

**PENGARUH VARIASI METODE PENGERINGAN DAUN
JERUK PURUT TERHADAP RENDEMEN DAN KOMPOSISI
MINYAK ATSIRI HASIL PENYULINGAN UAP**

SKRIPSI

TEKNIK KIMIA

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan

memperoleh gelar Sarjana Teknik

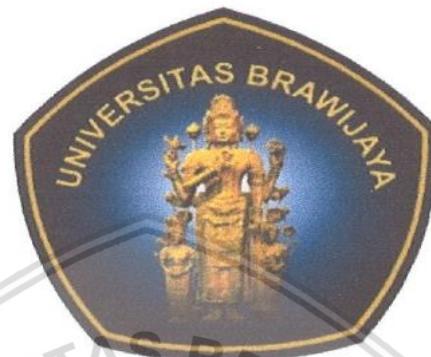


**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2018**

LEMBAR PENGESAHAN

PENGARUH VARIASI METODE PENGERINGAN DAUN
JERUK PURUT TERHADAP RENDEMEN DAN KOMPOSISI
MINYAK ATSIRI HASIL PENYULINGAN UAP

SKRIPSI
TEKNIK KIMIA



SHENY THEODORA ALFANIA
NIM. 145061100111018

ANNA KRESENTIA ADISTI
NIM. 145061101111004

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing
pada tanggal 29 Oktober 2018

Dosen Pembimbing I



Prof. Dr. Ir. Chandrawati Cahyani, MS.
NIP. 195205041980022001

Dosen Pembimbing II



Vivi Nurhadiany, ST., MT
NIK. 2013048608152001

Mengetahui,
Ketua Jurusan



Ir. Bambang Poerwadi, MS.
NIP. 196001261986031001

IDENTITAS TIM PENGUJI

JUDUL SKRIPSI

:PENGARUH VARIASI METODE PENGERINGAN DAUN JERUK PURUT TERHADAP RENDEMEN DAN KOMPOSISI MINYAK ATSIRI HASIL PENGERINGAN UAP

Nama Mahasiswa/NIM

- : 1. Sheny Theodora Alfania (145061100111018)
- 2. Anna Kresentia Adisti (145061101111004)

Program Studi S1

: Teknik Kimia

TIM DOSEN PENGUJI

Dosen Penguji 1

: Prof. Dr. Ir. Chandrawati Cahyani, M.S.

Dosen Penguji 2

: A. S. Dwi Saptati N.H, S.T., M.T.

Dosen Penguji 3

: Juliananda, S.T., M.Sc.

Tanggal Ujian

: 10 Oktober 2018

SK Penguji

: 2237/UN10.F07/SK/2018

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan, dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).



Malang, 29 Oktober 2018
Mahasiswa I,

Sheny Theodora Alfania
NIM. 145061100111018

TURNITIN



UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM SARJANA

SERTIFIKAT BEBAS PLAGIASI

Nomor : 116/LN/0.F07.18/PP/2018

Sertifikat ini diberikan kepada :

MINTUA LAKRESENIWA ADISTI

Dengan Judul Skripsi :

Pengaruh Variasi Metode Pengeringan Daun Jeruk Putih terhadap Rendemen dan Komposisi Minyak Atsiri Hasil Distillasi Kap (The Effect of Variations Drying Method of Kaffir Lime Leaves on Yield and Compositions of Essential Oils Produced Steam Distillation)

Telah dideteksi tingkat plagiatsinya dengan kriteria toleransi $\leq 20\%$, dan dinyatakan Bebas dari Plagiasi pada tanggal 25/05/2018



Ir. Bambang Poerwadi, MS
NIP. 19600126 198603 1 001

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan, dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, 29 Oktober 2018
Mahasiswa II,



Anna Kresentia Adisti
NIM. 145061101111004



UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM SARJANA

SERTIFIKAT BEBAS PLAGIASI

Nomor : IUG/UNIV/0.607.18/PPP/2018

Sertifikat ini diberikan kepada :

ANNIAH KURESENTHA AADISTI

Dengan Judul Skripsi :

Pengaruh Variasi Metode Pengeringan Daun Jarak Purut terhadap Rendemen dan Komposisi Minyak Atsiri Hasil Destilasi Uap (*The Effect of Variations Drying Method of Kaffir Lime Leaves on Yield and Compositions of Essential Oils Produced Steam Distillation*)

Telah dideteksi tingkat plagiiasinya dengan kriteria toleransi $\leq 20\%$, dan dinyatakan Bebas dari plagiiasi pada tanggal 25 OCT 2018



Ketua Program Studi Teknik Kimia



Ir. Bambang Poerwadi, M.S
NIP. 18600126 198603 1 001

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Mahasiswa 1

Sheny Theodora Alfania yang lahir di Kediri, tanggal 24 Juni 1997 merupakan putri pertama dari Bapak Bambang Hariyadi dan Ibu Catharina Ika Sriharsani. Riwayat pendidikan yang pernah dijalani adalah TK Griya Adinda Malang pada tahun 2000-2002, SDK Mardi Wiyata II Malang pada tahun 2002-2008, SMPK Frateran Celaket 21 Malang pada tahun 2008-2011, SMAN 14 Tangerang pada tahun 2011-2014, dan Pendidikan Strata 1 di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Brawijaya pada tahun 2014-2018. Pengalaman kerja diperoleh dari Praktik Kerja Lapang di PT. Holcim Indonesia, Tbk selama 1 bulan di bagian *Process Engineering*. Penulis pernah menjadi asisten laboratorium dalam mata kuliah Mikrobiologi Industri. Pengalaman berorganisasi yang pernah dilakukan adalah menjadi ketua Persekutuan Pelajar Kristen SMAN 14 Tangerang pada tahun 2012-2013, anggota komisi 2 di Persekutuan Mahasiswa Kristen Yehezkiel Fakultas Teknik UB pada tahun 2015-2016, ketua komisi 2 Persekutuan Mahasiswa Kristen Yehezkiel Fakultas Teknik UB pada tahun 2017. Pengalaman kepanitiaan yang dilakukan adalah menjadi sekretaris pada acara Paskah PMK Yehezkiel 2015, anggota bidang dana pada Camp PMK Yehezkiel UB tahun 2015, ketua bidang konsumsi pada KONEKSI IV Jurusan Teknik Kimia UB, ketua bidang kesekretariatan pada *Indonesia Chemical Engineering Event* tahun 2016, ketua bidang kesehatan pada Program Pembinaan Mahasiswa Baru Jurusan Teknik Kimia UB tahun 2016, dan anggota *steering committee* pada acara Paskah PMK Yehezkiel 2018.

Mahasiswa 2

Anna Kresentia Adisti lahir di Ponorogo, 9 April 1996 merupakan putri pertama dari Bapak A.Y Sutikno dan Ibu B.Y Pudji Wahyuni. Penulis lulus dari TKK Santa Maria Ponorogo tahun 2002, SDK Santa Maria Ponorogo tahun 2008, SMPK Slamet Riyadi Ponorogo tahun 2011, SMAN 1 Ponorogo 2014, dan Pendidikan Strata 1 di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Brawijaya tahun 2018. Pengalaman kerja diperoleh dari Praktik Kerja Lapang di PT. Holcim Indonesia, Tbk selama 1 bulan di bagian *Process Engineering*. Penulis pernah menjadi asisten laboratorium untuk mata kuliah Kimia Analisis dan Mikrobiologi Industri. Pengalaman berorganisasi yang pernah dilakukan adalah menjadi staff muda UAKKAT 2015/2016, anggota bidang Humas & Infokom Himpunan Mahasiswa Teknik Kimia UB 2016/2017, dan sekretaris bidang Humas & Infokom Himpunan Mahasiswa Teknik Kimia 2017/2018. Pengalaman kepanitiaan yang dilakukan adalah anggota bidang humas pada KONEKSI IV Jurusan Teknik Kimia UB, anggota bidang humas pada *Indonesia Chemical Engineering Event* tahun 2016, anggota bidang humas pada Rapat Koordinasi Nasional XVII Teknik Kimia Indonesia, ketua bidang humas pada Program Pembinaan Mahasiswa Baru Jurusan Teknik Kimia UB tahun 2016.

Puji Syukur Kami Kepada:

Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan anugrah-Nya

Ucapan Terima Kasih Kami Kepada:

Ibunda & Ayahanda Tercinta

Ibu & Bapak Dosen yang Telah Mendampingi Kami



RINGKASAN

Sheny Theodora Alfania dan Anna Kresentia Adisti, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, *Pengaruh Variasi Metode Pengeringan Daun Jeruk Purut Terhadap Rendemen dan Komposisi Minyak Atsiri Hasil Penyulingan Uap*, Dosen Pembimbing: Chandrawati Cahyani dan Vivi Nurhadianty.

Minyak daun jeruk purut merupakan salah satu minyak atsiri komoditas Indonesia yang dihasilkan melalui penyulingan uap. Pada penyulingan uap, pengeringan bahan baku merupakan faktor yang mempengaruhi rendemen dan kualitas minyak atsiri. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi metode pengeringan daun jeruk purut terhadap rendemen dan komposisi minyak atsiri yang dihasilkan dengan menggunakan metode penyulingan uap. Sampel berupa daun jeruk purut yang diperoleh dari Pasar Besar Kota Malang dipisahkan dari pengotor dan dikeringkan dengan metode *shade drying*, *hot air drying*, dan *vacuum drying* hingga kadar airnya mencapai $15\pm2\%$. Seperangkat alat penyulingan yang digunakan terdiri dari ketel suling, kondensor dan penampung distilat. Di dalam ketel suling terdapat saringan berlubang yang memisahkan antara ruang bagian bawah yang berisi air dengan ruang bagian atas yang berisi daun jeruk purut. Proses penyulingan dilakukan pada tekanan atmosferik selama 6 jam. *Make up water* ($T=98^\circ\text{C}$) ditambahkan ke dalam ketel suling setiap 1 jam setelah air dalam ketel suling mendidih hingga proses penyulingan berakhir. Distilat hasil penyulingan uap ditampung dan dipisahkan menggunakan *separating flask*. Selanjutnya dilakukan penyaringan vakum untuk memperoleh minyak daun jeruk purut.

Rendemen minyak daun jeruk purut yang dihasilkan pada metode *shade drying*, *hot air drying*, dan *vacuum drying* berturut-turut sebesar 1,087%, 0,888% dan 1,222% dengan nilai massa jenis rata-rata sebesar 0,855 gram/ml. Variasi metode pengeringan berpengaruh terhadap komposisi minyak daun jeruk purut yang dihasilkan. Jumlah komponen yang teridentifikasi pada metode *shade drying* adalah 21 komponen, metode *hot air drying* sejumlah 19 komponen dan metode *vacuum drying* sejumlah 21 komponen. Metode *vacuum drying* merupakan metode pengeringan yang optimal dilihat dari kadar absolut komponen sitronelal yang tertinggi yaitu 64,31%.

Kata kunci: komposisi, minyak daun jeruk purut, pengeringan, penyulingan uap, dan rendemen

SUMMARY

Sheny Theodora Alfania and Anna Kresentia Adisti, Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Brawijaya University, The Effect of Variations Drying Method of Kaffir Lime Leaves Oil on Yield and Compositions of Essential Oils Produced Steam Distillation, Academic Supervisor: Chandrawati Cahyani and Vivi Nurhadianty.

Kaffir lime leaves oil is one of the Indonesian essential oils produced through steam distillation. In steam distillation, drying of raw materials is a factor that influences the yield and quality of essential oils. Therefore, this study aims to determine the effect of variations drying method of kaffir lime leaves on the yield and composition of essential oils produced using steam distillation method. Samples of kaffir lime leaves obtained from the Pasar Besar Kota Malang were separated from impurities and dried in the shade drying, hot air drying, and vacuum drying methods until the moisture content reached $15 \pm 2\%$. A set of distillation apparatus used consists of a distilled kettle, condenser and distillate container. Inside the distilled kettle there is a hollow filter that separates the lower part of kettle containing the water with the upper part of kettle containing kaffir lime leaves. The distillation process is carried out at atmospheric pressure for 6 hours. Make up water ($T = 98^\circ C$) is added to the distilled kettle every 1 hour after the water in the distilled kettle boils until the distillation process ends. Steam distillates are collected and the oil was separated using a separating flask. Then process continued by vacuum filtration to obtain kaffir lime leaf oil.

The yield of kaffir lime leaves oil which was obtained in the methods of shade drying, hot air drying, and vacuum drying respectively were 1,087%, 0,888% and 1,222% with an average density value of 0.855 gram / ml. Variations in the drying method affect the composition of the kaffir lime leaves oil produced. The number of compounds identified in the shade drying method were 21 compounds, 19 hot air drying methods and 21 vacuum drying methods. The vacuum drying method is an optimal drying method which is seen from the highest total absolute citronellal content of 64,31%.

Keywords: essential oil composition, essential oil yield, drying, kaffir lime leaves oil, and steam distillation

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yesus Kristus yang telah melimpahkan berkat dan anugerah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul “Pengaruh Variasi Metode Pengeringan Daun Jeruk Purut terhadap Rendemen dan Komposisi Minyak Atsiri Hasil Distilasi Uap”.

Skripsi ini disusun sebagai tugas akhir untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik bagi mahasiswa S1 di Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya. Pada kesempatan ini penulis juga mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan moril atau materil secara langsung maupun tidak selama proses penyusunan skripsi ini, yaitu:

1. Ir. Bambang Poerwadi, MS., selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya.
2. Prof. Dr. Ir. Chandrawati Cahyani, MS., selaku Dosen Pembimbing I yang telah membimbing dan membantu kami dalam proses pelaksanaan skripsi.
3. Vivi Nurhadianty, ST., MT., selaku Dosen Pembimbing II yang telah membimbing dan membantu kami dalam proses pelaksanaan skripsi.
4. Rifa Rahma, ST. selaku PLP Laboratorium Teknik Kimia yang telah membantu selama penelitian skripsi.
5. Seluruh dosen dan staff Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya serta semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan skripsi.
6. Orangtua penulis dan keluarga tercinta atas segala perhatian dan kasih sayang, bantuan materi maupun non materi yang tak ternilai harganya dan doa-doa yang senantiasa dipanjatkan sehingga penyusunan laporan skripsi ini dapat terselesaikan.
7. Agung Chandra Permana dan Hendro Sulaksono yang telah membantu, menemani dan menyemangati selama proses penggerjaan skripsi.
8. Jessy Fadhehans Natannael, Amin Siregar, Mayong Nanda H., Valeria Ira Yunita, Mila Baariq I. yang senantiasa mendukung, membantu, dan menyemangati selama proses penggerjaan skripsi.
9. Teman – teman skripsi bidang hayati Laboratorium Bioproses yang telah membantu dan menyemangati selama proses penggerjaan skripsi.

