

**KARAKTERISASI SIFAT FISIKA MINYAK *EUCALYPTUS*  
YANG DIEKSTRAKSI DARI DAUN *Eucalyptus grandis*  
SECARA FERMENTASI MENGGUNAKAN KAPANG  
*Trichoderma harzianum***

**S K R I P S I**

**Oleh :**

**SRI AINUN FADILAH  
1504310018  
TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN**



**UMSU**  
Unggul | Cerdas | Terpercaya

**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
MEDAN  
2019**

KARAKTERISASI SIFAT FISIKA MINYAK *EUCALYPTUS* YANG  
DIEKSTRAKSI DARI DAUN *Eucalyptus grandis*  
SECARA FERMENTASI MENGGUNAKAN KAPANG  
*Trichoderma harzianum*

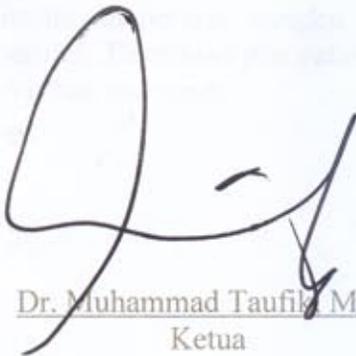
SKRIPSI

Oleh :

SRI AINUN FADILAH  
1504310018  
TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN

Disusun Sebagai Salah Satu Syarat untuk Menyelesaikan Starata 1 (S1) pada  
Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

Komisi Pembimbing



Dr. Muhammad Taufik, M.Si.  
Ketua



Dr. Ir. Desi Ardilla, M.Si.  
Anggota

Disahkan Oleh :-  
Dekan -



Ir. Asriatun Niswah, M.P.

Tanggal Lulus : 07 September 2019

## PERNYATAAN

Dengan ini saya :

Nama : Sri Ainun Fadilah

NPM : 1504310018

Judul : KARAKTERISASI SIFAT FISIKA MINYAK *EUCALYPTUS* YANG DIEKSTRAKSI DARI DAUN *Eucalyptus grandis* SECARA FERMENTASI MENGGUNAKAN KAPANG *Trichoderma harzianum*

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi dengan judul Karakterisasi Sifat Fisika Minyak *Eucalyptus* yang Diekstraksi dari Daun *Eucalyptus grandis* Secara Fermentasi Menggunakan Kapang *Trichoderma harzianum*. Berdasarkan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli dari saya sendiri baik dari naskah laporan maupun kegiatan programming yang tercantum sebagai bagian dari skripsi ini, jika terdapat karya orang lain saya akan mencantumkan sumber yang jelas.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari ternyata ditemukan adanya penjiplakan (plagiarisme), maka saya bersedia menerima sangksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh. Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar tanpa paksaan dari pihak manapun.

Medan,



Sri Ainun Fadilah

Tanggal kelulusan : 07 september 2019

**Karakterisasi Sifat Fisika Minyak *Eucalyptus* yang diekstraksi dari Daun *Eucalyptus Grandis* Secara Fermentasi Menggunakan Kapang *Trichoderma Harzianum***

*Characterization of The Physical Properties of Eucalyptus Oil Extracted from Eucalyptus Grandis Leaves by Fermentation Using Trichoderma Harzianum Fungi*

**Oleh :**

**SRI AINUN FADILAH**

**1504310018**

**ABSTRACT**

*Trichoderma mold is one type of organism that lives in plant tissue without causing damage to the host. This mold is able to produce enzymes needed to degrade leaf tissue so that these molds can be utilized as molds that help the fermentation process of Eucalyptus leaves to produce a hinger oil yeild. This study aims to determine the effect of fermentation time and concentration of Trichoderma harzianum fungi on the carактерization of the fphysical properties of Eucalyptus grandis oil produced. This study uses a completely randomized design (CRD) with two factorial. Factor I is the concentration of Trichoderma harzianum. (K) which consist of four treatments namely K1= 4%, K2= 5%, K3= 6% and K4 = 7%. Factor II is the time of fermentation that is W1 = 2 days, W2 = 4 days, W3 = 6 days and W4 = 8 days. This research began with fermentation of eucalyptus grandis leaves followed by of distillation process that lasted for 3 hours calculated from the first drop. The best treatment was obtained from fermentation with a duration of 8 days and 7 % concentration of mold with the acquisition of yeild = 3,024%, specific gravity = 0,985 g/ml, refractive index = 1,395 and fragrance = 3,435 (preferably panelists).*

*Keywords = Essential oil, Eucalyptus grandis, Fermentation, Trichoderma harzianum, distillation*

## ABSTRAK

Kapang *Trichoderma harzianum* merupakan salah satu jenis organisme yang hidup pada jaringan tanaman tanpa menimbulkan kerusakan pada inang. Kapang ini mampu menghasilkan enzim yang dibutuhkan untuk mendegradasi jaringan daun sehingga kapang ini dapat dimanfaatkan sebagai kapang yang membantu fermentasi daun *Eucalyptus* untuk menghasilkan rendemen minyak yang lebih tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui adanya pengaruh lama waktu fermentasi dan konsentrasi kapang *Trichoderma harzianum* terhadap karakterisasi sifat fisika minyak *Eucalyptus grandis* yang dihasilkan. Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan dua faktorial. Faktor I yaitu konsentrasi kapang *Trichoderma harzianum* (K) yang terdiri dari 4 perlakuan yaitu :  $K_1 = 4\%$ ,  $K_2 = 5\%$ ,  $K_3 = 6\%$ , dan  $K_4 = 7\%$ . Faktor II adalah lama waktu fermentasi yaitu :  $W_1 = 2$  Hari,  $W_2 = 4$  Hari,  $W_3 = 6$  Hari dan  $W_4 = 8$  Hari. Penelitian ini diawali dengan fermentasi daun *Eucalyptus grandis* dilanjutkan dengan proses destilasi yang berlangsung selama 3 jam dihitung dari tetesan pertama. Hasil terbaik didapatkan dari fermentasi dengan lama waktu 8 hari dan konsentrasi kapang 7 % dengan perolehan rendemen = 3,042%, berat jenis = 0,985 g/ml, indeks bias = 1,395, dan aroma = 3,435 (disukai panelis).

**Kata kunci** : Minyak Atsiri, *Eucalyptus grandis*, Fermentasi, *Trichoderma harzianum*, Destilasi.

## RINGKASAN

Penelitian ini berjudul “Karakterisasi Sifat Fisika Minyak *Eucalyptus* yang Diekstraksi dari Daun *Eucalyptus grandis* Secara Fermentasi Menggunakan Kapang *Trichoderma harzianum*”. Penelitian ini dibimbing oleh Bapak Dr. Muhammad Taufik, M.Si selaku Ketua Komisi Pembimbing dan Ibu Dr.Ir. Desi Ardilla, M.Si selaku Anggota Komisi Pembimbing.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi kapang dan lama waktu fermentasi pada waktu destilasi minyak atsiri dari daun *Eucalyptus grandis* yang dilihat dari sifat fisika minyak yang dihasilkan.

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial dengan (2) ulangan. Faktor 1 adalah konsentrasi kapang dengan simbol huruf (K) yang terdiri dari 4 taraf yaitu  $K_1= 4 \%$ ,  $K_2= 5 \%$ ,  $K_3= 6 \%$ ,  $K_4= 7 \%$ . Faktor 2 adalah lama waktu fermentasi dengan simbol huruf (W) yang terdiri dari 4 taraf yaitu  $W_1= 2$  Hari,  $W_2= 4$  Hari,  $W_3= 6$  Hari,  $W_4= 8$  Hari. Parameter yang diamati meliputi Rendemen, Bobot Jenis, Indeks Bias, dan Aroma.

Hasil analisa secara statistik pada masing-masing parameter memberikan kesimpulan sebagai berikut :

### **Rendemen**

Konsentrasi kapang memberikan pengaruh yang berbeda sangat nyata ( $p<0,01$ ) terhadap parameter rendemen minyak atsiri daun *Eucalyptus grandis*. Rendemen tertinggi berada pada konsentrasi kapang 7 % ( $K_4$ ) yakni sebesar 2,393% dan nilai terendah berada pada konsentrasi kapang 4 % ( $K_1$ ) yakni sebesar 0,322 %. Perlakuan lama waktu fermentasi memberikan pengaruh yang

berbeda sangat nyata ( $p < 0,01$ ) terhadap parameter rendemen. Nilai tertinggi berada pada perlakuan lama waktu fermentasi 8 hari ( $W_4$ ) yakni sebesar 1,188 % dan nilai terendah berada pada perlakuan lama waktu fermentasi 2 hari ( $W_1$ ) yakni sebesar 0,947 %. Nilai rata-rata rendemen dari keseluruhan perlakuan yaitu sebesar 1,131 %.

### **Bobot Jenis**

Pada analisa minyak atsiri daun *Eucalyptus grandis*, konsentrasi kapang memberikan pengaruh yang berbeda tidak nyata ( $p > 0,05$ ) terhadap parameter bobot jenis minyak atsiri. Bobot jenis tertinggi berada pada perlakuan konsentrasi kapang 7 % ( $K_4$ ) yakni sebesar 0,982 g/ml dan nilai terendah berada pada perlakuan konsentrasi kapang 4 % ( $W_1$ ) yakni sebesar 0,977 g/ml. Pada perlakuan lama waktu fermentasi memberikan pengaruh yang berbeda tidak nyata ( $p > 0,05$ ) terhadap parameter bobot jenis minyak atsiri. Bobot jenis tertinggi berada pada perlakuan lama waktu fermentasi 8 hari ( $W_4$ ) yakni sebesar 0,983 g/ml dan nilai terendah berada pada perlakuan lama waktu fermentasi 6 hari ( $W_3$ ) yakni sebesar 0,976 g/ml. Nilai rata-rata bobot jenis dari keseluruhan perlakuan yaitu sebesar 0,978 g/ml.

### **Indeks Bias**

Pada analisa produk minyak atsiri dari daun *Eucalyptus grandis*, konsentrasi kapang memberikan pengaruh yang berbeda tidak nyata ( $p > 0,05$ ) terhadap parameter indeks bias minyak atsiri daun *Eucalyptus grandis*. Indeks bias tertinggi berada pada perlakuan konsentrasi kapang 7 % ( $K_4$ ) yakni sebesar 1,393 m/s dan nilai terendah berada pada perlakuan konsentrasi kapang 4 % ( $K_1$ )

yakni sebesar 1,387 m/s. Perlakuan lama waktu fermentasi memberikan pengaruh yang berbeda tidak nyata ( $p>0,05$ ) terhadap parameter indeks bias. Nilai tertinggi berada pada perlakuan lama waktu fermentasi 8 hari ( $W_4$ ) yakni sebesar 1,392 m/s dan nilai terendah berada pada perlakuan lama waktu fermentasi 8 hari ( $W_1$ ) yakni sebesar 1,388 m/s. Nilai rata-rata rendemen dari keseluruhan perlakuan yaitu sebesar 1,390 m/s.

### **Aroma**

Pada analisa minyak atsiri daun *Eucalyptus grandis*, konsentrasi kapang memberikan pengaruh yang berbeda tidak nyata ( $p>0,05$ ) terhadap parameter aroma minyak atsiri. Aroma minyak atsiri yang disukai berada pada konsentrasi kapang 7 % ( $K_4$ ) yakni sebesar 3,406 dan nilai terendah berada pada perlakuan konsentrasi kapang 4 % ( $K_1$ ) yakni sebesar 3,163. Pada perlakuan lama waktu fermentasi memberikan pengaruh yang berbeda tidak nyata ( $p>0,05$ ) terhadap parameter aroma minyak atsiri. Aroma tertinggi berada pada perlakuan lama waktu fermentasi 8 hari ( $W_4$ ) yakni sebesar 3,304 dan nilai terendah berada pada perlakuan waktu fermentasi 2 hari ( $W_1$ ) yakni sebesar 3,263. Nilai rata-rata aroma dari keseluruhan perlakuan yaitu sebesar 3,285.

## RIWAYAT HIDUP

**Sri Ainun Fadilah**, lahir di Kota Tanjung Balai, Kecamatan Datuk Bandar, Kelurahan Sirantau pada hari Selasa, 19 Agustus 1997. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara dari pasangan ayahanda Alim dan Nurasiah Saragih.

Jalur pendidikan formal yang pernah ditempuh penulis sebagai berikut :

1. Pada tahun 2009 telah tamat dari Madrasah Ibtidaiyah Negeri (MIN) 3 Kota Tanjung Balai
2. Pada tahun 2012 telah tamat dari Madrasah Tsanawiyah Negeri (MTSN) Kota Tanjung Balai
3. Pada tahun 2014 telah menyelesaikan Praktek Kerja Lapangan di Balai Pengembangan benih Hortikultura dan Aneka Tanaman (BPBHAT) Pasir benteng, Jatinangor
4. Pada tahun 2015 telah tamat dari Sekolah Menengah Kejuruan Pembangunan Pertanian Negeri (SMK SPP N) Asahan
5. Pada tahun 2015 penulis di terima di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Program Studi (S1) Teknolog Hasil Pertanian Fakultas Pertanian
6. Pada Tahun 2018 Penulis Menyelesaikan Peraktek Kerja Lapangan di PT. Perkebunan Nusantara IV ( Persero) Kebun Sawit Langkat

**Sri Ainun Fadilah**  
1504310018

## KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr.Wb

Alhamdulillah rabbil'alamin, puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala karunia dan hidayah-Nya serta kemurahan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Karakterisasi Sifat Fisika Minyak *Eucalyptus* Yang Diekstraksi dari Daun *Eucalyptus grandis* Secara Fermentasi Menggunakan Kapang *Trichoderma harzianum*”.

Proposal ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan studi strata 1 (S1) di jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Dalam penyusunan proposal ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak, untuk itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Ibu Ir. Asritanarni Munar, M.P. selaku Dekan Fakultas Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Ibu Dr. Ir. Desi Ardilla, M. Si. selaku Ketua Program Studi Teknologi Hasil Pertanian dan selaku anggota komisi pembimbing yang telah membantu dan membimbing saya dalam menyelesaikan tugas akhir studi strata 1 (S1).
3. Dr. Muhammad Taufik, M.Si selaku ketua pembimbing yang telah membantu dan membimbing saya dalam menyelesaikan tugas akhir studi strata 1 (S1).
4. Seluruh staf biro dan pegawai Laboratorium Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Dosen – dosen Teknologi Hasil Pertanian yang senantiasa memberikan ilmu dan nasehatnya selama di dalam maupun di luar perkuliahan.

6. Ayahanda dan Ibunda yang memberi kasih sayang dan cinta yang tiada ternilai serta memberikan do'a dan dukungan yang tiada henti baik moral maupun materil sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir studi strata 1 (S1).
7. Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS) Marihat Baris yang telah membantu menyediakan kapang *Trichoderma harzianum*, terutama Ibu Yeni dan Ibu Rita yang tidak pernah bosan menjawab pertanyaan-pertanyaan penulis
8. Adik terkasih Azmi dan sepupu tersayang Latifa yang selalu memberikan semangat juga do'anya dalam menyelesaikan tugas akhir studi strata 1 (S1).
9. Sahabat terbaik kak Wita, Juleha, Desra, selalu memberikan semangat dan menasehati satu sama lain juga membantu dalam menyelesaikan tugas akhir studi strata 1 (S1).
10. Seluruh teman-teman THP stambuk 2015 yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu.

Besar harapan penulis agar skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak serta masukkan berupa kritik dan saran untuk kesempurnaan skripsi ini.

Wassalamu'alaikum Wr.Wb.

Medan, Oktober 2019

Penulis

## DAFTAR ISI

	halaman
RINGKASAN .....	i
RIWAYAT HIDUP.....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
PENDAHULUAN.....	1
Latar Belakang .....	1
Tujuan Penelitian .....	5
Manfaat Penelitian .....	5
Hipotesa Penelitian .....	5
TINJAUAN PUSTAKA.....	6
<i>Eucalyptus</i> .....	6
Minyak atsiri <i>Eucalyptus</i> .....	7
Komposisi kimia minyak <i>Eucalyptus</i> .....	10
Perlakuan pendahuluan .....	13
Mikroba yang terlibat dalam proses fermentasi .....	16
Metode ekstraksi minyak <i>Eucalyptus</i> .....	22
Karakteristik sifat fisika minyak <i>Eucalyptus</i> .....	29
BAHAN DAN METODE .....	35
Tempat dan Waktu Penelitian .....	35

Bahan Penelitian .....	35
Alat Penelitian.....	35
Metode Penelitian .....	35
Model Rancangan Percobaan.....	36
Pelaksanaan Penelitian.....	37
Karakterisasi Bahan .....	39
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	45
Hasil dan Pembahasan Pengaruh Konsentrasi Kapang <i>Trichoderma harzianum</i> dan Lama Waktu Fermentasi Terhadap Sifat Fisika Minyak Atsiri Daun <i>Eucalyptus grandis</i> .....	44
KESIMPULAN DAN SARAN.....	65
DAFTAR PUSTAKA .....	67
LAMPIRAN.....	71

## DAFTAR TABEL

Nomor	Judul	Halaman
1.	Persyaratan kualitas minyak <i>Eucalyptus</i> .....	10
2.	Skala hedonik untuk aroma.....	41
3.	Pengaruh Konsentrasi Kapang <i>Trichoderma harzianum</i> Terhadap Parameter Minyak Atsiri Daun <i>Eucalyptus grandis</i> .....	45
4.	Pengaruh lama waktu fermentasi daun <i>Eucalyptus grandis</i> terhadap parameter minyak atsiri daun <i>Eucalyptus grandis</i> .....	46
5.	Uji Pengaruh Konsentrasi Kapang <i>Trichoderma harzianum</i> Terhadap Rendemen Minyak Atsiri Daun <i>Eucalyptus grandis</i> .....	46
6.	Uji Pengaruh Lama Waktu Fermentasi Terhadap Rendemen Minyak Atsiri Daun <i>Eucalyptus Grandis</i> .....	48
7.	Uji Beda Rata-Rata Pengaruh Interaksi Konsentrasi Kapang <i>Trichoderma harzianum</i> dan Lama Waktu Fermentasi Terhadap Rendemen Minyak Daun <i>Eucalyptus grandis</i> Yang Dihasilkan.....	51
8.	Uji pengaruh Konsentrasi Kapang <i>Trichoderma harzianum</i> Terhadap Berat Jenis Minyak Atsiri Daun <i>Eucalyptus grandis</i> .....	53
9.	Uji Pengaruh Lama Waktu Fermentasi Terhadap Berat Jenis Minyak Atsiri Daun <i>Eucalyptus grandis</i> .....	55
10.	Uji pengaruh Konsentrasi Kapang <i>Trichoderma harzianum</i> Terhadap Indeks Bias Minyak Atsiri Daun <i>Eucalyptus grandis</i> .....	57
11.	Uji Pengaruh Lama Waktu Fermentasi Terhadap Indeks Bias Minyak Atsiri Daun <i>Eucalyptus grandis</i> .....	59
12.	Uji pengaruh Konsentrasi Kapang <i>Trichoderma harzianum</i> Terhadap Organoleptik Aroma Minyak Atsiri Daun <i>Eucalyptus grandis</i> .....	61
13.	Uji Pengaruh Lama Waktu Fermentasi Terhadap Organoleptik Aroma Minyak Atsiri Daun <i>Eucalyptus grandis</i> .....	63

## DAFTAR GAMBAR

Nomor	Judul	Halaman
1.	Daun <i>Eucalyptus</i> .....	7
2.	Struktur $\alpha$ <i>Pinene</i> .....	11
3.	Struktur <i>1,8-cineole</i> .....	12
4.	Struktur $\alpha$ - <i>terpineol</i> .....	13
5.	Kapang <i>Rhizopus oligosporus</i> .....	18
6.	Kapang <i>Trichoderma harzianum</i> .....	21
7.	Alat destilasi dengan Air Langsung ( <i>Water-Distillation</i> ).....	24
8.	Alat destilasi Uap-Air.....	25
9.	Skema Alat Destilasi Uap.....	26
10.	Piknometer.....	32
11.	<i>Hand refraktometer</i> .....	33
12.	Diagram Alir Pembuatan Media Tumbuh Kapang pada PDB ( <i>Potato Dektrose Borth</i> ).....	42
13.	Diagram Alir Proses Fermentasi.....	43
14.	Diagram Alir Destilasi Minyak Daun <i>Eucalyptus grandis</i> ....	44
15.	Grafik Pengaruh Konsentrasi Kapang <i>Trichoderma harzianum</i> Terhadap Persen Rendemen Minyak <i>Eucalyptus grandis</i> .....	47
16.	Grafik Pengaruh Lama Waktu Fermentasi <i>Trichoderma harzianum</i> Terhadap Persen Rendemen Minyak <i>Eucalyptus grandis</i> .....	49
17.	Grafik Hubungan Interaksi Konsentrasi Kapang <i>Trichoderma harzianum</i> dan Lama Waktu Fermentasi Pada Pembuatan Minyak Atsiri dari Daun <i>Eucalyptus grandis</i> .....	52
18.	Grafik Pengaruh Konsentrasi Kapang <i>Trichoderma harzianum</i> Terhadap Berat Jenis Minyak <i>Eucalyptus grandis</i> .....	54
19.	Grafik Pengaruh Lama Waktu Fermentasi Terhadap Berat Jenis Minyak <i>Eucalyptus grandis</i> .....	55
20.	Grafik Pengaruh Konsentrasi Kapang <i>Trichoderma harzianum</i> Terhadap Indeks Bias Minyak <i>Eucalyptus</i>	

	<i>grandis</i>	58
21.	Grafik Pengaruh Lama Waktu Fermentasi Terhadap Indeks Bias Minyak <i>Eucalyptus grandis</i> .....	59
22.	Grafik Pengaruh Konsentrasi Kapang <i>Trichoderma harzianum</i> Organoleptik Aroma Terhadap minyak <i>Eucalyptus grandis</i> .....	61
23.	Grafik pengaruh lama waktu fermentasi terhadap organoleptik aroma minyak <i>Eucalyptus grandis</i> .....	63
24.	Penyiapan bahan baku media PDB.....	75
25.	Homogenisasi bahan baku di hotplate.....	75
26.	Penanaman kapang pada media PDB.....	76
27.	Kapang yang telah di inkubasi selama 48 jam.....	76
28.	Pengaplikasian kapang pada daun yang akan di fermentasi..	77
29.	Daun dalam proses fermentasi.....	77
30.	Daun yang telah difermentasi selama 2 hari.....	77
31.	Proses penyulingan Minyak.....	78
32.	Destilat Minyak Eucalyptus.....	78
33.	Perhitungan rendemen minyak.....	79
34.	Analisa Berat jenis.....	79
35.	Analisa indeks bias.....	79
36.	Pengisian angket Analisa Aroma.....	80
37.	Supervisi dosen pembimbing.....	80

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Nomor</b>	<b>Judul</b>	<b>Halaman</b>
1.	Tabel Data Rataan Rendemen Minyak Atsiri Daun <i>Eucalyptus Grandis</i> .....	71
2.	Tabel Data Rataan Berat Jenis Minyak Atsiri Daun <i>Eucalyptus Grandis</i> .....	72
3.	Tabel Data Rataan Indeks Bias Minyak Atsiri Daun <i>Eucalyptus Grandis</i> .....	73
4.	Tabel Data Rataan Organoleptik Aroma Minyak Atsiri Daun <i>Eucalyptus Grandis</i> .....	74
5.	Dokumentasi Kegiatan Penelitian.....	75
6.	Surat perjanjian pengalihan material.....	81

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Salah satu jenis tumbuhan Hutan Tanaman Industri (HTI) yang saat ini diunggulkan yaitu tanaman *Eucalyptus*. Hal ini disebabkan karena tanaman ini paling rendah dalam hal konsumsi air (evapotranspirasi). Jenis utama tanaman *Eucalyptus* yang sering dibudidayakan adalah *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus urophylla*, *Eucalyptus saligna* dan *Eucalyptus pellita*. Tanaman *Eucalyptus* merupakan jenis pohon yang cepat tumbuh dan hemat air dibandingkan tumbuhan lain seperti Akasia maupun Pinus. (Samosir, 2018).

