannya, dilakukan ekstraksi dengan metode *microwave hydrodistillation* dengan pelarut *aquades* menggunakan variabel ukuran kulit jeruk (0,5 cm; 2 cm; dan 3,5 cm). Hasil dari ekstraksi minyak dengan metode *microwave hydrodistillation* adalah sebesar 0,3060% untuk ukuran 0,5 cm; 0,0920% untuk ukuran 2 cm; dan 0,0915% untuk ukuran 3,5 cm. Hasil ini menunjukkan bahwa ada tidaknya pelarut berpengaruh

terhadap proses ekstraksi dan *yield* yang diperoleh. Hasil ini sama dengan yang terjadi pada gambar 4.12 (a) dan 4.12 (b) namun pada pada gambar 4.12(b) pada rasio 0.15 g/mL *yield* meningkat dari ukuran terkecil sampai terbesar. Hal ini terjadi karena proses pencacahan 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). Hal ini didukung dengan penelitian Putri dan Dewi (2016). Dimana pada penelitian Putri dan Dewi (2016) telah dilakukan ekstraksi menggunakan metode *solvent-free microwave extraction* dengan daun kemangi segar dan daya 380 W serta rasio F/D 0,175 g/ml terjadi penurunan *yield* seiring dengan semakin besarnya ukuran bahan, sehingga ukuran optimum terdapat pada ukuran terkecil.

#### 4.2.3.2 Pengaruh ukuran daun jeruk purut kering terhadap yield minyak jeruk



(a)

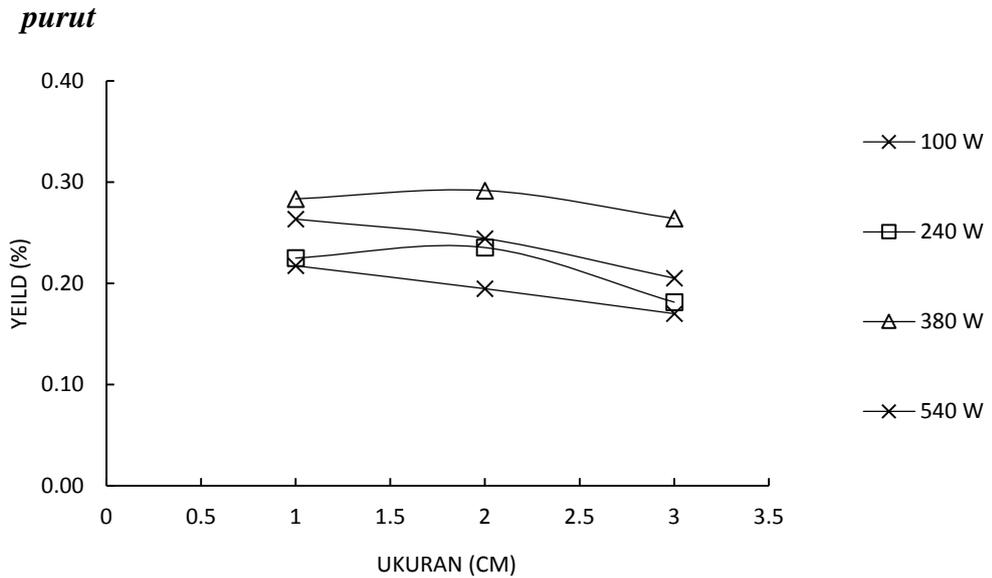


(b)

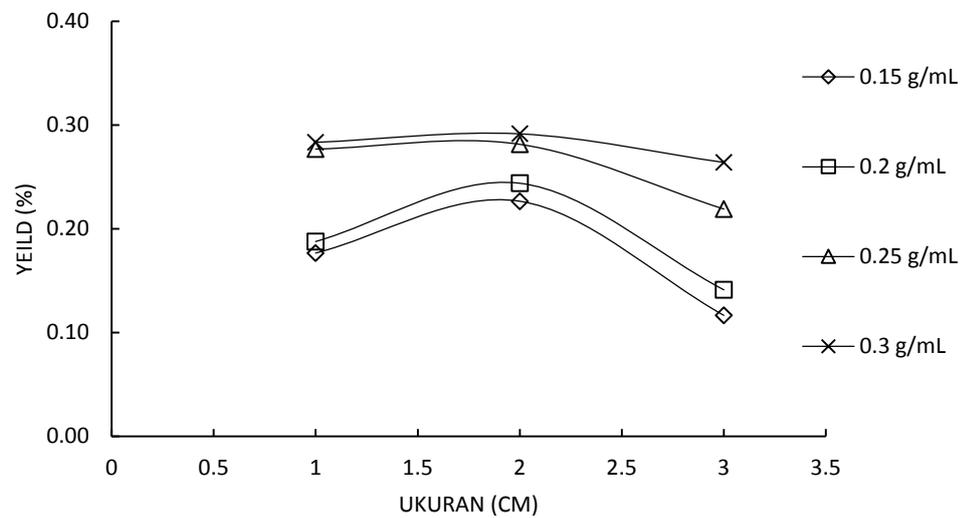
**Gambar 4.13** Grafik pengaruh ukuran daun jeruk purut kering terhadap *yield* minyak jeruk purut pada (a) rasio 0,2 g/mL dan (b) daya 380 W

Berdasarkan Gambar 4.13 (a) dapat terlihat bahwa *yield* meningkat dari ukuran  $2.69 \pm 0.64$  cm (cacah kecil) hingga  $3.06 \pm 0.57$  cm (cacah 2). Kemudian *yield* turun lagi pada ukuran paling besar yaitu  $5.10 \pm 0.83$  cm (utuh). Fenomena ini telah dijelaskan pada Gambar 4.11. Sedangkan pada Gambar 4.13 (a) dapat dilihat bahwa *yield* pada rasio 0,05; 0,25 dan 0,3 g/mL meningkat dari ukuran  $2.69 \pm 0.64$  cm (cacah kecil) hingga  $3.06 \pm 0.57$  cm (cacah 2) namun pada rasio 0,10; 0,15 dan 0,2 g/mL mengalami penurunan *yield*.

**4.2.3.3 Pengaruh ukuran batang jeruk purut segar terhadap yield minyak jeruk**



**(a)**



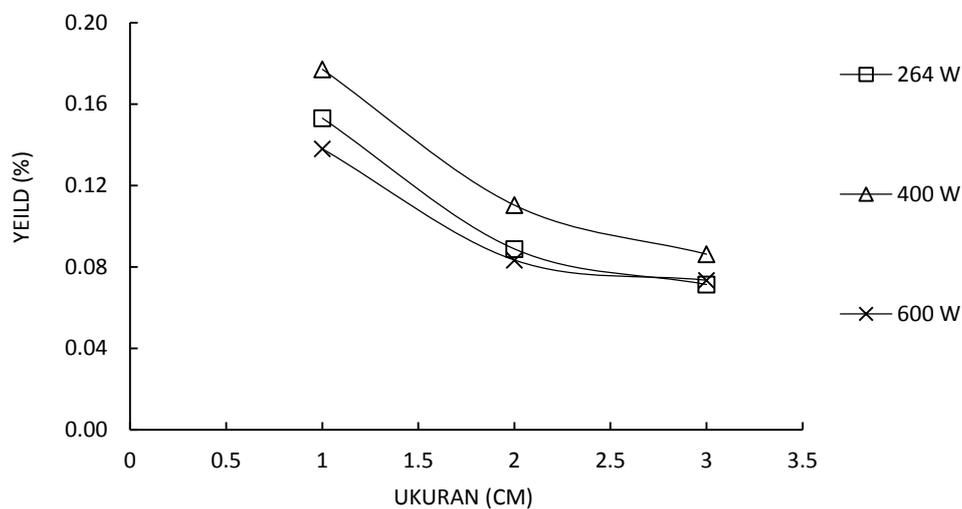
**Gambar 4.14** Grafik pengaruh ukuran batang jeruk purut segar terhadap *yield* minyak jeruk purut pada (a) rasio 0,3 g/mL dan (b) daya 380 W

Berdasarkan Gambar 4.14 (a) dapat terlihat bahwa *yield* menurun dari ukuran  $1.50 \pm 0.20$  cm hingga  $3.20 \pm 0.17$  cm. Fenomena ini juga terjadi pada

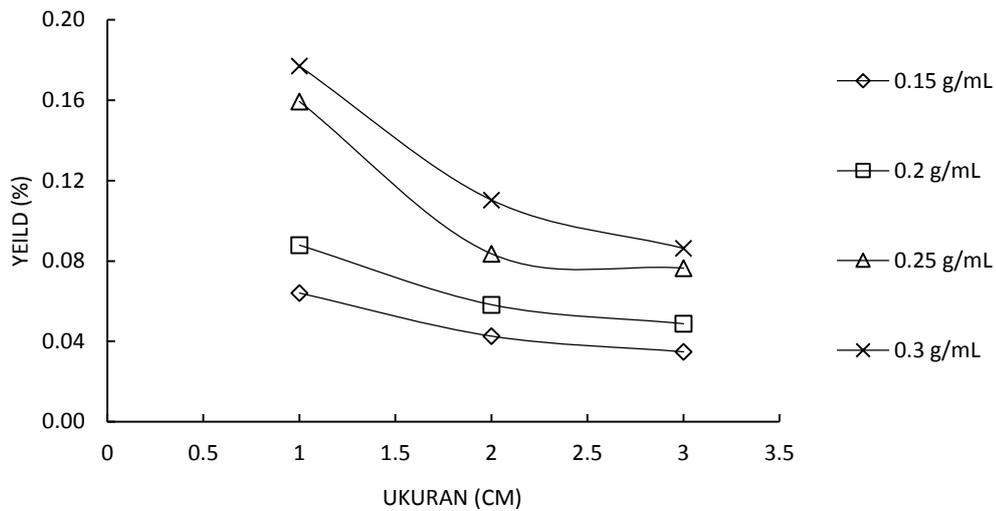
ekstraksi kulit jeruk yang dilakukan oleh Cadmiralia dan Amelia (2016) yaitu pada kulit jeruk yang memiliki ukuran 5 cm *yield* mengalami penurunan dikarenakan semakin besar ukuran bahan (semakin kecil luas permukaan) maka *yield* yang didapatkan semakin kecil. Ukuran bahan yang besar memberikan bidang kontak yang lebih kecil terhadap gelombang mikro yang dipancarkan, sehingga menambah hambatan dalam transfer massa minyak dan mengakibatkan ekstraksi minyak dari dalam sel ke luar kulit jeruk menjadi sulit. Sedangkan ukuran bahan yang kecil memberikan bidang kontak yang lebih luas terhadap gelombang mikro sehingga membuat transfer massa minyak lebih mudah (Mahendera *et al.*, 2014).