10. Seluruh teman – teman angkatan 2014 Jurusan Teknik Kimia, Universitas Brawijaya, yang senantiasa mendukung dan menyemangati penulis.

11. Seluruh Keluarga Besar Mahasiswa Teknik Kimia yang telah membantu dan memberi semangat kepada penulis.

Penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak dan penulis sendiri. Akhir kata penyusun ucapan terima kasih.

Malang, 13 Agustus 2018



DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR SIMBOL	Error! Bookmark not defined.
BAB I PENDAHULUAN	Error! Bookmark not defined.
1.1. Latar Belakang	Error! Bookmark not defined.
1.2. Rumusan Masalah	Error! Bookmark not defined.
1.3. Pembatasan Masalah	Error! Bookmark not defined.
1.4. Tujuan Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
1.5. Manfaat Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	Error! Bookmark not defined.
2.1 Minyak Atsiri	Error! Bookmark not defined.
2.2 Ekstraksi Minyak Atsiri.....	Error! Bookmark not defined.
2.2.1 Peremasan (<i>Expression</i>)	Error! Bookmark not defined.
2.2.2 Ekstraksi Menggunakan Pelarut.....	Error! Bookmark not defined.
2.2.3 Penyulingan.....	Error! Bookmark not defined.
2.3 Penyulingan Uap	Error! Bookmark not defined.
2.3.1. Prinsip Dasar Penyulingan Uap	Error! Bookmark not defined.
2.4 Faktor yang Mempengaruhi Rendemen dan Komposisi Minyak Atsiri....	Error! Bookmark not defined.
2.4.1. Kominusi (Perajangan).....	Error! Bookmark not defined.

2.4.2.	Pengeringan	Error! Bookmark not defined.
2.4.3.	Kepadatan Bahan.....	Error! Bookmark not defined.
2.4.4.	Kondisi Operasi Penyulingan	Error! Bookmark not defined.
2.5	Proses Pengeringan.....	Error! Bookmark not defined.
2.5.1.	Metode Pengeringan.....	Error! Bookmark not defined.
2.6	Parameter yang Mempengaruhi Pengeringan Bahan	Error! Bookmark not defined.
2.7	Minyak Atsiri Daun Jeruk Purut	Error! Bookmark not defined.
2.6.1.	Morfologi Tumbuhan Jeruk Purut	Error! Bookmark not defined.
2.6.2.	Anatomi Daun Jeruk Purut	Error! Bookmark not defined.
2.6.3.	Komponen Minyak Daun Jeruk Purut....	Error! Bookmark not defined.
2.8	Penelitian Terdahulu.....	Error! Bookmark not defined.
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		Error! Bookmark not defined.
3.1.	Jenis Penelitian	Error! Bookmark not defined.
3.2.	Alat dan Bahan Penelitian	Error! Bookmark not defined.
3.2.1	Alat	Error! Bookmark not defined.
3.2.2	Bahan.....	Error! Bookmark not defined.
3.3.	Variabel Penelitian	Error! Bookmark not defined.
3.3.1	Variabel Tetap.....	Error! Bookmark not defined.
3.3.2	Variabel Berubah	Error! Bookmark not defined.
3.4.	Desain Alat dan Ilustrasi Pengeringan	Error! Bookmark not defined.
3.4.1.	Ilustrasi Metode <i>Shade Drying</i>	Error! Bookmark not defined.
3.4.2.	Ilustrasi Metode <i>Hot Air Drying</i> menggunakan <i>Tray Dryer</i>	Error! Bookmark not defined.
3.4.3.	Ilustrasi Metode <i>Vacuum Drying</i>	Error! Bookmark not defined.
3.4.4.	Rangkaian Alat Penyulingan	Error! Bookmark not defined.

3.5. Tahap Pelaksanaan Penelitian dan Analisa Data**Error! Bookmark not defined.**

3.5.1. *Pretreatment* daun jeruk purut**Error! Bookmark not defined.**

3.5.2. Penyulingan daun jeruk purut.....**Error! Bookmark not defined.**

3.5.3. Pemisahan minyak daun jeruk purut dari air..... **Error! Bookmark not defined.**

3.5.4. Dehidrasi minyak daun jeruk purut**Error! Bookmark not defined.**

3.5.5. Penghitungan massa jenis minyak daun jeruk purut ... **Error! Bookmark not defined.**

3.5.6. Penghitungan rendemen minyak daun jeruk purut**Error! Bookmark not defined.**

3.5.7. Uji komposisi dengan Gas Chromatography Mass Spectometry ... **Error! Bookmark not defined.**

3.6. Diagram Alir.....**Error! Bookmark not defined.**

3.6.1. Diagram Alir Perlakuan Sebelum Pengeringan.... **Error! Bookmark not defined.**

3.6.2. Diagram Alir Metode Pengeringan dengan *Shade Drying* **Error! Bookmark not defined.**

3.6.3. Diagram Alir Proses Pengeringan menggunakan *Tray Dryer*..... **Error! Bookmark not defined.**

3.6.4. Diagram Alir Proses Pengeringan Menggunakan *Vacuum Dryer*.. **Error! Bookmark not defined.**

3.6.5. Diagram alir penyulingan**Error! Bookmark not defined.**

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**Error! Bookmark not defined.**

4.1. Pengaruh Variasi Metode Pengeringan Daun Jeruk Purut terhadap Rendemen**Error! Bookmark not defined.**

4.2. Pengaruh Variasi Metode Pengeringan Bahan Baku terhadap Komposisi Minyak Daun Jeruk Purut**Error! Bookmark not defined.**

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	Error! Bookmark not defined.
5.1. Kesimpulan.....	Error! Bookmark not defined.
5.2. Saran	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR PUSTAKA	Error! Bookmark not defined.
LAMPIRAN.....	Error! Bookmark not defined.



DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 2. 1	Standar Kualitas Minyak Daun Jeruk Purut.... Error! Bookmark not defined.	
Tabel 2. 2	Komposisi Minyak Daun Jeruk Purut..... Error! Bookmark not defined.	
Tabel 2. 3	Penelitian terdahulu..... Error! Bookmark not defined.	
Tabel 4. 1	Komposisi minyak daun jeruk purut pada variasi metode pengeringan <i>Hot Air Drying, Shade Drying, dan Vacuum Drying</i> Error! Bookmark not defined.	
Tabel 4. 2	Daftar Harga Komponen Mayor Minyak Daun Jeruk Purut Error! Bookmark not defined.	
Tabel 4. 3	Perbandingan Rendemen, Kadar Sitronelal, dan Jumlah Komponen Teridentifikasi pada Tiap Perlakuan Variasi Metode Pengeringan Error! Bookmark not defined.	
Tabel A.1 1	Massa Jenis dan Massa Minyak Daun Jeruk Purut Error! Bookmark not defined.	
Tabel A.1 2	Rendemen Minyak Daun Jeruk Purut Error! Bookmark not defined.	
Tabel A.2. 1	Dimensi dan bahan konstruksi alat penyulingan..... Error! Bookmark not defined.	
Tabel A.3. 1	Dokumentasi kegiatan penelitian Error! Bookmark not defined.	
Tabel A.4. 1	Data Metode <i>Hot Air Drying</i> Error! Bookmark not defined.	
Tabel A.4. 2	Data Penelitian Metode <i>Shade Drying</i> Error! Bookmark not defined.	
Tabel A.4. 3	Data Penelitian Metode <i>Vacuum Drying</i> Error! Bookmark not defined.	
Tabel A.5. 1	Data kromatogram GC-MS minyak daun jeruk purut hasil pengeringan metode <i>Hot Air Drying</i> Error! Bookmark not defined.	
Tabel A.5. 2	Komposisi Komponen Minyak Daun Jeruk Purut pada pengeringan metode <i>Hot Air Drying</i> Error! Bookmark not defined.	
Tabel A.5. 3	Data kromatogram GC-MS minyak daun jeruk purut hasil pengeringan metode <i>shade drying</i> Error! Bookmark not defined.	
Tabel A.5. 4	Komponen Minyak Daun Jeruk Purut pada pengeringan metode <i>Shade Drying</i> Error! Bookmark not defined.	

- Tabel A.5. 5 Data kromatogram GC-MS minyak daun jeruk purut hasil pengeringan metode *vacuum drying* **Error! Bookmark not defined.**
- Tabel A.5. 6 Komponen Minyak Daun Jeruk Purut pada pengeringan metode *Vacuum Drying* **Error! Bookmark not defined.**
- Tabel A.5. 7 Komponen Mayor dalam Minyak Daun Jeruk Purut **Error! Bookmark not defined.**

DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 2. 1 Skema Metode Penyulingan Air	..... Error! Bookmark not defined.	
Gambar 2. 2 Skema Metode Penyulingan Uap	..... Error! Bookmark not defined.	
Gambar 2. 5 Kurva laju pengeringan	..... Error! Bookmark not defined.	
Gambar 2. 6 Tray Dryer	..... Error! Bookmark not defined.	
Gambar 2. 3 Grafik Kelembapan Campuran Udara-Uap Air	..... Error! Bookmark not defined.	
Gambar 2. 4 Hubungan Kesetimbangan Kadar Air dengan Kelembapan Relatif pada Berbagai Bahan	..... Error! Bookmark not defined.	
Gambar 2. 7 Daun dan Buah Jeruk Purut	..... Error! Bookmark not defined.	
Gambar 2. 8 Struktur Penampang Daun	..... Error! Bookmark not defined.	
Gambar 2. 9 Struktur Epidermis Atas pada Daun	..... Error! Bookmark not defined.	
Gambar 2. 10 Struktur kimia Sitronelal	..... Error! Bookmark not defined.	
Gambar 2. 11 Struktur kimia Sitronelol	..... Error! Bookmark not defined.	
Gambar 2. 12 Struktur kimia Linalool	..... Error! Bookmark not defined.	
Gambar 3. 1 Ilustrasi Metode <i>Shade Drying</i>	..... Error! Bookmark not defined.	
Gambar 3. 2 Ilustrasi Metode <i>Hot Air Drying</i> Menggunakan <i>Tray Dryer</i>	..... Error! Bookmark not defined.	
Gambar 3. 3 Ilustrasi Metode <i>Vacuum Drying</i> Menggunakan <i>vacuum dryer</i>	..... Error! Bookmark not defined.	
Gambar 3. 4 Rangkaian Alat Penyulingan Uap	..... Error! Bookmark not defined.	
Gambar 4. 1 Grafik Pengaruh Variasi Metode Pengeringan terhadap Rendemen Minyak Daun Jeruk Purut	..... Error! Bookmark not defined.	

- Gambar 4. 2 Kromatogram GC-MS Minyak Daun Jeruk Purut pada Metode *Hot Air Drying*Error! Bookmark not defined.
- Gambar 4. 4 Kromatogram GC-MS Minyak Daun Jeruk Purut pada Metode *Shade Drying*Error! Bookmark not defined.
- Gambar 4. 3 Kromatogram GC-MS Minyak Minyak Daun Jeruk Purut pada Metode *Vacuum Drying*Error! Bookmark not defined.
- Gambar 4. 5 Grafik perbandingan persen komposisi komponen mayor pada minyak daun jeruk purutError! Bookmark not defined.
- Gambar A.5. 1 Kromatogram GC-MS minyak daun jeruk purut hasil pengeringan metode *Hot Air Drying*Error! Bookmark not defined.
- Gambar A.5. 2 Kromatogram GC-MS minyak daun jeruk purut hasil pengeringan metode *shade drying*Error! Bookmark not defined.
- Gambar A.5. 3 Kromatogram GC-MS minyak daun jeruk purut hasil pengeringan metode *vacuum drying*Error! Bookmark not defined.

DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul	Halaman
1.	Lampiran Perhitungan	55
	A. Perhitungan Massa Jenis dan Massa Minyak daun Jeruk Purut	55
	B. Perhitungan Rendemen Minyak Daun Jeruk Purut.....	56
2.	Lampiran Dimensi Alat Penyulingan.....	57
3.	Lampiran Dokumentasi Penelitian.....	58
4.	Lampiran Data Penelitian.....	63
5.	Lampiran Hasil Uji Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS) Minyak Daun Jeruk Purut	65
6.	Lampiran Data Riwayat Hidup	72

DAFTAR SIMBOL

Besaran Dasar	Satuan dan Singkatannya	Simbol
Tekanan Uap Total	kiloPascal atau kPa	P
Tekanan Uap Parsial komponen A	kiloPascal atau kPa	p_A
Tekanan Uap Parsial komponen B	kiloPascal atau kPa	p_B
Komposisi Uap komponen A		y_A
Komposisi Uap komponen B		y_B
Kelembapan Udara	kilogram H ₂ O/kilogram udara kering atau kg H ₂ O/kg udara kering	H
Kelembapan Udara Jenuh	kilogram H ₂ O/kilogram udara kering atau kg H ₂ O/kg udara kering	H_S
Kelembapan Udara Relatif	Persentase jumlah campuran uap air – udara jenuh atau % p_A/p_{AS}	H_R
Massa jenis	gram/miliLiter atau gr/mL	ρ
Massa	gram atau g	M
Volume	milliliter atau mL	V
Temperatur dalam celcius	Derajat celcius atau $^{\circ}\text{C}$	T
Intensitas Cahaya	lux atau lx	E
Panjang	centimeter atau cm	P

BAB I

PENDAHULUAN

1.1.Latar Belakang

Jeruk purut (*Citrus hystrix* DC) adalah salah satu tumbuhan yang berasal dari daerah Asia dan menghasilkan minyak atsiri. Minyak daun jeruk purut dapat digunakan dalam industri parfum, farmasi dan pangan yang telah dipasarkan secara internasional. Kandungan utama yang terdapat dalam minyak atsiri jeruk purut antara lain adalah *citronellal*, *citronellol*, dan *nerol*. Sedangkan kandungan lainnya adalah *pinene*, *sabinene*, *terpinen-4-ol*, *linalool*, *p-menthen-3-ol*, dan *citronellyl acetate* (Sawamura, 2010).