Sebagian besar di beberapa industri perkebunan, pendayagunaan tanaman *Eucalyptus* saat ini masih seputar bagian kayunya saja sedangkan pada bagian lainnya seperti daun pemanfaatannya masih kurang maksimal. Sebagai salah satu produk hasil hutan bukan kayu (HHBK), daun *Eucalyptus* dapat didayagunakan sebagai produk yang bermanfaat bagi manusia seperti pada ekstrak daunnya dapat digunakan sebagai bioherbisida, dan minyak atsiri yang terdapat didalam daun memiliki sifat antibakteri terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* sehingga baik digunakan sebagai untuk minyak gosok, emulsi, sabun, permen, obat sakit gigi, obat kumur, antiseptik, dan obat salep (Ratnaningsih dkk, 2018).

Minyak atsiri atau yang dikenal juga dengan volatile oils, etherial oils, atau essential oils merupakan salah satu komoditi tumbuhan yang memiliki ekstrak alami berasal dari kayu, daun, biji-bijian, bunga, bahkan putik bunga. Minyak atsiri memiliki sifat mudah menguap pada suhu kamar tanpa mengalami

dekomposisi, dengan titik didih dan komposisi yang berbeda-beda. Aroma yang dihasilkan dari minyak tersebut sesuai dengan aroma tumbuhan penghasilnya serta menghasilkan rasa yang getir. Pada umumnya minyak ini tidak dapat dilarutkan dalam air namun larut pada pelarut organik (Pratama, 2016).

Pada umumnya minyak atsiri disuling menggunakan metode distilasi uap. Namun selama berlangsungnya proses penyulingan minyak atsiri metode ini memiliki beberapa kendala yang sering dihadapi diantaranya yaitu adanya minyak atsiri yang tidak terekstrak, hilangnya kandungan minyak atsiri akibat penguapan, serta kandungan minyak atsiri yang hilang, sehingga dalam proses penyulingan minyak yang didapatkan tidak maksimal. Menurut Nurhadianty *dkk*, (2017) untuk meningkatkan rendemen minyak atsiri yang dihasilkan dapat dilakukan dengan memberikan perlakuan pendahuluan sebelum dilakukannya ekstraksi. Salah satu perlakuan pendahuluan untuk meningkatkan rendemen minyak atsiri yang dihasilkan yaitu fermentasi, hal ini disebabkan proses fermentasi dapat menghasilkan enzim solulose dan xylanase yang berfungsi untuk mendegradasikan komponen selulosa dan hemiselulosa didalam daun sehingga minyak yang berada dalam kantong-kantong minyak lebih mudah dikeluarkan dari jaringan-jaringan tumbuhan yang mengalami degradasi selama proses distilasi uap berlangsung.

Fermentasi merupakan suatu cara yang digunakan untuk mengubah suatu substrat menjadi produk tertentu metode ini membutuhkan bantuan mikroba baik berupa kapang, bakteri, maupun khamir dalam prosesnya (Waite *dkk*,2001). Salah satu spesies kapang yang dapat digunakan dalam proses fermentasi sebagai perlakuan pendahuluan yang berfungsi untuk meningkatkan rendemen minyak

atsiri dari daun *Eucalyptus grandis* yaitu kapang *Trichoderma harzianum*, hal ini disebabkan kapang *Trichoderma harzianum* memiliki kemampuan untuk mensekresi enzim kompleks selulolitik secara seimbang, sehingga secara efisien enzim ini dapat menghidrolisis jaringan selulosa menjadi monomer glukosa (Nurhardianty *dkk*, 2016) sehingga minyak-minyak yang terperangkap didalam kantong minyak lebih mudah dikeluarkan.

Kapang *Trichoderma* merupakan salah satu dari jenis jamur endofitik yaitu jamur yang hidup pada jaringan tanaman sehat tanpa menimbulkan kerusakan pada inangnya. Jamur ini dapat menghambat patogen yang menyebabkan penyakit pada tumbuhan terutama patogen terbawa tanah melalui mekanisme mikoparasitisme, kompetisi dan antibiosis serta mampu secara langsung memacu pertumbuhan tanaman dan merangsang respons ketahanan terhadap penyakit.

Proses destilasi uap menggunakan perlakuan pendahuluan kering angin pada ekstraksi minyak atsiri dari daun kayu manis memperoleh rendemen sebesar 0,1016 % (Nugraheni *dkk*, 2016). Rendemen minyak yang diperoleh dari proses ini memiliki hasil yang lebih rendah apabila dibandingkan dengan perolehan rendemen ekstraksi minyak atsiri dari daun kayu manis dengan menggunakan fermentasi padat selama 4 hari sebagai perlakuan pendahuluannya sebagaimana yang telah dilakukan oleh Khasanah *dkk* (2014) yaitu 0,12%. Hal ini disebabkan ekstraksi minyak dengan menggunakan metode fermentasi sebagai perlakuan pendahuluan dapat memecahkan sel-sel yang mengikat minyak didalam daun.

Lamanya waktu fermentasi memberikan pengaruh terhadap % rendemen minyak atsiri. Hal ini sesuai dengan penelitian Djonny (2018) bahwa dari variasi waktu fermentasi yang digunakan yaitu 2, 3, 4, 6 dan 8 hari diketahui rendemen

minyak nilam pada waktu fermentasi 4 hari merupakan fermentasi dengan perolehan minyak nilam tertinggi yaitu mencapai 0,31 %. Hal ini dikarenakan proses fermentasi telah menghancurkan dinding sel dan rambut kelenjar yang mengikat minyak dalam daun nilam dalam waktu tertentu, sehingga komponen-komponen minyak yang memiliki titik didih rendah dan terletak pada lapisan luar dari potongan daun akan menguap dan terbawa angin pada proses fermentasi.

Ekstraksi minyak daun cengkeh yang dilakukan oleh Nurhardianty *dkk* (2017) dengan memanfaatkan fermentasi menggunakan kapang *Trichoderma harzianum* sebagai perlakuan awal menghasilkan minyak dengan perolehan rendemen 1,62 %. Rendemen yang diperoleh ini lebih tinggi dibandingkan dengan penyulingan minyak tanpa perlakuan fermentasi yaitu sebesar 0,57%. Perlakuan terbaik diperoleh dari hasil fermentasi 8 hari.

Konsentrasi inokulum atau mikroba yang digunakan serta lama waktu fermentasi memberikan perbedaan nyata terhadap hasil fermentasi. Sebagaimana penelitian yang telah dilakukan oleh Kusumaningati *dkk* (2013) tentang produksi etanol dari sayur dan buah di pasar secara fermentasi menggunakan inokulum dengan konsentrasi 0, 5, 10, dan 15% dengan lama waktu fermentasi 0, 2, 4, 6, dan 8 hari diketahui produksi etanol yang paling banyak diperoleh pada mikroba dengan konsentrasi 10% selama 6 hari.

Berdasarkan uraian latar belakang diatas penulis berinisiatif untuk melaksanakan penelitian mengenai pembuatan minyak atsiri dari daun *Eucalyptus grandis* dengan perlakuan pendahuluan secara fermentasi menggunakan kapang *Trichoderma harzianum* terhadap karakteristik sifat fisika minyak yang dihasilkan dengan faktorial konsentari mikroba dan lama waktu fermentasi.

### **Tujuan Penelitian**

1. Mengkarakterisasi pengaruh konsentrasi kapang *Trichoderma harzianum* pada ekstraksi minyak daun *Eucalyptus grandis* dengan metode fermentasi terhadap sifat fisika minyak *Eucalyptus* dari daun *Eucalyptus grandis*.
2. Mengkarakterisasi pengaruh lama waktu fermentasi pada ekstraksi minyak daun *Eucalyptus grandis* dengan metode fermentasi menggunakan kapang *Trichoderma harzianum* terhadap sifat fisika minyak *Eucalyptus* dari daun *Eucalyptus grandis*.
3. Mengetahui pengaruh interaksi lama waktu fermentasi dan pengaruh konsentrasi kapang *Trichoderma harzianum* terhadap sifat fisika minyak *Eucalyptus* dari daun *Eucalyptus grandis*.

### **Manfaat Penelitian**

1. Penelitian ini dapat dimanfaatkan sebagai sumber informasi untuk mengetahui lama waktu fermentasi dan konsentrasi optimum terhadap sifat fisika minyak *Eucalyptus* dari daun *Eucalyptus grandis*.
2. Sebagai referensi dalam penulisan tugas akhir atau laporan penelitian.
3. Sebagai persyaratan untuk menyelesaikan tugas akhir studi strata 1 (S1).

### **Hipotesa Penelitian**

1. Adanya pengaruh lama waktu fermentasi terhadap rendemen minyak *Eucalyptus*.
2. Adanya pengaruh konsentrasi inokulum terhadap rendemen minyak *Eucalyptus*.
3. Adanya pengaruh konsentrasi inokulum terhadap lama waktu fermentasi dalam menghasilkan minyak *Eucalyptus*.

## TINJAUAN PUSTAKA

### *Eucalyptus*

*Eucalyptus grandis* merupakan nama lain dari *Eucalyptus saligna* var. *pallidivalvis* Baker et Smith. Didalam dunia perdagangan tumbuhan ini dikenal juga dengan nama rose gum atau Flooded gum. Tumbuhan ini berasal dari Australia, ditempat asalnya tumbuhan ini merupakan pohon paling populer diantara pohon kayu putih lainnya karena tumbuh hampir di seluruh daratan Australia, bahkan pada saat ini dapat ditemukan hampir di seluruh daerah tropis dunia yang salah satunya adalah Indonesia. Taksonomi tumbuhan *Eucalyptus grandis* adalah sebagai berikut:

Divisio : Spermathophyta  
Sub Divisio : Angispermae  
Kelas : Dikotyledon  
Ordo : Myrtales  
Family : Myrtaceae  
Genus : Eucalyptus  
Species : *Eucalyptus grandis* (Samosir, 2018).

Pohon *Eucalyptus sp* termasuk kedalam family *Myrtaceae* yang habitat aslinya banyak ditemukan dalam hutan hujan pada tanah yang subur, hutan lembah disepanjang tepi sungai dan diatas lantai lembah. Tanaman *Eucalyptus sp* tumbuh dengan baik pada ketinggian tempat sekitar 0-800 mdpl, temperatur maksimum sekitar 24-30<sup>0</sup>C dengan curah hujan tahunan rata-rata 1000-3500 mm. Tanaman ini dapat tumbuh baik pada lahan datar atau dengan kemiringan yang

tidak curam, serta pada tanah alluvial ditempat dekat air tetapi tidak tergenang air dan mengandung lempung. Pada bulan Januari sampai dengan Agustus merupakan musim berbunga dan berbuah jenis tanaman ini (Sinurat, 2018). Gambar daun dan bunga *Eucalyptus* dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Daun dan bunga *Eucalyptus*

Secara umum, tumbuhan *Eucalyptus* dikenal sebagai tumbuhan kayu putih. Tumbuhan ini merupakan tumbuhan yang memiliki banyak manfaat, selain digunakan sebagai bahan industri *Eucalyptus* juga dimanfaatkan sebagai tanaman obat. Salah satu keunikan yang dimiliki tanaman ini yaitu dapat berkembang dan tumbuh secara cepat setelah kebakaran. Pada umumnya *Eucalyptus* memiliki kandungan senyawa kimia flavonoid, terpenoid dan tanin (Setianingsih dkk, 2017).

### **Minyak Atsiri *Eucalyptus***

*Eucalyptus* merupakan salah satu tanaman yang dapat menghasilkan minyak atsiri, kandungan minyak atsiri tertinggi pada tumbuhan *Eucalyptus*

terdapat pada bagian daunnya. Minyak atsiri yaitu zat berbau yang dapat ditemukan didalam tumbuhan. Minyak ini juga dikenal sebagai minyak eteris, minyak menguap, atau minyak esensial karena minyak ini bersifat mudah menguap pada suhu kamar. Istilah esensial dipakai karena aroma yang dihasilkan dari minyak atsiri merupakan aroma yang mewakili tanaman asalnya. Dalam keadaan segar dan murni, minyak atsiri umumnya tidak berwarna, namun apabila disimpan dalam waktu jangka panjang dapat menyebabkan minyak atsiri teroksidasi. Untuk mencegah terjadinya hal tersebut penyimpanan minyak atsiri dapat dilakukan pada tempat yang memiliki warna gelap, dengan penutup yang rapat, serta di letakkan di tempat yang kering dan sejuk. Minyak atsiri awalnya dikenal oleh penduduk Mesir Kuno sejak tahun 3.000 SM yang ditujukan untuk pengobatan, keagamaan, atau sebagai bahan dasar untuk pengawetan jenazah (Gunawan dan Mulyani, 2004).

Baik bagi manusia maupun tumbuhan minyak atsiri sangat memberikan manfaat. Minyak atsiri pada tumbuhan memiliki tiga manfaat diantaranya membantu terjadinya proses penyerbukan dengan menarik perhatian beberapa jenis hewan atau serangga, mencegah terjadinya kerusakan tumbuhan oleh serangga atau hewan lain dan sebagai cadangan makanan bagi tanaman (Efruan dkk, 2016). Pada manusia minyak atsiri *Eucalyptus* dimanfaatkan sebagai minyak obat, industri parfum, pembersih, pewangi dan suplemen makanan dalam jumlah kecil. Selain itu, minyak *Eucalyptus* juga memiliki sifat anti serangga dan telah digunakan sebagai bahan untuk produk anti nyamuk. (Anggut, 2015).

Adanya reaksi antara berbagai persenyawaan kimia menyebabkan terbentuknya minyak atsiri dari sisa hasil proses metabolisme didalam tumbuhan.

Minyak tersebut terbentuk dalam pembuluh resin dan ada juga yang disintesa dalam sel kelenjar pada jaringan tanaman. Pada umumnya minyak atsiri terdiri dari berbagai campuran senyawa kimia yang terbentuk dari beberapa unsur seperti karbon (C), hidrogen (H), dan oksigen (O) serta beberapa persenyawaan kimia yang mengandung unsur nitrogen (N) dan belerang (S). Minyak atsiri sebagian besar tersusun atas berbagai campuran persenyawaan golongan hidrokarbon dan hidrokarbon teroksigenasi (Efruan *dkk*, 2016).

Minyak atsiri dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu minyak atsiri yang mudah dipisahkan menjadi komponen atau penyusun murninya (seperti minyak daun cengkeh, minyak serai, minyak terpentin serta minyak permen) dan minyak atsiri yang sukar dipisahkan menjadi komponen murninya (seperti minyak kenanga serta minyak nilam). Hasil ekstraksi minyak atsiri yang diperoleh dipengaruhi oleh dua faktor, yaitu umur tanaman dan jumlah curah hujan (Dewi, 2015).

Minyak *Eucalyptus* disebut juga dengan *Eucalipt oil*. Rendemen dari minyak *Eucalyptus* dapat dipengaruhi beberapa faktor diantaranya iklim, tempat tumbuh, keadaan daun, ranting, spesies, cara penyimpanan, tahapan pengambilan minyak dan lain sebagainya. Untuk mengetahui kualitas minyak *Eucalyptus* dapat ditentukan dengan melakukan pengujian sifat fisiko-kimianya yang meliputi berat jenis, indeks bias, putaran optik, kelarutan dalam alkohol atau etanol, kadar cineol, dan keadaan yang meliputi warna dan bau yang dihasilkan dari minyak (Kasmudjo *dkk*, 2007).

Tabel 1. Persyaratan kualitas minyak *Eucalyptus*

No	Jenis Uji	Satuan	Persyaratan
1	Keadaan	-	
1.1	Warna	-	Jernih sampai kuning kehijauan
1.2	Bau	-	Khas <i>Eucalyptus</i>
2	Berat jenis	-	0,900 – 0,930
3	Indeks Bias	-	1,450 – 1,470
4	Kelarutan dalam etanol	-	1:1 sampai 1:10 jernih
5	Putaran optik	-	-4° – 0°
6	Kandungan cineole	%	50-65%

Sumber : Badan Standarisasi Nasional (2006)

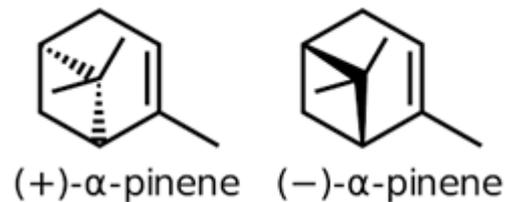
### Komposisi Kimia Minyak *Eucalyptus*

Kandungan kimia dari daun *Eucalyptus grandis* berdasarkan analisa dengan menggunakan GC-MS terdapat dua belas senyawa yang diduga yaitu  $\alpha$ -*Pinene* (45.21%), *Cineole* (36.55%),  $\alpha$ -*Terpineol* (8.87%),  $\beta$ -*Caryophyllene* (1.72%), *Camphene* (1.38%), *1 – Nonadecene* ( 1.17% ),  $\beta$ -*Pinene* (1.11%), *Elemol* (0.85%), *Spathulenol* (0.84%), *Pinocarvone* (0.83%), *Camphogen* (0.74%),  $\alpha$ -*Campholene Aldehyde* (0.73%), (Samosir, 2018).

#### $\alpha$ -*Pinene*

$\alpha$ -*Pinene* merupakan senyawa organik yang tergolong dalam jenis monoterpena dan karena mengandung cincin reaktif yang disebabkan adanya ikatan rangkap yang banyak terdapat di dalam minyak atsiri dari jenis konifer senyawa ini juga dimasukkan kedalam golongan alkena (Amilia dkk, 2015). Dua enantiomer yang dapat ditemukan di alam yaitu (1 R,5 R) -or (+)- $\alpha$ -pinene atau positif  $\alpha$ -pinene dan (1S ,5S ) atau (-) - $\alpha$ -pinene atau negatif -pinene. Enantiomer positif  $\alpha$ -pinene memiliki fungsi sebagai antimikroba pada *Rhizopus oryzae*, *Cryptococcus neoformans*, *Candida albicans*, dan *methicilin-resistant*

*Staphylococcus aureus* (MRSA) sedangkan enantiomer negatif tidak menunjukkan aktivitas antimikroba (Wibowo dan Komarayati, 2015). Adapun struktur  $\alpha$  Pinene dapat dilihat pada gambar 2.



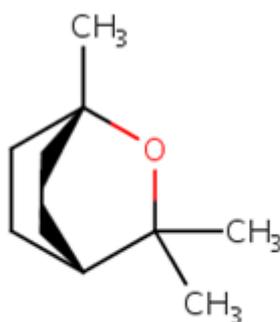
Gambar 2. Struktur  $\alpha$  Pinene

### *1,8-cineole*

Kandungan yang dihasilkan dari masing-masing tanaman yang menghasilkan minyak atsiri mempunyai berbagai persenyawaan yang sifat kimia maupun fisiknya antara satu dengan lainnya berbeda. Sineol atau *1,8-cineole* (*Eucalyptol*) merupakan senyawa yang sering terkandung didalam komposisi kandungan minyak atsiri, bahkan pada beberapa tanaman senyawa *1,8-sineol* merupakan senyawa utamanya. Senyawa *1,8-sineol* adalah persenyawaan yang dikelompokkan ke dalam golongan hidrokarbon teroksigenasi dan termasuk golongan ester turunan terpen alkohol. Pada minyak kayu putih *1,8-cineole* merupakan senyawa utama penyusunnya, hal ini telah ditetapkan oleh Badan Standar Nasional (BSN) bahwa untuk standar mutu kualitas minyak kayu putih harus memiliki kandungan senyawa *1,8-cineole* sebanyak 50 - 65% sebagaimana yang terdapat dalam SNI 06-3954-2006 (Efruan, 2018).

Senyawa *1,8-sineol* mempunyai ciri yang khas yaitu memiliki sifat segar dengan aroma camphor disertai dengan rasa pedas serta memberikan banyak

manfaat diantaranya digunakan untuk obat-obat penggunaan luar, disinfektan, analgesik, semprot hidung, penyedap makanan, dan pada pembuatan kosmetik. Dalam bidang farmasi *cineole* dapat memberikan efek *bronchodilating* (melegakan pernafasan), anti inflamasi, mukolitik (mengencerkan dahak), dan pada kasus pasien dengan asma dan *rhinosinusitis* dapat menurunkan rata-rata eksaserbasi kasus paru obstruktif kronis (Agustina dan Suharmiati, 2017). Struktur *1,8-cineole* dapat dilihat pada gambar 3.