Sedangkan pada Gambar 4.14 dapat dilihat bahwa pada rasio 0.3 g/mL memiliki *yield* terkecil hal ini dikarenakan adanya faktor kepadatan yang menyebabkan terhalangnya ruang gerak uap untuk keluar.

#### 4.2.3.4 Pengaruh ukuran batang jeruk purut kering terhadap yield minyak jeruk purut



(a)



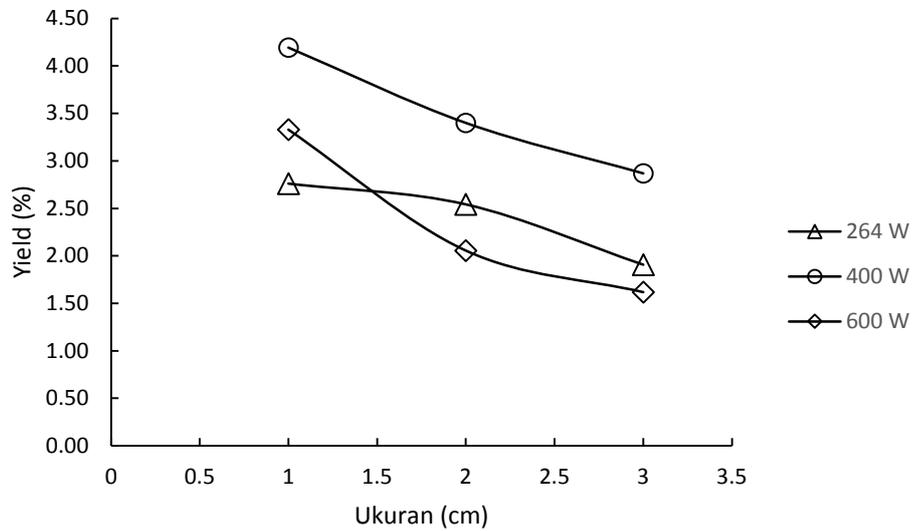
(b)

**Gambar 4.15** Grafik pengaruh ukuran batang jeruk purut kering terhadap *yield* minyak jeruk purut pada (a) rasio 0,3 g/mL dan (b) daya 400 W

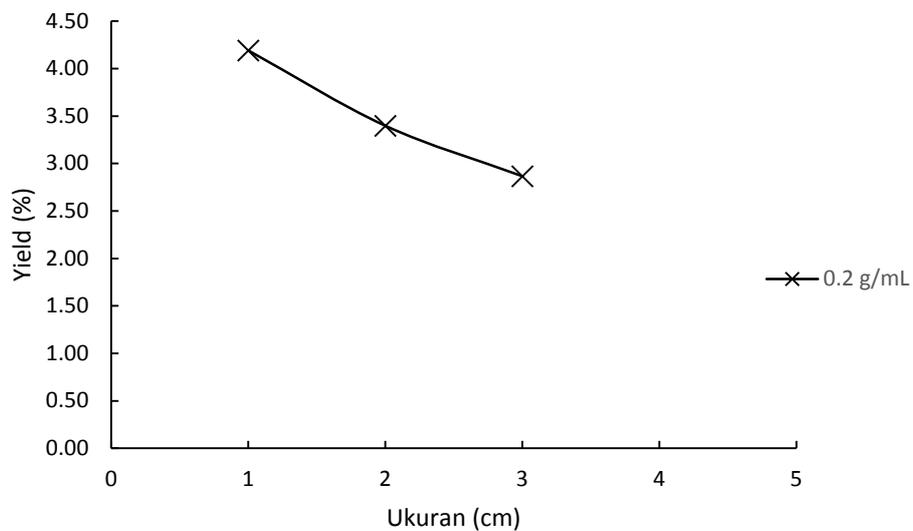
Berdasarkan Gambar 4.15 (a) dan 4.15 (b) dapat dilihat bahwa *yield* menurun dari ukuran terkecil sampai terbesar. Hal ini terjadi karena proses pencacahan dapat menyebabkan kelenjar minyak dapat menjadi terbuka sebanyak mungkin. Selain itu dengan adanya proses pencacahan, ukuran ketebalan bahan tanaman di tempat terjadinya difusi akan berkurang. Sehingga ketika dilakukan ekstraksi, laju penguapan minyak atsiri dari bahan tanaman menjadi cukup cepat (Guenther, 1987). Hal ini didukung dengan penelitian Putri dan Dewi (2016). Dimana pada penelitian Putri dan Dewi (2016) telah dilakukan ekstraksi menggunakan metode *solvent-free microwave extraction* dengan daun kemangi segar dan daya 380 W serta rasio F/D 0,175 g/ml terjadi penurunan *yield* seiring dengan semakin besarnya ukuran bahan, sehingga ukuran optimum terdapat pada ukuran terkecil.

#### 4.2.3.5 Pengaruh ukuran kulit jeruk purut segar terhadap yield minyak jeruk

purut



(a)

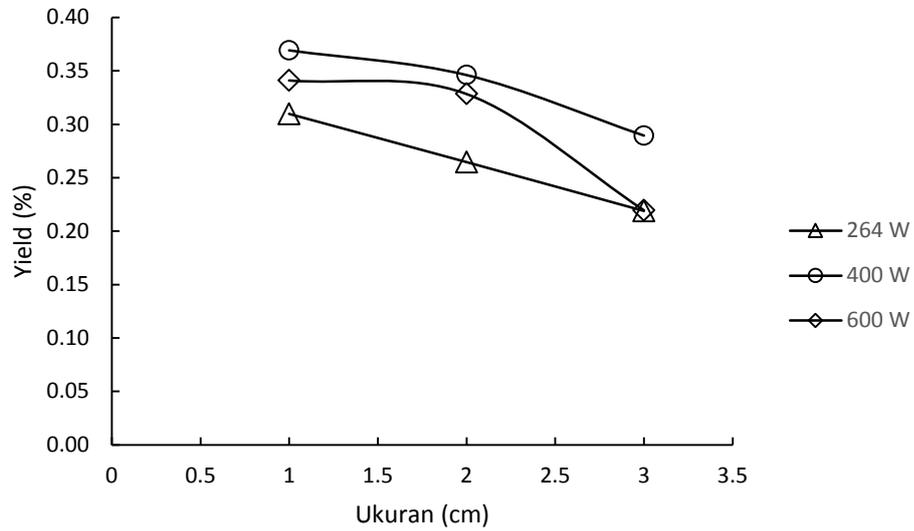


(b)

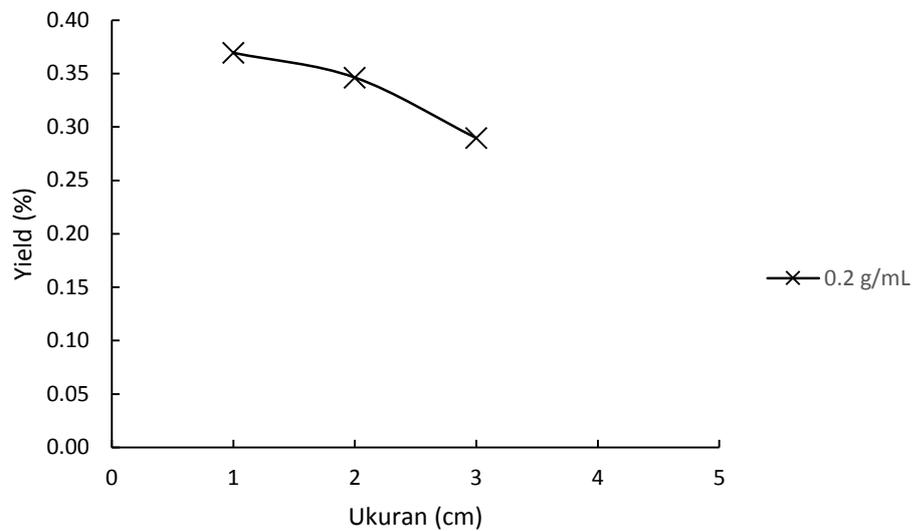
**Gambar 4.16** Grafik pengaruh ukuran batang jeruk purut kering terhadap *yield* minyak jeruk purut pada (a) rasio 0,2 g/mL dan (b) daya 400 W

Berdasarkan Gambar 4.16 (a) dan 4.16 (b) dapat dilihat bahwa *yield* menurun dari ukuran terkecil sampai terbesar. Fenomena ini hampir sama dengan fenomena pada gambar 4.16.

**4.2.3.6 Pengaruh ukuran kulit jeruk purut kering terhadap yield minyak jeruk purut**



**(a)**



**(b)**

**Gambar 4.17** Grafik pengaruh ukuran batang jeruk purut kering terhadap *yield* minyak jeruk purut pada (a) rasio 0,2 g/mL dan (b) daya 400 W

Berdasarkan Gambar 4.17 (a) dan 4.17 (b) dapat dilihat bahwa *yield* menurun dari ukuran terkecil sampai terbesar. Fenomena ini hampir sama dengan fenomena pada gambar 4.17.

#### 4.2.4 Pengaruh kadar air terhadap *yield* minyak jeruk purut

Kadar air merupakan persentase kandungan air suatu bahan yang dapat dinyatakan berdasarkan berat basah (*wet basis*) atau berat kering (*dry basis*). Kadar air mempunyai pengaruh dan peranan yang besar terhadap mutu suatu produk. Pengukuran kadar air dilakukan dengan metode termogravimetri (metode oven). Sampel yang akan dihitung kadar airnya ditimbang terlebih dahulu lalu dikeringkan pada oven suhu 100°C selama 2 jam. Setelah itu didinginkan di udara terbuka dan kemudian ditimbang. Selanjutnya dikeringkan lagi pada oven dengan suhu 100°C selama 1 jam, didinginkan di udara terbuka dan kemudian ditimbang hingga diperoleh massa yang konstan. Perhitungan kadar air diperoleh dengan membandingkan massa sampel sebelum dikeringkan dan massa yang hilang setelah dikeringkan dikali 100% (Jolly and Hadlow, 2012).