Minyak daun jeruk purut dapat diekstraksi menggunakan metode penyulingan uap. Penyulingan uap digunakan untuk memisahkan komponen yang memiliki titik didih tinggi dan tidak larut dengan air (Geankoplis, 1993). Uap dialirkan melalui sekat berlubang pada distilator, dan berkontak dengan bahan yang disuling. Uap tersebut membawa minyak yang ada dalam bahan tanaman (Sawamura, 2010) melalui proses hidrodifusi yang terjadi selama penyulingan. Distilat yang dihasilkan akan dikondensasi untuk memisahkan campuran air dan minyak atsiri (Guenther, 1948).

Dalam proses ekstraksi minyak daun jeruk purut, perlu dilakukan perlakuan awal berupa pengeringan. Pengeringan bertujuan untuk mengurangi kadar air dari daun jeruk purut sebelum dilakukan penyulingan. Kadar air daun siap saring berkisar antara 12-15% (Nurdjanah, dkk., 2006). Kadar air pada daun jeruk purut dapat mempengaruhi tekanan total sistem pada proses penyulingan sehingga berpengaruh terhadap kualitas minyak dan rendemen yang dihasilkan. Kadar air bahan baku yang besar dapat menyebabkan waktu penyulingan lebih lama dan rendemen yang lebih sedikit, sedangkan kadar air yang terlalu kecil juga dapat menghambat proses penyulingan (Guenther, 1948; Geankoplis, 1993). Suhu pada saat pengeringan perlu diperhatikan, suhu yang tinggi dan waktu pengeringan yang lama menyebabkan minyak atsiri dalam daun jeruk purut dapat ikut menguap bersamaan dengan kandungan air yang menguap (Ketaren, 1985).

Pada penelitian yang dilakukan oleh Raksakantong, dkk (2012), daun jeruk purut dikeringkan menggunakan metode *hot air* (HA) *drying*, *low relative humidity* (LRH) *air drying*, dan *far-infrared radiation* (FIR) *drying*. Dari penelitian tersebut

diperoleh hasil bahwa komposisi sitronel meningkat sebanyak 23%, 27%, dan 8% pada metode HA, LRH, dan FIR dibandingkan dengan komposisi pada daun jeruk purut segar. Hal ini menunjukkan bahwa berbagai metode pengeringan dan berbagai metodenya dapat mempengaruhi rendemen dan komposisi minyak atsiri. Namun, beberapa metode pengeringan membutuhkan biaya yang besar dan tidak ekonomis untuk digunakan dalam skala besar. Oleh karena itu, dengan menggunakan metode *Shade Drying*, *Hot Air Drying*, dan *Vacuum Drying* yang secara ekonomis dapat digunakan dalam skala besar, dilakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh metode tersebut terhadap rendemen dan komposisi minyak atrisi daun jeruk purut yang dihasilkan dari penyulingan uap.

1.2.Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh metode *shade drying*, *hot air drying*, dan *vacuum drying* daun jeruk purut terhadap rendemen minyak daun jeruk purut?
2. Bagaimana pengaruh metode *shade drying*, *hot air drying*, dan *vacuum drying* daun jeruk purut terhadap komposisi minyak jeruk purut?

1.3.Pembatasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu:

1. Daun jeruk purut yang digunakan diperoleh dari Pasar Besar Kota Malang
2. Kadar air daun jeruk purut yang akan dikeringkan untuk setiap variabel memiliki rentang 65-75%.
3. Daun jeruk purut dikeringkan hingga kelembapan $15\pm2\%$.
4. Metode penyulingan adalah penyulingan uap.
5. Pengujian komposisi dalam minyak daun jeruk purut menggunakan *Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS)*
6. Kualitas komposisi jeruk purut dilihat dari kadar komponen mayor dalam minyak daun jeruk purut.

1.4.Tujuan Penelitian

1. Mengetahui pengaruh metode pengeringan daun jeruk purut terhadap rendemen minyak daun jeruk purut.

2. Mengetahui pengaruh metode pengeringan daun jeruk purut terhadap komposisi minyak jeruk purut.

1.5. Manfaat Penelitian

1. Memberikan informasi data mengenai pengaruh jenis pengeringan terhadap rendemen dan komposisi minyak daun jeruk purut.
2. Memberikan manfaat aplikatif berupa informasi data rendemen dan komposisi minyak daun jeruk purut untuk keperluan *scale up*.





BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Minyak Atsiri

Minyak atsiri merupakan campuran dari senyawa volatil kompleks yang diproduksi oleh organisme hidup dan dapat diekstraksikan dengan cara fisika dari seluruh tubuh tanaman maupun pada bagian tertentu dari tanaman (Baser & Buchbauer, 2010). Minyak atsiri dapat digunakan untuk berbagai aplikasi, baik untuk manusia, hewan, maupun tumbuhan. Pada manusia, minyak atsiri banyak digunakan untuk industri parfum, kosmetik, makanan, minuman, dan obat-obatan. Sedangkan untuk hewan, aplikasi minyak atsiri dapat digunakan sebagai bahan tambahan untuk makanan hewan dan sebagai pencegahan penyakit untuk hewan. Pada tumbuhan sendiri, minyak atsiri dapat digunakan untuk menarik perhatian serangga sehingga membantu dalam penyerbukan (Baser & Buchbauer, 2010).

Minyak atsiri memiliki aroma yang khas dimana aroma tersebut berasal dari senyawa volatil. Minyak atsiri bersifat tidak larut dalam air dan memiliki densitas yang lebih kecil dari air. Hampir semua minyak atsiri akan larut pada komponen organik seperti eter, kloroform, etil asetat dan alkohol. Parameter fisik yang digunakan untuk menganalisa kualitas minyak atsiri adalah warna, kejernihan, *specific gravity*, *flash point*, dan kelarutan dalam alkohol. Sedangkan untuk parameter kimianya adalah mengetahui kandungan nilai asam, nilai saponifikasi, dan nilai asetil. Penyimpanan minyak atsiri harus dilakukan pada tempat yang kering dan dingin dalam wadah tertutup. Hal ini berkaitan juga dengan sifat minyak atsiri yang mudah menguap dan mudah mengalami oksidasi dan resinifikasi apabila disimpan dalam jangka waktu yang panjang (Skaria & Joy, 2007).

Menurut (Ketaren, 1985), minyak atsiri umumnya terdiri dari berbagai campuran komponen kimia yang terbentuk dari unsur karbon, hidrogen, dan oksigen serta beberapa komponen kimia yang mengandung unsur nitrogen dan belerang. Pada umumnya, sebagian besar minyak atsiri terdiri dari campuran komponen golongan hidrokarbon dan hidrokarbon teroksiigenasi. Selain itu, minyak atsiri juga mengandung resin dan lilin dalam jumlah kecil yang merupakan komponen non-volatile. Jenis hidrokarbon yang terdapat dalam minyak atsiri terbentuk dari unsur hidrogen dan karbon yang mencakup *monoterpene*,

sesquiterpene, *diterpene* dan *politerpene*, serta *paraffin*, *olefin*, dan hidrokarbon aromatik. Sedangkan komponen yang termasuk dalam golongan hidrokarbon teroksigenasi adalah alkohol, aldehida, keton, oksida, ester dan ether. Golongan komponen hidrokarbon teroksigenasi merupakan komponen yang menyebabkan bau wangi pada minyak atsiri. Selain itu komponen hidrokarbon teroksigenasi mempunyai nilai kelarutan yang tinggi dalam alkohol encer, dan lebih tahan terhadap proses oksidasi dan resinifikasi. Berbeda dengan komponen hidrokarbon yang lebih mudah mengalami oksidasi dan resinifikasi, komponen hidrokarbon teroksigenasi dapat merusak bau serta menurunkan nilai kelarutan minyak dalam alkohol. Oleh karena itu, pada beberapa aplikasi penggunaan minyak atsiri seperti parfum, hidrokarbon berupa terpene perlu dipisahkan sehingga didapatkan minyak yang bebas dari terpene (Ketaren, 1985).

2.2 Ekstraksi Minyak Atsiri

Metode ekstraksi minyak atsiri dapat dilakukan dengan berbagai cara, yaitu:

2.2.1 Peremasan (*Expression*)

Metode *expression* biasa digunakan untuk mengekstrak minyak atsiri yang berasal dari buah salah satunya adalah buah jeruk. Metode *expression* dilakukan pada suhu ruang menggunakan peralatan yang terbuat dari batu atau kayu. Tujuan dari penggunaan metode *expression* ini adalah untuk menjaga kandungan komponen aldehida dalam buah jeruk karena ketidakstabilannya pada suhu tinggi. Selain itu aldehida dalam jeruk juga mudah teroksidasi dengan oksigen atmosferik menjadi asam malodorus karboksilat (Basser & Buchbaauer, 2010).

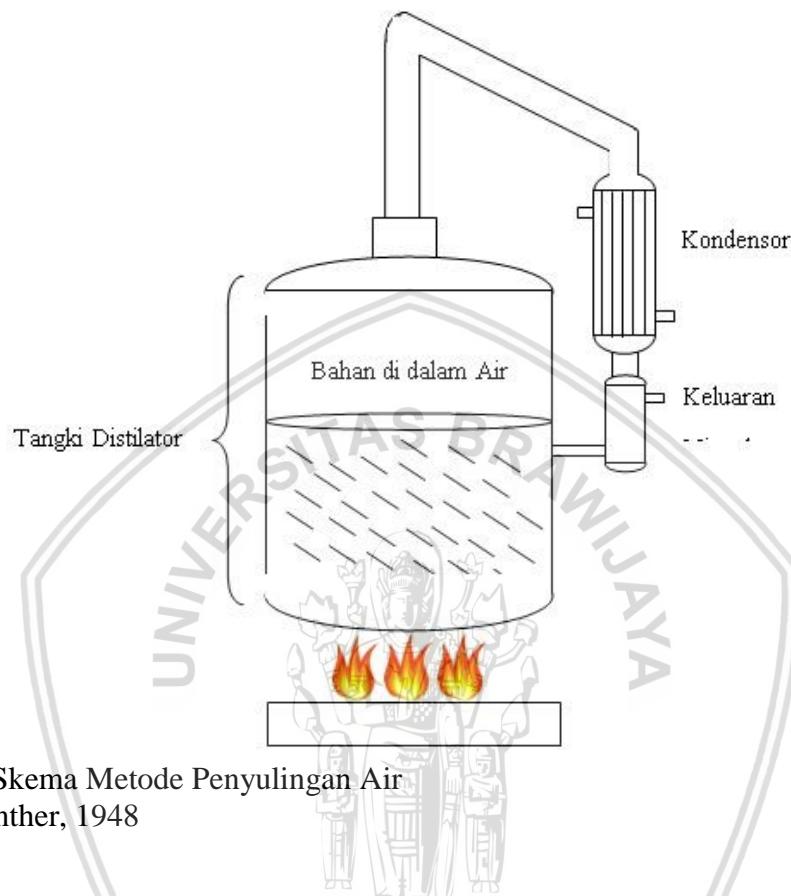
2.2.2 Ekstraksi Menggunakan Pelarut

Metode ekstraksi menggunakan pelarut digunakan untuk material tanaman yang rentan terhadap panas serta banyak diaplikasikan pada industri parfum untuk menjaga kualitas aroma minyak atsiri tetap baik. Pelarut yang digunakan adalah butana, hexana, etanol, metanol, atau eter. Metode ekstraksi menggunakan pelarut menghasilkan kualitas produk yang lebih baik dibanding menggunakan metode penyulingan dan dapat digunakan pada material tanaman yang memiliki kandungan minyak sedikit, namun yang menjadi kekurangannya adalah terbentuknya *concrete* dan *absolutes* yang seringkali mengandung pengotor dari pelarut yang digunakan, serta membutuhkan peralatan yang rumit (Kynes, 2013).