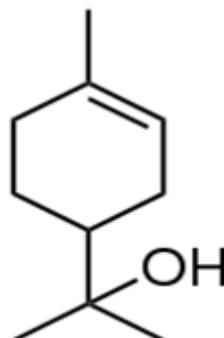


Gambar 3. Struktur *1,8-cineole*

#### *α-Terpineol*

*Terpineol* adalah produk utama yang sangat mudah didapatkan dalam sehingga dapat diberdayakan meluas baik pada industri parfum, desinfektan, antifungi, kosmetik, pewangi dalam cairan pembersih, bahkan saat ini dikembangkan juga sebagai polimer. Senyawa ini termasuk dalam golongan senyawa alkohol monoterpen monosiklik yang didapatkan melalui proses hidrasi *α-pinena* yang dalam suasana asam menghasilkan campuran kompleks berupa alkohol, hidrokarbon dan monoterpen. Selain itu *α-terpineol* juga bisa didapatkan menggunakan proses hidrasi atau biokonversi limonen terkatalisis asam namun

disertai terbentuknya diol dalam jumlah yang besar (Amilia *dkk*, 2015). Struktur *α-terpineol* dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Struktur *α-terpineol*

### **Perlakuan Pendahuluan**

Perlakuan pendahuluan adalah perlakuan yang diberikan kepada bahan sebelum dilakukannya perlakuan utama yang bertujuan untuk meningkatkan mutu minyak atsiri yang dihasilkan baik secara kualitas maupun kuantitas. Tanpa adanya perlakuan pendahuluan dalam proses ekstraksi minyak atsiri secara langsung menghasilkan minyak dengan rendemen yang lebih rendah, hal ini disebabkan minyak masih tersimpan didalam lapisan jaringan tumbuhan yang memiliki lapisan membran bersifat kaku sehingga adanya kemungkinan kontak bahan dengan uap tidak dapat dilakukan maksimal. Perlakuan pendahuluan untuk meningkatkan kualitas minyak atsiri dapat dilakukan dengan tiga metode yaitu secara fisik (pengeringan, pengecilan ukuran, pelayuan) kimia (delignifisasi) dan biologi (fermentasi) (Wijaya *dkk*, 2015).

#### **Pelayuan dan pengecilan ukuran**

Proses pelayuan bertujuan menguapkan kadar air yang masih tersimpan di dalam bahan sehingga memudahkan dalam proses ekstraksi. Namun pelayuan

terlalu lama dapat menurunkan kadar air dan kadar minyak, karena dengan suhu yang semakin tinggi maka jumlah air dan minyak atsiri yang menguap semakin tinggi juga. Proses pelayuan dilakukan dengan cara bahan di hamparkan didalam ruangan dan dikering anginkan dalam jangka waktu tertentu. Lama waktu pelayuan yang dapat memaksimalkan hasil ekstraksi minyak atsiri tergantung terhadap jenis bahan yang akan di ekstrak (Sembirng dan Manoi, 2015).

Pengecilan ukuran biasanya dilakukan dengan perajangan yang bertujuan untuk memperluas permukaan bahan sehingga menghasilkan minyak yang lebih banyak. Selain itu, pengecilan ukuran bahan dapat membuat terbukanya dinding-dinding sel pada daun sehingga memudahkan uap menembus sel daun. (Nugraheni, 2016).

#### Delignifisasi

Delignifikasi adalah proses pelepasan senyawa lignin dari suatu senyawa kompleks. Didalam daun lignin berfungsi sebagai komponen utama dari dinding sel yang berikatan erat dengan selulosa dan hemiselulosa. Komponen ini terbentuk di dalam dinding sel dengan komponen rantai atau cabang panjang. Delignifikasi biasanya dilakukan dengan menggunakan larutan NaOH hal ini disebabkan senyawa ini akan membentuk larutan alkali yang kuat saat dilarutkan kedalam air sehingga larutan NaOH ini dapat menyerang dan merusak struktur lignin, bagian kristalin dan amorf, memisahkan sebagian lignin dan hemiselulosa serta menyebabkan terjadinya pengembangan pada struktur selulosa (Kusumaningati, 2013).

## Fermentasi

Fermentasi merupakan proses penguraian kimia yang berfungsi mengubah suatu substrat menjadi produk tertentu yang diinginkan dengan memanfaatkan mikroba baik itu berupa bakteri, kapang maupun khamir. Proses fermentasi dapat berlangsung dalam dua keadaan yaitu secara aerob (membutuhkan oksigen) maupun anaerob (tidak membutuhkan oksigen). Suatu proses fermentasi membutuhkan bantuan mikroba sebagai inokulum, tempat (wadah) sebagai tempat berlangsungnya proses fermentasi, dan substrat sebagai tempat tumbuh (medium) dan sumber nutrisi bagi mikroba. Agar fermentasi dapat berlangsung secara optimal, maka harus memperhatikan faktor-faktor yang mempengaruhi fermentasi tersebut seperti kondisi yang aseptis (bebas kontaminan), komposisi medium yang digunakan, penyiapan inokulum, kultur dan tahap produksi akhir (Waites *dkk*, 2001).

Fermentasi dapat berlangsung dengan dua cara, yaitu spontan dan tidak spontan. Fermentasi spontan merupakan suatu proses fermentasi yang dalam proses pembuatannya tidak menambahkan mikroba maupun starter seperti pada fermentasi sayuran (pada pembuatan acar), sedangkan fermentasi tidak spontan yaitu suatu proses fermentasi dengan menambahkan mikroba atau starter yang kemudian mikroba atau starter tersebut merubah bahan secara aktif menjadi produk yang diinginkan dengan cara tumbuh dan berkembang didalam bahan (Sulistiyanto, 2015).

Daun dikelilingi jaringan selulosa, hemiselulosa, dan lignin yang berfungsi untuk membentuk struktur daun yang dimana jaringan - jaringan ini mengikat minyak dalam daun (Sihite, 2008). Salah satu metode yang dapat mendegradasi

jaringan selulosa pada daun yaitu proses fermentasi dimana proses ini dapat menghasilkan enzim - enzim seperti selulose, hemiselulose sehingga sel sel minyak terpecah dan kelenjar minyak, kantong minyak, pembuluh - pembuluh, atau rambut granular yang berada disekitar daun dapat dikeluarkan (Khasanah dkk, 2014).

### **Mikroba yang Terlibat dalam Proses Fermentasi**

Mikroba atau mikroorganisme adalah makhluk hidup yang berukuran mikro namun memiliki peran yang sangat penting dalam biosfir keberlangsungan makhluk hidup dari biota lain. Mikroba tidak dapat dikelompokkan kedalam dunia hewan maupun tumbuhan tetapi dikelompokkan dalam golongan protista. Mikroba yang digolongkan kedalam protista yaitu protozoa, bakteri, pungi dan algae.

Untuk meningkatkan minyak atsiri dalam proses fermentasi dapat dilakukan dengan melibatkan mikroba yang menghasilkan enzim selulose, dimana enzim ini dapat mendegradasi jaringan daun sehingga minyak yang tersimpan dalam jaringan daun lebih mudah dikeluarkan. Mikroba yang dapat digunakan dalam proses fermentasi untuk meningkatkan rendemen minyak atsiri diantaranya kapang *Rhizopus sp.*, *Trichoderma viride*, dan *Trichoderma harzianum*.

### ***Rhizopus oligosporus***

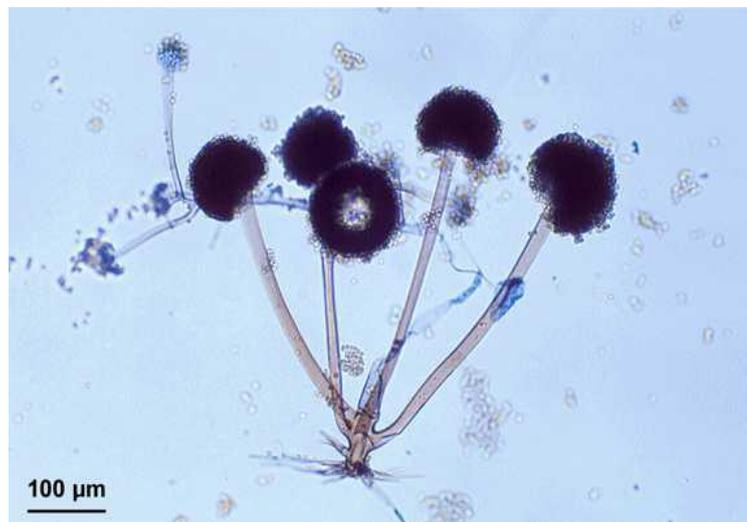
*Rhizopus sp* banyak dikenal masyarakat karena kegunaannya dalam memfermentasi kedelai menjadi tempe. Ada bermacam-macam spesies dari genus *Rhizopus*, diantaranya *R. arrhizus*, *R. microspores*, *R. oligosporus*, *R. oryzae*, *R. stolonifer*. *Rhizopus sp* adalah fungi kosmopolitan yang sering ditemukan di

dalam tanah, sayuran dan buah-buahan, dan pada produk olahan berfermentasi. *Rhizopus* sp merupakan kapang yang berperan penting sebagai penghasil berbagai enzim yang baik untuk pencernaan seperti enzim amilase, protease dan lipase yang membantu proses pemecahan senyawa-senyawa kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana sehingga memudahkan tubuh untuk menyerapnya. Dalam pembuatan pakan ternak kapang ini juga dimanfaatkan sebagai penambah aroma, cita rasa, tekstur dan pencernaan, penurunan faktor anti nutrisi, meningkatkan nilai gizi pada pakan seperti peningkatan kandungan asam amino, pemunculan senyawa antioksidan, antibakteri, antimikroba, antiaflatoksin, pereduksi logam berat yang kemungkinan ada dalam pakan ternak (Endrawati dan Kusumaningtyas, 2017). Adapun taksonomi dari kapang *Rhizopus oligosporus* adalah sebagai berikut:

Kingdom : Fungi  
Divisio : Zygomycota  
Kelas : Zygomycetes  
Ordo : Mucorales  
Famili : Mucoraceae  
Genus : Trichoderma  
Spesies : *Rhizopus oligosporus*

*R. oligosporus* dapat tumbuh secara optimum pada suhu sekitar 30-35 °C, dengan suhu minimum 12°C, dan suhu maksimum 42°C. *Rhizopus oligosporus* mempunyai koloni dengan tinggi kurang lebih 1 mm berwarna abu-abu sampai biru kecoklatan serta mempunyai sporangiofor tunggal atau dalam kelompok dengan dinding halus atau sedikit agak kasar, dengan memiliki panjang lebih dari

1000 $\mu$  m dan diameter 10-18 $\mu$  m. Sporangia jamur ini memiliki sifat globosa berwarna hitam kecoklatan pada saat masak, dengan diameter 100-180 $\mu$  m sedangkan kolumelanya globosa sampai sub globosa dengan apofisa apofisa memiliki bentuk corong. Klamidospora banyak, tunggal atau rangkaian pendek, tidak berwarna, dengan berisi granula, terbentuk pada hifa, sporangiofor dan sporangia. Ukuran sporangiospora jamur ini tidak teratur dapat globosa atau elip dengan panjang 7-10 $\mu$  m (Dewi dan Azis, 2011). Secara umum morfologi kapang *Rhizopus oligosporus* dapat dilihat pada gambar 5 dibawah ini



Gambar 5. Kapang *Rhizopus oligosporus*

Sebagai kapang non-toksigenik, *Rhizopus* sp dapat digunakan untuk menghambat dan mengendalikan perkembangbiakan kapang toksigenik *A. flavus* serta dapat menurunkan toksisitas aflatoksin. Miselium dari *Rhizopus* sp mampu menghasilkan enzim proksidase seperti enzim laccase yang dapat menurunkan hingga 100% untuk aflatoksin B1, B2 dan G1 dalam waktu 96 jam serta aflatoksin B1, B2, G1, G2 dan M1 dalam waktu 120 jam. Keberadaan enzim ini

menyebabkan aflatoksin lebih polar sehingga berkurang toksinitasnya (Bujang dan Taib, 2014).

Pada pembuatan minyak atsiri dari limbah kulit jeruk manis, kapang *Rhizopus oligosporus* diketahui dapat meningkatkan rendemen minyak yang dihasilkan, rendemen minyak tertinggi terdapat pada waktu fermentasi 6 hari, hal ini disebabkan pada proses fermentasi 6 hari merupakan waktu optimal tumbuhnya kapang yang menyebabkan kulit jeruk menjadi lebih lunak dan memiliki pori lebih besar dibandingkan tanpa fermentasi sehingga minyak lebih mudah untuk dikeluarkan (Laurita dan Herawati, 2016).

### **Kapang *Trichoderma harzianum***

Kapang *Trichoderma harzianum* merupakan salah satu dari jenis jamur endofitik. Jamur endofitik adalah mikroba yang berada di dalam jaringan tanaman sehat namun tidak menyebabkan gejala atau tanda-tanda kerusakan pada tanaman inang. Jamur ini dapat diisolasi pada hampir semua bagian tanaman sehat pada daerah tropis dengan iklim yang berbeda. Jamur ini juga mampu menghambat patogen yang menyebabkan tumbuhan mengalami penyakit terutama patogen yang terbawa tanah melalui mekanisme mikoparasitisme, kompetisi dan antibiosis serta mampu memacu secara langsung pertumbuhan tanaman dan merangsang respon ketahanan terhadap penyakit (Taribuka dkk, 2016). Selain itu kapang *T. harzianum* juga mampu menyerang pertumbuhan jamur *S. rolfsii*, jamur akar putih (*Ganoderma philipii*) dan *R. lignosus*. pada *Acacia* spp (Urailal dkk, 2012).

*Trichoderma* sp merupakan kapang yang hidup bebas, sangat interaktif dalam lingkungan akar, tanah, dan daun. *Trichoderma* sp termasuk kedalam salah satu genus jamur yang sangat populer karena dapat pemacu pertumbuhan tanaman

(PGPF) dan agens pengendali hayati. Selain itu, strain-strain tertentu juga mempunyai pengaruh substansial pada pertumbuhan dan perkembangan tanaman. *Trichoderma* ditunjukkan mempunyai pengaruh langsung pada tanaman, menambah potensi pertumbuhan dan serapan nutrisinya, efisiensi penggunaan pupuk, persentase dan kecepatan perkecambahan biji, dan stimulasi ketahanan tanaman terhadap kerusakan biotik dan abiotik. Beberapa isolat *Trichoderma* diketahui juga mempengaruhi jaringan fitohormonal tanaman inangnya, yang akan menghasilkan perbaikan pertumbuhan tanaman dan toleransi terhadap stress. *Trichoderma* sp umumnya ditemukan didalam tanah dan ekosistem perakaran (Setyaningrum dkk, 2016).

Kapang *Trichoderma harzianum* dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

Kingdom : Mycetaceae

Divisio : Amastigomycota

Kelas : Deuteromycetes

Ordo : Moniliales

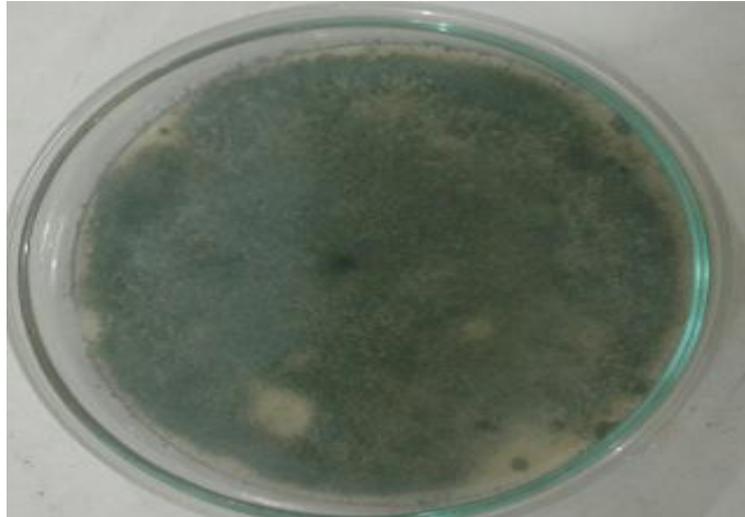
Famili : Moniliceae

Genus : *Trichoderma*

Spesies : *Trichoderma harzianum* Rifai (Jannah, 2018).

Kapang *Trichoderma harzianum* memiliki ciri menonjol antara lain membentuk koloni melingkar berwarna hijau gelap dengan ukuran konodia mencapai 9 cm, konodium berwarna hijau muda berdinding tipis berbentuk oval dengan hifa hialin (berwarna transparan) bersekat, ciri menonjol lainnya dari kapang *Trichoderma harzianum* memiliki sterigma atau phialid tunggal dan berkelompok yang memproduksi konidia aseksual berbentuk globus dan

pertumbuhannya cepat (Taribuka *dkk*, 2016). Gambar kapang *Trichoderma harzianum* dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Kapang *Trichoderma harzianum*

Beberapa faktor yang memberikan pengaruh terhadap pertumbuhan dan perkembangan kapang ini yaitu pH, suhu, udara, cahaya, serta nutrisi seperti karbon, nitrogen dan karbohidrat sederhana pada media perbanyakannya. pH 4 - 6 dapat memberikan hasil yang lebih baik bagi pertumbuhan kapang dengan populasi optimum spora kapang *Trichoderma harzianum* (Uruilal *dkk*. 2012).

Kapang *Trichoderma* mudah dijumpai pada berbagai tempat dan merupakan salah satu komponen mikroflora tanah yang memiliki kemampuan berasosiasi dengan jaringan tanaman (Sandy *dkk*, 2015). Beberapa kelebihan yang dimiliki kapang *Trichoderma harzianum* yaitu daya adaptasi luas, mudah diisolasi, tidak bersifat patogen pada tanaman, dapat tumbuh dengan cepat pada berbagai substrat, juga memiliki kisaran mikroparasitisme yang luas (Jannah, 2018).

Untuk mendegradasi selulosa dalam jaringan daun dapat dilakukan dengan menggunakan kapang spesies *Trichoderma*. *T.harzianum* dapat menyekresi enzim kompleks selulolitik secara seimbang sehingga dapat menghidrolisis selulosa menjadi monomer glukosa secara efisien (Nurhardianty *dkk.* 2016). *Trichoderma* sp. mampu memproduksi enzim *selulase*,  $\beta$  1,3-Glukanase, *kitinase*, *fosfatase*, *proteinase*. *Trichoderma* sp mampu menghasilkan tiga enzim selulase yaitu enzim *endo-glukanasem*, *selubio-hidrolase* (CBH), dan *p-glukosidase* yang secara sinergi bekerja di dalam selulosa untuk memutuskan ikatan glukosida  $\beta$ -1,4. (Uruilal *dkk*, 2012).

### **Metode Ekstraksi Minyak Atsiri *Eucalyptus***

Ekstraksi adalah suatu proses untuk menghasilkan atau mengekstrak senyawa yang terdapat dalam bahan menggunakan pelarut yang sesuai. Untuk mendapatkan ekstraksi minyak atsiri dari suatu bahan dapat dilakukan dengan berbagai metode seperti destilasi (*distillation*), pengepresan, ekstraksi dengan pelarut mudah menguap (*solvent extraction*) dan ekstraksi dengan lemak padat (*enfleurage*) (Hariskuswa, 2012). Faktor-faktor lain seperti jenis tanaman, susunan kimia minyak, dan lokasi minyak di dalam tanaman (akar, kulit kayu, kayu, cabang, daun, bunga, buah dan biji) juga perlu dipertimbangkan sebelum ekstraksi. Pemilihan metode ekstraksi yang tepat akan menentukan kuantitas dan kualitas yang dihasilkan dari minyak esensial (Ginting, 2019).

### **Destilasi**

Salah satu metode kimia-fisika yang sering dipakai untuk mengekstraksi minyak atsiri dari bahan adalah destilasi. Pada proses penyulingan destilasi menggunakan prinsip yaitu memisahkan komponen-komponen suatu

campuran yang terdiri atas dua cairan atau lebih berdasarkan perbedaan tekanan uap atau perbedaan titik didih komponen senyawa tersebut (Ratnaningsih *dkk*, 2018). Dalam metode destilasi dikenal tiga cara yang dipakai yaitu destilasi dengan air langsung (*water-distillation*), destilasi dengan air-uap (*water-steam distillation*) dan destilasi dengan uap (*steam distillation*) (Hariskuswa, 2012).

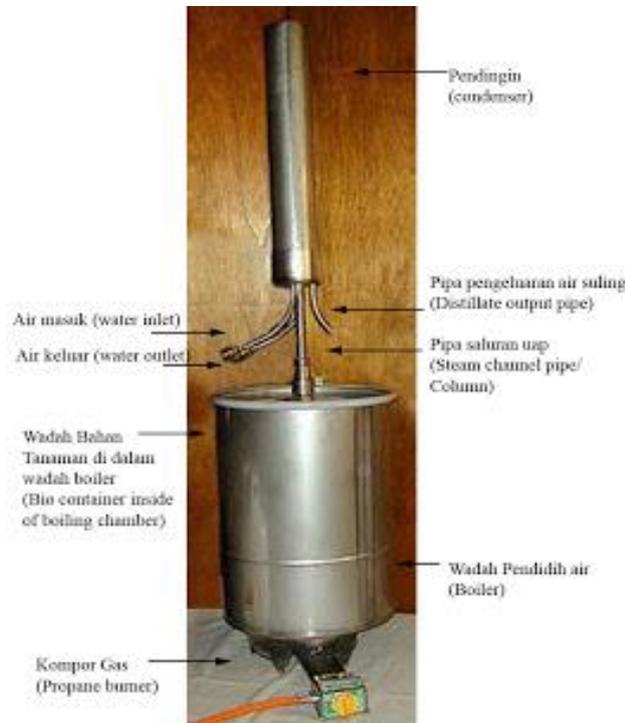
Beberapa faktor yang mempengaruhi kecepatan keluarnya minyak pada saat destilasi yaitu titik didih, berat molekul dari masing-masing komponen dalam minyak, besarnya tekanan uap yang digunakan, dan kecepatan minyak keluar dari bahan (Sembiring dan Manoi, 2015).