Faktor kadar air digunakan untuk dapat membandingkan *yield* minyak ketika memiliki rasio bahan yang berbeda dan kondisi bahan yang berbeda. Pada penelitian ini menggunakan faktor kadar air karena memiliki kondisi bahan yang berbeda yaitu segar dan kering. Kandungan air yang terdapat dalam kondisi segar dan kering tentu sangat berbeda sehingga untuk perhitungan *yield* perlu dimasukkan faktor kadar air ( $1-x$ ) agar dapat dibandingkan antara bahan segar dan kering. Pengaruh kadar air terhadap *yield* minyak dapat dirumuskan menjadi suatu persamaan sebagai berikut:

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

Dimana: x = kadar air (%)

(Chen *et al.*, 2015)

Berikut ini disajikan tabel kadar air dari bahan yang digunakan beserta massanya (tanpa dan dengan pengaruh kadar air):

**Tabel 4.1** Data Kadar Air Bahan dan Pengaruhnya terhadap Massa Bahan

<b>Bahan</b>	<b>Kondisi Bahan</b>	<b>Kadar air (%)</b>	<b>Massa (m) (gram)</b>	<b>Massa dengan pengaruh kadar air [m(1-x)] (gram)</b>
Daun Jeruk purut Segar	segar	89,9308	250,189	25.2690
	kering	4,5039	50,2342	47,9736
	kering (setelah direndam)	70,342	160,654	48,1962

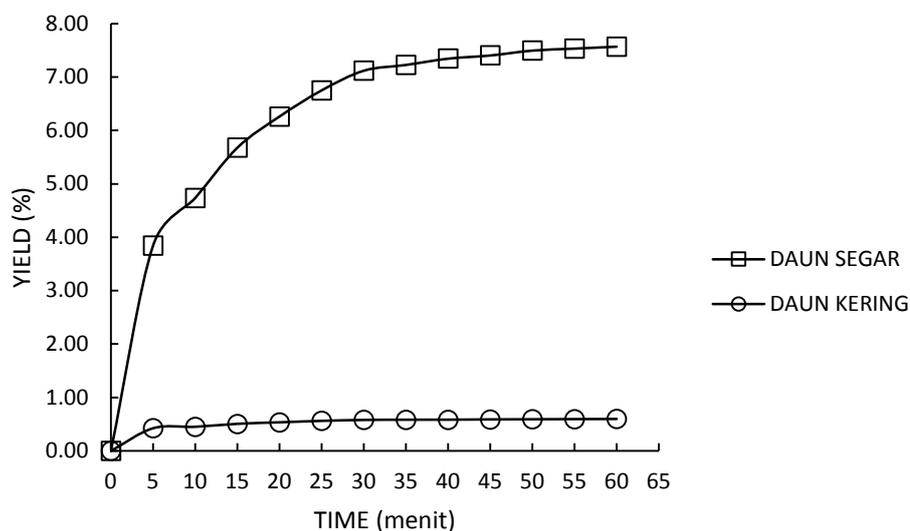
Berdasarkan Tabel tersebut, untuk daun jeruk purut segar (kadar air = 89,9308 %) dengan massa 250,189 gram setelah dikeringkan massanya menjadi 50,2342 gram dengan kadar air 4,5039 %. Setelah dihitung dengan menambahkan faktor kadar air, diperoleh massa bahan yang hampir sama antara massa daun jeruk purut kering dengan daun jeruk purut kering yang telah direndam. Sebaliknya, massa daun jeruk purut segar dengan menambahkan faktor kadar air (89,9308 %) memiliki massa yang jauh lebih kecil (25,2690 gram) daripada massa daun jeruk purut kering dan kering (setelah direndam). Dimana pada penelitian ini, perhitungan kadar air menggunakan dasar *wet basis*, yaitu

$$X = \frac{\text{massa air}}{\text{massa bahan basah}} \times 100\% = \frac{\text{massa bahan basah} - \text{massa bahan kering}}{\text{massa bahan basah}} \times 100\%$$

(Wilhelm, 2004)

Pada penelitian ini, ekstraksi minyak jeruk purut metode *solvent-free microwave extraction* dari bahan segar menghasilkan *yield* lebih besar dibandingkan dari kondisi bahan kering. *Yield* yang lebih besar ini disebabkan oleh pengaruh proses pengeringan pada bahan tersebut. Menurut Ayyobi *et al.* (2014), proses pengeringan memiliki efek yang signifikan terhadap *yield* minyak atsiri. Proses pengeringan ini dapat menyebabkan beberapa komponen minyak atsiri menjadi menguap sehingga akan mengurangi *yield* dari minyak atsiri tersebut. Ada berbagai macam metode pengeringan di antaranya dengan sinar matahari, dimasukan oven dengan suhu tertentu, menggunakan *microwave* dengan daya

tertentu, dibiarkan di tempat teduh, hingga pengeringan dengan cara *freeze-drying* (Pirbalouti *et al.*, 2013).



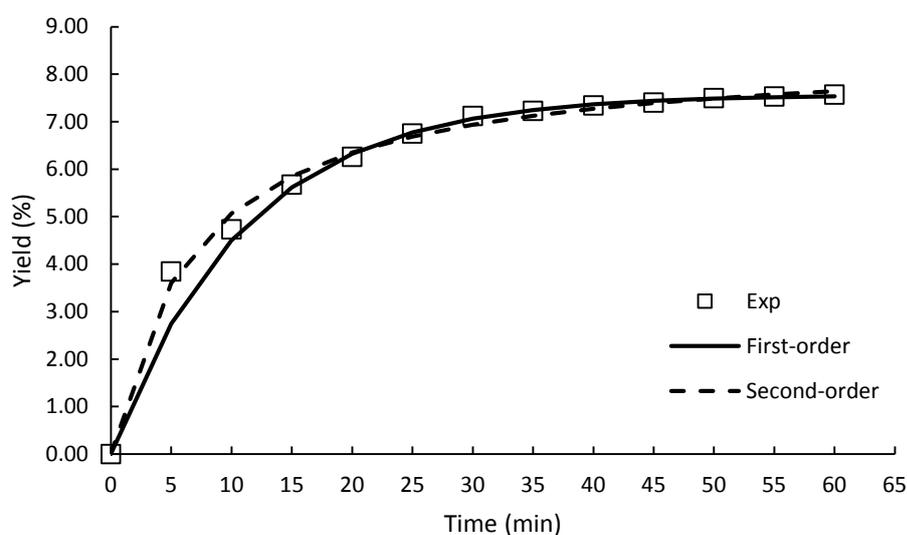
**Gambar 4.18** Grafik pengaruh kadar air daun jeruk purut terhadap *yield* minyak jeruk purut pada rasio 0,2 g/mL

Pada gambar 4.18 dapat dilihat bahwa perolehan *yield* terbaik berada pada kondisi bahan yang segar. Pada grafik terlihat jelas perbedaan antara kondisi bahan segar dan kering. Selain karena proses pengeringan, penyebab lain *yield* hasil ekstraksi dengan metode *solvent-free microwave extraction* dari bahan segar lebih besar daripada bahan kering yaitu adanya pengaruh dari kadar air yang terkandung dalam bahan dan jumlah air dalam *distiller*. Hal tersebut dikarenakan ekstraksi dengan bahan segar memiliki jumlah air dalam *distiller* yang jauh lebih kecil jika dibandingkan dengan bahan kering yang direndam selama 30 menit.

#### 4.3 Pemodelan Kinetika pada Ekstraksi Minyak Jeruk Purut dengan Metode *Solvent-Free Microwave Extraction*

Untuk mempelajari model kinetika orde satu pada ekstraksi minyak jeruk purut yang menggunakan metode *solvent-free microwave extraction* maka dapat

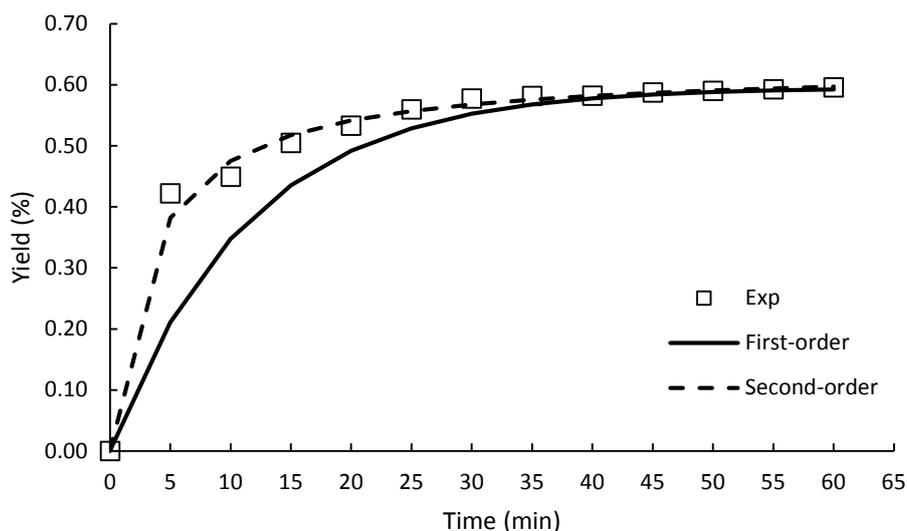
dilakukan dengan cara membuat *plot* antara  $\log (CS - C_t)$  dengan  $t$ . Selanjutnya dilakukan linierisasi terhadap *plot* tersebut untuk mendapatkan *slope* dan *intercept* yang nantinya dapat digunakan untuk menentukan nilai  $k_1$ ,  $CS$ , dan koefisien determinasi ( $R^2$ ). Selain itu, untuk menentukan nilai  $k_1$  dan  $CS$  juga dapat dilakukan dengan cara *minimization of the sum of square of errors* antara data eksperimental dengan data model (data yang diperoleh dari model matematika kinetika orde satu) menggunakan *Solver* (Kusuma, 2016).