2.2.3 Penyulingan

Metode penyulingan minyak atsiri dari tumbuhan dapat dilakukan melalui dua cara (Guenther, 1948), yaitu:

1. Penyulingan Air (*Water Distillation*)



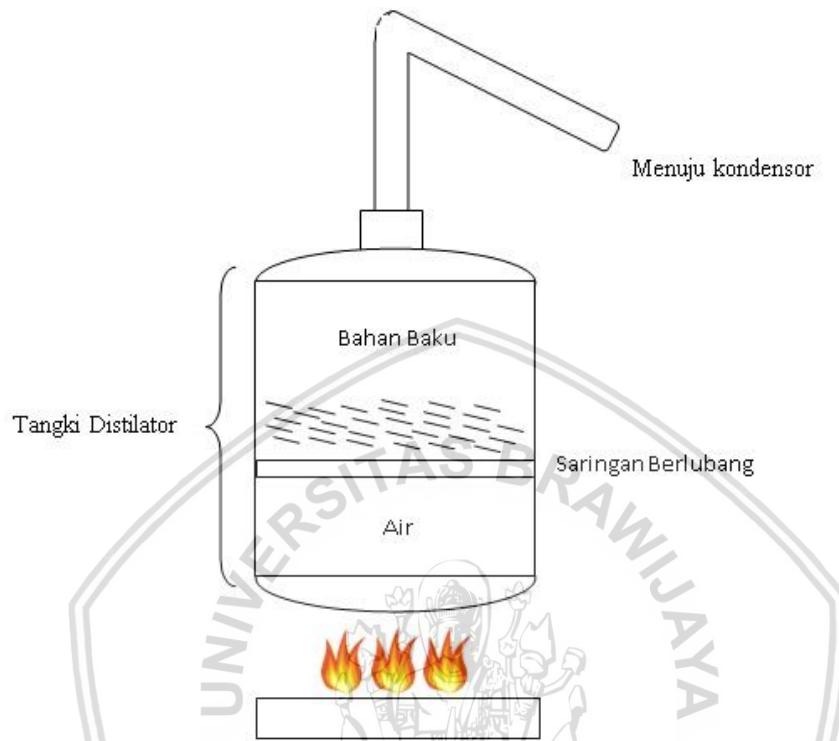
Gambar 2. 1 Skema Metode Penyulingan Air

Sumber: Guenther, 1948

Pada metode penyulingan air, material tanaman direndam dalam air kemudian dipanaskan hingga mendidih. Uap yang dihasilkan membawa minyak volatil secara bersamaan. Selanjutnya dilakukan pemisahan minyak dengan uap air menggunakan metode pendinginan dan kondensasi. Kekurangan dari metode penyulingan air adalah kerusakan material dan aroma yang dihasilkan karena paparan panas yang tinggi dan proses penyulingan yang cenderung lambat (Sawamura, 2010). Kekurangan lain dari metode penyulingan air adalah terdapatnya komponen yang larut dalam air, sehingga tidak dapat teruapkan dengan sempurna. Komponen yang dapat larut dalam air adalah alkohol dengan titik didih tinggi seperti *phenylethyl alcohol*, *cinnamyl alcohol*, dan *benzyl alcohol*. Sedangkan untuk kelebihan dari metode penyulingan air adalah dapat digunakan untuk material dengan ukuran yang kecil atau material tanaman yang mudah menggumpal, dimana uap tidak dapat memasuki material tersebut. Apabila menggunakan penyulingan air, gelembung uap yang langsung dihasilkan dari air mendidih akan membantu untuk

menguraikan material yang menggumpal tersebut, sehingga minyak yang terkandung dapat terlepaskan dan terbawa oleh uap air (Guenther, 1948)

2. Penyulingan Uap (*Steam Distillation*)



Gambar 2. 2 Skema Metode Penyulingan Uap
Sumber: Guenther, 1948

Penyulingan uap dapat didefinisikan sebagai pemisahan komponen suatu campuran dari dua jenis cairan atau lebih berdasarkan perbedaan tekanan uap dari masing-masing komponen tersebut (Geankoplis, 1993). Pada metode penyulingan uap, material tanaman diletakkan pada sebuah sekat di dalam distilator, sehingga material tanaman tidak terendam dalam air. Uap yang dihasilkan dari air kemudian naik melewati sekat berlubang untuk membawa minyak yang ada dalam material tanaman (Sawamura, 2010).

Kelebihan dari metode ini adalah tidak mudah terjadi *overheating* pada bahan yang disuling, dekomposisi minyak akibat hidrolisis ester, resinifikasi, dan polimerisasi lebih kecil, waktu penyulingan yang lebih pendek, dan rendemen minyak lebih tinggi. Meskipun demikian, kekurangan dari metode penyulingan uap adalah pada tekanan operasi yang rendah, dibutuhkan uap lebih banyak untuk menyuling bahan dengan titik didih yang tinggi. Selain itu, seringkali uap dapat mengembun di jaringan tumbuhan dan menyebabkan

penggumpalan bahan dalam tangki penyulingan sehingga uap sulit melakukan penetrasi ke dalam bahan, akibatnya proses penyulingan tidak berjalan optimal. (Guenther, 1948).

2.3 Penyulingan Uap

2.3.1. Prinsip Dasar Penyulingan Uap

Pemisahan komponen yang tidak saling larut dan membentuk dua fasa dapat dilakukan dengan penyulingan uap (Guenther, 1948; Basser & Buchbauer, 2016). Penyulingan uap banyak digunakan untuk mengekstraksi minyak atsiri dikarenakan pemisahannya dapat dilakukan pada suhu yang lebih rendah. Komponen minyak atsiri memiliki titik didih yang tinggi dan menjadi sulit untuk diekstraksi menggunakan penyulingan biasa karena akan terdekomposisi pada suhu tinggi. Selain itu, penyulingan uap dilakukan karena komponen minyak atsiri memiliki sifat tidak larut dalam air (Geankoplis, 1993).

Jika air (A) dan komponen dengan titik didih tinggi (B) (Geankoplis, 1993), seperti minyak atsiri (Guenther, 1948), didihkan pada tekanan 101.3 kPa abs menggunakan penyulingan uap, maka digunakan kaidah kesetimbangan fasa (Geankoplis, 1993), yaitu

$$F = C - P + 2 \quad (2-1)$$

dengan:

C = jumlah komponen

P = jumlah fasa pada kesetimbangan

F = variabel yang ditetapkan atau *degree of freedom* dari sistem

Pada penyulingan minyak atsiri, berlaku aturan kesetimbangan fasa terhadap dua komponen yang menghasilkan nilai *degree of freedom*, sebagai berikut:

$$F = C - P + 2 \quad (2-2)$$

$$F = 2 - 3 + 2 = 1 \quad (2-3)$$

Jumlah komponen (C) adalah 2 (minyak atsiri dan air), jumlah fasa pada kesetimbangan (P) adalah 3 (cair, cair, dan uap). Hasil perhitungan *degree of freedom* (F) adalah 1 maka hanya dibutuhkan satu variabel yang ditetapkan pada sistem untuk mengetahui variabel lainnya. Jika tekanan total ditentukan sebagai tekanan atmosferik, maka sistem dapat ditetapkan (Geankoplis, 1993). Hukum Dalton tentang tekanan parsial menyatakan bahwa tekanan total pada campuran gas adalah sama dengan jumlah tekanan parsial masing-masing gas (Geankoplis, 1993). Ketika jumlah tekanan parsial

murni sama dengan tekanan total, cairan akan mendidih (Geankoplis, 1993), yang dapat dituliskan dengan

$$P = P_A + P_B \quad (2-4)$$

dengan

P = tekanan uap total

P_A = tekanan uap parsial A

P_B = tekanan uap parsial B

Komposisi uap dalam sistem adalah

$$y_a = \frac{P_A}{P} \quad (2-5)$$

$$y_b = \frac{P_B}{P} \quad (2-6)$$

dengan

y_a = komposisi uap komponen A

y_b = komposisi uap komponen B

P_A = tekanan uap parsial A

P_B = tekanan uap parsial B

P = tekanan uap total

Dari penjelasan mengenai kesetimbangan fasa tersebut, maka ketika digunakan penyulingan uap, minyak atsiri dapat teruapkan pada suhu di bawah titik didihnya tanpa perlu menggunakan tekanan vakum. Uap dari air sebagai komponen A dan uap minyak atsiri sebagai komponen B dikondensasi dalam kondenser sehingga menghasilkan dua cairan yang tidak saling larut dan mudah dipisahkan (Geankoplis, 1993).

2.4 Faktor yang Mempengaruhi Rendemen dan Komposisi Minyak Atsiri

Faktor-faktor yang mempengaruhi mutu minyak atsiri antara lain adalah jenis tanaman, umur panen, perlakuan bahan sebelum penyulingan, sistem operasi penyulingan, jenis peralatan penyulingan, kondisi proses penyulingan, dan perlakuan terhadap minyak atsiri setelah penyulingan (Ketaren, 1985).

2.4.1. Kominusi (Perajangan)

Minyak atsiri berada pada kelenjar atau kantong minyak sebuah tanaman. Kominusi bertujuan untuk membuka kelenjar minyak atau kantong minyak tersebut sehingga minyak atsiri lebih mudah dilepas oleh uap penyulingan (Guenther, 1948).

Selama proses perajangan, senyawa volatil dengan titik didih lebih rendah akan lebih mudah menguap. Oleh karena itu, untuk mendapatkan rendemen dan komposisi minyak yang tinggi, maka hasil kominusi harus segera disuling (Ketaren, 1985).

2.4.2. Pengeringan

Pengeringan bahan baku minyak atsiri bertujuan untuk mengurangi kadar air di dalam bahan baku tersebut. Tinggi rendahnya kadar air di dalam bahan baku dapat mempengaruhi kualitas minyak atsiri yang dihasilkan. Apabila kadar air dalam bahan baku tinggi, penguapan senyawa volatil pada saat penyulingan dapat terganggu oleh adanya air, sehingga diperlukan waktu penyulingan yang lebih lama. Namun, apabila kadar air dalam bahan baku rendah, proses penyulingan minyak juga akan terganggu karena minyak tidak dapat berdifusi dengan mudah tanpa bantuan uap air sebagai media pembawa (Guenther, 1987). Perlu diperhatikan juga bahwa pada proses pengeringan, hilangnya kadar air juga dapat diikuti oleh hilangnya senyawa volatil, karena air merupakan media pembawa untuk senyawa volatil berdifusi (Ketaren, 1985).

Menurut Nurdjanah, dkk (2006), pada produksi minyak nilam, pengeringan dilakukan hingga mencapai kadar air daun siap suling (12-15%). Tanda pengeringan sudah cukup dilakukan yaitu dengan munculnya bau yang lebih keras dan khas tumbuhan tersebut bila dibandingkan dengan daun segar (Guenther, 1942).

2.4.3. Kepadatan Bahan

Kepadatan bahan yang terlalu tinggi menyebabkan terbentuknya jalur uap atau disebut *channeling* yang mengurangi efisiensi penyulingan karena mengurangi kontak antara uap dengan daun yang akan disuling (Guenther, 1948). *Channeling* merupakan karakter aliran yang ditunjukkan dengan terbentuknya aliran kecil dari fluida (cairan/gas) yang berada diantara tumpukan *bed* atau bahan dimana *aliran* fluida yang melewati tumpukan *bed* tersebut terlalu besar. Akibat dari *channeling* adalah adanya sebagian dari *bed* atau bahan tidak mengalami kontak secara baik dengan fluida sehingga hasil yang diperoleh tidak optimal (McCabe, dkk., 1993).

2.4.4. Kondisi Operasi Penyulingan

Menurut Guenther (1948), untuk memperoleh minyak atsiri dengan kualitas terbaik, maka penyulingan sebaiknya dilakukan pada tekanan rendah atau pada tekanan tinggi namun dalam waktu penyulingan yang singkat. Pada penyulingan uap tekanan operasi akan menentukan suhu operasi penyulingan. Proses penyulingan dengan menggunakan tekanan dan suhu yang rendah menghindarkan minyak atsiri dari kerusakan akibat panas. Senyawa volatil dari minyak atsiri pada umumnya dapat rusak pada suhu tinggi.

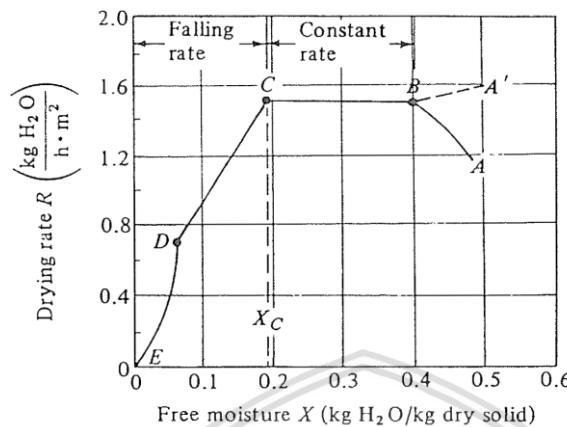
2.5 Proses Pengeringan

Proses pengeringan melibatkan penghilangan *unbound (free) water* dari permukaan kemudian dilanjutkan dengan penghilangan *bound water* dari bagian dalam bahan hingga batas yang ditentukan. *Bound water* merupakan air dalam padatan yang memberikan tekanan uap yang lebih rendah dibandingkan dengan tekanan uap air murni pada kondisi suhu yang sama. Jika material mengandung kadar air yang melebihi kelembapan relatifnya maka kadar air akan memberikan tekanan yang sama dengan air murni pada suhu yang sama. Sedangkan, kadar air berlebih yang memberikan tekanan uap yang sama dengan air murni pada kondisi suhu yang sama disebut dengan *unbound water*. *Unbound water* biasanya terdapat pada rongga pori padatan. Substansi yang mengandung *bound water* disebut dengan material higroskopis. (Geankoplis, 1993)

Gambar 2.5 menunjukkan kurva laju pengeringan pada kondisi konstan. A merupakan kadar *free water* pada awal proses pengeringan. Suhu bahan yang lebih rendah akan meningkat dengan adanya proses evaporasi. Pada titik B terjadi peningkatan suhu permukaan pada nilai kesetimbangannya. Titik B ke C merupakan garis lurus yang menyatakan bahwa kecepatan pada periode tersebut adalah konstan, yang disebut dengan periode *constant-rate-drying*. Pada titik C, kecepatan pengeringan akan menurun memasuki periode *falling-rate*, yang ditunjukkan garis dari titik C ke D. Pada titik D, kecepatan pengeringan menurun dengan lebih cepat hingga menyentuh titik E (Geankoplis, 1993).

Proses pengeringan pada periode *constant-drying* akan mengurangi *unbound water* pada permukaan bahan. Jika bahan berpori, maka air yang terevaporasi berasal dari dalam bahan yaitu pada pori. Periode *constant drying* berlangsung selama proses difusi air menuju permukaan bahan. Evaporasi pada periode *constant drying* berlangsung pada kondisi *wet bulb temperature*, dan pada keadaan tanpa adanya perpindahan panas dari lingkungan melalui radiasi atau konduksi, suhu permukaan bahan setara dengan *wet bulb temperature*. (Geankoplis, 1993). Titik C pada gambar 2.5 menunjukkan adanya titik kritis kadar air bebas X_c . Titik C menunjukkan kadar air yang ada di permukaan tidak mencukupi untuk menjaga adanya lapisan air di permukaan bahan. Seluruh permukaan bahan telah mengering dan area yang terbasahi terus berkurang pada periode *falling-rate drying* pertama hingga permukaan kering seluruhnya pada titik D. Periode

falling-rate drying kedua, dimulai pada titik D dimana luasan proses evaporasi di permukaan berkurang secara perlahan (Geankoplis, 1993).