#### Destilasi Dengan Air Langsung (*Water-Distillation*)

Proses tertua dan yang paling sederhana untuk mendapatkan minyak essensial dari tumbuhan adalah metode *water-distillation*. Distilasi air berbeda dengan distilasi uap karena pada metode ini, air mendidih dikontakkan langsung dengan bahan yang akan disuling. Air dipanaskan dengan metode pemanasan yang biasa dilakukan, yaitu dengan panas langsung. Karakteristik model ini yaitu adanya kontak langsung antara air mendidih dengan bahan yang akan didestilasi. Bahan tersebut mengapung di atas air atau terendam secara sempurna tergantung dari berat jenis dan jumlah bahan yang akan didestikasi. (Mbaru *dkk*, 2018).

Dalam penggunaan metode destilasi dengan Air Langsung (*Water-Distillation*) perbandingan bahan baku dengan jumlah air perebus dibuat seimbang, disesuaikan dengan kapasitas ketel yang digunakan. Bahan yang telah diberikan perlakuan pendahuluan baik secara kimia, fisika maupun biologi dimasukkan kemudian dipadatkan. Selanjutnya ketel ditutup rapat agar tidak

terdapat celah yang mengakibatkan keluarnya uap (Samosir, 2018). Alat Destilasi dengan Air Langsung (*Water-Distillation*) dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Alat destilasi dengan Air Langsung (*Water-Distillation*)

#### Destilasi Dengan Uap-Air (*Water And Steam Distillation*)

Metode ini dikenal juga dengan metode kukus dengan menggunakan prinsip tekanan uap rendah dimana air tidak kontak langsung dengan destilat. Bahan diletakkan diatas piringan yang terbuat dari plat seng yang dilubangi, uap air akan keluar melalui lubang dan mengalir melalui sela-sela bahan saat air mendidih sehingga minyak atsiri yang berada pada bahan akan terbawa bersama uap air yang melawatinya. Uap mengalir ke pipa yang dilengkapi dengan pendingin sehingga akan terkondensasi menjadi air dan minyak. Karena adanya perbedaan berat jenis, air akan terpisah dari minyak (Zulnely *dkk*, 2015).

Keuntungan menggunakan metode ini yaitu suhu dapat dipertahankan sampai  $100^{\circ}\text{C}$  dan uap dapat menembus merata ke dalam jaringan bahan baku sehingga rendemen yang dihasilkan lebih banyak dengan mutu yang lebih baik dibanding penyulingan menggunakan air, selain itu lama waktu yang digunakan untuk destilasi juga relatif lebih singkat (Laurita dan Herawati, 2016). Alat yang digunakan pada proses ini dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8. Alat destilasi Uap-Air

#### Destilasi dengan Uap (*Steam Distillation*)

Pada prinsipnya metode ini menggunakan uap dengan tekanan 1 atm dan suhu  $100^{\circ}\text{C}$ . Kemudian uap jenuh tersebut dialirkan dari boiler menuju katel yang berisi daun-daun kayu putih, agar terjadi kontak langsung antara uap air jenuh dan daun minyak kayu putih, sehingga kandungan minyak atsiri akan menguap bersama uap jenuh. Kemudian uap campuran air dan minyak atsiri

dilewatkan kondensor untuk diembunkan menjadi distilat campuran. Setelah itu distilat campuran yang diperoleh dipisahkan berdasarkan masa jenis dengan menggunakan corong pemisah (Utomo dan Mujiburohman, 2018). Skema alat untuk destilasi dengan uap (*steam distillation*) pada dilihat pada Gambar 9.



Keterangan gambar ;

1. Pemanas berbahan bakar LPG, 2. Ketel suling, 3. Saluran uap, 4. Kondensor, 5. Bak air sirkulasi, 6. Selang air, 7. Pompa sirkulasi air, dan 8. Penampung distilat

### **Pelarut Mudah Menguap (*Solvent Extraction*)**

Metode ekstraksi menggunakan pelarut mudah menguap merupakan suatu metode untuk mengekstraksi minyak atsiri dari bahan menggunakan pelarut organik yang mudah menguap. Yang harus diperhatikan dalam pemilihan pelarut yang akan dipakai untuk mengekstraksi yaitu ketersediaan bahan, toksisitas, rendahnya suhu kritis, harga, sifat tidak mudah terbakar, tekanan kritis untuk mengurangi biaya pemakaian dan reaktivitas. Pelarut yang biasa dipakai dalam metode ini adalah pelarut non-polar atau semi polar yang memiliki titik didih rendah seperti n-heksana, etanol, klorofom, pertoleum eter dan dietil eter. Yang mempengaruhi proses ekstraksi menggunakan pelarut yaitu sifat pelarut yang

akan digunakan dan pemilihan pelarut ditentukan oleh kelarutan bahan volatil dan kemudahan memisahkan pelarut dari minyak. Pemilihan pelarut yang digunakan untuk mengekstraksi minyak atsiri dilakukan berdasarkan sifat polaritas dengan minyak bahan. Lama waktu yang digunakan untuk ekstraksi tergantung jenis pelarut yang digunakan (Ginting, 2019).

Penggunaan pelarut n-heksan sebagai pelarut dalam ekstraksi minyak atsiri dikarenakan n-heksan bersifat stabil dan mudah menguap serta selektif dalam melarutkan zat, mengekstrak sejumlah kecil lilin serta dapat mengekstrak zat pewangi dalam jumlah besar. Heksana ( $C_6H_{14}$ ) merupakan suatu senyawa hidrokarbon alkana. Heksana memiliki ciri stabil dan bersifat mudah menguap, sehingga dalam selama proses ekstraksi berlangsung, pelarut tersebut sangat baik digunakan khususnya pada proses ekstraksi bunga (Hadi, 2012).

N-heksan adalah pelarut non-polar yang mampu melarutkan senyawa-senyawa non-polar, Dalam keadaan standar senyawa ini berbentuk cairan tak berwarna yang tidak larut dalam air. Heksana sering dimanfaatkan dalam proses industri seperti pada pembuatan formulasi lem sepatu dan produk kulit. Heksana juga dapat dimanfaatkan untuk mengekstrak minyak masak dari biji-bijian, pembersihan, penghilang lemak, dan produksi tekstil. Penggunaan laboratorium khas heksana ialah untuk mengekstrak kontaminan minyak dan lemak dari air dan tanah untuk analisis (Ginting, 2019).

Benzena ( $C_6H_6$ ) merupakan cairan yang tidak berwarna, memiliki bau yang manis dan bersifat mudah terbakar yang termasuk kedalam golongan senyawa kimia organik. Dibanding dengan heksana, benzena biasanya menghasilkan jumlah rendemen yang lebih besar, namun mengandung fraksi lilin,

zat warna dan albumin dalam jumlah lebih besar sehingga dalam penggunaannya benzena dipakai untuk mengekstraksi minyak yang mempunyai nilai jual yang lebih rendah. Benzena dapat digunakan untuk mengekstraksi bunga, daun daunan, batang, akar serta bahan kering (Hadi, 2012).

### ***Microwave Hydrodiffusion and Gravity (MHG)***

Microwave adalah salah satu alat yang dapat dipakai untuk mengekstraksi minyak atsiri. Teknik ekstraksi dengan alat ini yaitu dengan memanfaatkan bantuan energi gelombang mikro. Teknologi ini memanfaatkan fenomena fisik, hidrodifusi tanpa destilasi dan evaporasi dengan menggunakan prinsip menggabungkan pemanasan *microwave* dengan memanfaatkan gravitasi bumi pada tekanan atmosferik, tanpa penambahan pelarut organik maupun air. Sehingga teknologi ini cukup baik digunakan untuk tanaman yang mengandung senyawa yang bersifat *thermolabil* karena memiliki kontrol temperatur yang lebih baik dibanding dengan teknik konvensional. Selain itu waktu ekstraksi yang digunakan juga relatif singkat serta rendemen yang dihasilkan lebih tinggi dan alat dapat dipakai dalam waktu yang lama.

Mikrowave baik digunakan untuk mengekstraksi minyak dikarenakan pemanasannya bersifat volumetrik dimana panas kontak langsung ke seluruh volume bahan sehingga proses ekstraksi dapat berlangsung lebih cepat. Perpindahan massa dan panas pada pemanasan menggunakan *microwave* berlangsung searah dimana panas dialirkan kedalam bahan menuju ke luar permukaan bahan. Prinsip dasar pemanasan *microwave* yaitu adanya agitasi ion-ion yang bergerak atau molekul-molekul polar yang disebabkan gerakan medan magnetik/elektrik. Pergerakan partikel-partikel tersebut dibatasi oleh gaya

pembatas (ketahanan dielektrik dan interaksi partikel) yang menyebabkan gerakan partikel tertahan dan menimbulkan gerakan acak sehingga menghasilkan panas (Candra dan Probolini, 2018).

### **Pengepresan**

Pengepresan merupakan metode ekstraksi minyak atsiri secara mekanis.. Penggunaan metode ini hanya dapat dipakai apabila minyak atsiri yang terkandung didalam bahan melimpah yaitu berkisar 30 - 70%, sehingga tetes-tetes minyaknya dapat dilihat secara langsung dengan mata telanjang atau dapat ditekan dengan tangan. Metode ini biasanya digunakan terhadap bahan berupa biji, buah, dan kulit dari tanaman. Dalam pengepresan mekanis metode umum yang sering dipakai yaitu *Hydraulic pressing* (pengepresan hidrolik), pada metode ini bahan dipres menggunakan tekanan sekitar 2.000 lb/inch<sup>2</sup> tanpa menggunakan media pemanas, sehingga metode ini sering juga disebut *cold pressing* dan *Expeller pressing* (pengepresan berulir), dimana metode ini digunakan untuk mengekstrak lemak atau minyak dengan bantuan pemanasan atau *tempering* terlebih dahulu menggunakan suhu sekitar 115,50 C dengan tekanan 15.000-20.000 lb/inch (Kurniawan dkk, 2008).

### **Karakteristik sifat fisika minyak *Eucalyptus***

Karakterisasi sifat fisika minyak *Eucalyptus* yang diamati terdiri dari rendemen, indeks bias, bobot jenis dan aroma.

### **Rendemen**

Rendemen adalah persentase banyak minyak yang dihasilkan yang diperoleh dari perhitungan banyak minyak yang dihasilkan dibagi banyak bahan

yang digunakan, semakin tinggi nilai rendemen minyak maka semakin baik proses ekstraksi minyak tersebut (Linurat dan Herawati, 2016). Rendemen minyak yang didapatkan dari proses ekstraksi dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti lama waktu penyimpanan (Ratnaningsih *dkk*, 2018), perlakuan pendahuluan (Wijaya *dkk*, 2015), proses destilasi (Sembiring dan Manoi, 2015).

Lama waktu penyimpanan daun pada saat sebelum proses ekstraksi dilakukan mempengaruhi terhadap rendemen minyak atsiri yang dihasilkan karena semakin lama proses penyimpanan pada daun maka semakin banyak kadar air yang menguap. Dalam Ratnaningsih *dkk* (2018) diketahui bahwasanya waktu terbaik untuk penyimpanan daun sebelum diolah adalah 3 hari, karena jika semakin lama daun disimpan maka tidak hanya kadar air yang menguap tetapi juga senyawa komponen lainnya pada daun yang nantinya dapat mempengaruhi berat rendemen yang diperoleh.

Selain lama waktu fermentasi perlakuan pendahuluan juga mempengaruhi terhadap rendemen minyak yang dihasilkan. Perlakuan pendahuluan adalah perlakuan yang diberikan kepada daun sebelum dilakukannya destilasi yang bertujuan untuk meningkatkan hasil ekstraksi. Perlakuan pendahuluan pada ekstraksi minyak atsiri dapat dilakukan dengan tiga metode yaitu secara fisik yang meliputi pengeringan, pengecilan ukuran, pelayuan. secara kimia yaitu delignifikasi, proses delignifikasi yaitu proses penghilangan lignin pada daun dengan cara perendaman daun dengan larutan NaOH. Dan secara biologi berupa fermentasi, proses fermentasi dapat dilakukan dengan menambahkan kapang penghasil enzim selulose dan hemiselulose atau langsung menambahkan enzim tersebut pada daun, penambahan ini bertujuan untuk mengurai jaringan selulosa

dan hemiselulosa pada daun sehingga minyak lebih mudah dikeluarkan (Wijaya *dkk*, 2015).

Metode yang digunakan dalam menyulingan minyak juga memberikan pengaruh terhadap rendemen minyak yang dihasilkan. Kecepatan keluarnya minyak pada saat proses penyulingan dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu titik didih, besarnya tekanan uap yang digunakan, berat molekul dari masing-masing komponen dalam minyak dan kecepatan minyak keluar dari bahan. Semakin lama bahan didestilasi, maka semakin banyak uap air berhubungan dengan minyak didalam bahan sehingga minyak yang tersuling semakin banyak. Tetapi semakin lama bahan didestilasi, rendemen minyak yang dihasilkan semakin menurun. Hal ini disebabkan karena suhu dan tekanan meningkat sehingga rendemen minyak menurun karena terjadi proses polimerisasi yang menghasilkan polimer-polimer dengan berat molekul yang lebih tinggi (Sembiring dan Manoi, 2015).

### **Berat Jenis**

Berat jenis merupakan perbandingan antara berat sampel dengan berat air yang sama besar volumenya. Nilai berat jenis minyak atsiri pada umumnya berkisar antara 0,696- 1,188 pada suhu 15°C, hal tersebut dinilai lebih kecil dari 1,000. 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 berat jenisnya. Berat jenis pada umumnya dapat ditentukan dengan alat antara lain piknometer dan densimeter (Nugraheni *dkk*, 2016).

Salah satu faktor yang memberikan pengaruh terhadap kualitas dan kemurnian minyak atsiri yang dihasilkan adalah nilai berat jenis. Rentang berat

jenis minyak *eucalyptus* berdasarkan badan standarisasi nasional 2006 adalah 0,900 – 0,930. Adanya senyawa lain dan kotoran dan yang tidak seharusnya berada dalam minyak memberikan pengaruh terhadap tinggi rendahnya nilai berat jenis minyak tersebut (Ratnaningsih *dkk*, 2018). Alat untuk menentukan berat jenis dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Piknometer

### **Indeks Bias**

Analisa terhadap indeks bias dilakukan untuk menunjukkan kemampuan seluruh komponen minyak atsiri membiaskan cahaya yang terlewat dan merubah arah sudut dari garis normal. Kadar air yang terkandung didalam minyak berbanding lurus dengan nilai indeks bias, semakin rendah nilai indeks bias yang terdapat didalam minyak maka kadar air yang terkandung didalam bahan juga semangkin tinggi sedangkan kadar air yang tinggi pada minyak dapat menurunkan mutu minyak (Djonny, 2018).

Metode yang dapat digunakan untuk mengukur indeks bias zat cair diantaranya adalah metode interferometri yang meliputi interferometri Febby-Perrot, Mach-Zender, dan Michelson. Metode lain adalah deviasi minimum atau spektrometer serta metode Refraktometer Abbe. Refraktometer Abbe merupakan alat yang digunakan untuk mengukur indeks bias cairan, padatan dalam cairan atau serbuk dengan indeks bias 1,300 - 1,700 dan presentase padatan 0% - 95% (Novestiana dan Hidayanto, 2015). Alat yang digunakan dalam mengukur indeks bias dapat dilihat pada gambar 11.



Gambar 11. *Hand refraktometer*

### **Uji Organoleptik Aroma**

Uji organoleptik adalah pengujian yang melibatkan panca indra dalam pengujiannya. Aroma dari minyak atsiri dapat diketahui ketika senyawa volatil masuk dan melewati saluran hidung lalu diterima sistem olfaktori yang kemudian diteruskan ke otak. Uji organoleptik aroma dilakukan untuk mengetahui penerimaan konsumen terhadap minyak atsiri yang diproduksi. Minyak atsiri merupakan zat yang memberikan aroma terhadap tanaman. Aroma minyak atsiri

yang dihasilkan dipengaruhi oleh komponen utama penyusun minyak atsiri tersebut sehingga setiap minyak atsiri yang memiliki bahan baku berbeda memiliki aroma yang berbeda juga. Komponen aroma dari minyak atsiri cepat berinteraksi saat dihirup dan memberikan efek tersendiri (Wulandari *dkk*, 2018).

## BAHAN DAN METODE

### Tempat dan Waktu Penelitian

Pelaksanaan penelitian dilakukan di Laboratorium Teknologi Hasil Pertanian Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara pada bulan Januari sampai dengan Maret 2019.

### Bahan Penelitian

Penelitian ini menggunakan bahan-bahan yaitu daun *Eucalyptus grandis*, kapang *Trichoderma harzianum* yang berperan penting dalam proses fermentasi didapatkan dari Pusat Penelitian Kelapa Sawit Marihat Baris di Sumatera Utara, kentang, glukosa, buffer sitrat pH 4, alkohol dan aquades.

### Alat Penelitian

Penelitian ini memerlukan alat diantaranya erlenmayer, kompor, panci, pH meter, gelas ukur, oven, autoclave, inkubator, jarum ose, bunsen, aluminium foil, kapas, plastik wrap, sarung tangan, rotary shaker, pisau, wadah fermentor, timbangan analitik, kain penutup, kertas label, batang pengaduk, alat stahl, hotplate, termometer, kertas saring, piknomoter, Refraktometer Abbe.

### Metode Penelitian

Model rancangan acak lengkap (RAL) faktorial merupakan model yang akan digunakan dalam penelitian ini. Model ini terdiri atas dua faktor yaitu :

Faktor I : Konsentrasi kapang *Trichoderma harzianum* (K) yang terdiri atas 4 taraf yaitu :

$$K1 = 4 \%$$

$$K2 = 5 \%$$

$$K3 = 6 \%$$

$$K4 = 7 \%$$

Faktor II : variasi waktu terhadap Fermentasi (W) yang terdiri atas 4 taraf yaitu :

$$W1 = 2 \text{ hari}$$

$$W2 = 4 \text{ hari}$$

$$W3 = 6 \text{ hari}$$

$$W4 = 8 \text{ hari}$$

Banyaknya kombinasi perlakuan (Tc) adalah sebanyak  $4 \times 4 = 16$ , sehingga banyaknya ulangan percobaan (n) dapat dihitung sebagai berikut :

$$Tc (n-1) \geq 15$$

$$16 (n-1) \geq 15$$

$$16n-16 \geq 15$$

$$16n \geq 31$$

$$n \geq 1,937 \dots \dots \dots \text{Dibulatkan menjadi } n = 2$$

Maka mengurangi resiko terjadinya kesalahan selama penelitian maka dilakukan pengulangan sebanyak 2 (dua) kali.

### **Model Rancangan Percobaan**

Penelitian ini dilaksanakan dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial dengan model linier :

$Y_{ijk} = \pi + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$
--

Dimana:

$Y_{ijk}$  = Hasil pengamatan atau respon karena pengaruh faktor K pada taraf ke  $-i$  dan faktor W pada taraf ke  $-j$  dengan ulangan pada taraf ke-k.

$\pi$  = Efek nilai tengah

$\alpha_i$  = Efek perlakuan K pada taraf ke-  $i$

$\beta_j$  = Efek perlakuan W pada taraf ke-  $j$

$(\alpha\beta)_{ij}$  = Efek interaksi faktor K pada taraf ke-  $i$  dan faktor W pada taraf ke- $j$

$\epsilon_{ijk}$  = Efek galat dari faktor K pada taraf ke- $i$  dan faktor W pada taraf ke  $-j$  dan ulangan pada taraf ke -k.

### **Pelaksanaan Penelitian :**

#### **Pembuatan PDB (*Potato Dektrose Borth*) Sebagai Media Tumbuh Kapang**

Erlenmayer yang akan digunakan pada pembuatan media PDB disterilkan dengan cara dioven selama 15 menit dengan suhu  $160^{\circ}\text{C}$  sebelum digunakan, dilakukan pembuatan media PDB dengan komposisi bahan 20 % kentang dan 2 % glukosa. Kentang diekstraksi menggunakan aquades dengan cara direbus di kompor. Setelah ekstrak kentang didapatkan, panaskan dihotplate serta tambahkan glukosa dan buffer sitrat pH 4 kedalam media sampai media mencapai pH 5 dimana pH ini disesuaikan dengan pH tumbuh kapang *Trichoderma harzianum*, media dipanaskan dihotplate sampai mencapai titik didih. Dimasukkan media kedalam erlenmayer dengan takaran 100 ml/media kemudian media disterilkan didalam autoclave selama 15 menit dengan suhu  $121^{\circ}\text{C}$  tekanan 2 atm. Setelah media dingin, dinokulasikan kapang pada media PDB sesuai perlakuan. Diinkubasi media dalam rotary shaker dengan kecepatan 120 rpm selama 48 jam

pada suhu kamar (Wijaya *dkk*, 2015). Proses pembuatan media tumbuh kapang serta penanaman kapang pada media dapat dilihat pada lampiran 5

### **Fermentasi**

Daun *Eucalyptus grandis* di bersihkan dari kotoran yang masih tertinggal, kemudian dikering anginkan daun sampai mencapai tingkat kelembapan 40-45% dimana kondisi tersebut baik untuk pertumbuhan kapang *Trichoderma harzianum*. Ditimbang daun sebanyak 200 gr kemudian dicacah untuk memperkecil ukuran lalu masukkan kedalam wadah fermentor. Ditambahkan inoculum *Trichoderma harzianum* yang telah dikembangbiak kan pada medium PDB kedalam daun yang akan difermentasi sesuai dengan faktorial konsentrasi kapang yang ditentukan yaitu 4%, 5%, 6%, dan 7%. Difermentasi daun sesuai fariabel waktu yang ditentukan yaitu 2, 4, 6, dan 8 hari. Tiap 24 jam dilakukan kontrol moisture terhadap kondisi dalam fermentor, apabila moisture <40% maka tambahkan media PDB (Nurhardianty *dkk*, 2016). Proses fermentasi pada pembuatan minyak atsiri dapat dilihat pada lampiran 5.