**Gambar 4.19.** Perbandingan antara model kinetika orde satu dan orde dua dengan hasil eksperimen pada ekstraksi minyak daun jeruk purut segar yang diperoleh dengan metode *solvent-free microwave extraction* dengan kondisi operasi 400 W rasio 0,3 g/mL

Secara umum dari hasil regresi dapat dilihat bahwa pada model kinetika orde satu untuk ekstraksi minyak jeruk purut yaitu pada Gambar 4.19 menggunakan metode *solvent-free microwave extraction* memiliki nilai koefisien determinasi ( $R^2 = 0.9902$ ) yang relatif tinggi. Sehingga dapat dikatakan bahwa model kinetika orde satu sudah dapat merepresentasikan secara baik hasil eksperimen dari ekstraksi minyak jeruk purut dengan menggunakan metode *solvent-free microwave extraction*. Hal ini dapat dijelaskan karena pada ekstraksi minyak daun jeruk purut segar dengan menggunakan metode *solvent-free microwave extraction* hanya

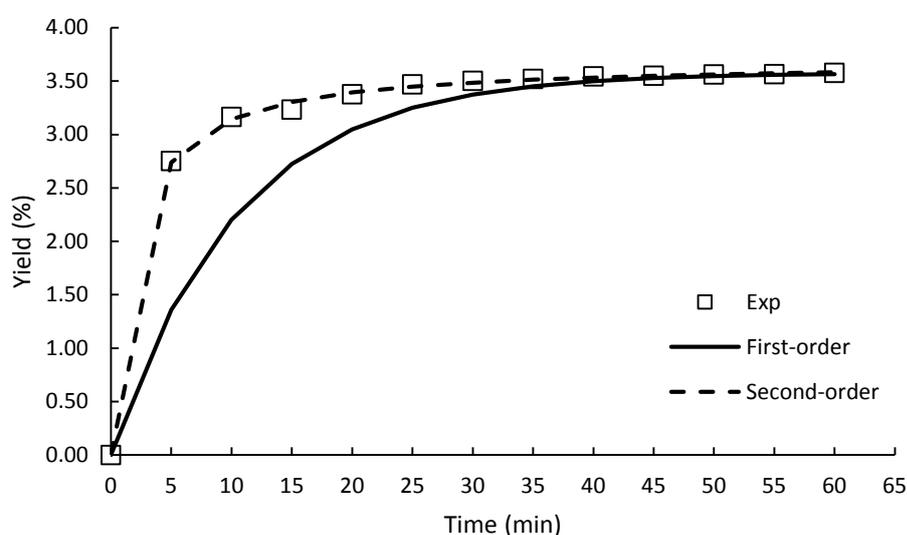
terdapat satu mekanisme yang berperan penting yaitu kemampuan dari komponen minyak jeruk purut untuk dapat larut dalam air *in situ* pada daun jeruk purut segar. Dimana hal tersebut sesuai dengan Covelo et al. (2004) yang menyatakan bahwa model kinetika orde satu hanya dapat merepresentasikan secara baik proses yang hanya mempunyai satu mekanisme.



**Gambar 4.20.** Perbandingan antara model kinetika orde satu dan orde dua dengan hasil eksperimen pada ekstraksi minyak daun jeruk purut kering yang diperoleh dengan metode *solvent-free microwave extraction* dengan kondisi operasi 400 W, rasio 0,2 g/mL

Pada penelitian ini juga dipelajari penggunaan model kinetika orde dua untuk merepresentasikan hasil eksperimen dari proses ekstraksi. Untuk mempelajari model kinetika orde dua pada ekstraksi minyak jeruk purut yang menggunakan metode *solvent-free microwave extraction* maka dapat dilakukan dengan cara membuat *plot* antara  $t/C_t$  dengan  $t$ . Selanjutnya dilakukan linierisasi terhadap *plot* tersebut untuk mendapatkan *slope* dan *intercept* yang nantinya dapat digunakan untuk menentukan nilai  $k_2$ ,  $C_s$ , dan koefisien determinasi ( $R^2$ ). Selain itu, untuk menentukan nilai  $k_2$  dan  $C_s$  juga dapat dilakukan dengan cara *minimization of the sum of square of errors* antara data eksperimental dengan data model (data yang

diperoleh dari model matematika kinetika orde dua) menggunakan *Solver*. Secara umum dari Gambar 4.20 dapat dilihat bahwa pada model kinetika orde dua untuk ekstraksi minyak daun jeruk purut menggunakan metode *solvent-free microwave extraction* memiliki nilai koefisien determinasi ( $R^2 = 0.9994$ ) yang relatif tinggi. Sehingga dapat dikatakan bahwa model kinetika orde dua dapat merepresentasikan secara baik hasil eksperimen dari ekstraksi minyak daun jeruk purut kering yang menggunakan metode *solvent-free microwave extraction*.



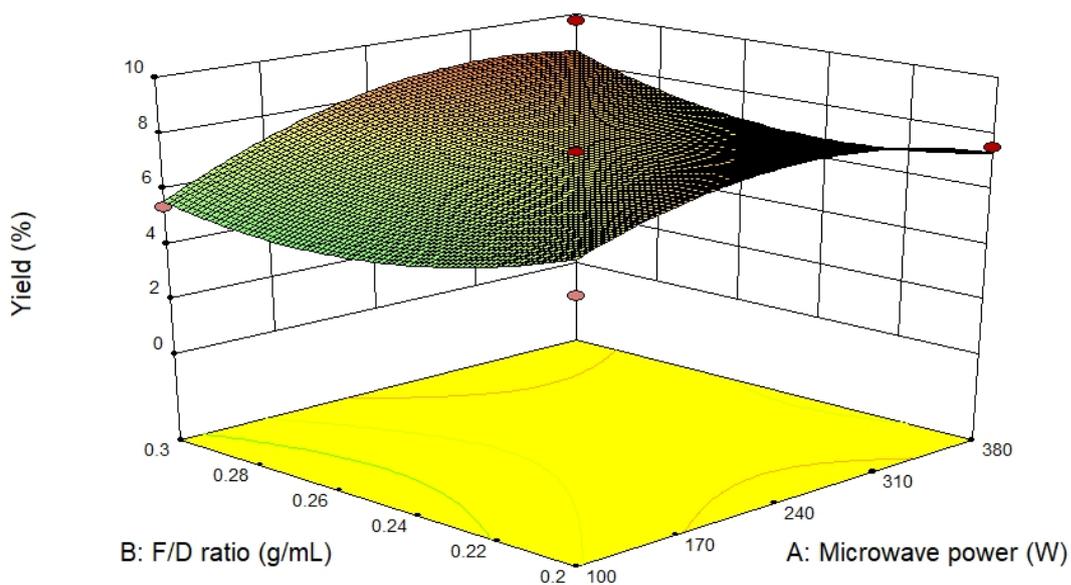
**Gambar 4.21.** Perbandingan antara model kinetika orde satu dan orde dua dengan hasil eksperimen pada ekstraksi minyak kulit jeruk purut kering yang diperoleh dengan metode *solvent-free microwave extraction* dengan kondisi operasi 400 W, rasio 0,2 g/mL

Pada Gambar 4.21 dapat dilihat bahwa pada model kinetika orde dua untuk ekstraksi minyak daun jeruk purut menggunakan metode *solvent-free microwave extraction* memiliki nilai koefisien determinasi ( $R^2 = 0.9999$ ) yang relatif tinggi. Sehingga dapat dikatakan bahwa model kinetika orde dua dapat merepresentasikan secara baik hasil eksperimen dari ekstraksi minyak kulit jeruk purut segar yang menggunakan metode *solvent-free microwave extraction*.

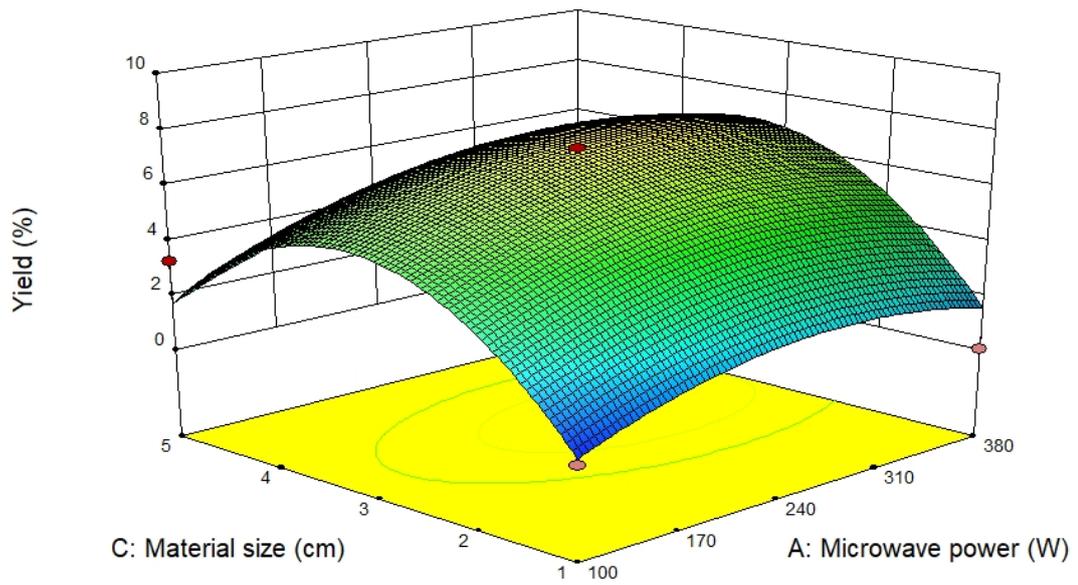
#### 4.4 Optimasi Response Surface Methodology (RSM)

*Response surface methodology* adalah kumpulan dari teknik statistika 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). Namun belum ada laporan yang tersedia di literatur mengenai RSM untuk ekstraksi minyak jeruk purut. Dalam penelitian ini parameter untuk metode *solvent-free microwave extraction* (daya microwave, rasio F/D dan ukuran bahan) dianalisa dan dioptimasi terlebih dahulu menggunakan desain eksperimen 3x3 Box-Behnken (BBD).