Gambar 2. 3 Kurva laju pengeringan

Sumber: Geankoplis, 1993

Ketika pengeringan terjadi karena penguapan kadar air, air harus bergerak dari dalam menuju ke permukaan bahan melalui proses difusi pada bahan. Difusi merupakan proses molekuler di mana terjadi perpindahan secara acak pada tiap molekul. Jika semua molekul air dalam bahan bebas berpindah, maka difusi akan cenderung terjadi dari daerah dengan konsentrasi kelembaban yang lebih tinggi menuju ke konsentrasi kelembaban yang lebih rendah, sehingga mengurangi gradien kelembaban dan menyamakan konsentrasi kelembaban dalam bahan yang dikeringkan (Green & Perry, 2008). Ketika bahan yang dikeringkan berbentuk granul dan berpori, *unbound water* dan *free water* bergerak melalui saluran kapiler dan rongga dengan *capillary action* bukan dengan difusi (Geankoplis, 1993).

Hilangnya kadar air akan mengakibatkan penyusutan yang mempengaruhi laju pengeringan. Penyusutan akan mengakibatkan terbentuknya lapisan keras pada permukaan yang menahan aliran *liquid* maupun uap dan menurunkan laju pengeringan, hal tersebut biasa disebut dengan *hardening*. Penyusutan juga mengakibatkan bahan melengkung dan merubah struktur bahan (Geankoplis, 1993).

2.5.1. Metode Pengeringan

Metode dan proses pengeringan dapat diklasifikasikan ke dalam dua jenis, yaitu proses *batch* dimana material diumpulkan ke alat pengering dan dikeringkan selama periode waktu tertentu. Kedua adalah proses kontinyu dimana material secara

berkesinambungan diumpulkan ke dalam alat pengering dan material kering secara berkesinambungan pula dikeluarkan. Klasifikasi lainnya adalah proses pengeringan yang terbagi menjadi tiga jenis yaitu pertama panas ditambahkan secara langsung melalui udara yang dipanaskan, yang kedua pada pengeringan vakum, penghilangan air dilakukan pada tekanan rendah dan panas ditambahkan secara tidak langsung melalui kontak dengan dinding logam atau radiasi, dan yang ketiga adalah pengeringan beku dimana air disublimasi dari material beku (Geankoplis, 1993).

Terdapat beragam metode pengeringan, baik secara tradisional atau menggunakan bantuan alat pengering, yang dapat digunakan untuk mengeringkan bahan baku minyak atsiri. Berbagai metode pengeringan yang dapat digunakan antara lain adalah:

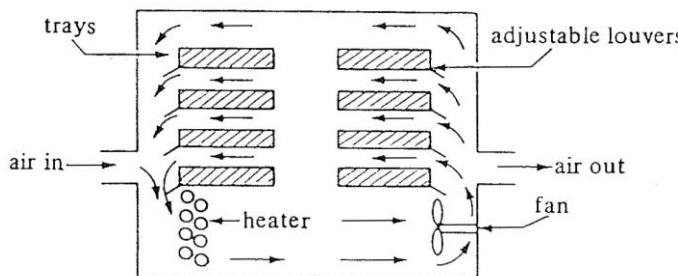
1. *Shade drying*

Proses pengeringan dilakukan pada tempat yang terhindar dari matahari dengan suhu, kelembapan yang bergantung pada lingkungan dan ventilasi yang cukup (Babu, dkk., 2018). *Shade drying* dapat dilakukan dengan meletakkan bahan minyak atsiri secara merata pada rak yang tidak terpapar sinar matahari secara langsung baik di dalam ruangan maupun di luar ruangan. Kondisi tempat pengeringan juga harus memiliki sirkulasi udara yang baik dan tidak lembab agar bahan yang dikeringkan tidak busuk. Bahan minyak atsiri sebaiknya tidak diletakkan di lantai tanpa alas kain atau terpal, karena lantai yang lembab menyebabkan bahan menjadi sulit untuk kering (WHO, 2003; Mashkani, dkk., 2018). Metode *shade drying* banyak digunakan untuk menghindari perubahan terhadap warna bahan, namun proses pengeringan membutuhkan waktu yang lama hingga tercapai kandungan air dalam bahan yang diinginkan.

Kecepatan evaporasi air pada pengeringan *shade drying* bergantung pada kondisi iklim eksternal. Hal tersebut sangat bergantung pada kondisi geografis lokasi pengeringan dan suhu udara pada musim dilakukannya pengeringan, humiditas relatif serta variasi kecepatan udara. Pada kondisi iklim yang panas dan hari yang cerah, daun dapat mengering dalam beberapa hari seiring dengan proses evaporasi air yang lebih cepat. Lamanya waktu pengeringan dipengaruhi oleh kelembapan udara yang ada di sekitar bahan dan aliran udara laminar selama proses pengeringan (Babu, dkk., 2018). Kota Malang memiliki nilai rata-rata kelembapan udara relatif sebesar 79% - 86%, dengan nilai minimumnya adalah 40% dan nilai maksimumnya adalah 99% (Dinas Komunikasi dan Informatika Pemerintah Kota Malang, 2018).



2. Hot air dryer menggunakan *Tray Dryer*



Gambar 2. 4 Tray Dryer

Sumber : Geankoplis, 1993

Pada *tray dryer*, bahan baku minyak atsiri diletakkan secara merata pada *tray* logam yang berada di dalam sebuah wadah menyerupai lemari. Penggunaan *tray* bertujuan untuk mempermudah paparan udara panas pada ruang tertutup yang disebut dengan cabinet (Geankoplis, 1993). Pengeringan dilakukan menggunakan uap panas yang disirkulasikan dengan *fan* melewati permukaan *tray* dan radiasi elemen pemanas.

Ketika suhu udara panas ditingkatkan melebihi suhu lingkungan, humiditas relatif akan berkurang dan potensi terjadinya pengeringan akan meningkat. Peningkatan suhu dengan pengurangan sirkulasi dapat mengendalikan kecepatan pengeringan dengan meningkatkan tahanan kapasitas kadar air dalam udara dan juga mempercepat difusi air melalui bahan. Namun, suhu yang terlalu tinggi pada awal proses pengeringan dapat mengakibatkan *hardening*, hangusnya daun, dan perubahan struktur daun. Suhu yang terlalu rendah juga dapat memicu pembusukan bahan dan menurunkan kecepatan pengeringan.

Waktu pengeringan dan kualitas bahan bergantung pada kecepatan aliran dan sirkulasi udara yang seragam. Sirkulasi udara dengan nilai persen relatif humiditas yang rendah diperlukan untuk mengganti udara sekitar permukaan bahan yang memiliki kadar air tinggi. Pada pengeringan dengan suhu konstan, aliran udara berkecepatan tinggi dapat mempersingkat waktu pengeringan dengan mempercepat hilangnya kadar air oleh evaporasi pada permukaan bahan (Babu, dkk., 2018).

Sebaran dan ketebalan bahan pada permukaan *tray dryer* harus diperhitungkan dalam proses pengeringan. Ketebalan bahan yang dikeringkan harus disesuaikan untuk menghindari channeling udara. Bahan dengan ukuran yang besar dikeringkan dalam lapisan yang tipis dan longgar. Ketebalan lapisan bahan yang meningkat dapat

mengakibatkan kadar air yang tidak akan mencapai permukaan dengan kecepatan yang tinggi untuk dihilangkan (Babu, dkk., 2018).

3. Vacuum Drying

Pengeringan secara vakum banyak digunakan untuk bahan yang sensitif pada suhu tinggi, seperti bahan minyak atsiri. Alat pengering vakum memiliki bentuk yang hampir sama dengan *tray dryer*, dimana menyerupai lemari dengan *tray* di dalamnya. Namun yang membedakan adalah desainnya yang tertutup sehingga dapat dioperasikan pada tekanan vakum. Panas dialirkkan secara konduksi melalui dinding logam *tray* dan melalui radiasi di dalam lemari tersebut (Geankoplis, 1993).

Proses pengeringan vakum dilakukan pada tekanan dibawah tekanan atmosferik yang mengakibatkan pengeringan berjalan pada suhu yang lebih rendah karena penurunan titik didih air (Babu, dkk., 2018). Penggunaan tekanan vakum pada pengeringan juga dapat dilakukan untuk mempercepat laju pengeringan meskipun kondisi suhu operasi pengeringan rendah. Keuntungan dari pengeringan menggunakan tekanan vakum adalah bahan tidak mudah mengalami oksidasi, dikarenakan bahan yang dikeringkan tidak berkontak langsung dengan udara. Selain itu, bahan juga tidak mudah mengalami degradasi karena suhu operasi yang rendah (Orikasa, 2013).

2.6 Parameter yang Mempengaruhi Pengeringan Bahan

2.6.1. Kelembapan Udara

Kelembapan udara didefinisikan sebagai massa uap air (kg) yang terkandung dalam 1 kg udara kering. Pengertian ini didasarkan pada tekanan parsial (p_A) uap air di udara dan tekanan total (P), yang ditunjukkan melalui persamaan 2-7.

$$H = \frac{18,02}{28,97} \frac{p_A}{P - p_A} \quad (2-7)$$

Udara dapat menjadi jenuh apabila uap air dalam udara berkesetimbangan dengan air di fasa cair pada kondisi suhu dan tekanan yang diberikan. Pada keadaan ini, tekanan parsial (p_A) uap air dalam udara bernilai sama dengan tekanan uap air murni (p_{AS}), sehingga persamaannya menjadi

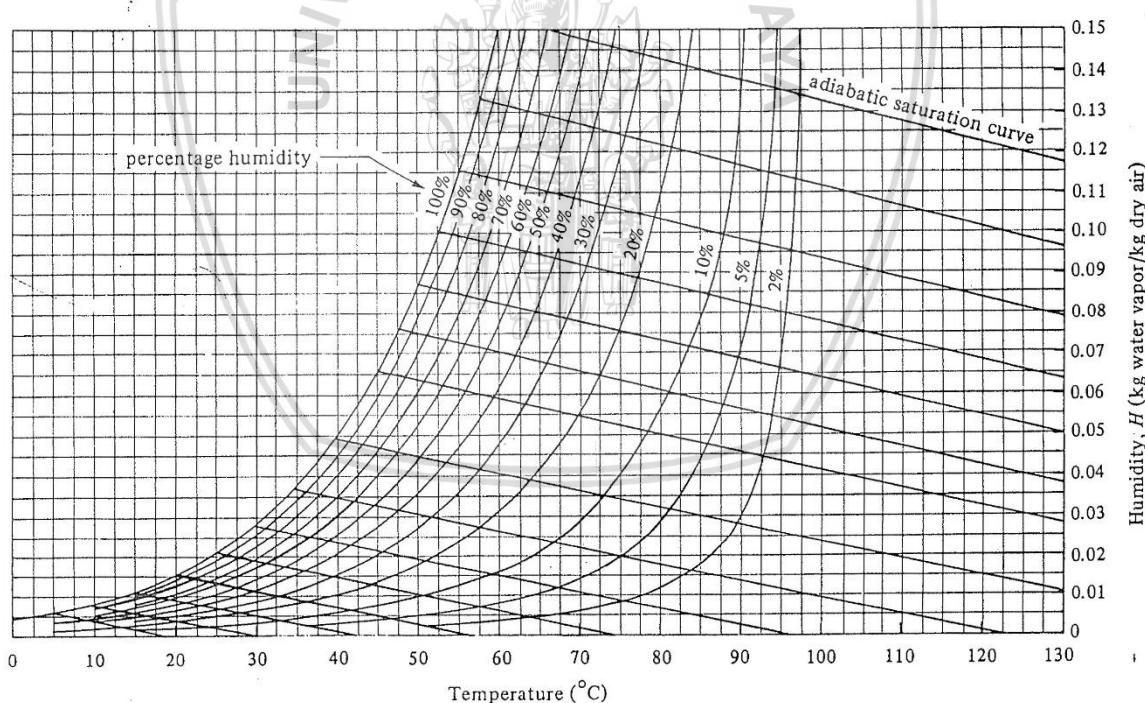
$$H_s = \frac{18,02}{28,97} \frac{p_{AS}}{P - p_{AS}} \quad (2-8)$$

Jumlah udara jenuh dapat dirumuskan sebagai persentase kelembapan relatif dengan persamaan sebagai berikut

$$H_R = 100 \frac{p_A}{p_{AS}} \quad (2-9)$$

Suhu dimana kondisi udara jenuh terjadi disebut dengan *dew-point temperature*. Sedangkan suhu aktual campuran udara dan uap air disebut dengan *dry bulb temperature*. Apabila suhu aktual dari campuran uap air-udara berada di atas atau di bawah *dew point temperature*, maka perlu dilakukan pemanasan atau pendinginan untuk membuat udara menjadi jenuh. Hubungan antara kelembapan relatif, *dry bulb temperature*, dan kelembapan udara digambarkan dalam gambar 2.3.

Pada pengeringan bahan, kelembapan udara menjadi faktor yang penting untuk diperhatikan karena proses pengeringan dapat berlangsung hingga kondisi udara menjadi jenuh. Apabila kelembapan udara rendah, maka pengeringan dapat berlangsung lebih cepat, sedangkan pada kelembapan udara yang tinggi, pengeringan berlangsung lebih lama.



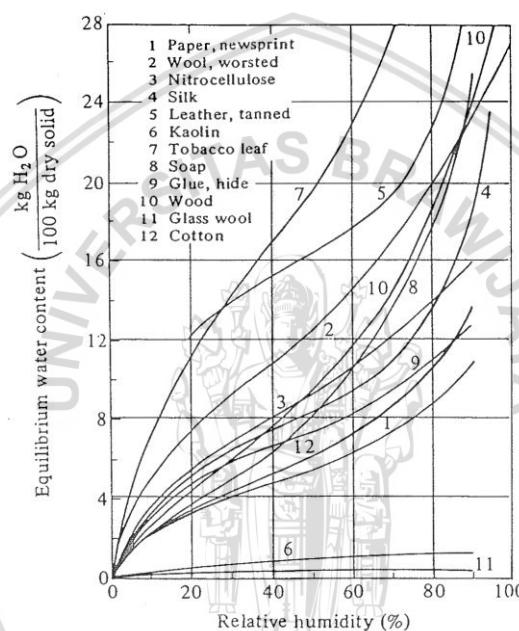
Gambar 2. 5 Grafik Kelembapan Campuran Udara-Uap Air
Sumber: Geankoplis, 1993

2.6.2. Kesetimbangan Kadar Air

Kadar air suatu bahan biasanya dihitung sebagai *dry basis* yaitu berdasarkan kg air/kg bahan kering. Setiap bahan memiliki kesetimbangan kadar air yang berbeda bergantung pada struktur bahan tersebut, misalnya ukuran pori dalam bahan tersebut.