### **Penyulingan Minyak**

Dirangkai alat destilasi yang akan digunakan, kemudian daun yang telah selesai difermentasi dimasukkan kedalam wadah bahan pada alat destilasi. Pada bagian lain, alat yang dipakai untuk menguapkan minyak dipanaskan sampai mencapai titik didih air. Proses destilasi ini berlangsung selama 3 jam dihitung dari tetesan pertama minyak yang dihasilkan. Destilat yang diperoleh ditampung dalam gelas erlenmayer dan dilakukan karakterisasi. (Nurhardianty *dkk*, 2016).

Proses destilasi pada pembuatan minyak atsiri daun Eucalyptus dapat dilihat pada lampiran 5.

### **Karakterisasi Bahan**

Karakterisasi terhadap sifat fisika bahan meliputi % Rendemen, bobot jenis, indeks bias dan uji aroma.

### **% Rendemen**

Rendemen adalah banyak minyak yang dihasilkan dari proses fermentasi. berdasarkan penelitian yang dilakukan (Ratnaningsih dkk, 2018) rendemen minyak dapat dihitung dengan menggunakan rumus ;

$$\% \text{ Rendemen} = \frac{\text{Input}}{\text{Output}} \times 100\%$$

Keterangan :

R = Rendemen (%)

Output = berat minyak *E. grandis* hasil penyulingan (gram)

Input = berat *E. grandis* yang disuling (gram)

### **Berat Jenis (Laurita dan Herawati, 2016).**

Berat dan volume rendemen diperlukan untuk mengetahui nilai bobot jenis dan hasil rendemen. Berat rendemen dan volume rendemen minyak atsiri akan mempengaruhi nilai dari bobot jenis yang dihasilkan, dimana jika berat rendemen minyak lebih besar dari nilai volume minyak maka nilai bobot jenis akan semakin besar, sedangkan jika nilai volume minyak lebih besar dari berat rendemen minyak maka bobot jenis yang diperoleh akan semakin kecil. Volume dan berat

rendemen akan saling mempengaruhi. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan Laurita dan Herawati (2016) berat jenis dapat dihitung dengan rumus :

$$\text{Berat jenis} = \frac{\text{Bobot minyak}}{\text{Bobot air}}$$

### **Indeks Bias (Zamroni, 2013)**

Indeks bias merupakan perbandingan (rasio) antara kelajuan cahaya di ruang hampa terhadap kelajuan cahaya di dalam bahan. Cepat rambat gelombang cahaya di ruang hampa sebesar  $c$ . Jika melalui suatu medium maka cahaya tersebut akan mengalami perubahan kecepatan menjadi  $v$ , dimana besarnya  $v$  jauh lebih kecil dibandingkan cepat rambat cahaya di ruang hampa  $c$ . Ketika cahaya merambat di dalam suatu bahan, kelajuannya akan turun sebesar suatu faktor yang ditentukan oleh karakteristik bahan yang dinamakan indeks bias ( $n$ ). Pernyataan tersebut dapat dituliskan dalam persamaan berikut:

$$n = \frac{c}{v}$$

Keterangan :

$n$  = Indeks Bias

$c$  = laju cahaya dalam ruang hampa (  $3 \times 10^8$  m/s)

$v$  = kecepatan laju cahaya dalam medium

### **Uji Organoleptik Aroma**

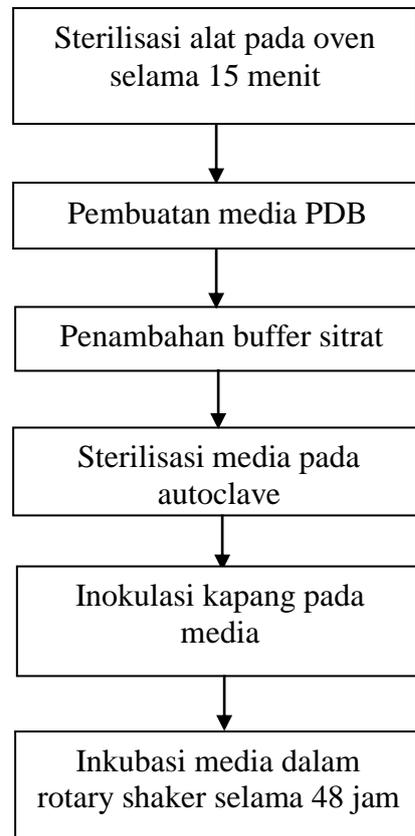
Pengujian ini dilakukan dengan mengambil sampel secara acak oleh panelis yang tidak terlatih serta dalam kondisi sehat sebanyak 10 orang dengan memberikan penilaian terhadap sampel yang telah diberi dengan kode tertentu.

Masing-masing panelis mengisi formulir uji mutu hedonik dan panelis memberikan penilaian berdasarkan kriteria yang telah ditentukan pada uji mutu numerik. Uji organoleptik yang diamati pada minyak daun *Eucalyptus grandis* adalah aroma minyak yang dihasilkan. Parameter pengujian dapat dilihat pada tabel 2 dibawah ini.

Tabel 2. Skala hedonik untuk aroma

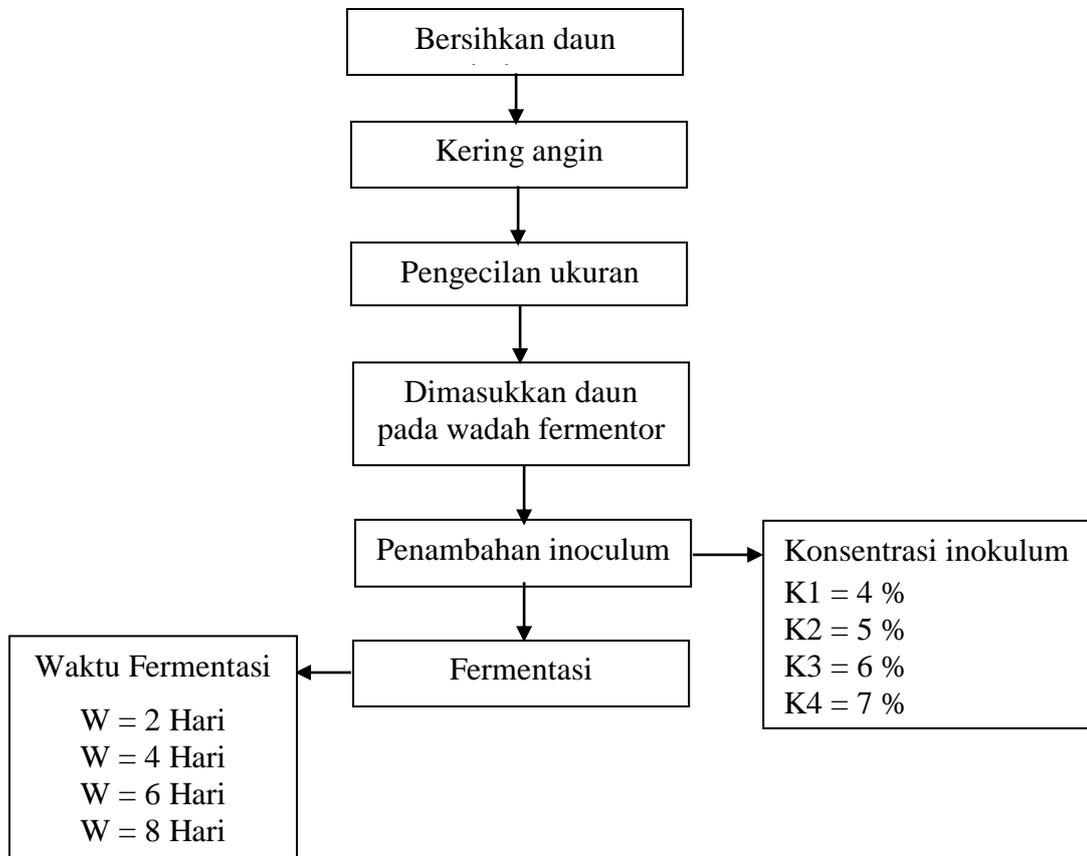
<b>Skala Hedonik</b>	<b>Skala Numerik</b>
Sangat suka	4
Suka	3
Kurang suka	2
Tidak suka	1

Diagram alir pembuatan media tumbuh kapang *Trichoderma harzianum* dapat dilihat pada Gambar 12.



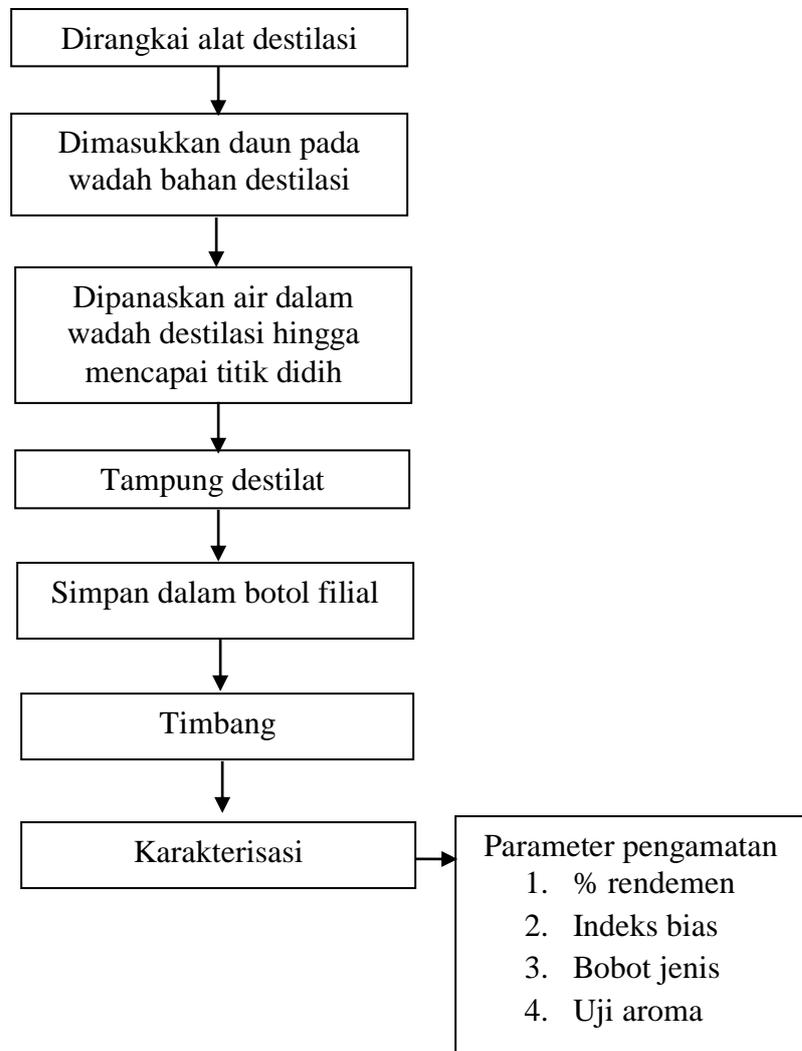
Gambar 12. Diagram Alir Pembuatan Media Tumbuh Kapang pada PDB (*Potato Dektrose Borth*)

Diagram alir proses fermentasi daun *Eucalyptus grandis* menggunakan kapang *trichoderma harzianum* dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Diagram Alir Proses Fermentasi

Proses destilasi minyak atsiri daun *Eucalyptus grandis* dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 14. Diagram Alir Destilasi Minyak daun *Eucalyptus grandis*

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil penelitian dan uji statistik, secara umum menunjukkan bahwa konsentrasi kapang *Trichoderma harzianum* dan lama waktu fermentasi memberikan pengaruh terhadap analisis sifat fisika minyak atsiri dari daun *Eucalyptus grandis* yang di amati.

### Minyak Atsiri dari Daun *Eucalyptus grandis*

Berdasarkan hasil data pengamatan pengaruh konsentrasi kapang *Trichoderma harzianum* dan lama waktu fermentasi terhadap masing-masing parameter dapat diketahui pada tabel 3 dan tabel 4.

**Tabel 3. Pengaruh Konsentrasi Kapang *Trichoderma harzianum* Terhadap Parameter Minyak Atsiri Daun *Eucalyptus grandis***

Konsentrasi kapang	Rendemen (%)	Berat Jenis (g/ml)	Indeks Bias (m/s)	Aroma
K1 = 4 %	0,322	0,977	1,387	3,163
K2 = 5 %	0,909	0,977	1,390	3,259
K3 = 6 %	1,097	0,978	1,392	3,318
K4 = 7 %	2,393	0,982	1,393	3,406

Tabel diatas menunjukkan bahwa semangkin tinggi konsentrasi kapang yang digunakan maka persen rendemen, bobot jenis, indeks bias dan aroma semangkin meningkat. Rata-rata hasil pengamatan pengaruh konsentrasi kapang terhadap parameter dapat dilihat pada tabel 3.

**Tabel 4. Pengaruh lama waktu fermentasi daun *Eucalyptus grandis* terhadap parameter minyak atsiri daun *Eucalyptus grandis***

Lama fermentasi	Rendemen (%)	Berat Jenis (g/ml)	Indeks Bias (m/s)	Aroma
W <sub>1</sub> = 2	0,947	0,977	1,388	3,263
W <sub>2</sub> = 4	1,066	0,978	1,390	3,276
W <sub>3</sub> = 6	1,130	0,976	1,391	3,293
W <sub>4</sub> = 8	1,188	0,983	1,392	3,304

Tabel diatas menunjukkan bahwa semakin lama waktu yang digunakan untuk fermentasi daun *Eucalyptus grandis* maka rendemen minyak, bobot jenis, indeks bias organoleptik aroma semakin meningkat. Rata-rata hasil pengamatan pengaruh lama waktu fermentasi daun *Eucalyptus grandis* terhadap parameter dapat dilihat pada tabel 4.

### Rendemen Minyak

#### Pengaruh Konsentrasi Kapang *Trichoderma harzianum*

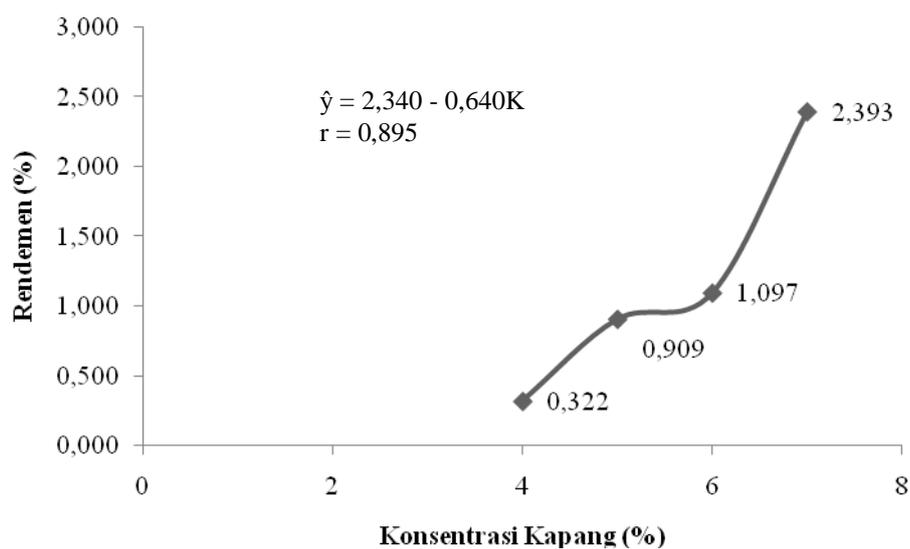
Berdasarkan daftar sidik ragam (lampiran 1) dapat dilihat bahwa perbandingan konsentrasi kapang daun *Eucalyptus grandis* memberikan pengaruh yang berbeda sangat nyata ( $p < 0,01$ ) terhadap parameter rendemen. Tingkat perbedaan tersebut telah diuji dengan uji beda rata-rata dan dapat dilihat pada tabel 5.

**Tabel 5. Uji Pengaruh Konsentrasi Kapang *Trichoderma harzianum* Terhadap Rendemen Minyak Atsiri Daun *Eucalyptus grandis***

perlakuan	Jarak	Rataan	LSR		Notasi	
			0,05	0,01	0,05	0,01
K						
4	-	0,322	-	-	d	D
5	2	0,909	0,0379	0,0522	c	C
6	3	1,097	0,0398	0,0549	b	B
7	4	2,393	0,0408	0,0562	a	A

Keterangan : Huruf yang berbeda pada kolom notasi menunjukkan pengaruh yang berbeda nyata pada taraf  $p > 0,05$  dan berbeda sangat nyata dan berbeda sangat nyata pada taraf  $p < 0,01$ .

Berdasarkan tabel 5 dapat diketahui bahwa perlakuan K<sub>1</sub> berbeda sangat nyata pada perlakuan K<sub>2</sub>, K<sub>3</sub>, dan K<sub>4</sub>. Perlakuan K<sub>2</sub> berbeda sangat nyata dengan perlakuan K<sub>3</sub> dan K<sub>4</sub>. Perlakuan K<sub>3</sub> berbeda sangat nyata dengan perlakuan K<sub>4</sub>. Nilai rata-rata rendemen tertinggi minyak *Eucalyptus grandis* berada pada perlakuan K<sub>4</sub> yaitu nilai sebesar 2,393 % sedangkan nilai terendah berada pada perlakuan K<sub>1</sub> yaitu sebesar 0,322 % hal tersebut dapat dilihat secara jelas pada gambar 15.



Gambar 15. Grafik pengaruh konsentrasi kapang *Trichoderma harzianum* terhadap persen rendemen minyak *Eucalyptus grandis*.

Berdasarkan Gambar diatas dapat diketahui bahwa persen rendemen minyak yang dihasilkan dari perlakuan konsentrasi kapang 4 % sampai keperlakuan konsentrasi 7 % mengalami peningkatan. Pada konsentrasi 4 % rendemen berada pada titik 0,322 % kemudian terus meningkat sampai pada konsentrasi 7 % rendemen minyak menjadi 2,393 %. Hal ini menunjukkan bahwa nilai persen rendemen yang diperoleh antar keseluruhan perlakuan berkisar antara 0,322 sampai 2,393 % dan rata-ratanya yaitu 1,180 %.

Grafik diatas menunjukkan bahwa hasil rendemen terendah berada pada perlakuan 4 % yaitu 0,322 % hal ini disebabkan pada konsentrasi kapang 4 % kapang yang bekerja memecah jaringan solulose pada daun sedikit menyebabkan masih banyaknya granula-granula minyak yang tersimpan didalam daun. Pada konsentrasi 7 % minyak yang dihasilkan berkisar 2,393 %. Hal ini disebabkan kapang yang bekerja untuk mendegradasi jaringan selulosa juga semakin banyak sehingga minyak yang dihasilkan lebih banyak pada saat proses destilasi. Hal ini sesuai dengan literatur Sihite (2008) bahwa daun dikelilingi jaringan selulosa, hemiselulosa, dan lignin yang berfungsi untuk membentuk struktur daun yang dimana jaringan - jaringan ini mengikat minyak dalam daun, lapisan membran ini bersifat kaku sehingga uap yang kontak dengan minyak atsiri tidak maksimal. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Nurhardianty (2016) diketahui bahwa kapang *Trichoderma harzianum* dapat mensekresikan enzim kompleks selulolitik secara seimbang, dimana secara efisien mampu menghidrolisis selulosa pada daun menjadi monomer glukosa sehingga memudahkan uap kontak dengan minyak atsiri yang terdapat didalam daun.

### **Pengaruh Lama Waktu Fermentasi**

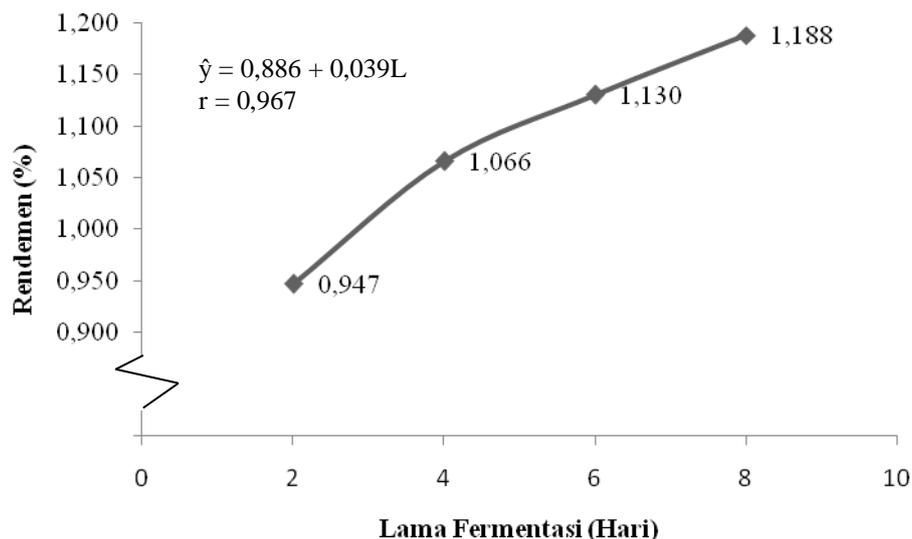
Berdasarkan daftar sidik ragam (lampiran 1) diketahui bahwa lama waktu fermentasi daun *Eucalyptus grandis* memberikan pengaruh yang berbeda sangat nyata ( $p < 0,01$ ) terhadap parameter rendemen. Tingkat perbedaan tersebut telah diuji dengan uji beda rata-rata dan dapat dilihat pada tabel 6.

**Tabel 6. Uji Pengaruh Lama Waktu Fermentasi Terhadap Rendemen Minyak Atsiri Daun *Eucalyptus Grandis***

Perlakuan W	Jarak	Rataan	LSR		Notasi	
			0,05	0,01	0,05	0,01
2	-	0,947	-	-	d	D
4	2	1,066	0,0379	0,0522	c	C
6	3	1,130	0,0398	0,0549	b	B
8	4	1,188	0,0408	0,0562	a	A

Keterangan : Huruf yang berbeda pada kolom notasi menunjukkan pengaruh yang berbeda nyata pada taraf  $p > 0,05$  dan berbeda sangat nyata pada taraf  $p < 0,01$ .