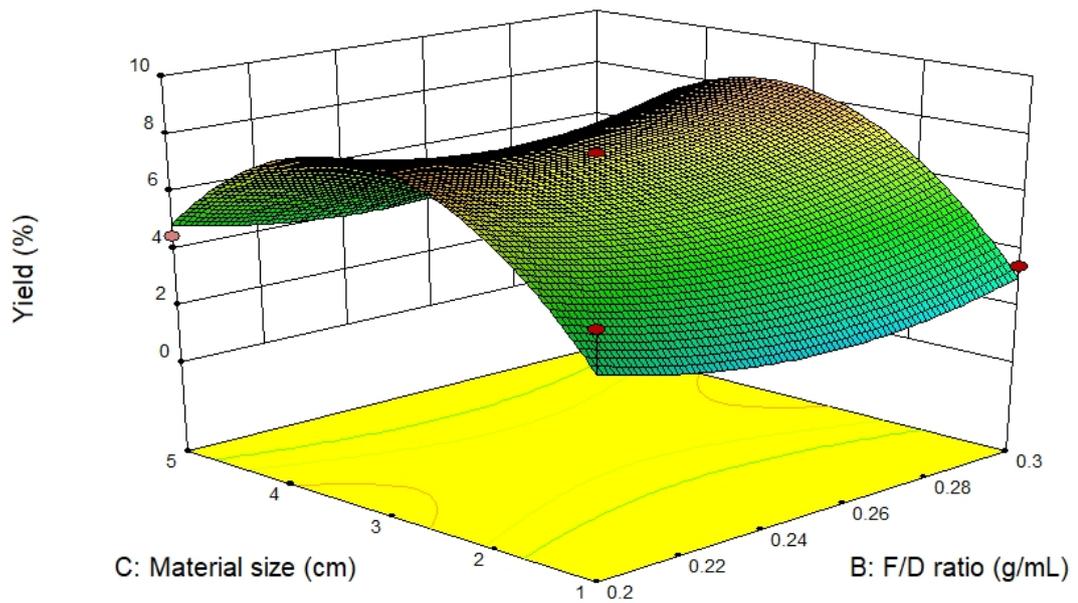
Pada penelitian ini digunakan model 3 dimensi RSM. Model ini digunakan untuk menganalisa pengaruh variabel bebas dan interaksinya dengan variabel tergantung dan untuk memperoleh *yield* maksimal dari minyak atsiri yang kemudian dilakukan visualisasi pengaruh dari 3 parameter pada *yield* minyak atsiri. Grafik *response surface* diplot dengan menggambar *yield* (z-axis) terhadap perubahan kedua parameter x dan y dalam rentang eksperimen dan mempertahankan variabel sisanya tetap konstan (Chen *et al*, 2015). Adapun optimasi kondisi operasi minyak daun jeruk purut segar sebagai berikut.



(a)  
66



(b)

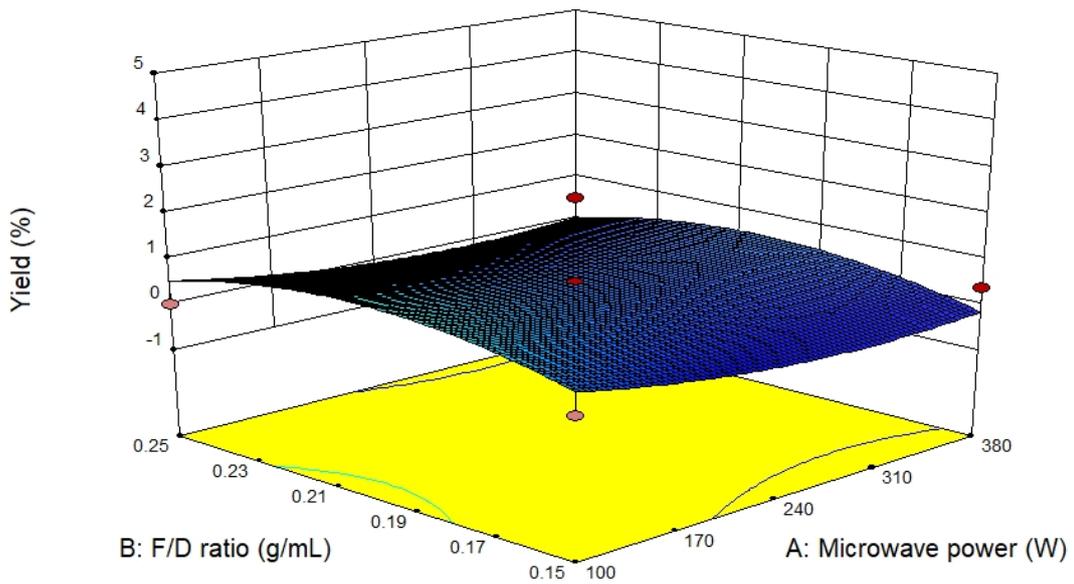


(c)

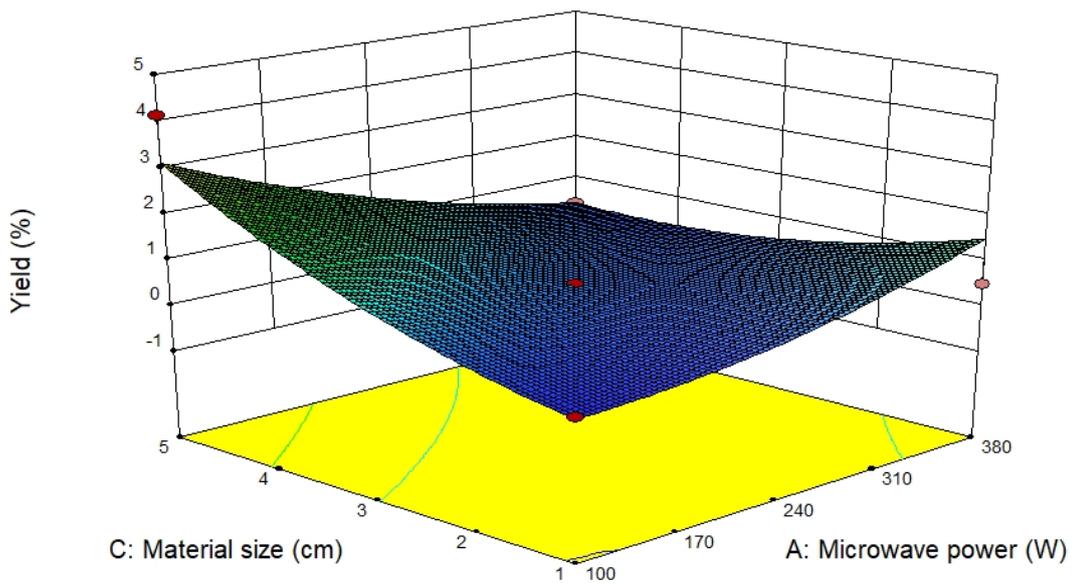
**Gambar 4.22** *Response surface* (3-D) untuk minyak daun jeruk purut segar yang menunjukkan efek dari (A) daya microwave; (B) F/D rasio dan (C) ukuran bahan

Pada gambar 4.22 (a) dapat dilihat setelah diplot gambar 3 dimensi efek dari daya microwave dan rasio F/D terhadap *yield*. *Yield* optimum berada pada rasio

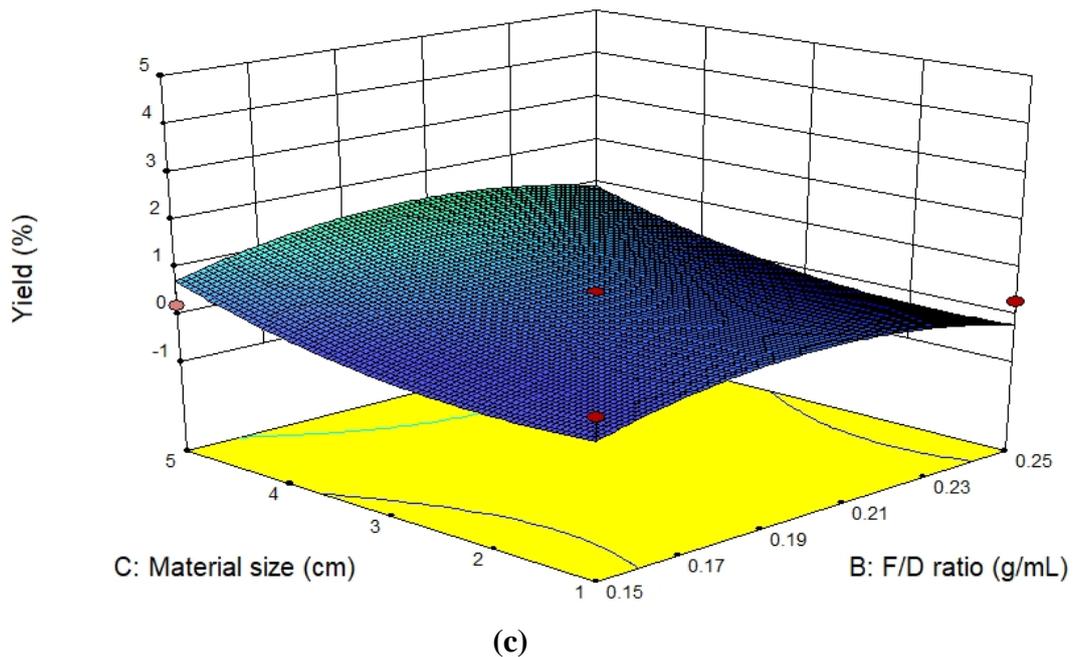
yang tidak terlalu padat sekitar 0.2 g/mL pada daya yang berada 240 W. Sedangkan untuk hubungan ukuran bahan dan daya microwave (Gambar 4.22 (b)) dapat dilihat bahwa *yield* optimum berada di warna merah yaitu pada ukuran 3 cm dan pada daya 240 W. Dan pada Gambar 4.22 (c) yang menunjukkan hubungan parameter rasio F/D dan daya microwave terhadap *yield* menunjukkan bahwa besarnya *yield* optimum berada pada 0.26 g/mL dengan ukuran 3 cm.



(a)



(b)



**Gambar 4.23** *Response surface* (3-D) dari daun kering menunjukkan efek dari (A) daya microwave; (B) F/D rasio dan (C) ukuran bahan

Pada gambar 4.23 (a) dapat dilihat setelah diplot gambar 3 dimensi efek dari daya microwave dan rasio F/D terhadap *yield*. *Yield* optimum berada pada rasio yang tidak terlalu padat sekitar 0.2 g/mL pada daya yang berada di 240 W. Sedangkan untuk hubungan ukuran bahan dan daya microwave (Gambar 4.23 (b)) dapat dilihat bahwa *yield* optimum berada di sekitar warna merah pada ukuran 5 cm dan pada daya 240 W. Dan pada Gambar 4.23 (c) yang menunjukkan hubungan parameter rasio F/D dan daya microwave terhadap *yield* menunjukkan bahwa besarnya *yield* optimum berada pada 0.20 g/mL dengan ukuran 5 cm.