Apabila suatu bahan mengandung air lebih dari nilai kesetimbangannya, ketika berkontak dengan udara yang memiliki kelembapan tertentu, bahan tersebut akan mengering hingga tercapai nilai kesetimbangannya. Sebaliknya, apabila suatu bahan mengandung air kurang dari nilai kesetimbangannya, maka ketika berkontak dengan udara yang memiliki kelembapan tertentu, bahan tersebut akan menyerap air hingga mencapai nilai kesetimbangannya (Geankoplis, 1993)

Kesetimbangan kadar air bervariasi sesuai dengan tipe bahan dan persen kelembapan relatif lingkungan, seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.4 yang merupakan kurva kesetimbangan kadar air pada beberapa bahan dan material.



Gambar 2. 6 Hubungan Kesetimbangan Kadar Air dengan Kelembapan Relatif pada Berbagai Bahan

Sumber: Geankoplis, 1993

2.6.3. Suhu Kondisi Pengeringan

Pada saat proses pengeringan dilakukan, suhu merupakan parameter yang mempengaruhi harus diperhatikan untuk menghasilkan kualitas bahan yang baik. Hal ini disebabkan karena apabila suhu operasi pengeringan terlalu tinggi melebihi 70^0 C , daun akan mengalami kerusakan berupa perubahan fisik dan struktur menjadi kering dan rapuh, serta terjadi perubahan komponen kimiawi di dalam daun. Di sisi lain, apabila suhu operasi pengeringan terlalu rendah, kondisi daun akan menjadi lembab sehingga memudahkan untuk terjadi pembusukan atau menjadi berjamur (Babu, dkk., 2018).

2.6.4. Laju Aliran Udara

Proses pengeringan juga dipengaruhi oleh laju alir udara, dimana aliran udara pada permukaan daun akan mengikat kelembaban jenuh di sekeliling daun dan menggantikannya dengan udara yang memiliki kelembaban relatif yang lebih rendah sehingga proses difusi air dapat terjadi. Kecepatan dari aliran udara ini perlu diperhatikan karena apabila terlalu cepat justru akan menyebabkan kerusakan pada daun berupa perubahan struktur. Namun apabila aliran udara terlalu lambat, transfer panas dari permukaan daun dengan aliran udara tidak berlangsung efektif, sehingga laju pengeringan juga tidak berlangsung cepat (Babu, dkk., 2018).

2.6.5. Ketebalan Sebaran Bahan saat Pengeringan

Sebaran dan ketebalan bahan pada permukaan *tray dryer* harus diperhitungkan dalam proses pengeringan. Ketebalan bahan yang dikeringkan harus disesuaikan untuk menghindari channeling udara. Bahan dengan ukuran yang besar dikeringkan dalam lapisan yang tipis dan longgar. Ketebalan lapisan bahan yang meningkat dapat mengakibatkan kadar air yang tidak akan mencapai permukaan dengan kecepatan yang tinggi untuk dihilangkan (Babu, dkk., 2018).

2.7 Minyak Atsiri Daun Jeruk Purut

2.6.1. Morfologi Tumbuhan Jeruk Purut



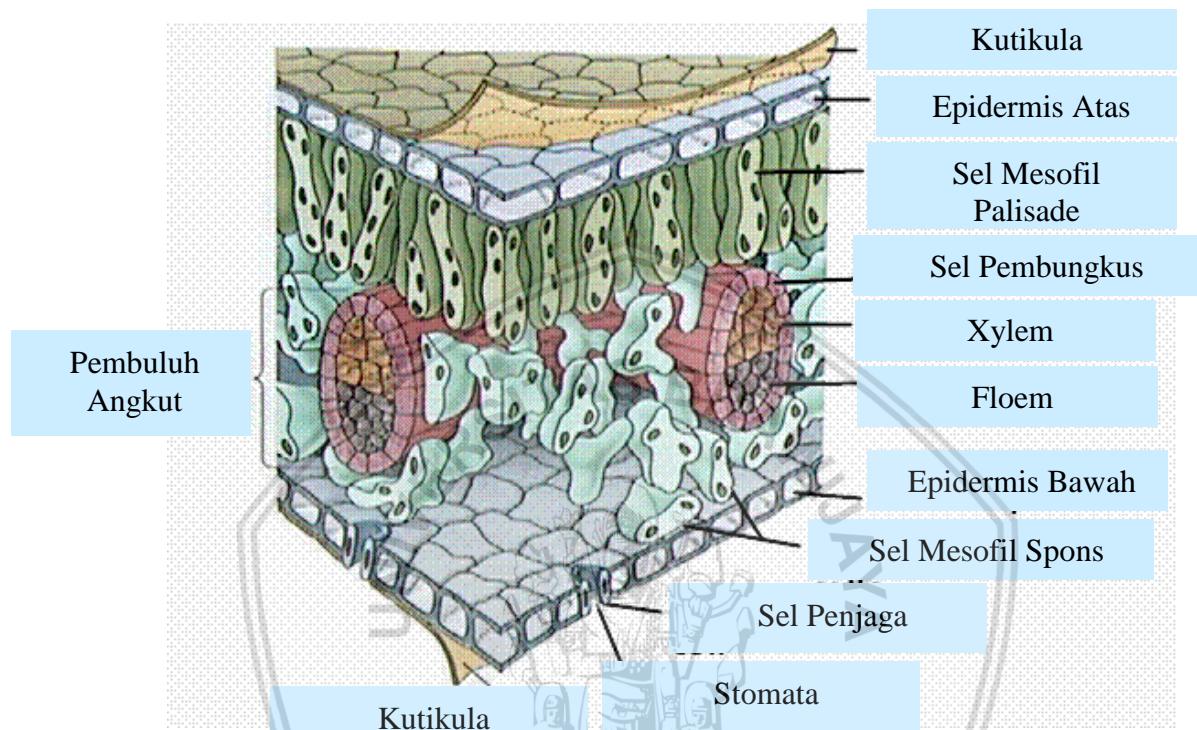
Gambar 2. 7 Daun dan Buah Jeruk Purut

Sumber: Jung, Susan, 2014 (diakses 16 Oktober 2018)

Jeruk purut (*Citrus hystrix* D.C) merupakan tanaman anggota family *Rutaceae*. Pohon jeruk purut berbentuk kecil, dengan tinggi sekitar 3 - 12 meter dan lebar sekitar 2,5 – 3 m. Buah jeruk purut beraroma wangi agak keras dengan ukuran lebih kecil dari sekepalan tangan, bentuknya membulat tapi memiliki banyak tonjolan dan berbintil. Kulit buah jeruk purut berbentuk tebal dan berwarna hijau. Daun jeruk purut berwarna hijau tua mengkilat dan memiliki bau sedap. Setiap daun terdiri dari 2 bagian, terlihat seperti daun ganda. Bentuknya bulat dengan ujung tumpul. Ukuran daun jeruk purut

bervariasi dan semakin besar ukuran daun biasanya warnanya akan semakin gelap. Daun jeruk purut dapat digunakan sebagai bumbu penyedap pada masakan, bahan untuk aromaterapi dan berbagai aplikasi dalam pengobatan (Wongpornchai, dkk., 2012).

2.6.2. Anatomi Daun Jeruk Purut



Gambar 2. 8 Struktur Penampang Daun

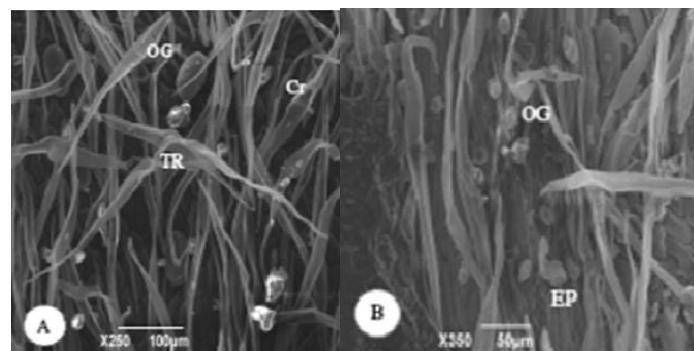
Sumber : Farabee, 2007, <https://www2.estrellamountain.edu/> diakses 6 September 2018

Secara umum, daun jeruk purut memiliki anatomi yang hampir sama dengan daun pada umumnya, seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.8

Pada lapisan epidermis bagian atas mengandung jaringan ekskresi baik ekskresi intraselular maupun sekresi ekstraselular. Jaringan ekskresi intraselular menghasilkan material yang disekreasi dan disimpan di dalam sel, sedangkan jaringan ekskresi ekstraselular menghasilkan material yang diekskresikan di luar sel. Minyak atsiri pada tumbuhan dihasilkan melalui jaringan ekskresi intraselular yang disebut glandular trikoma (Telfser, 2017).

Pada struktur daun juga terdapat jaringan pengangkut yaitu xylem dan floem. Pembuluh kayu (xylem) berfungsi untuk mengangkut air dan nutrisi lainnya menuju daun, sedangkan pembuluh tapis berfungsi untuk mengangkut hasil fotosintesis dari daun menuju bagian tumbuhan yang lainnya. Kadar air yang tinggi di dalam daun diperoleh karena xylem terlalu banyak mengangkut air, sehingga air tersebut disimpan

dalam ruang antar sel. Terdapat kelenjar dalam daun yang berfungsi untuk mengsekresikan air keluar dari daun melalui stomata yaitu kelenjar hidatoda yang terletak pada jaringan epitem di bagian ujung xylem.



Gambar 2. 9 Struktur Epidermis Atas pada Daun

Sumber: Buyisile, Mayekiso, 2009

Pada proses pengeringan daun jeruk purut, terdapat tiga proses yang menggambarkan perpindahan air, yaitu melalui dinding sel, melalui vakuola, dan ruangan intraseluler. Proses difusi air ke luar daun pada saat kandungan air masih tinggi diawali melalui vakuola, selanjutnya baru dilanjutkan dengan difusi air pada ruang intraseluler. Air dari dalam daun dikeluarkan melewati stomata, melalui difusi uap air yang disebabkan oleh perbedaan konsentrasi uap air di dalam daun dengan di lingkungan sekitar daun. Kehilangan air dalam proses pengeringan juga dipengaruhi oleh lapisan udara yang berada di sekitar daun. Uap air yang berdifusi dari dalam daun ke luar ditahan oleh lapisan udara tersebut, sehingga proses difusinya menjadi lambat. Namun, adanya lapisan udara tersebut dapat dicegah dengan sirkulasi udara di sekitar daun yang cepat. Oleh karena itu, proses pengeringan dapat berlangsung lebih cepat dengan adanya sirkulasi udara yang cepat, karena proses difusi uap air dari dalam daun menuju ke luar daun berlangsung cepat (Telfser, 2017).

Sel dalam daun dapat mengalami kerusakan selama proses pengeringan, akibat hilangnya tekanan turgor. Tekanan turgor merupakan tekanan yang mendorong membran sel terhadap dinding sel pada tumbuhan. Tekanan ini disebabkan oleh adanya osmosis air dari konsentrasi terlarut rendah (hipotonik) di luar sel ke dalam vakuola sel yang memiliki konsentrasi terlarut lebih tinggi. Pada keadaan normal, molekul air terikat dengan fosfolipid dalam membrane sel melalui ikatan hydrogen, dimana adanya molekul air ini dapat meningkatkan kekuatan dari membrane sel. Selama pengeringan, ikatan

hidrogen tersebut menjadi rusak seiring dengan menguapnya kandungan air dalam sel, sehingga kekuatan sel menjadi hilang dan sel menjadi rusak (Telfser, 2017).

2.6.3. Komponen Minyak Daun Jeruk Purut

Konstituen utama dari minyak daun jeruk purut antara lain sitronelal, sitronelol yang seluruhnya merupakan aroma volatil yang termasuk pada kelompok monoterpen, serta linalool. Senyawa volatil minyak atsiri yang diperoleh dari daun dan kulit buah jeruk purut adalah sama namun kuantitas komponen yang dimiliki berbeda (Wongpornchai, 2012).

Tabel 2. 1 Standar Kualitas Minyak Daun Jeruk Purut

Parameter	Nilai
Warna	Jernih hingga kuning terang
Densitas	0,850 – 0,870
Rotasi Optik	-5 ⁰ hingga -15 ⁰
Indek Refraktif	1,440 hingga 1,460
Klarutan	Larut dalam etanol, tidak larut dalam air
Rendemen	0,899% ² hingga 2,667% ³

Sumber: Ultra International, B.V., 2016 (diakses 8 Maret 2018), ²Wulandari, 2017

Tabel 2. 2 Komposisi Minyak Daun Jeruk Purut

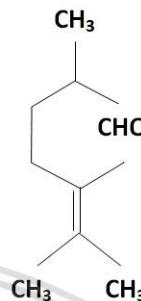
Komponen	Percentase
Sitronelal	60 – 70%
Sitronelol	10 %
Linalol	3,69 %
Sitronelil Asetat	1- 6%
Komponen Lain	6,29 %

Sumber: Ultra International B.V., 2016 (diakses 8 Maret 2018)

1. Sitronelal

Sitronelal ($C_{10}H_{18}O$) memiliki berat molekul sebesar 154.2 kg/kgmol. Titik didih yang dimiliki sitronellal sebesar 206 °C. Sitronelal yang merupakan aldehida tidak larut dalam air namun larut dalam minyak atsiri dan etanol (Burdock, 2010). Sitronelal merupakan komponen utama dalam minyak atsiri daun jeruk purut, sifatnya yang tidak larut dalam air membuat sitronelal mudah dipisahkan dengan menggunakan penyulingan uap dan pada saat kondensasi sitronelal terpisah secara langsung dengan air dan larut dalam minyak atsiri. Sitronelal dapat diproses menjadi komponen lain seperti mentol yang digunakan dalam makanan dan minuman. Selain itu, sitronelal juga dapat diproses menjadi alkil sitronelol atau hidroksi sitronelal yang memiliki aroma

sangat wangi, sehingga dapat digunakan dalam industri parfum dan kosmetik (Sastrohamidjojo, 2004). Menurut parameter baku mutu SNI 06-0026-1987 mengenai sitronelal, massa jenis dari sitronelal pada suhu 25 °C/25 °C berkisar antara 0.850-0.860, indeks bias pada suhu 25 °C berskisar antara 1.4440-1.4540 dan putaran optik berkisar antara (-1)-(+11) (SNI, 1987).