Berdasarkan tabel 6 dapat diketahui bahwa perlakuan perlakuan K<sub>1</sub> berbeda sangat nyata pada perlakuan K<sub>2</sub>, K<sub>3</sub>, dan K<sub>4</sub>. Perlakuan K<sub>2</sub> berbeda sangat nyata dengan perlakuan K<sub>3</sub> dan K<sub>4</sub>. Perlakuan K<sub>3</sub> berbeda nyata dengan perlakuan K<sub>4</sub>. Nilai rataan rendemen tertinggi minyak *Eucalyptus grandis* berada pada perlakuan K<sub>4</sub> yaitu nilai sebesar 1,188 % sedangkan nilai terendah berada pada perlakuan K<sub>1</sub> yaitu sebesar 0,947 % hal tersebut dapat dilihat secara jelas pada gambar 16.



Gambar 16. Grafik pengaruh lama waktu fermentasi *Trichoderma harzianum* terhadap persen rendemen minyak *Eucalyptus grandis*.

Minyak yang dihasilkan dari perlakuan lama waktu fermentasi 2 hari sampai keperlakuan lama waktu fermentasi 8 hari mengalami peningkatan. Pada waktu lama fermentasi 2 hari rendemen berada pada titik 0,947 kemudian terus meningkat sampai pada lama waktu fermentasi 8 hari rendemen minyak menjadi 3,054. Hal ini menunjukkan bahwa nilai persen rendemen yang diperoleh antar keseluruhan perlakuan berkisar antara 2,596 sampai 3,054 dan rata-ratanya yaitu 2,866.

Grafik diatas menunjukkan bahwa hasil terendah berada pada perlakuan 2 hari yaitu dengan nilai rata-rata 2,596. Semakin lama waktu fermentasi yang digunakan maka rendemen minyak atsiri daun *Eucalyptus grandis* semakin meningkat, hal ini dapat dilihat pada perlakuan lama waktu fermentasi 8 hari minyak atsiri daun *Eucalyptus grandis* mencapai 1,188. Fermentasi merupakan salah satu upaya untuk menghasilkan produk baru dari suatu bahan dengan bantuan kapang, khamir, maupun bakteri. Hal ini sesuai dengan literatur Khasanah dkk (2014) bahwa salah satu metode yang dapat mendegradasi jaringan selulosa pada daun yaitu proses fermentasi dimana proses ini dapat menghasilkan enzim - enzim seperti selulose, hemiselulose sehingga sel sel minyak terpecah dan kelenjar minyak, pembuluh - pembuluh, kantung minyak atau rambut granular yang mengelilingi daun dapat dikeluarkan.

#### **Pengaruh Interaksi Antara Konsentrasi Kapang *Trichoderma harzianum* dan Lama Waktu Fermentasi Terhadap Rendemen Minyak Atsiri Daun *Eucalyptus grandis***

Berdasarkan data sidik ragam (lampiran 1) diketahui bahwa interaksi antara konsentrasi kapang *Trichoderma harzianum* dan lama waktu fermentasi daun *Eucalyptus grandis* memberikan pengaruh yang berbeda sangat nyata

( $p < 0,01$ ) terhadap rendemen minyak *atsiri Eucalyptus grandis* yang dihasilkan. Hasil uji beda nyata rata-rata pengaruh interaksi konsentrasi kapang *Trichoderma harzianum* dan lama waktu fermentasi terhadap nilai rendemen minyak atsiri yang dihasilkan dapat dilihat pada tabel 7

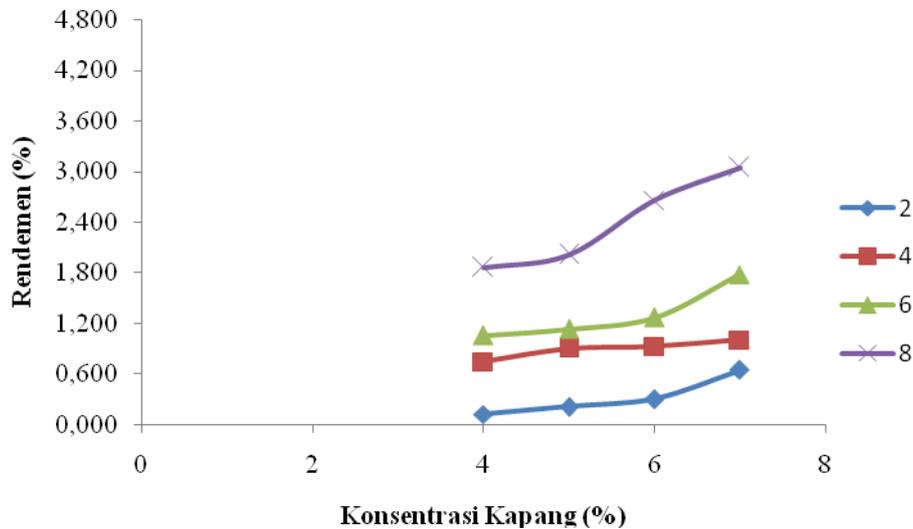
**Tabel 7. Uji Beda Rata-Rata Pengaruh Interaksi Konsentrasi Kapang *Trichoderma harzianum* dan Lama Waktu Fermentasi Terhadap Rendemen Minyak Daun *Eucalyptus grandis* Yang Dihasilkan**

Perlakuan	Jarak	Rataan	LSR		Notasi	
			0,05	0,01	0,05	0,01
K1W1	-	0,124	-	-	P	P
K1W2	2	0,213	0,07583	0,10439	O	O
K1W3	3	0,304	0,07962	0,10970	N	N
K1W4	4	0,646	0,08164	0,11248	M	M
K2W1	5	0,746	0,08341	0,11476	L	L
K2W2	6	0,905	0,08442	0,11627	K	K
K2W3	7	0,930	0,08518	0,11804	J	J
K2W4	8	1,055	0,08569	0,11931	I	I
K3W1	9	1,060	0,08619	0,12032	H	H
K3W2	10	1,133	0,08670	0,12108	G	G
K3W3	11	1,273	0,08670	0,12183	F	F
K3W4	12	1,777	0,08695	0,12234	E	E
K4W1	13	1,860	0,08695	0,12285	D	D
K4W2	14	2,014	0,08721	0,12335	C	C
K4W3	15	2,656	0,08721	0,12386	B	B
K4W4	16	3,042	0,08746	0,12411	A	A

Keterangan : Huruf yang berbeda pada kolom notasi menunjukkan pengaruh yang berbeda nyata pada taraf  $p > 0,05$  dan berbeda sangat nyata pada taraf  $p < 0,01$ .

Berdasarkan tabel diatas, dapat diketahui bahwa perlakuan dengan konsentrasi kapang 7 % dan lama waktu fermentasi 8 hari (K<sub>4</sub>W<sub>4</sub>) menghasilkan minyak dengan nilai rendemen yang tertinggi dibandingkan perlakuan lainnya yaitu sebesar 4,573 Sedangkan nilai terendah yaitu pada perlakuan dengan konsentrasi kapang 4 % dan lama waktu fermentasi 2 hari (K<sub>4</sub>W<sub>4</sub>) sebesar 1,149.

Hubungan interaksi antara konsentrasi kapang dan lama waktu fermentasi terhadap rendemen yang di hasilkan dapat dilihat secara jelas pada Gambar 17.



Gambar 17. Grafik hubungan interaksi konsentrasi kapang *Trichoderma harzianum* dan lama waktu fermentasi pada pembuatan minyak atsiri dari daun *Eucalyptus grandis*

Berdasarkan Gambar diatas dapat diketahui bahwa seiring meningkatnya konsentrasi kapang *Trichoderma harzianum* yang digunakan maka rendemen minyak yang dihasilkan juga meningkat, hal tersebut dapat dilihat pada grafik antar perlakuan konsentrasi kapang yang digunakan. Pada perlakuan konsentasi kapang 4 % ( $K_1W_1$ ) rendemen yang diperoleh yaitu 0,124 dan terus meningkat pada perlakuan  $K_4W_1$  yaitu 1,860. Begitu juga halnya dengan lama waktu fermentasi, semangkin lama waktu fermentasi yang digunakan, maka rendemen minyak yang dihasilkan juga semangkin meningkat. Pada lama waktu fermentasi 2 hari ( $K_1W_1$ ) rendemen yang diperoleh yaitu 0,124 dan terus meningkat pada perlakuan lama waktu fermentasi 8 hari ( $K_1W_4$ ) yaitu 0,646. Hal ini sesuai dengan literatur Waites (2001) mengatakan fermentasi merupakan suatu proses pemecahan senyawa kompleks didalam bahan menjadi senyawa sederhana dengan

bantuan mikroorganisme baik berupa kapang, khamir, maupun bakteri. Nurhardianty *dkk* (2017) bahwa kapang *Trichoderma harzianum* merupakan kapang yang dapat menghasilkan enzim kompleks selulolitik secara seimbang dimana enzim ini dapat menghidrolis jaringan selulosa menjadi monomer glukosa.

## Berat Jenis

### Pengaruh Konsentrasi Kapang

Berdasarkan daftar sidik ragam (lampiran 2) dapat dilihat bahwa perbandingan konsentrasi kapang *Trichoderma harzianum* pada daun *Eucalyptus grandis* memberikan pengaruh tidak nyata ( $p>0,05$ ) terhadap parameter berat jenis. Tingkat perbedaan tersebut telah diuji dengan uji beda rata-rata dan dapat dilihat pada tabel 8.

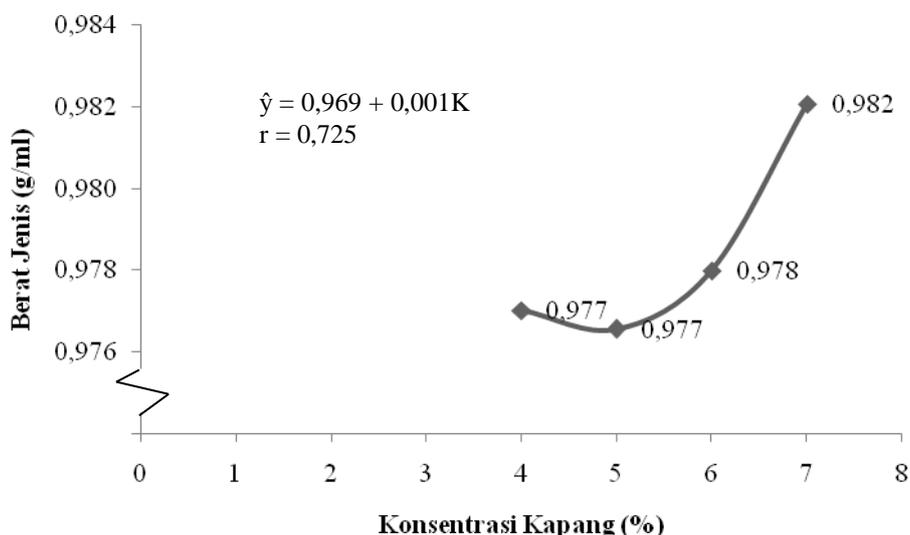
**Tabel 8. Uji pengaruh Konsentrasi Kapang *Trichoderma harzianum* Terhadap Berat Jenis Minyak Atsiri Daun *Eucalyptus grandis***

perlakuan K	Jarak	Rataan	LSR		Notasi	
			0,05	0,01	0,05	0,01
4	-	0,977	-	-	a	A
5	2	0,977	0,035124	0,048354	a	A
6	3	0,978	0,036880	0,050813	a	A
7	4	0,982	0,037817	0,052101	a	A

Keterangan : Huruf yang berbeda pada kolom notasi menunjukkan pengaruh yang berbeda nyata pada taraf  $p>0,05$  dan berbeda sangat nyata pada taraf  $p<0,01$ .

Berdasarkan tabel 8 dapat diketahui bahwa perlakuan perlakuan K<sub>1</sub> berbeda tidak nyata pada perlakuan K<sub>2</sub>, K<sub>3</sub>, dan K<sub>4</sub>. Perlakuan K<sub>2</sub> berbeda tidak nyata dengan perlakuan K<sub>3</sub> dan K<sub>4</sub>. Perlakuan K<sub>3</sub> berbeda tidak nyata dengan perlakuan K<sub>4</sub>. Nilai rataan berat jenis tertinggi minyak *Eucalyptus grandis* berada pada perlakuan K<sub>4</sub> yaitu nilai sebesar 0,982 sedangkan nilai terendah berada pada

perkuan  $K_1$  yaitu sebesar 0,977 hal tersebut dapat dilihat secara jelas pada gambar 18.



Gambar 18. Grafik pengaruh konsentrasi kapang *Trichoderma harzianum* terhadap berat jenis minyak *Eucalyptus grandis*

Berdasarkan Gambar diatas dapat diketahui bahwa berat jenis minyak yang dihasilkan dari perlakuan konsentrasi kapang 4 % sampai keperlakuan konsentrasi 7 % mengalami peningkatan. Pada konsentrasi 4 % sampai 5 % peningkatan tidak terlihat yaitu berkisar 0,977 namun pada konsentrasi 6 % mengalami sedikit peningkatan yaitu 0,978 dan terus meningkat pada konsentrasi 7 % yaitu 0,982. Hal ini menunjukkan bahwa nilai berat jenis yang diperoleh antar keseluruhan perlakuan berkisar antara 0,977 sampai 0,982 dengan rata-ratanya yaitu 0,978.

Berat jenis yang diperoleh dari pengaruh konsentrasi kapang 4 %, 5%, 6% dan 7% memberikan pengaruh yang tidak nyata pada berat jenis minyak yang dihasilkan. hal ini disebabkan konsentrasi kapang yang digunakan sebagai faktorial antara satu dan lainnya tidak terlalu berbeda sehingga pengaruh yang

ditimbulkan terhadap nilai berat jenis minyak atsiri yang dihasilkan juga tidak berbeda nyata. Dalam Djonny (2018) diketahui bahwa pada umumnya minyak atsiri yang mengandung molekul berantai panjang memiliki banyak ikatan rangkap sehingga, semakin banyak ikatan rangkap dalam minyak menyebabkan semakin tinggi juga nilai berat jenis minyak yang dihasilkan. Dalam Samosir (2018) diketahui bahwa minyak *Eucalyptus* tersusun atas 3 komponen kimia utama yaitu  $\alpha$ -Pinene (45.21%), Cineole (36.55%) dan  $\alpha$ -Terpineol (8.87%).

### Pengaruh Lama Fermentasi

Berdasarkan daftar sidik ragam (lampiran 2) dapat dilihat bahwa perbandingan lama waktu fermentasi pada daun *Eucalyptus grandis* memberikan pengaruh tidak nyata ( $p > 0,05$ ) terhadap parameter berat jenis. Tingkat perbedaan tersebut telah diuji dengan uji beda rata-rata dan dapat dilihat pada tabel 9.

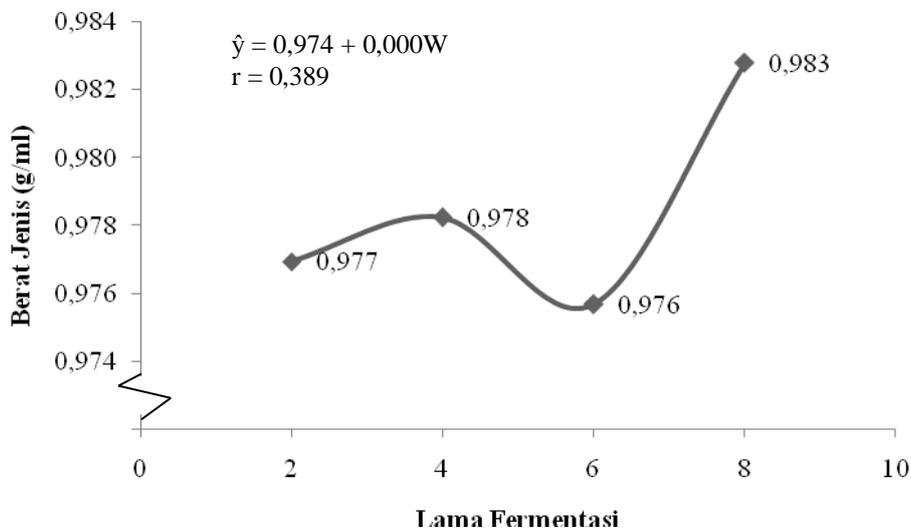
**Tabel 9. Uji Pengaruh Lama Waktu Fermentasi Terhadap Berat Jenis Minyak Atsiri Daun *Eucalyptus grandis***

Perlakuan W	Jarak	Rataan	LSR		Notasi	
			0,05	0,01	0,05	0,01
2	-	0,977	-	-	a	A
4	2	0,978	0,035124	0,048354	a	A
6	3	0,976	0,036880	0,050813	a	A
8	4	0,983	0,037817	0,052101	a	A

Keterangan : Huruf yang berbeda pada kolom notasi menunjukkan pengaruh yang berbeda nyata pada taraf  $p > 0,05$  dan berbeda sangat nyata pada taraf  $p < 0,01$ .

Berdasarkan tabel 9 dapat diketahui bahwa perlakuan perlakuan  $K_1$  berbeda nyata pada perlakuan  $K_2$ ,  $K_3$ , dan  $K_4$ . Perlakuan  $K_2$  berbeda tidak nyata dengan perlakuan  $K_3$  dan  $K_4$ . Perlakuan  $K_3$  berbeda tidak nyata dengan perlakuan  $K_4$ . Nilai rata-rata berat jenis tertinggi minyak *Eucalyptus grandis* berada pada

perlakuan K<sub>4</sub> yaitu nilai sebesar sedangkan nilai terendah berada pada perlakuan K<sub>3</sub> yaitu sebesar 0,940 hal tersebut dapat dilihat secara jelas pada gambar 19.



Gambar 19. Grafik pengaruh lama waktu fermentasi terhadap berat jenis minyak *Eucalyptus grandis*

Berat jenis minyak yang dihasilkan dari perlakuan lama waktu fermentasi 2 sampai 4 hari mengalami sedikit peningkatan, namun pada perlakuan fermentasi 6 hari mengalami penurunan yaitu 0,976 kemudian kembali meningkat pada waktu fermentasi 8 hari yaitu 0,983. Pada waktu lama fermentasi 2 hari berat jenis minyak berada pada titik 0,977 kemudian sedikit meningkat pada waktu fermentasi 4 hari yaitu 0,978 kemudian mengalami penurunan pada lama waktu fermentasi 6 hari yaitu 0,976 dan kembali mengalami peningkatan pada waktu fermentasi 8 hari yaitu 0,983. Hal ini menunjukkan bahwa nilai berat jenis minyak yang diperoleh antar keseluruhan perlakuan berkisar antara 0,977 sampai 0,983 dengan rata-ratanya yaitu 0,978.

Grafik diatas menunjukkan bahwa berat jenis terendah berada pada perlakuan fermentasi 6 hari yaitu 0,976 dan nilai berat jenis tertinggi berada pada

perlakuan fermentasi 8 hari yaitu 0,983. Dari grafik diatas diketahui bahwa minyak daun *Eucalyptus* yang dihasilkan mendekati standart nasioal Indonesia sebagaimana yang terdapat dalam Badan Standarisasi Nasional (2006) bahwa berat jenis minyak *Eucalyptus* berkisar antara 0,900 – 0,930. Dalam (Ratnaningsih *dkk* (2018) dikatakan bahwa adanya senyawa lain dan kotoran yang tidak seharusnya berada dalam minyak memberikan pengaruh terhadap tinggi rendahnya nilai berat jenis minyak tersebut (Ratnaningsih *dkk*, 2018).

## Indeks Bias

### Pengaruh Konsentrasi Kapang

Berdasarkan daftar sidik ragam (lampiran 3) dapat dilihat bahwa perbandingan konsentrasi kapang *Trichoderma harzianum* pada daun *Eucalyptus grandis* memberikan pengaruh tidak nyata ( $p>0,05$ ) terhadap parameter indeks bias. Tingkat perbedaan tersebut telah diuji dengan uji beda rata-rata dan dapat dilihat pada tabel 10.

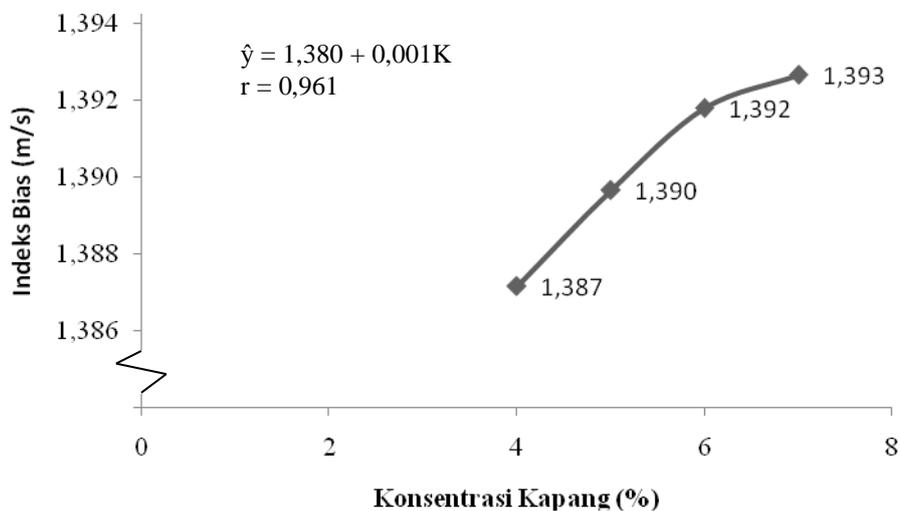
**Tabel 10. Uji pengaruh Konsentrasi Kapang *Trichoderma harzianum* Terhadap Indeks Bias Minyak Atsiri Daun *Eucalyptus grandis***

Perlakuan K	Jarak	Rataan	LSR		Notasi	
			0,05	0,01	0,05	0,01
4	-	1,387	-	-	D	D
5	2	1,390	0,0014	0,0019	c	C
6	3	1,392	0,0015	0,0020	ab	AB
7	4	1,393	0,0015	0,0021	a	A

Keterangan :Huruf yang berbeda pada kolom notasi menunjukkan pengaruh yang berbeda nyata pada taraf  $p>0,05$  dan berbeda sangat nyata pada taraf  $p<0,01$ .

Berdasarkan tabel 10 dapat diketahui bahwa perlakuan perlakuan K<sub>1</sub> berbeda nyata pada perlakuan K<sub>2</sub>, K<sub>3</sub>, dan K<sub>4</sub>. Perlakuan K<sub>2</sub> berbeda nyata dengan perlakuan K<sub>3</sub> dan K<sub>4</sub>. Perlakuan K<sub>3</sub> berbeda tidak nyata dengan perlakuan K<sub>4</sub>.