#### 4.5 Hasil Analisa Properti Fisik Minyak Jeruk Purut

Dalam penentuan kualitas dari minyak atsiri jeruk purut yang diperoleh dengan menggunakan metode *Solvent Free Microwave Extraction* (SFME), maka perlu dilakukan pengujian terhadap sifat fisik dan kimia dari minyak atsiri yang telah diperoleh tersebut. Pengujian terhadap sifat fisik dari minyak jeruk purut yang diperoleh dengan menggunakan metode *Solvent Free Microwave Extraction* dapat

dilakukan dengan cara menentukan berat jenis. Sedangkan pengujian terhadap sifat kimia dari minyak jeruk purut dapat dilakukan dengan cara mengidentifikasi komposisi senyawa yang terdapat pada minyak atsiri menggunakan GC-MS. Selain dapat digunakan untuk memperoleh gambaran tentang kemurnian dan kualitas dari minyak atsiri, dengan cara membandingkan hasil analisa sifat fisik dan kimia dengan data standar mutu ini juga dapat digunakan untuk mengetahui ada atau tidaknya pemalsuan terhadap minyak atsiri (Guenther, 1990).

Berdasarkan hasil analisa sifat fisik dari minyak jeruk purut yang diperoleh dengan menggunakan metode *Solvent Free Microwave Extraction* yang dapat dilihat pada Tabel 4.2. maka secara umum dapat dikatakan bahwa berat jenis dari minyak jeruk purut yang diperoleh tersebut telah sesuai dengan penelitian terdahulu

**Tabel 4.2** Hasil Analisa Properti Fisik Minyak Atsiri daun jeruk purut

<b>Property Fisik</b>	<b>Sumber</b>	<b>Hasil Ekstraksi</b>
Berat jenis (d <sub>25</sub> /25)	0.830 – 0.910 (PT. Indesso Aroma, 2011)	0,8478 – 0,8558

#### **4.6 Hasil Analisa GC-MS Minyak Jeruk Purut**

Dari hasil analisa dengan GC-MS untuk ekstraksi minyak atsiri dengan SFME, terdapat 53 komponen minyak atsiri yang berasal dari daun jeruk purut. Namun dalam prosesnya tidak hanya terjadi kehilangan beberapa komponen, tapi juga muncul komponen-komponen baru yang tidak ditemukan pada minyak daun jeruk purut segar. Terdapat 29 komponen yang hilang dan mayoritas adalah komponen dengan berat molekul (BM) besar dan terdapat 14 komponen baru yang muncul. Kemunculan komponen baru ini dapat berasal dari hasil oksidasi dan perubahan molekul menjadi molekul lain. Menurut Atiqah, *et al* (2016) , komponen utama dari minyak atsiri daun jeruk purut yang diekstrak dengan metode microwave hydrodistillation mengandung Citronellal 72.4%, Citronellol 6.7%, Linalol 1.7 % ,Citronellyl acetat 4.1% dan geranil acetate 0.8%. Tabel 4.3 menunjukkan perbandingan hasil GC-MS minyak atsiri dari daun jeruk purut.

**Tabel 4.3.** Hasil Analisa GC-MS minyak daun jeruk purut

No	Compound	RT		Area %	
		Segar	Kering	Segar	Kering
	<b>Monoterpenes</b>				
1	Sabinene	7.17	7.17	0.96	1.69
2	$\beta$ -Mycrene	7.66	7.66	0.32	0.37
3	dl-Limonene	8.48	8.48	0.17	0.28
4	1, 3, 6-Octatriene, 3, 7-dimethyl-, (E) - (CAS)	8.96	8.96	0.21	0.18
	<b>Oxygenated Monoterpenes</b>				
5	2-Cyclohexen-1-one, 6-methyl-3-(1-methylethyl) - (CAS)	13.59		0.61	
	<b>Sesquiterpene</b>				
6	trans-Caryophyllene	14.93		0.33	
7	$\alpha$ -Humulene	15.37		0.09	
8	$\alpha$ -Farnesene	16		0.19	
9	$\delta$ -Cadinene	16.22		0.19	
10	$\alpha$ -Cubenene		14.32		0.15
11	1H-Cyclopenta[1, 3] cyclopropal, octahydro-7-methyl-3-methylene		14.52		0.12
12	trans-Caryophyllene		14.93		0.76
13	$\alpha$ -Humulene		15.37		0.13
14	Germacrene B (CAS)		15.91		0.16
15	$\alpha$ -Farnesene		16		0.11
16	Cadinene		16.22		0.4
	<b>Other Compounds</b>				
17	Hexane (CAS)	1.35		0.09	
18	cis-2, 6-Dimethyl-2, 6-octadiene Citronellyl acetate	14.01		2.08	
19	2-Octene, 2-methyl-6-methylene-Cyclohexane, 1, 2-dimethyl-2Cyclohexen-1-one, 6-methyl-3 (1-methylethyl)- (Carvenone)		13.63		1.11
20	cis-2, 6-Dimethyl-2, 6-octadiene Citronellyl acetate		13.99		1.15
	<b>Other Oxygenated Compounds</b>				
21	Ethanol Ethanol (CAS)	1.14		1.14	
22	5-Heptenal, 2, 6-dimethyl- (CAS)	9.07		0.16	
23	2-Furanmethanol, 5-ethenyltetrahydro-.alpha.,.alpha.,5-trimethyl-, cis- CIS-LINALOLOXIDE cis-Linaloloxide	9.48		0.12	
24	LINALOOL OXIDE CIS	9.77		0.09	

25	1, 6-octadien-3-ol, 3, 7-dimethyl-Linalool	10.03		3.32	
26	CITRONELLA	11.19		82.21	
27	3-Cyclohexen-1-ol, 4-methyl-1- (1-methylethyl) - (CAS)	11.43		0.09	
28	$\beta$ -Citronellol	12.57		2.1	
29	6-Octen-1-ol, 3, 7-dimethyl-, (R) -	12.67		0.54	
30	Neryl acetate	14.14		0.18	
31	Geranyl acetate	14.41		0.73	
32	Cyclohexanemethanol, 4-ethenyl-.alpha.,.alpha.,4-trimethyl-3-(1-methylethenyl)-,	16.56		0.16	
33	Nerolidol	16.69		0.46	
34	Phytol 2-Hexadecen-1-ol, 3, 7, 11, 15-tetramethyl-, [R-[R*,R*-(E)]] - (CAS)	22.88		1.53	
35	Ethanol (CAS)		1.14		0.66
36	2, 6-DIMETHYL HEPT-5EN-1-AL 5-Heptenal, 2, 6-dimethyl- (CAS)		9.08		0.61
37	LINALOOL OXIDE TRANS		9.77		0.17
38	LINALOOL L Linalool		10.05		5.35
39	CIS-ROSE OXIDE CIS-ROSE OXIDE 2HPyran, tetrahydro-4-methyl-2-(2-methyl-1-propenyl)-		10.2		0.55
40	ROSE OXIDE TRANS CIS-ROSE OXIDE CIS-ROSE OXIDE		10.5		0.55
41	(-) - Isopulegol		10.86		0.34
42	CITRONELLA		11.13		76.55
43	3-Cyclohexen-1-ol, 4-methyl-1-(1-methylethyl)- (CAS)		11.41		0.2
44	$\beta$ -Citronellol		12.42		2.57
45	6-Octen-1-ol, 3, 7-dimethyl-, (R) -		12.68		1.22
46	NERYL ACETATE		14.14		0.1
47	Nerol		14.41		0.49
48	Elemol		16.56		0.12
49	Farnesol		16.69		0.8
50	$\tau$ -Cadinol Naphthalene, 1, 2, 3, 4, 4a, 5, 6, 8a-octahydro-7-methyl-4-methylene-1-(1-methylethyl)-, (1.alpha.,4a.alpha.,8a.alpha.)-.delta. -Cadinene		17.64		0.13
51	t-Muurolol		17.79		0.08

52	2-Pentadecanone, 6, 10, 14 -terimethyl 2-pentadecanone, 6, 10, 14-trimethyl 2-Undecanone, 6, 10-dimethyl-		19.74		0.09
53	Hexadecanoic acid (CAS)		20.9		0.08

*Halaman ini dikosongkan*

## BAB 5

### KESIMPULAN

#### 5.1 Kesimpulan

1. Hasil *yield* optimum pada ekstraksi minyak daun jeruk purut yang diperoleh dengan metode SFME yaitu pada kondisi segar dengan ukuran cacah kecil ( $0.88 \pm 0.25$  cm) pada rasio 0.15 g/mL adalah 7.23%.
2. Hasil *yield* optimum pada ekstraksi minyak batang jeruk purut yang diperoleh dengan metode SFME yaitu pada kondisi segar dengan ukuran cacah 2 ( $2.24 \pm 0.15$  cm) pada rasio 0.3 g/mL adalah 0.29 %
3. Hasil *yield* optimum pada ekstraksi minyak kulit jeruk purut yang diperoleh dengan metode SFME pada kondisi segar dengan ukuran cacah kecil ( $1.34 \pm 0.23$  cm) pada rasio 0.2 g/mL adalah 4.19 %.