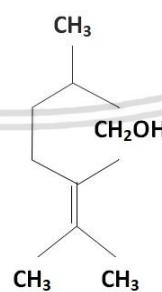


Gambar 2. 10 Struktur kimia Sitronelal

Sumber: Burdock, 2010

2. Sitronelol

Sitronelol mempunyai struktur kimia yaitu C₁₀H₂₀O, dimana berat molekulnya adalah 156.26 kg/kgmol. Titik didih sitronelol berkisar antara 103 – 105,5°C. Sitronelol berbentuk cairan tak berwarna dan beraroma seperti bunga mawar dan dapat larut pada air, pelarut organik, serta alkohol 70% dengan perbandingan 1:2. Sitronelol dapat diperoleh dari minyak sereh, minyak bunga mawar, minyak daun cengkeh, dan minyak jeruk purut. Sitronelol juga banyak digunakan pada berbagai industri seperti industri makanan dan minuman serta parfum (Fenaroli, 1975)

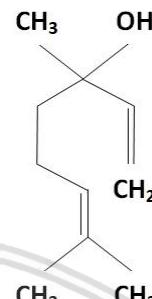


Gambar 2. 11 Struktur kimia Sitronelol

Sumber: Burdock, 2010

3. Linalool

Linalool ($C_{10}H_{18}$) bewujud sebagai cairan bening memiliki aroma floral yang menyenangkan, dan bebas dari aroma kamfor dan terpen. Berat molekul dari linalool adalah 154.25 kg/kmol dengan titik didih 198 °C. Linalool larut dalam etanol dan minyak atsiri (Burdock, 2010).



Gambar 2. 12 Struktur kimia Linalool

Sumber: Burdock, 2010

2.8 Penelitian Terdahulu

Tabel 2. 3 Penelitian terdahulu

Penelitian (Tahun)	Tujuan Penelitian	Bahan	Hasil Penelitian	Keterangan
		Variabel Terbaik		
Phoungchandang &Wichayawadee (2008)	Pengaruh Metode Pengeringan terhadap Komponen	Daun Jeruk Purut	<i>Heat Pump</i> <i>Dehumidied</i> <i>Drying</i> pada 40 °C	Komposisi sitronelal meningkat 75% dibanding dengan <i>tray dryer</i> pada suhu yang sama
Therdthai, Nantawan., dkk (2008)	Pengaruh Metode Pengeringan terhadap Karakterisasi Daun	Daun Mint	<i>Microwave</i> <i>Vacuum Drying</i>	Waktu pengeringan lebih cepat 85% dan perubahan warna tidak terlalu besar dibanding dengan <i>Hot Air</i> <i>Drying</i> .

Lanjutan Tabel 2. 4 Penelitian terdahulu

Penelitian (Tahun)	Tujuan Penelitian	Bahan	Hasil Penelitian	
			Variabel Terbaik	Keterangan
Raksakantong, Pornpimol., dkk (2012)	Pengaruh Metode Pengeringan terhadap Komponen	Daun Jeruk Purut	<i>Low Relative Humidity</i> pada 50°C	Komposisi sitronelal meningkat 27% dibanding jeruk purut segar
Hassanpuragh Dam, dkk (2013)	Pengaruh Metode Pengeringan terhadap Rendemen	Bunga Mint	<i>Shade Drying</i>	Rendemen meningkat 60% dibanding dengan <i>oven</i> <i>drying</i> pada suhu 60 °C



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Jenis Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Bioproses, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya. Penelitian merupakan eksperimental untuk mengetahui pengaruh variasi metode pengeringan daun jeruk purut terhadap rendemen dan komposisi minyak daun jeruk purut. Metode pengeringan yang digunakan adalah *Shade Drying*, *Hot Air Drying* dan *Vacuum Drying*. Pengeringan dilakukan pada daun jeruk purut segar yang memiliki kandungan air 65-75% untuk setiap variasinya hingga kandungan air di dalam daun jeruk purut mencapai $15 \pm 2\%$. Proses penyulingan dilakukan selama 6 jam pada kondisi operasi tekanan atmosferik dan suhu setara titik didih air yaitu 98°C .

3.2. Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1 Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. Seperangkat alat penyulingan uap skala pilot
2. *Gas Chromatography-Mass Spectrometry* (GC-MS)
3. Alat-alat gelas laboratorium
4. *Separating Flask*
5. *Moisture Balance*
6. *Tray Dryer*
7. *Vacuum Dryer* yang terdapat di Fakultas Teknologi Pertanian
8. Timbangan Gantung
9. *Light meter*
10. Termohigrometer

3.2.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. Daun jeruk purut yang dibeli dari Pasar Besar Kota Malang
2. Na_2SO_4 anhidrat

3.3.Variabel Penelitian

3.3.1 Variabel Tetap

1. Kadar air minyak jeruk purut hasil pengeringan yaitu $15 \pm 2\%$
2. Ekstraksi minyak atsiri menggunakan metode penyulingan uap
3. Lama penyulingan yaitu 6 jam

3.3.2 Variabel Berubah

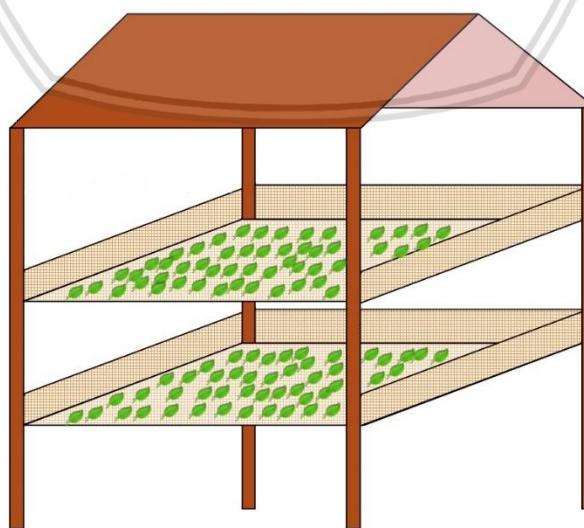
Metode pengeringan *shade drying*, *hot air drying*, dan *vacuum drying* untuk daun jeruk purut segar.

3.4.Desain Alat dan Ilustrasi Pengeringan

Ilustrasi metode pengeringan bertujuan untuk memberikan gambaran bagaimana pengeringan dilakukan. Sama halnya dengan desain alat penyulingan, bertujuan untuk memaparkan bagian – bagian alat secara jelas.

3.4.1. Ilustrasi Metode *Shade Drying*

Pada *shade drying*, daun jeruk purut dihamparkan pada sebuah rak terbuka yang berada di luar ruangan dengan sirkulasi udara yang baik dan tidak terpapar cahaya matahari secara langsung. Daun jeruk purut diatur agar tidak menumpuk terlalu tebal (FAO, 2001). Kondisi yang diukur pada *shade drying* adalah suhu, intensitas cahaya, dan kelembapan udara relatif. Suhu dan kelembapan udara relatif diukur menggunakan termohigrometer, serta intensitas cahaya diukur menggunakan *light meter*. Pengeringan dilakukan hingga kandungan air dalam daun jeruk purut mencapai $15 \pm 2\%$.

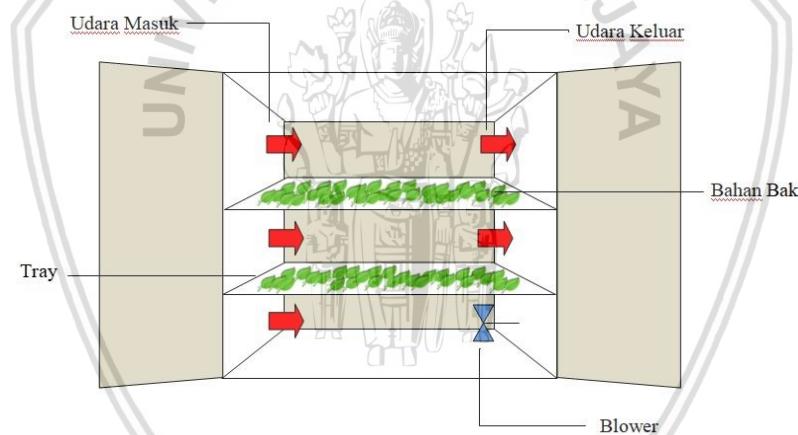


Gambar 3. 1 Ilustrasi Metode *Shade Drying*

3.4.2. Ilustrasi Metode *Hot Air Drying* menggunakan *Tray Dryer*

Pada pengeringan hot air drying dilakukan dengan menggunakan *tray dryer*. Daun jeruk purut diletakkan pada bagian *tray* secara merata dengan kondisi operasi pada suhu 70°C dan tekanan atmosferik dengan tujuan untuk mengimitasi pengeringan dengan menggunakan sinar matahari. Pada pengeringan dengan sinar matahari, suhu pada permukaan bahan dapat mencapai $60 - 70^{\circ}\text{C}$ (Ibrahim dan Haya, 2018). Pengeringan dilakukan hingga kandungan air dalam daun jeruk purut mencapai $15 \pm 2\%$. *Tray dryer* yang digunakan berada pada Laboratorium Operasi Teknik Kimia Jurusan Teknik Kimia Universitas Brawijaya, dimana spesifikasinya adalah sebagai berikut:

Merk/Tipe	: Jinan/DE-Series II
Jumlah <i>tray</i>	: 8 buah
Pemanas	: Listrik
Distribusi udara panas	: Blower



Gambar 3. 2 Ilustrasi Metode *Hot Air Drying* Menggunakan *Tray Dryer*

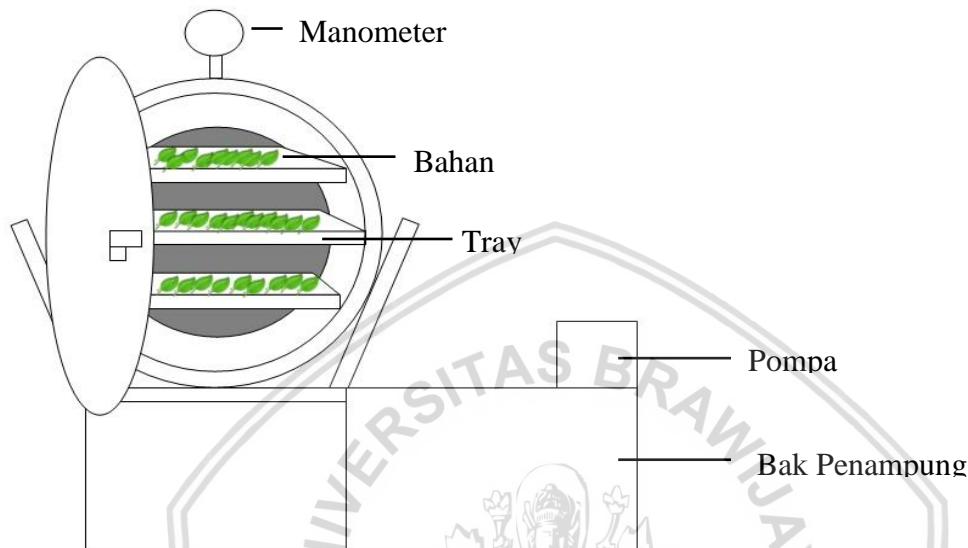
3.4.3. Ilustrasi Metode *Vacuum Drying*

Pengeringan menggunakan *oven vacuum* yang berada pada Laboratorium Teknologi Hasil Pangan Jurusan Teknologi Pangan Universitas Brawijaya. Pengeringan dilakukan pada suhu 50°C dan tekanan di bawah tekanan atmosfer. Suhu 50°C merupakan suhu yang cukup rendah dalam proses pengeringan sehingga tidak mendegradasi senyawa volatil yang ada pada daun jeruk purut. Daun jeruk purut diletakkan secara merata pada loyang yang disusun di *tray* dalam *vacuum dryer*. Pengeringan dilakukan hingga kandungan air dalam daun mencapai $15 \pm 2\%$.