Nilai rata-rata indeks bias tertinggi minyak *Eucalyptus grandis* berada pada perlakuan K<sub>4</sub> yaitu nilai sebesar 1,393 sedangkan nilai terendah berada pada perlakuan K<sub>1</sub> yaitu sebesar 1,387 hal tersebut dapat dilihat secara jelas pada gambar 20.



Gambar 20. Grafik pengaruh konsentrasi kapang *Trichoderma harzianum* terhadap indeks bias minyak *Eucalyptus grandis*

Berdasarkan Gambar diatas dapat diketahui bahwa indeks bias minyak yang dihasilkan dari perlakuan konsentrasi kapang 4 % sampai keperlakuan konsentrasi 7 % mengalami peningkatan. Pada konsentrasi 4 % indeks bias berada pada titik 1,387 kemudian terus meningkat sampai pada konsentrasi 7 % rendemen minyak menjadi 1,393. Hal ini menunjukkan bahwa nilai persen indeks bias yang diperoleh antar keseluruhan perlakuan berkisar antara 1,387 sampai 1,393 dan rata-ratanya yaitu 1,391.

Grafik diatas menunjukkan bahwa indeks bias terendah berada pada perlakuan dengan konsentrasi kapang 4 % yaitu 1,387 dan indeks bias tertinggi berada pada perlakuan dengan konsentrasi kapang 7 % yaitu 1,393. Namun perbedaan indeks bias dari masing-masing perlakuan tidak berbeda nyata, hal ini

disebabkan karena konsentrasi kapang tidak mempengaruhi banyaknya kadar air yang dihasilkan pada saat destilasi minyak atsiri. Hal ini sesuai dengan penelitian Djonny (2018) bahwa nilai indeks bias berbanding terbalik dengan kadar air yang terkandung dalam minyak tersebut, semakin rendah indeks bias yang terkandung dalam minyak maka semakin tinggi juga nilai kadar airnya sedangkan kadar air yang tinggi pada minyak dapat menurunkan mutu minyak.

### Lama Waktu Fermentasi

Berdasarkan daftar sidik ragam (lampiran 3) dapat dilihat bahwa perbandingan lama waktu fermentasi pada daun *Eucalyptus grandis* memberikan pengaruh tidak nyata ( $p > 0,05$ ) terhadap parameter indeks bias. Tingkat perbedaan tersebut telah diuji dengan uji beda rata-rata dan dapat dilihat pada tabel 11.

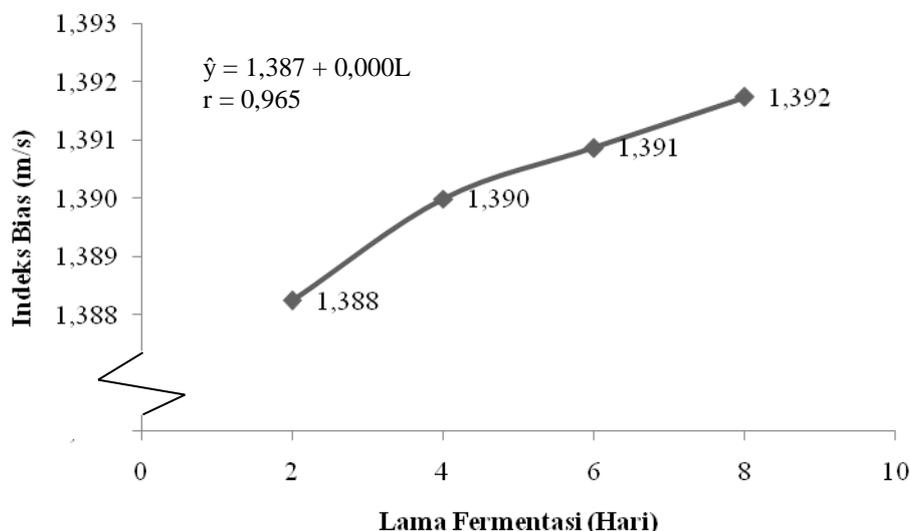
**Tabel 11. Uji Pengaruh Lama Waktu Fermentasi Terhadap Indeks Bias Minyak Atsiri Daun *Eucalyptus grandis***

Jarak	LSR		Perlakuan	Rataan	Notasi	
	0,05	0,01	W		0,05	0,01
-	-	-	2	1,388	d	C
2	0,0014	0,0019	4	1,390	bc	BC
3	0,0015	0,0020	6	1,391	ab	AB
4	0,0015	0,0021	8	1,392	a	A

Keterangan : Huruf yang berbeda pada kolom notasi menunjukkan pengaruh yang berbeda nyata pada taraf  $p > 0,05$  dan berbeda sangat nyata pada taraf 1.

Berdasarkan tabel 11 dapat diketahui bahwa perlakuan perlakuan  $K_1$  berbeda tidak nyata pada perlakuan  $K_2$ ,  $K_3$ , dan  $K_4$ . Perlakuan  $K_2$  berbeda tidak nyata dengan perlakuan  $K_3$  dan  $K_4$ . Perlakuan  $K_3$  berbeda tidak nyata dengan perlakuan  $K_4$ . Nilai rataan indeks bias tertinggi minyak *Eucalyptus grandis* berada pada perlakuan  $K_4$  yaitu nilai sebesar 1,392 sedangkan nilai terendah berada pada

perkuan  $K_1$  yaitu sebesar 1,388 hal tersebut dapat dilihat secara jelas pada gambar 21.



Gambar 21. Grafik pengaruh lama waktu fermentasi terhadap indeks bias minyak *Eucalyptus grandis*

Berdasarkan Standart Nasional Indonesia (SNI) pada minyak atsiri *Eucalyptus* tahun 2006 diketahui bahwa indeks bias yang dihasilkan berkisar 1,450 – 1,470, nilai indeks bias ini menunjukkan bahwa minyak yang dihasilkan dari fermentasi daun *Eucalyptus grandis* tidak berbeda jauh dari standart nasional yang telah ditetapkan. Dalam Nugraheni *dkk* (2016) dikatakan bahwa Indeks bias merupakan perbandingan antara kecepatan cahaya didalam udara dengan kecepatan cahaya di dalam zat tersebut pada suhu tertentu. Nilai indeks bias minyak dapat menentukan tingkat kemurnian suatu minyak.

### Organoleptik Aroma

#### Konsentrasi kapang

Berdasarkan daftar sidik ragam (lampiran 4) dapat dilihat bahwa perbandingan konsentrasi kapang *Trichoderma harzianum* pada daun *Eucalyptus*

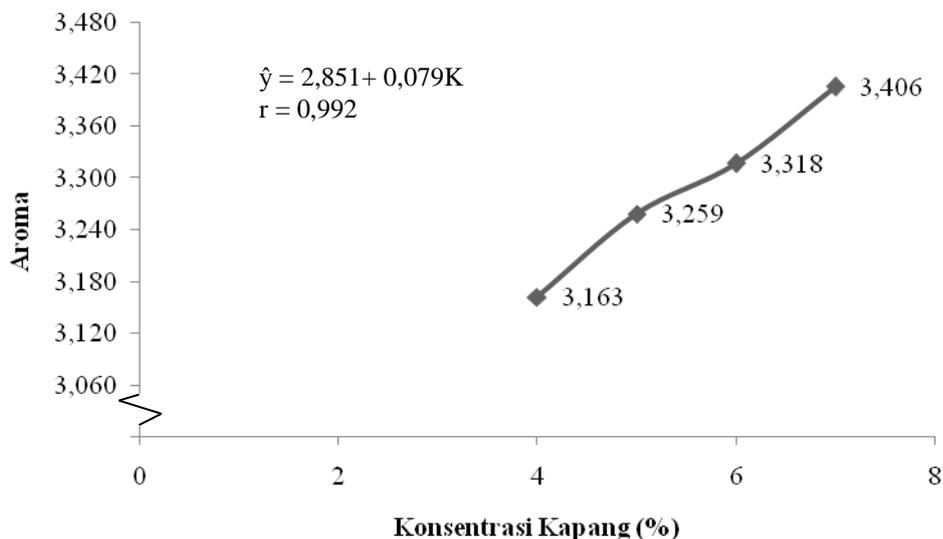
*grandis* memberikan pengaruh sangat nyata ( $p < 0,01$ ) terhadap parameter organoleptik aroma. Tingkat perbedaan tersebut telah diuji dengan uji beda rata-rata dan dapat dilihat pada tabel 12.

**Tabel 12. Uji pengaruh Konsentrasi Kapang *Trichoderma harzianum* Terhadap Organoleptik Aroma Minyak Atsiri Daun *Eucalyptus grandis***

Jarak	LSR		perlakuan	Rataan	Notasi	
	0,05	0,01	K		0,05	0,01
-	-	-	4	3,163	D	C
2	0,0509	0,0701	5	3,259	C	BC
3	0,0535	0,0737	6	3,318	B	B
4	0,0548	0,0756	7	3,406	A	A

Keterangan : Huruf yang berbeda pada kolom notasi menunjukkan pengaruh yang berbeda nyata pada taraf 5 % dan berbeda sangat nyata pada taraf 1 %.

Berdasarkan tabel 13 dapat diketahui bahwa perlakuan perlakuan K<sub>1</sub> berbeda nyata pada perlakuan K<sub>2</sub>, K<sub>3</sub>, dan K<sub>4</sub>. Perlakuan K<sub>2</sub> berbeda nyata dengan perlakuan K<sub>3</sub> dan K<sub>4</sub>. Perlakuan K<sub>3</sub> berbeda sangat nyata dengan perlakuan K<sub>4</sub>. Nilai rataan indeks bias tertinggi minyak *Eucalyptus grandis* berada pada perlakuan K<sub>4</sub> yaitu nilai sebesar 3,406 sedangkan nilai terendah berada pada perlakuan K<sub>1</sub> yaitu sebesar 3,163 hal tersebut dapat dilihat secara jelas pada gambar 22.



Gambar 22. Grafik pengaruh konsentrasi kapang *Trichoderma harzianum* organoleptik aroma terhadap minyak *Eucalyptus grandis*

Berdasarkan gambar diatas dapat diketahui bahwa organoleptik aroma minyak atsiri yang dihasilkan dari perlakuan konsentrasi kapang 4 % sampai keperlakuan konsentrasi 7 % mengalami peningkatan. Pada konsentrasi 4 % organoleptik aroma berada pada titik 3,163 kemudian terus meningkat sampai pada konsentrasi 7 % rendemen minyak menjadi 3,406. Hal ini menunjukkan bahwa nilai organoleptik aroma yang diperoleh antar keseluruhan perlakuan berkisar antara 3,163 sampai 3,406. dan rata-ratanya yaitu 3,286.

Penggunaan kapang *Trichoderma harzianum* dalam fermentasi daun *Eucalyptus* memberikan pengaruh terhadap organoleptik aroma minyak yang dihasilkan, minyak daun *Eucalyptus grandis* mengeluarkan aroma yang khas dan kuat, hal ini disebabkan kapang *Trichoderma harzianum* dapat memproduksi asam sitrat saat proses fermentasi. Hal ini sesuai dengan penelitian Wijaya *dkk* (2015) bahwa *Trichoderma harzianum* mampu menghasilkan asam sitrat, karakteristik fermentasi yang baik antara lain pH asam serta berbau asam atau campuran asam laktat dan asam sitrat.

### **Lama Waktu Fermentasi**

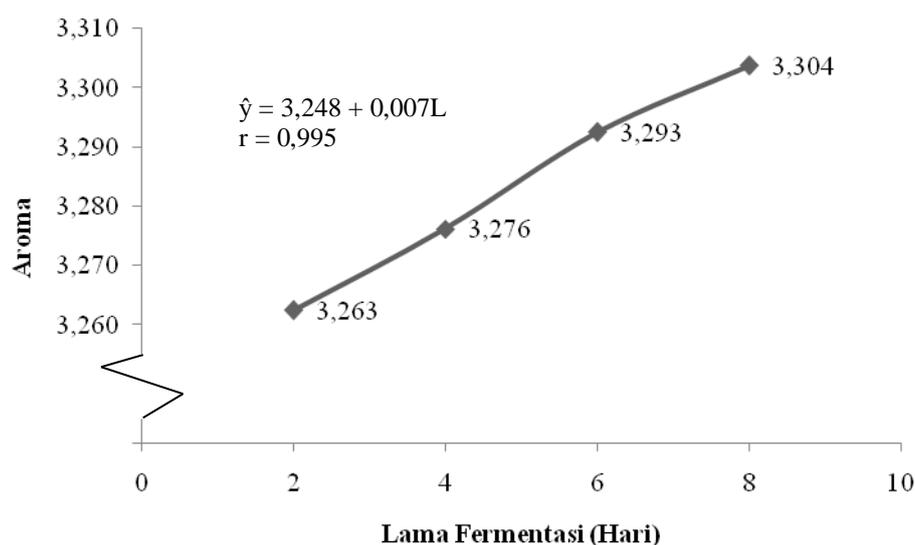
Berdasarkan daftar sidik ragam (lampiran 4) dapat dilihat bahwa perbandingan lama waktu fermentasi pada daun *Eucalyptus grandis* memberikan pengaruh tidak nyata ( $p > 0,05$ ) terhadap parameter organoleptik aroma. Tingkat perbedaan tersebut telah diuji dengan uji beda rata-rata dan dapat dilihat pada tabel 13.

**Tabel 13. Uji Pengaruh Lama Waktu Fermentasi Terhadap Organoleptik Aroma Minyak Atsiri Daun *Eucalyptus grandis***

Jarak	LSR		Perlakuan	Rataan	Notasi	
	0,05	0,01			W	0,05
-	-	-	2	3,263	a	A
2	0,0509	0,0701	4	3,276	a	A
3	0,0535	0,0737	6	3,293	a	A
4	0,0548	0,0756	8	3,304	a	A

Keterangan : Huruf yang berbeda pada kolom notasi menunjukkan pengaruh yang berbeda nyata pada taraf 5 % dan berbeda sangat nyata pada taraf 1 %.

Berdasarkan tabel 14 dapat diketahui bahwa perlakuan perlakuan K<sub>1</sub> tidak nyata pada perlakuan K<sub>2</sub>, K<sub>3</sub>, dan K<sub>4</sub>. Perlakuan K<sub>2</sub> berbeda tidak nyata dengan perlakuan K<sub>3</sub> dan K<sub>4</sub>. Perlakuan K<sub>3</sub> berbeda tidak nyata dengan perlakuan K<sub>4</sub>. Nilai rata-rata indeks bias tertinggi minyak *Eucalyptus grandis* berada pada perlakuan K<sub>4</sub> yaitu nilai sebesar 3,304 sedangkan nilai terendah berada pada perlakuan K<sub>1</sub> yaitu sebesar 3,263 hal tersebut dapat dilihat secara jelas pada gambar 23.



Gambar 23. Grafik pengaruh lama waktu fermentasi terhadap organoleptik aroma minyak *Eucalyptus grandis*

Berdasarkan Gambar diatas dapat diketahui bahwa organoleptik aroma minyak atsiri yang dihasilkan dari perlakuan lama waktu fermentasi 2 hari sampai keperlakuan lama waktu fermentasi 8 hari mengalami peningkatan. Pada lama

waktu fermentasi 2 hari organoleptik aroma berada pada titik 3,263 kemudian terus meningkat sampai pada lama waktu fermentasi 8 hari rendemen minyak menjadi 3,304. Hal ini menunjukkan bahwa nilai organoleptik aroma yang diperoleh antar keseluruhan perlakuan berkisar antara 3,263 sampai 3,304 dan rata-ratanya yaitu 3,284.

Hasil penelitian diatas menunjukkan bahwa aroma yang dikeluarkan dari minyak atsiri daun *Eucalyptus grandis* karena pengaruh lama waktu fermentasi yang digunakan disukai panelis. Menurut Wulandari dkk (2018) diketahui bahwa Aroma yang dikeluarkan oleh minyak atsiri dipengaruhi oleh komponen utama penyusun minyak tersebut. Dalam Samosir (2018) menyatakan Komponen penyusun utama minyak atsiri *Eucalyptus grandis* yaitu  $\alpha$ -Pinene ( 45.21%), Cineole (36.55%) dan  $\alpha$ -Terpineol (8.87%). Minyak *Eucalyptus grandis* mengeluarkan aroma khas yang kuat dan menenangkan sehingga dapat dijadikan pewangi dan aroma terapi.

## KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan penelitian dan pembahasan mengenai pengaruh konsentrasi kapang *Trichoderma harzianum* dan lama waktu fermentasi pada pembuatan minyak atsiri daun daun *Eucalyptus grandis* dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Konsentrasi kapang *Trichoderma harzianum* memberikan pengaruh yang berbeda sangat nyata ( $p < 0,01$ ) pada analisa rendemen dan memberikan pengaruh tidak nyata pada analisa berat jenis, indeks bias dan aroma minyak *Eucalyptus*.
2. Lama waktu fermentasi memberikan pengaruh yang berbeda sangat nyata ( $p < 0,01$ ) pada analisa rendemen dan memberikan pengaruh tidak nyata pada analisa berat jenis, indeks bias dan aroma minyak *Eucalyptus*.
3. Interaksi kapang *Trichoderma harzianum* dan lama waktu fermentasi memberikan pengaruh berbeda sangat nyata ( $p < 0,01$ ) pada analisa rendemen dan memberikan pengaruh tidak nyata pada analisa berat jenis, indeks bias dan aroma minyak *Eucalyptus*.

### Saran

Proses ekstraksi minyak *Eucalyptus* dengan perlakuan pendahuluan fermentasi dilanjutkan dengan proses penyulingan dengan metode destilasi memerlukan waktu yang panjang sehingga diharapkan untuk penelitian selanjutnya metode penyulingan minyak yang digunakan setelah perlakuan pendahuluan fermentasi menggunakan metode penyulingan yang lain seperti metode *Microwave Hydrodiffusion and Gravity (MHG)*.

Mikroba yang menghasilkan enzim selulose dapat digunakan untuk membantu fermentasi daun dalam mempermudah proses ekstraksi minyak atsiri. Sehingga penelitian selanjutnya diharapkan dapat menggunakan mikroba yang menghasilkan enzim selulose dengan jenis yang berbeda untuk mengetahui mikroba yang paling optimal dalam membantu proses ekstraksi minyak atsiri daun *Eucalyptus grandis* dengan metode fermentasi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, Z. & A., Suharmiati. 2017. Pemanfaatan Minyak Kayu Putih (*Melaleuca leucadendra* Linn) sebagai Alternatif Pencegahan ISPA: Studi Etnografi di Pulau Buru. *Jurnal Kefarmasian Indonesia* Vol. 7, No. 2. p-ISSN: 2085-675X . e-ISSN: 2354-8770.
- Amilia, N., K. Siadi & Latifah. 2015. Pengaruh Temperatur Pada Reaksi Hidrasi  $\alpha$ -*Pinena* Menjadi  $\alpha$ -*Terpineol* Terkatalis Zeolit Alam Teraktivasi. *Jurnal MIPA* (1) : 38-48. ISSN 0215-9945.
- Anggut, M. 2015. Bab I. <http://repository.unwira.ac.id/1117/2/BAB%20I.pdf>. Diakses tanggal 06 November 2018.
- Bujang A, Taib NA. 2014. *Changes On Amino Acids Content In Soybean, Garbanzo Bean And Groundnut During Pre-Treatments And Tempe Making*. *Sains Malaysiana*. 43:551-557.
- Candra, A & W. D. Proborini.. 2018. Analisa Komposisi Minyak Atsiri Kulit Jeruk Manis Hasil Ekstraksi Metode *Microwave Hydrodiffusion And Gravity Dengan GC-MS*. *Jurnal Reka Buana* Volume 3 No 1.
- Dewi, I. K. 2015. Identifikasi Kualitatif Dan Konrol Kualitas Minyak Atsiri Pada Herba Kering Serai Wangi Dengan Destilasi Air. *Jurnal Terpadu Ilmu Kesehatan*. Volume 4, Nomor 1.
- Dewi, R. S., & Azis, S. 2011. Isolasi *Rhizopus oligosporus* Pada Beberapa Inokulum Tempe Di Kabupaten Banyumas. *Molekul*, Vol. 6. No. 2.
- Djonny, M. 2018. Pengaruh Waktu Fermentasi Daun Nilam Menggunakan *Rhizopus sp.* Terhadap Rendemen Minyak Nilam. *Sinergitas Multidisiplin Ilmu Pengetahuan dan Teknologi*, vol. 1. ISSN: 2622-0520.
- Efruan, G. K. 2018. Analisis Kandungan Senyawa Minyak Kayu Putih Hasil Produksi Perusahaan Perseorangan Lokal Dan Perusahaan Perdagangan Menggunakan *Kromatografi Gas-Spektroskopi Massa (KG-SM)*. *Jurnal Akrab Juara* Volume 3 Nomor 3.
- Efruan, G. K., M. Martosupono., M. S. Rondonuwu. 2016. Review: Bioaktivitas Senyawa *1,8-Sineol* Pada Minyak Atsiri. *Seminar Nasional Pendidikan dan Saintek 201*. ISSN: 2557-533X.
- Endrawati, D & Kusumanigtyas, E. 2017. Beberapa Fungsi *Rhizopus sp* dalam Meningkatkan Nilai Nutrisi Bahan Pakan. *Wartazoa* Vol. 27 No. 2.
- Gunawan, D. & Mulyani, S. 2004. *Ilmu Obat Alam (Farmakognosi)*. Jilid I. Jakarta. Penebar Swadaya.