*Halaman ini dikosongkan*

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdelhadi, M., Meullemiestre, A., Gelicus, A., Hassani, A., & Rezzoug, S. A. (2015). Intensification of *Hypericum perforatum* L. oil isolation by solvent-free microwave extraction. *Chemical Engineering Research and Design*, 93, 621–631.
- Bayramoglu, B., Sahin, S., & Sumnu, G. (2008). Solvent-free microwave extraction of essential oil from oregano, 88, 535–540.
- Benmoussa, H., Farhat, A., Romdhane, M., & Bouajila, J. (2016). Enhanced solvent-free microwave extraction of *Foeniculum vulgare* Mill . essential oil seeds using double walled reactor. *ARABIAN JOURNAL OF CHEMISTRY*.
- Bousbia, N., Abert, M., Ferhat, M. A., Petitcolas, E., Meklati, B. Y., & Chemat, F. (2009). Comparison of two isolation methods for essential oil from rosemary leaves : Hydrodistillation and microwave hydrodiffusion and gravity. *Food Chemistry*, 114(1), 355–362.
- Bustamante, J., van Stempvoort, S., García-Gallarreta, M., Houghton, J. A., Briers, H. K., Budarin, V. L., ... Clark, J. H. (2016). Microwave assisted hydro-distillation of essential oils from wet citrus peel waste. *Journal of Cleaner Production*, 137, 598–605.
- Chen, Q., Hu, Z., Yao, F. Y., & Liang, H. (2016). LWT - Food Science and Technology Study of two-stage microwave extraction of essential oil and pectin from pomelo peels. *LWT - Food Science and Technology*, 66, 538–545.
- Chen, X., Zhang, Y., Zu, Y., Fu, Y., & Wang, W. (2011). Composition and biological activities of the essential oil from *Schisandra chinensis* obtained by solvent-free microwave extraction. *LWT - Food Science and Technology*, 44(10), 2047–2052.
- Ferhat, M. A., Meklati, B. Y., Smadja, J., & Chemat, F. (2006). An improved microwave Clevenger apparatus for distillation of essential oils from orange peel. *Journal of Chromatography A*, 1112(1-2), 121–126.
- Feriyanto, Y. E., Sipahutar, P. J., & Prihatini, P. (2013). Pengambilan Minyak Atsiri dari Daun dan Batang Serai Wangi (*Cymbopogon winterianus*)

- Menggunakan Metode Distilasi Uap dan Air dengan Pemanasan Microwave. *Jurnal Teknik*, 2(1), 93–97.
- Filly, A., Fernandez, X., Minuti, M., Visinoni, F., Cravotto, G., & Chemat, F. (2014). Solvent-free microwave extraction of essential oil from aromatic herbs : From laboratory to pilot and industrial scale. *FOOD CHEMISTRY*, 150, 193–198.
- Franco-vega, A., Ramírez-corona, N., Palou, E., & Aurelio, L. (2015). Estimation of mass transfer coefficients of the extraction process of essential oil from orange peel using microwave assisted extraction, 1–8.
- J. Silalahi, Anticancer and health protective properties of Citrus fruit components, *Asia Pac. J. Clin. Nutr.* 11 (2002) 79–84.
- Jeyaratnam, N., Hamid, A., Kanthasamy, R., Hamid, A., Yuvaraj, A. R., & Olabode, J. (2016). Essential oil from *Cinnamomum cassia* bark through hydrodistillation and advanced microwave assisted hydrodistillation. *Industrial Crops & Products*, 92, 57–66.
- Kamal, G. M., Anwar, F., Hussain, A. I., Sarri, N., & Ashraf, M. Y. (2011). Yield and chemical composition of Citrus essential oils as affected by drying pretreatment of peels. *International Food Research Journal*, 18(4), 1275–1282.
- Ketaren, S. (1985). *Pengantar Teknologi Minyak Atsiri*. Jakarta: Balai Pustaka.
- Kusuma, H. S., Mahfud, M., Kusuma, H. S., & Mahfud, M. (2015). Box-Behnken Design for Investigation of Microwave- Assisted Extraction of Patchouli Oil
- Lim, T. K. (2012). in *Edible medicinal and non-medicinal plants*, 2, 331–368.
- Lucchesi, M. E., Chemat, F., & Smadja, J. (2004). Solvent-free microwave extraction of essential oil from aromatic herbs: Comparison with conventional hydro-distillation. *Journal of Chromatography A*, 1043(2), 323–327.
- Lumpar, K. (1971). ( O-1 ), geranyl acetate and citronellol ( O-4 ), G-cadinene ( O . 3 ), geraniol ( Owl ), SHY Iti Tosruo TA ~ AHASHI Sieb . et Zucc . - Trochodendraceae, 263(1933)
- Ma, C., Liu, T., Yang, L., Zu, Y., Chen, X., & Zhang, L. (2011). Ionic liquid-based microwave-assisted extraction of essential oil and biphenyl cyclooctene

- lignans from *Schisandra chinensis* Baill fruits. *Journal of Chromatography A*, 1218(48), 8573–8580.
- Ma, C., Yang, L., Zu, Y., & Liu, T. (2012). Optimization of conditions of solvent-free microwave extraction and study on antioxidant capacity of essential oil from *Schisandra chinensis* (Turcz.) Baill. *Food Chemistry*, 134(4), 2532–2539.
- Martino, D. (1990). 7 Analysis of Volatile Components of Citrus Fruit Essential Oils.
- Rafiq, S., Kaul, R., Sofi, S. A., Bashir, N., Nazir, F., & Ahmad Nayik, G. (2016). Citrus peel as a source of functional ingredient: A Review. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, (August), 4–11.
- Sinha, S., Jothiramajayam, M., Ghosh, M., & Mukherjee, A. (2014). Evaluation of toxicity of essential oils palmarosa, citronella, lemongrass and vetiver in human lymphocytes. *Food and Chemical Toxicology*, 68, 71–77.
- T. A. El-Adawy, E. H. Rehman, A. A. El-Bedawy and A. M. Gafar, Properties of some Citrus seeds. Part 3. Evaluation as a new source of potential oil, *Nahrung* 43 (1999) 385–391.
- Tigrine-Kordjani, N., Meklati, B. Y., Chemat, F., & Guezil, F. Z. (2012). Kinetic Investigation of Rosemary Essential Oil by Two Methods: Solvent-Free Microwave Extraction and Hydrodistillation. *Food Analytical Methods*, 5(3), 596–603.
- V. Andrea, N. Nadia, R. M. Teresa and A. Andrea, Analysis of some Italian lemon liquors (Limoncello), *J. Agric. Food Chem.* 51(17) (2003)
- Wang, Z., Ding, L., Li, T., Zhou, X., Wang, L., Zhang, H., ... He, H. (2006). Improved solvent-free microwave extraction of essential oil from dried *Cuminum cyminum* L. and *Zanthoxylum bungeanum* Maxim. *Journal of Chromatography A*, 1102(1-2), 11–17.
- Wikipedia contributors. (2012). Kaffir lime, (Dc). <http://doi.org/10.1533/9780857095688.319>

## APPENDIKS A CONTOH PERHITUNGAN

Semua contoh perhitungan dari data variabel kenanga segar pada ukuran  $\pm 5$  cm dengan rasio 0,25 g/mL dan daya 240 Watt

### 1) Perhitungan *Yield*

- Massa botol kosong = 12,8458 gram
- Massa botol + minyak = 14,0959 gram
- Massa minyak = 14,0959 – 12,8458  
= 1,2501 gram
- Kadar air = 80,9945

$$\begin{aligned} \therefore \text{Yield} &= \frac{\text{massa minyak}}{\text{massa bahan } (1 - x)} \times 100\% \\ &= \frac{1,2501}{250 \left(1 - \frac{80,9945}{100}\right)} \times 100\% \\ &= 2,631\% \end{aligned}$$

### 2) Perhitungan Berat Jenis Minyak

- a. Menimbang botol vial kosong yang akan digunakan sebagai wadah menggunakan neraca analitik ( $W_1$ ) dan mencatat temperatur pengukuran
- b. Mengambil minyak kenanga menggunakan pipet volume 1 ml ( $V$ )
- c. Memasukkan minyak kenanga ke dalam botol vial ( $W_2$ )
- d. Menghitung berat jenis minyak kenanga saat temperatur 29°C

- Massa botol vial kosong ( $W_1$ ) = 11,4373 gram
- Massa botol vial + minyak ( $W_2$ ) = 11,9791 gram
- Massa minyak ( $W_m$ ) = 0,5418 gram
- Volume ( $V$ ) = 0,6 mL
- Berat jenis minyak ( $\rho_m$ ) =  $\frac{W_m}{V}$   
=  $\frac{0,5418 \text{ gram}}{0,6 \text{ mL}}$   
= 0,903 gram/mL

- e. Menghitung berat jenis minyak kenanga saat temperatur 25°C

Nilai koreksi berat jenis minyak kemangi dan minyak kenanga untuk perubahan temperatur setiap 1°C masing-masing adalah 0,00080 dan 0,00074 (Guenther, 1987).

Maka  $\rho$  minyak atsiri kenanga pada temperatur 25°C :

$$\begin{aligned} \text{Berat jenis minyak } (\rho_m) &= 0,903 + (4 \cdot 0,00074) \\ &= 0,906 \text{ g m/mL} \end{aligned}$$

### 3) Perhitungan Kelarutan

- a. Mengambil minyak kenanga dengan menggunakan pipet volume 1 mL dan memasukkan ke dalam tabung reaksi, kemudian mencatat volumenya ( $V_1$ )
- b. Menambahkan ethanol 90% setiap 0,1 mL ke dalam tabung reaksi dan mencatat volume ethanol 90% ( $V_2$ ) yang dibutuhkan untuk melarutkan minyak kenanga
- c. Menghitung nilai kelarutan minyak kenanga

$$V_1 = 0,2 \text{ mL}$$

$$V_2 = 0,3 \text{ mL}$$

$$\text{Kelarutan} = V_1 : V_2$$

$$= 0,2 \text{ mL} : 0,3 \text{ mL}$$

$$= 1 : 1,5$$

**APPENDIKS B**  
**DATA HASIL PENELITIAN**

**Tabel B.1** Data *Yield* Hasil Percobaan dengan Bahan Kemangi Segar

No	Ukuran (cm)	Rasio (g/mL)	<i>Yield (%)</i>			
			100 W	240 W	380 W	540 W
1	0,5	0,1	0,734	2,002	2,427	2,098
2		0,175	0,496	0,871	1,285	1,415
3		0,25	0,396	0,884	1,450	2,218
4	1,5	0,1	0,825	1,514	1,300	-
5		0,175	0,828	1,345	1,834	1,946
6		0,25	0,425	1,795	2,164	-
7	3	0,1	1,091	1,514	1,491	-
8		0,175	0,817	1,767	2,824	2,297
9		0,25	0,367	1,095	3,070	-

**Tabel B.2** Data *Yield* Hasil Percobaan dengan Bahan Kemangi Kering

No	Ukuran (cm)	Rasio (g/mL)	<i>Yield (%)</i>			
			100 W	240 W	380 W	540 W
1	0,5	0,05	0,760	0,928	1,214	-
2		0,1	0,361	0,540	0,825	-
3		0,15	0,133	0,635	0,633	0,489
4	1,5	0,05	0,097	0,747	1,731	-
5		0,1	0,547	1,427	1,719	-
6		0,15	0,247	1,183	1,399	1,044
7	3	0,05	0,731	1,184	1,218	0,968
8		0,1	0,350	0,849	0,868	0,885
9		0,15	0,260	0,794	0,851	0,774