- Ginting. M. D. R. 2019. Pengaruh Waktu, Suhu, Dan Rasio Massa Bunga Melati Dengan Volume Pelarut Terhadap Ekstraksi Minyak Atsiri Bunga Melati (*Jasminum sambac*) Menggunakan Metode *Solvent Extraction* Dengan Pelarut N-Heksana. Medan. USU. Skripsi.
- Hadi. S. 2012. Pengambilan Minyak Atsiri Bunga Cengkeh (*Clove Oil*). Menggunakan Pelarut N-Heksana Dan Benzena. Jurnal Bahan Alam Terbarukan Volume 1 Nomor 2. ISSN 2303-0623.
- Hariskuswa. 2012. Bab II Tinjauan Pustaka. <http://digilib.ump.ac.id/files/disk1/12/jhptump-a-hariskuswa-567-2babii.pdf>. diakses tanggal 11 Desember 2018.
- Jannah. A. N. 2018. Pengaruh Lama Perendaman Dalam Larutan Trichoderma Dan Media Tanam Terhadap Perkecambahan Benih Dan Pertumbuhan Semai Baobab (*Adansonia Digitata L.*). Diss. Malang. UMN.
- Kasmudjo., R. Fujiarti., & V. E. Prasetyo. 2007. Penelitian pendahuluan sifat fisiko-kimia minyak atsiri 8 jenis eucalyptus dari hutan pendidikan wanagama. Prosiding seminar nasional MAPEKI X. ISBN 978-979-17723-89
- Khasanah, L. U., R. Utami., B. K. Ananditho., & A. E. Nugraheni. 2014. *The Effect of Pretreatment Solid and Submerged Fermentation on Yield and Quality of Cinnamon Leaf Oil*. Agritech. Vol. 34, No. 1
- Kurniawan, A., C. Kurniawan., N. Indraswati & Mudjjjati. 2008. Ekstraksi Minyak Kulit Jeruk Dengan Metode Distilasi, Pengepresan Dan *Leaching*. Widya Teknik Vol. 7, No. 1.
- Kusumaningati, M. A., S. Nurhatika., & A. Muhibuddin. 2013. Pengaruh Konsentrasi Inokulum *Bakteri Zymomonas mobilis* dan Lama Fermentasi Pada Produksi Etanol dari Sampah Sayur dan Buah Pasar Wonokromo Surabaya. Jurnal Sains Dan Seni Pomits Vol. 2, No.2, (2013) 2337-3520 .2301-928x Print.
- Laurita, M & M. M, Herawati, 2016. Pengaruh Waktu Fermentasi Padat Terhadap Karakteristik Mutu Fisik Dan Hasil Rendemen Minyak Atsiri Limbah Kulit Jeruk Manis (*Citrus Sinesnsis Var. Baby Pacitan*). Prosiding Konser Karya Ilmiah Vol.2.
- Mbaru, M. E., M. Victor., W. D. Proborini., & A. Chandra. 2018. Perbandingan Metode Distilasi Minyak Atsiri Daun Kayu Putih Menggunakan *Hydrodistillation* dan *Steam Distillation*. eUREKA : Jurnal Penelitian Mahasiswa Teknik Sipil dan Teknik Kimia, 2(2). page 215-221. ISSN 2548-771X (Online).

- Novestiana, T. S & E. Hidayanto. 2015. Penentuan Indeks Bias Dari Konsentrasi Sukrosa ( $C_{12}H_{22}O_{11}$ ) Pada Beberapa Sari Buah Menggunakan *Portable Brixmeter*. *Youngster Physics Journal* Vol. 4, No. 2. ISSN : 2302 – 7371.
- Nugraheni. K. S., L. U. Khasanah., R. Utami & B. K. Anandhito. 2016. *The Effect Of Pretreatment And Variation Method Of Distillation On Quality Of Cinnamon Leaf Oil*. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, Vol. IX, No. 2.
- Nurhardianty. V., C. Cahyani, W. O. C. Nirwana., L. K. Dewi., G. Abdillah., & A. R. pratama. 2017. Peningkatan Yield Minyak Daun Cengkeh (*Syzygium Aromaticum*) dengan Fermentasi Selulolitik Menggunakan *Trichoderma Harzianum*. *Jurnal Rekayasa Bahan Alam dan Energi Berkelanjutan* Vol. 1, No. 1.
- Nurhardianty. V., C. Cahyani., L. K. Dewi., L. Triani., & R. K. Putri. 2016. Peningkatan Rendemen Destilasi Minyak Jahe Melalui Fermentasi Jahe Merah (*Zingiber Officinale Var. Rubrum*) Menggunakan *Trichoderma Harzianum* *Indonesian Journal Of Essential Oil* : 53-62.
- Pratama, D. G. A. Y., I. G. A. G. Bawa., I. W. G. Gunawan. 2016. Solasi Dan Identifikasi Senyawa Minyak Atsiri Dari Tumbuhan Sembukan (*Paederia Foetida L.*) Dengan Metode *Kromatografi Gas-Spektroskopi Massa (GC-MS)*. *Jurnal Kimia* 10 (1). ISSN 1907-9850.
- Ratnaningsih. A. T., E. Insusanty & Azwin. 2018. Rendemen dan Kualitas Minyak Atsiri *Eucalyptus Pellita* pada Berbagai Waktu Penyimpanan Bahan Baku. *Wahana Forestra. Jurnal Kehutanan* Vol. 13, No.2.
- Samosir, S. J. 2018. Analisa Kandungan Kimia dan Sifat Fisikaminyak Atsiri dari *Daun Eucalyptus Grandis* dari PT. Toba Pulp Lestari dengan Metode *Gaschromatography Mass Spectrometry (GC-MS)*. Medan. USU. Skripsi.
- Sandy. Y. A., S. Jauhari., & A. W. Sektiono. 2015. Identifikasi Molekuler Jamur Antagonis *Trichoderma Harzianum* Diisolasi dari Tanah Pertanian di Malang, Jawa Timur. *Jurnal HPT Volume 3 Nomor 3*. ISSN : 2338 – 4336.
- Sembiring. B & F. Manoi. 2015. *The Efect Of Withering And Distillation Of Oil Quality And Yield Of Citronella (Cymbopogom nardus)*. *Prosiding Seminar Nasional Swasembada Pangan Polinela*. ISBN 978-602-70530-2-1 halaman 447-452.
- Setyaningrum, S., D. Indradewa., A. Priyatmojo., & E. Sulistyaningsih. 2016. *Tanggapan Dan Hasil Berbagai Kultivar Terhadap Inokulasi Trichoderma sp. Pada Budidaya Bawang Merah Di Lahan Pasir Pantai*. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta

- Setianingsih, S., R. Kartika & P. Simanjuntak. 2017. *Isolation And Toxicity Test Of Stigmastan-3,5-Dien From Eucalyptus Deglupta Blume*. Jurnal Kimia Mulawarman Volume 15 Nomor 1. P-ISSN 1693-5616. E-ISSN 2476-9258.
- Sinurat, T. N. 2018. Identifikasi Dan Pendugaan Potensi Limbah Hasil Pemanenan Kayu *Eucalyptus Hybrid (Ind-32)* di HTI PT. Toba Pulp Lestari, Tbk, Sektor Aek Nauli, Sumatera Utara. Medan. USU. Skripsi.
- SNI. 2006. Persyaratan Kualitas Minyak *Eucayptus*. Badan Standarisasi Nasional 06-3954. Jakarta.
- Sulistiyanto, B. 2015. Bab II Tinjauan Pustaka. <http://eprints.undip.ac.id/53781/3/BabII.pdf>. Diakses tanggal 06 November 2018.
- Taribuka, J., C. Sumardiyono., SM. Widyastuti & A. Wibowo. 2016. Eksplorasi Dan Identifikasi *Tricoderma Endofitik* Pada Pisang. Jurnal HPT Tropika Vol. 16, No. 2: 115- 123. ISSN 1411-7525
- Urulil, C., A. M. Kalay., E. Kaya & A. Siregar. 2012. *Utilization Of Sago Waste, Rice Husk And Bran As Media For Multiplication Of The Biological Agents Trichoderma Harzianum Rifai*. Agrolgia, Vol. 1, No. 1.
- Utomo, D. B. G., M. Mujiburrohman. 2018. Pengaruh Kondisi Daun dan Waktu Penyulingan Terhadap Rendemen Minyak Kayu Putih. Jurnal Teknologi Bahan Alam Vol. 2 No.2. ISSN: 2407-8476.
- Waites, M.J., Morgan, N.L., Rockey, J.S., & Gary Higton. 2001. *Industrial Microbiology: An Introduction*. USA. Blackwell science.
- Wibowo, S. & S. Komarayati. 2015. Sifat Fisiko Kimia Minyak Cupresus Asal *Cupressus Bentharii* Aek Nauli, Parapat Sumatera Utara. Jurnal Penelitian Hasil Hutan Vol. 33.No. 20. ISSN: 0216-4329.
- Wijaya. C., A. Jayuska., A. H. Alimuddin. 2015. Peningkatan Rendemen Minyak Atsiri Daun Cengkeh (*Syzygium Aromaticum*) dengan Metode Delignifikasi Dan Fermentasi. JKK. Volume 4. ISSN 2303-1077.
- Wulandari, D., A. Ali & D. F. Ayu. 2018. Penambahan Minyak Atsiri Rimpang Bangle (*Zingiber purpureum Roxb.*) Sebagai Antibakteri Terhadap Karakteristik Sensori Sabun Cair. Jom Faperta Vol. 5 No. 1
- Zamroni, A. 2013. Pengukuran Indeks Bias Zat Cair Melalui Metode Pembiasan Menggunakan *Plan Paralel*. Jurnal Fisika Vol. 3 No. 2.
- Zulnely., Gusmailina., & E. Kusmiati. 2015. Prospek *Eucaliptus Citriodora* Sebagai Minyak Atsiri Potensial. Pros Sem Nas Masy Biodiv Indon. Volume 1, Nomor 1, Halaman: 120-126. ISSN: 2407-8050.

Lampiran 1. Tabel Data Rataan Rendemen Minyak Atsiri Daun *Eucalyptus Grandis*

	UI	UII	Total	Rataan
K1W1	0,120	0,128	0,248	0,124
K1W2	0,214	0,212	0,426	0,213
K1W3	0,306	0,301	0,607	0,304
K1W4	0,614	0,678	1,292	0,646
K2W1	0,792	0,700	1,492	0,746
K2W2	0,902	0,907	1,809	0,905
K2W3	0,906	0,954	1,860	0,930
K2W4	1,020	1,090	2,110	1,055
K3W1	1,022	1,098	2,120	1,060
K3W2	1,166	1,100	2,266	1,133
K3W3	1,296	1,249	2,545	1,273
K3W4	1,788	1,765	3,553	1,777
K4W1	1,836	1,883	3,719	1,860
K4W2	2,022	2,005	4,027	2,014
K4W3	2,658	2,654	5,312	2,656
K4W4	3,004	3,079	6,083	3,042
Total			39,469	
Rataan				1,233

Tabel Analisis Sidik Ragam Rendemen Minyak atsiri *Eucalyptus grandis*

SK	Db	JK	KT	F hit.	0,05	0,01	
<b>Perlakuan</b>	15	34,1068	2,2738	1441,8447	**	2,35	3,41
<b>K</b>	3	31,7162	10,5721	6703,9005	**	3,24	5,29
<b>K lin</b>	1	31,6751	31,6751	20085,6694	**	4,49	8,53
<b>K kuad</b>	1	0,0378	0,0378	23,9775	**	4,49	8,53
<b>K kub</b>	1	0,0032	0,0032	2,0545	tn	4,49	8,53
<b>W</b>	3	2,3314	0,7771	492,7856	**	3,24	5,29
<b>W Lin</b>	1	2,3266	2,3266	1475,3426	**	4,49	8,53
<b>W Kuad</b>	1	-4,3538	-4,3538	-2760,8337	tn	4,49	8,53
<b>W Kub</b>	1	4,3586	4,3586	2763,8479	**	4,49	8,53
<b>KxW</b>	9	0,0593	0,0066	4,1791	**	2,54	3,78
<b>Galat</b>	16	0,0252320	0,0015770				
<b>Total</b>	31	34,1320679					

**Keterangan:**

FK = 277,83

KK = 1,348%

\*\* = sangat nyata

\* = Nyata

tn = tidak nyata

Lampiran 2. Tabel Data Rataan Berat Jenis Minyak Atsiri Daun *Eucalyptus Grandis*

	UI	UII	Total	Rataan
K1W1	0,9727	0,9830	2,0057	1,0029
K1W2	0,9715	0,9821	2,0036	1,0018
K1W3	0,9718	0,9714	1,9932	0,9966
K1W4	0,9716	0,9921	2,0137	1,0069
K2W1	0,9714	0,9726	1,9940	0,9970
K2W2	0,9723	0,9826	2,0049	1,0025
K2W3	0,9717	0,9785	2,0002	1,0001
K2W4	0,9714	0,9920	2,0134	1,0067
K3W1	0,9714	0,9729	1,9943	0,9972
K3W2	0,9715	0,9863	2,0078	1,0039
K3W3	0,9716	0,9863	2,0079	1,0040
K3W4	0,9715	0,9924	2,0139	1,0070
K4W1	0,9715	1,0000	2,0215	1,0108
K4W2	0,9715	0,9881	2,0096	1,0048
K4W3	0,9715	0,9826	2,0041	1,0021
K4W4	0,9714	1,0000	2,0214	1,0107
Total			31,3092	
Rataan				0,9784

Tabel Analisis Sidik Ragam Berat Jenis Minyak Atsiri *Eucalyptus grandis*

SK	db	JK	KT	F hit.	F.05	F.01	
<b>Perlakuan</b>	15	0,0006	0,0000	0,298	tn	2,35	3,41
<b>K</b>	3	0,0002	0,0001	0,392	tn	3,24	5,29
<b>K Lin</b>	1	0,0001	0,0001	0,853	tn	4,49	8,53
<b>K kuad</b>	1	0,0000	0,0000	0,322	tn	4,49	8,53
<b>K Kub</b>	1	0,0000	0,0000	0,002	tn	4,49	8,53
<b>W</b>	3	0,0002	0,0001	0,600	tn	3,24	5,29
<b>W Lin</b>	1	0,0001	0,0001	0,701	tn	4,49	8,53
<b>W Kuad</b>	1	-5,8840	-5,8840	-45699,261	tn	4,49	8,53
<b>W Kub</b>	1	5,8841	5,8841	45700,358	**	4,49	8,53
<b>K x W</b>	9	0,0002	0,0000	0,166	tn	2,54	3,78
<b>Galat</b>	16	0,0021	0,0001				
<b>Total</b>	31	0,0026					

**Keterangan:**

FK = 30,63

KK = 1,160%

\*\* = sangat nyata

tn = tidak nyata

Lampiran 3. Tabel Data Rataan Indeks Bias Minyak Atsiri Daun *Eucalyptus Grandis*

	UI	UII	Total	Rataan
K1W1	1,387	1,385	2,772	1,386
K1W2	1,386	1,388	2,774	1,387
K1W3	1,387	1,388	2,775	1,388
K1W4	1,388	1,390	2,778	1,389
K2W1	1,389	1,387	2,776	1,388
K2W2	1,391	1,387	2,778	1,389
K2W3	1,390	1,392	2,782	1,391
K2W4	1,391	1,392	2,783	1,392
K3W1	1,389	1,388	2,777	1,389
K3W2	1,391	1,392	2,783	1,392
K3W3	1,392	1,393	2,785	1,393
K3W4	1,395	1,393	2,788	1,394
K4W1	1,391	1,390	2,781	1,391
K4W2	1,393	1,392	2,785	1,393
K4W3	1,392	1,395	2,787	1,394
K4W4	1,395	1,395	2,790	1,395
Total			44,494	
Rataan				1,390

Tabel Analisis Sidik Ragam Indeks Bias Minyak Atsiri *Eucalyptus grandis*

SK	db	JK	KT	F hit.	0,05	0,01	
<b>Perlakuan</b>	15						
<b>n</b>		15	0,0002	0,0000	8,2238	**	2,35
<b>K</b>	3	3	0,0001	0,0000	25,9762	**	3,24
<b>K Lin</b>	1	1	0,0001	0,0001	76,1286	**	4,49
<b>K kuad</b>	1	1	0,0000	0,0000	1,7857	tn	4,49
<b>K Kub</b>	1	1	0,0000	0,0000	0,0143	tn	4,49
<b>W</b>	3	3	0,0001	0,0000	14,0238	**	3,24
<b>W Lin</b>	1	1	0,0001	0,0001	41,6571	**	4,49
<b>W Kuad</b>	1	1	-7,266	-7,266	-4151762,124	tn	4,49
<b>W Kub</b>	1	1	7,266	7,266	4151762,538	**	4,49
<b>KxW</b>	9	9	0,0000	0,0000	0,3730	tn	2,54
<b>Galat</b>	16	16	0,0000	0,0000			
<b>Total</b>	31	31	0,0002				

**Keterangan:**

FK = 61,87

KK = 0,095%

\*\* = sangat nyata

tn = tidak nyata

Lampiran 4. Tabel Data Rataan Organoleptik Aroma Minyak Atsiri Daun *Eucalyptus Grandis*

	UI	UII	Total	Rataan
K1W1	3,120	3,120	6,240	3,120
K1W2	3,100	3,190	6,290	3,145
K1W3	3,150	3,170	6,320	3,160
K1W4	3,250	3,200	6,450	3,225
K2W1	3,250	3,210	6,460	3,230
K2W2	3,240	3,250	6,490	3,245
K2W3	3,270	3,280	6,550	3,275
K2W4	3,290	3,280	6,570	3,285
K3W1	3,340	3,290	6,630	3,315
K3W2	3,360	3,280	6,640	3,320
K3W3	3,400	3,280	6,680	3,340
K3W4	3,320	3,410	6,730	3,365
K4W1	3,450	3,320	6,770	3,385
K4W2	3,400	3,390	6,790	3,395
K4W3	3,400	3,420	6,820	3,410
K4W4	3,490	3,380	6,870	3,435
Total			105,300	
Rataan				3,291

Tabel Analisis Sidik Ragam Indeks Bias Minyak Atsiri *Eucalyptus grandis*

SK	db	JK	KT	F hit.		0,05	0,01
<b>Perlakuan</b>	15	0,2841	0,0189	8,2121	**	2,35	3,41
<b>K</b>	3	0,2622	0,0874	37,8916	**	3,24	5,29
<b>K Lin</b>	1	0,2608	0,2608	113,0938	**	4,49	8,53
<b>K kuad</b>	1	0,0012	0,0012	0,5420	tn	4,49	8,53
<b>K Kub</b>	1	0,0001	0,0001	0,0390	tn	4,49	8,53
<b>W</b>	3	0,0191	0,0064	2,7624	tn	3,24	5,29
<b>W Lin</b>	1	0,0185	0,0185	8,0173	*	4,49	8,53
<b>W Kuad</b>	1	4,3355	4,3355	1879,8862	tn	4,49	8,53
<b>W Kub</b>	1	4,3361	4,3361	1880,1561	**	4,49	8,53
<b>K x W</b>	9	0,0028	0,0003	0,1355	tn	2,54	3,78
<b>Galat</b>	16	0,0369000	0,0023062				
<b>Total</b>	31	0,3209875					

**Keterangan:****FK = 346,50****KK = 1,459%****\*\* = sangat nyata****\* = Nyata****tn = tidak nyata**

## Lampiran 5. Foto Dokumentasi Penelitian

### 1. Pembuatan Media PDB



Gambar 24. Penyiapan bahan baku media PDB



Gambar 25. Homogenisasi bahan baku di hotplate



Gambar 26. Penanaman kapang pada media PDB



Gambar 27. Kapang yang telah di inkubasi selama 48 jam

## 2. Fermentasi



Gambar 28. Pengaplikasian kapang pada daun yang akan di fermentasi

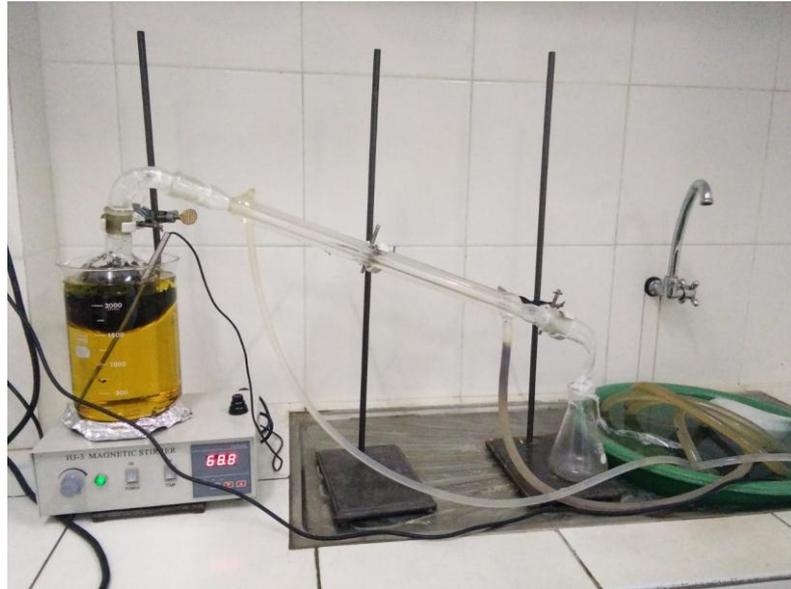


Gambar 29. Daun dalam proses fermentasi



Gambar 30. Daun yang telah difermentasi selama 2 hari

### 3. Penyulingan Minyak



Gambar 31. Proses penyulingan Minyak

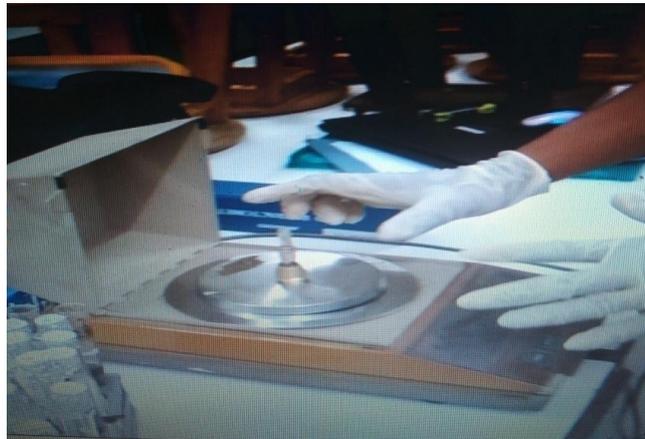


Gambar 32. Destilat Minyak Eucalyptus

#### 4. Karakterisasi minyak Eucalyptus



Gambar 33. Perhitungan rendemen minyak



Gambar 34. Analisa Berat jenis



Gambar 35. Analisa Indeks Bias



Gambar 36. Pengisian angket Analisa Aroma

#### 5. Supervisi dosen pembimbing



Gambar 37. Supervisi dosen pembimbing