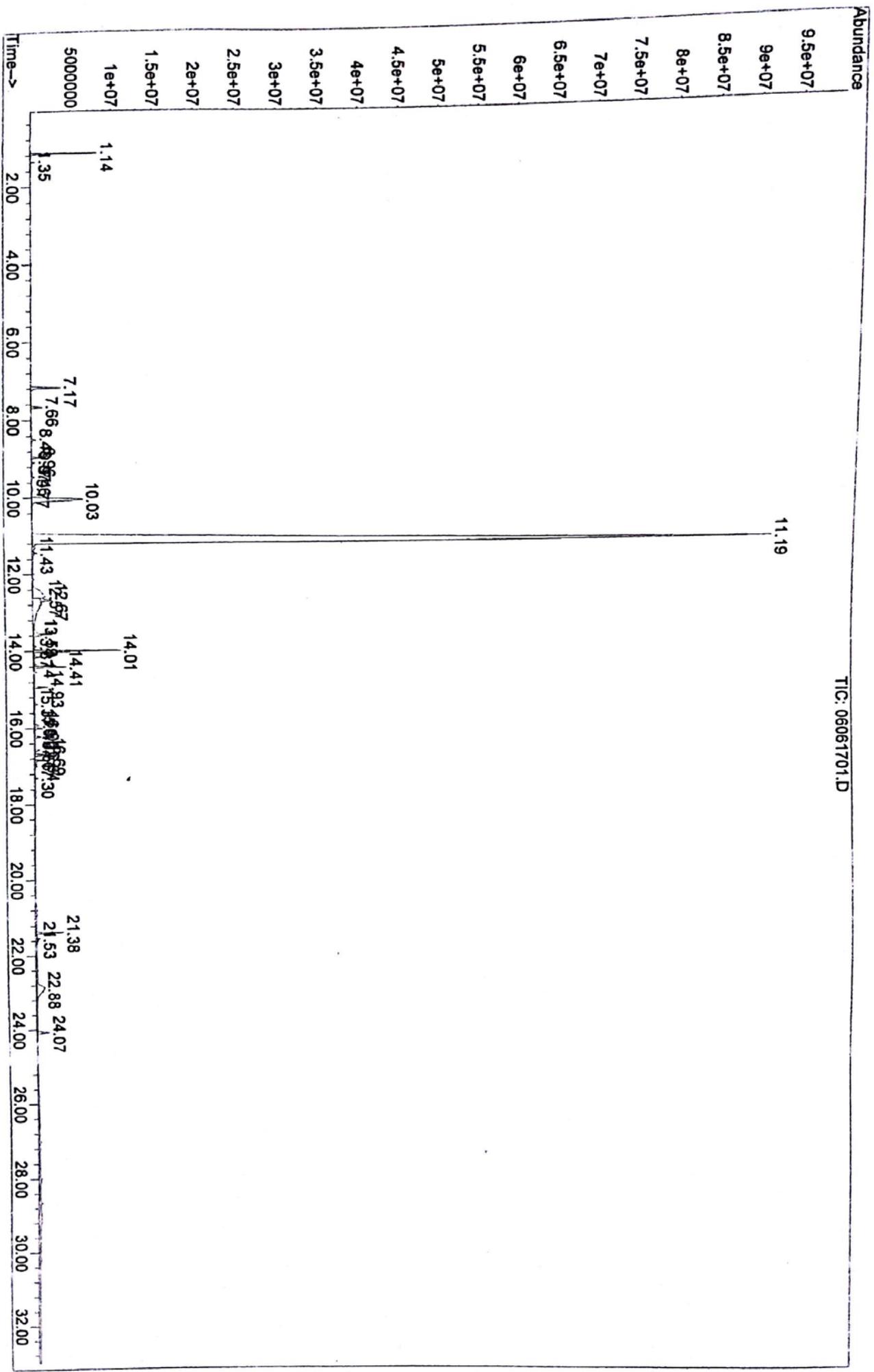
**Tabel B.3** Data *Yield* Hasil Percobaan dengan Bahan Kenanga Segar

No	Ukuran (cm)	Rasio (g/mL)	<i>Yield</i> (%)		
			100 W	240 W	380 W
1	0,5	0,1	1,759	2,831	3,979
2		0,175	1,950	2,270	2,790
3		0,25	0,923	1,711	2,823
4	2,5	0,1	1,239	3,081	4,179
5		0,175	1,730	2,710	3,070
6		0,25	1,003	2,341	3,183
7	5	0,1	0,379	2,991	4,039
8		0,175	1,170	2,810	3,010
9		0,25	0,743	2,631	3,203

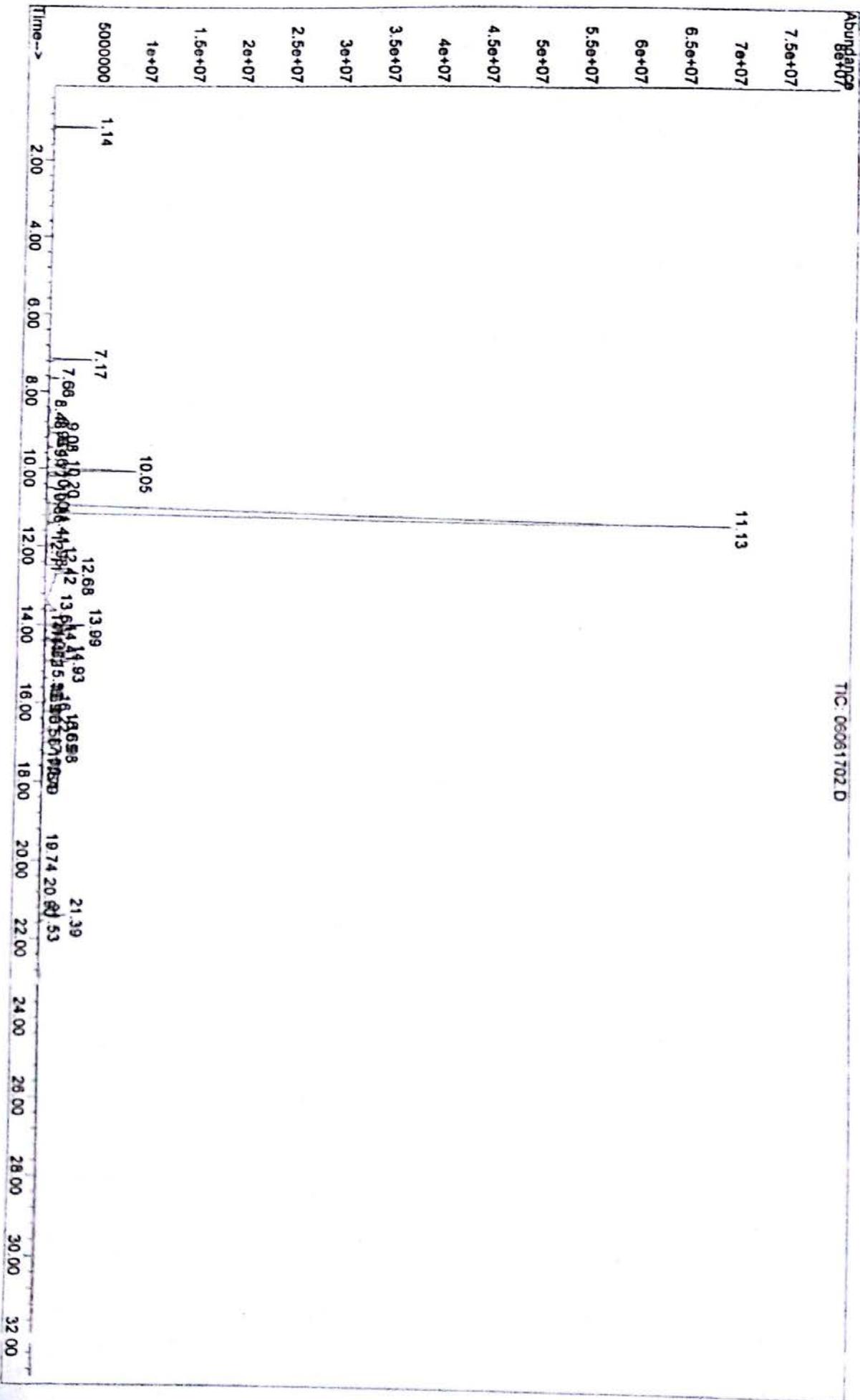
**Tabel B.4** Data *Yield* Hasil Percobaan dengan Bahan Kenanga Kering

No	Ukuran (cm)	Rasio (g/mL)	<i>Yield</i> (%)		
			100 W	240 W	380 W
1	0,5	0,05	0,682	1,757	2,304
2		0,1	0,363	0,867	1,583
3		0,15	0,264	0,537	1,762
4	2,5	0,05	0,584	1,640	1,768
5		0,1	0,376	0,900	1,236
6		0,15	0,388	0,720	1,604
7	5	0,05	0,334	1,371	1,080
8		0,1	0,237	0,781	0,737
9		0,15	0,264	0,537	1,762

Operator : tiko  
 Acquired : 6 Jun 2017 11:45 using AcqMethod PROFILE1.M  
 Instrument : Instrument #1  
 Sample Name : 5-457  
 Misc Info : 0.4 ul split 1:100 scan 20-600 amu  
 Vial Number : 1



FILE: ... \2017\06061702.D  
 Operator : tiko  
 Acquired : 6 Jun 2017 12:35 using AcqMethod PROFILE1.M  
 Instrument : Instrument #1  
 Sample Name : 5-458  
 Misc Info : 0.4 ul split 1:100 scan 20-600 amu  
 Vial Number : 1



## BIODATA PENULIS



Penulis adalah putri kedua dari pasangan Bapak Arief dan Ibu Rindangsari yang dilahirkan pada tanggal 07 Juli 1991 di Surabaya. Penulis merupakan alumni dari TK Negeri Pembina Surabaya, SDN Pucang 1 Sidoarjo, SMP Negeri 13 Surabaya, SMA Negeri 6 Surabaya dan menyelesaikan studi S1 Kimia pada tahun 2014 di Universitas Airlangga Surabaya. Penulis melanjutkan studi S2 Teknik Kimia di Institut Teknologi Sepuluh Nopember sejak September 2015. Selama menempuh studi S2, penulis pernah mengikuti seminar internasional sebagai pembicara di *The International Conference on Chemical Processs and product engineering 2016 (ICCPPE)* dan *The 3<sup>rd</sup> International Seminar on Fundamental and application on Chemical Engineering 2016 (ISFACHE)*. Penulis menyelesaikan Tesis yang berfokus pada bidang minyak astsiri menggunakan *green technology*.

Email : [tita77syarifah@gmail.com](mailto:tita77syarifah@gmail.com)