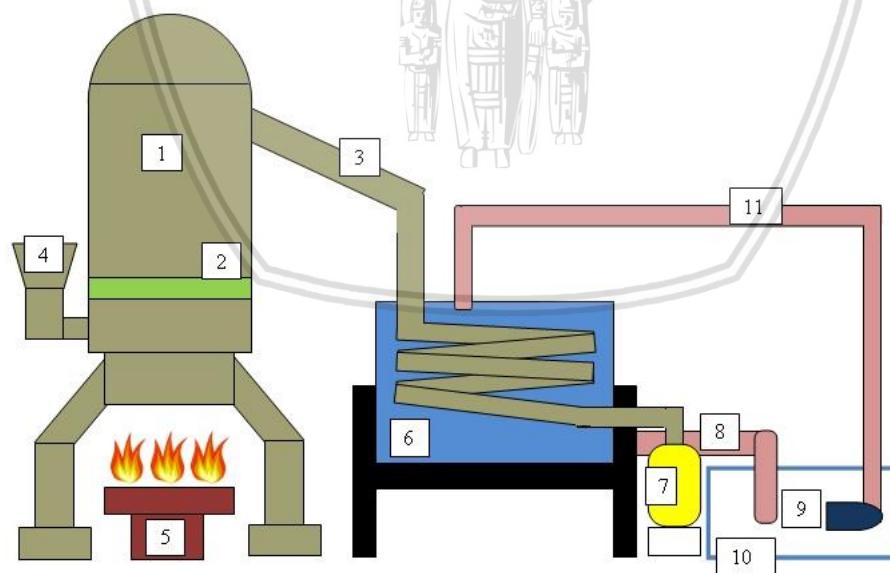
Spesifikasi *vacuum dryer* yang digunakan adalah:

Merk/Tipe : Lokal
Jumlah tray : 3
Tegangan : 220V-240V
Daya : 750 W



Gambar 3. 3 Ilustrasi Metode Vacuum Drying menggunakan *vacuum dryer*

3.4.4. Rangkaian Alat Penyulingan



Gambar 3. 4 Rangkaian Alat Penyulingan Uap

Sumber: Dharmawan, Rhezaldian dan Risna Silvanti (2016)

Keterangan gambar rangkaian alat penyulingan:

1. Ketel suling
2. Saringan berlubang
3. Saluran pipa uap ke kondensor
4. Inlet *makeup water*
5. Pemanas (kompor)
6. Kondensor
7. Penampung distilat
8. Selang sirkulasi air masuk ke kondensor (*cold water*)
9. Pompa sirkulasi air
10. Bak penampung air
11. Selang sirkulasi air keluar dari kondensor (*hot water*)

3.5.Tahap Pelaksanaan Penelitian dan Analisa Data

3.5.1. *Pretreatment* daun jeruk purut

Daun jeruk purut beserta dipisahkan dan dibersihkan dari bagian tumbuhan yang lainnya. Daun jeruk purut yang digunakan harus dalam keadaan segar dengan warna daun hijau tua dan mengilap. Daun diukur kandungan airnya menggunakan *moisture balance*.

Selanjutnya, daun jeruk purut dikeringkan dengan tiga metode yaitu metode *shade drying*, *hot air drying* pada suhu 70 °C dan *vacuum drying* pada suhu 50 °C. Tahap pengeringan bertujuan untuk mengurangi kadar air yang ada pada daun jeruk purut. Daun jeruk purut dikeringkan hingga kandungan air di dalamnya mencapai $15 \pm 2\%$. Pada kandungan air yang tinggi, penyulingan akan berlangsung lebih lama karena diperlukan waktu lebih untuk menguapkan air terlebih dulu. Sedangkan pada kandungan air yang terlalu rendah, penyulingan juga tidak optimal karena air membantu minyak untuk dapat terekstrak keluar. Kadar air daun siap suling berkisar antara 12-15% (Nurdjanah, dkk., 2006). Oleh karena itu, kandungan air $15 \pm 2\%$ dinilai cukup ideal untuk mendapatkan minyak daun jeruk purut dengan kualitas yang baik.

Daun jeruk purut yang telah kering kembali ditimbang dan diukur kandungan airnya. Sebelum dilakukan penyulingan, daun jeruk purut dapat disimpan di tempat yang memiliki sirkulasi udara baik dan tidak lembab (Santoso, 1997). Penyimpanan sebaiknya kurang dari satu minggu, karena apabila disimpan dalam waktu lama, dapat menurunkan kualitas minyak yang dihasilkan (Taufiq, 2007).

3.5.2. Penyulingan daun jeruk purut

Daun jeruk purut yang telah kering, disulung menggunakan metode penyulingan uap pada tekanan atmosferik selama 6 jam dengan pemanas berbahan bakar LPG. Waktu 6 jam merupakan waktu yang efektif untuk menghasilkan minyak daun jeruk purut dengan kualitas yang baik. Hal ini disebabkan karena selama 6 jam, uap telah dapat membawa minyak atsiri tanpa menyebabkan adanya dekomposisi termal terhadap kualitas komponen minyak daun jeruk purut (Dharmawan & Risna, 2016).

3.5.3. Pemisahan minyak daun jeruk purut dari air

Distilat berupa minyak daun jeruk purut dan air dipisahkan menggunakan *separating flask*.

3.5.4. Dehidrasi minyak daun jeruk purut

Minyak daun jeruk purut ditambahkan dengan Na₂SO₄ anhidrat untuk menghilangkan air yang masih terkandung dalam minyak daun jeruk purut sehingga diperoleh minyak dengan kemurnian lebih tinggi (Guenther, 1948). Penambahan dilakukan hingga Na₂SO₄ yang ditambahkan tidak menggumpal. Selanjutnya Na₂SO₄ dan minyak daun jeruk purut dipisahkan menggunakan penyaringan vakum. Minyak daun jeruk purut yang diperoleh akan disimpan dalam botol kaca gelap, kering, ditutup dengan rapat, dan bebas dari kontaminan.

3.5.5. Penghitungan massa jenis minyak daun jeruk purut

Pengukuran massa jenis minyak diukur pada suhu 25 °C menggunakan piknometer volume 5 mL. Pengukuran massa jenis minyak menggunakan persamaan berikut (Sentosa, 2004):

$$\text{Massa Jenis Minyak} = \frac{\text{Massa Minyak}}{\text{Volume Minyak}} \quad (T = 25^{\circ}\text{C}) \quad (3-1)$$

3.5.6. Penghitungan rendemen minyak daun jeruk purut

Penghitungan rendemen minyak atsiri daun jeruk purut berdasarkan massa bahan kering, dapat dituliskan sebagai berikut (Sentosa, 2004):

$$\text{Rendemen Minyak} = \frac{\text{Massa Minyak yang Dihasilkan}}{\text{Massa Bahan} \times (1 - \% \text{Kadar Air Bahan})} \times 100\% \quad (3-2)$$

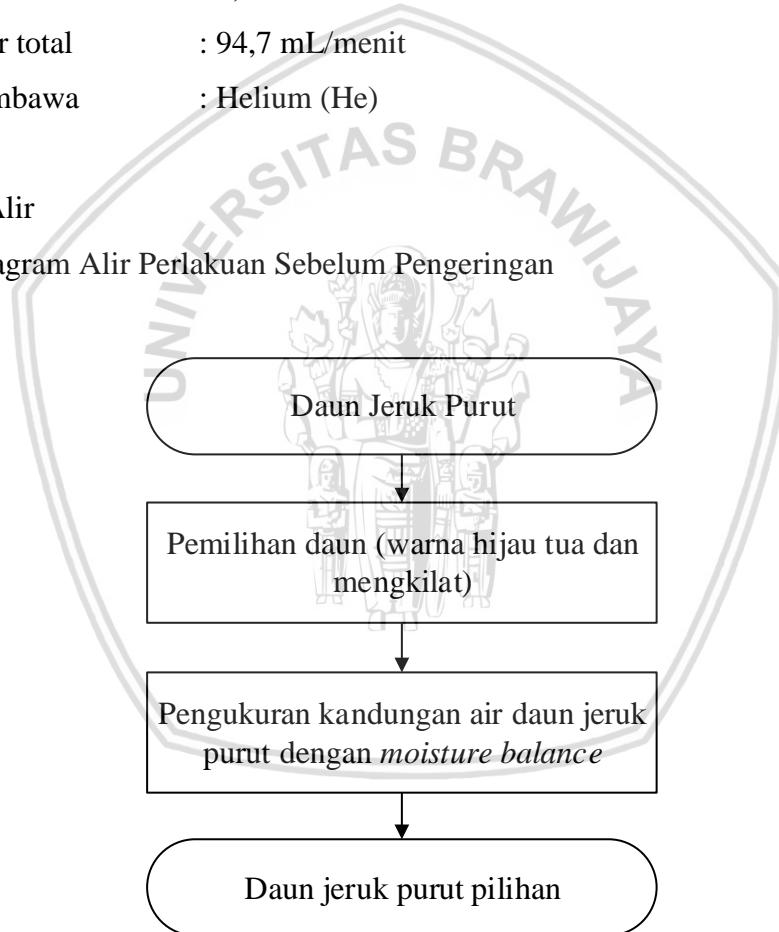
3.5.7. Uji komposisi dengan Gas Chromatography Mass Spectrometry

Analisa dengan GC-MS dilakukan untuk mengetahui komposisi dalam minyak atsiri daun jeruk purut yang dihasilkan dari tiap perlakuan pengeringan. Berikut adalah spesifikasi dan kondisi operasi alat GC-MS yang digunakan:

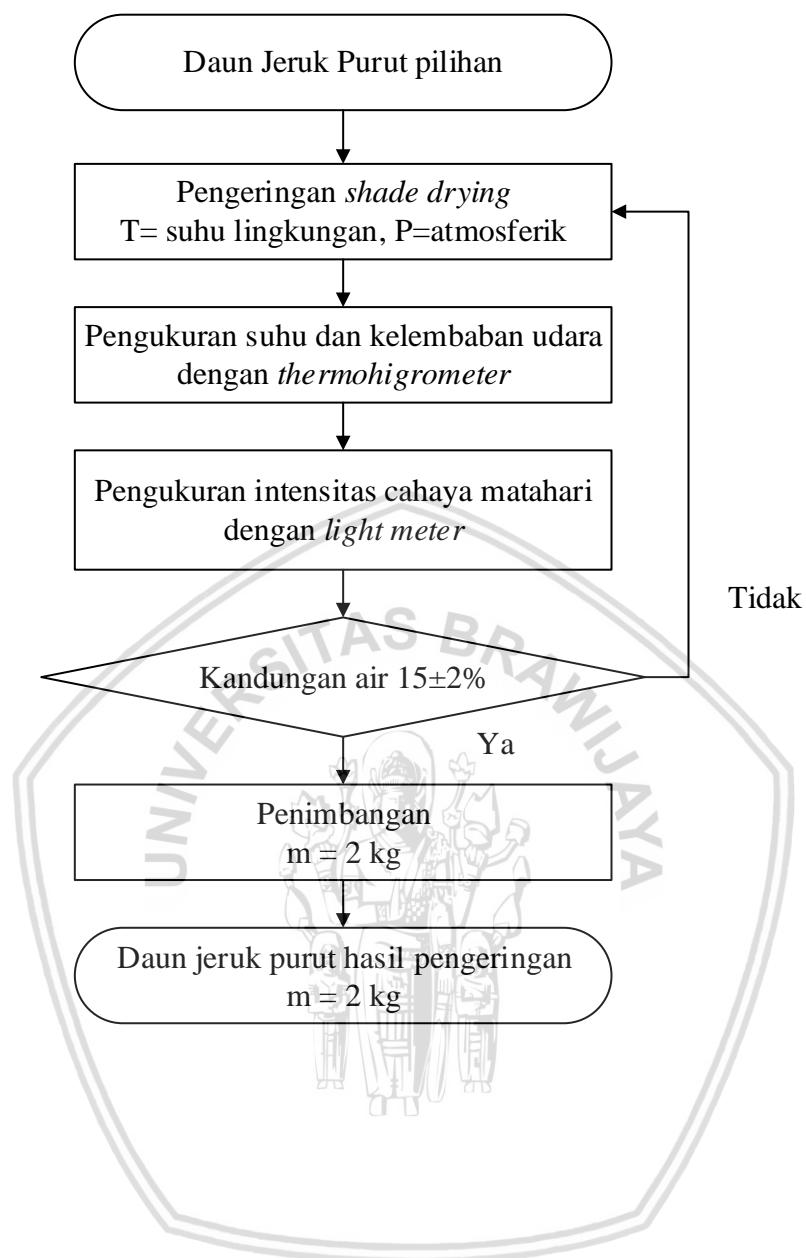
Merk	:	Shimadzu
Tipe	:	GC-MS QP-2010S
Suhu injeksi	:	310 °C
Suhu oven kolom	:	40 °C
Tekanan	:	21,2 kPa
Laju alir kolom	:	0,66 mL/menit
Laju alir total	:	94,7 mL/menit
Gas pembawa	:	Helium (He)

3.6. Diagram Alir

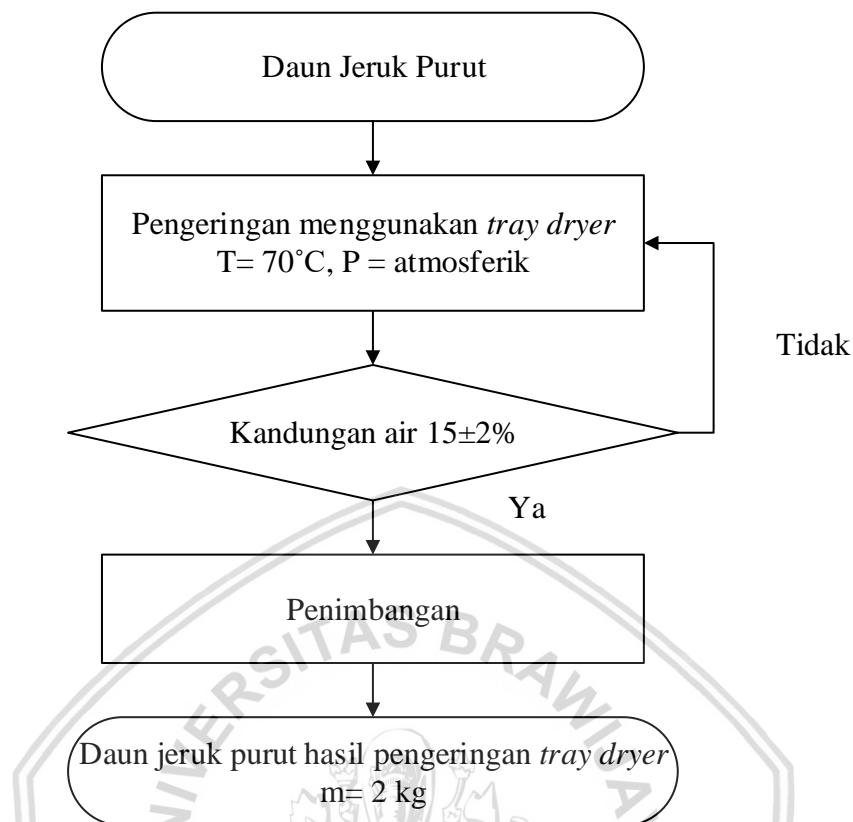
3.6.1. Diagram Alir Perlakuan Sebelum Pengeringan



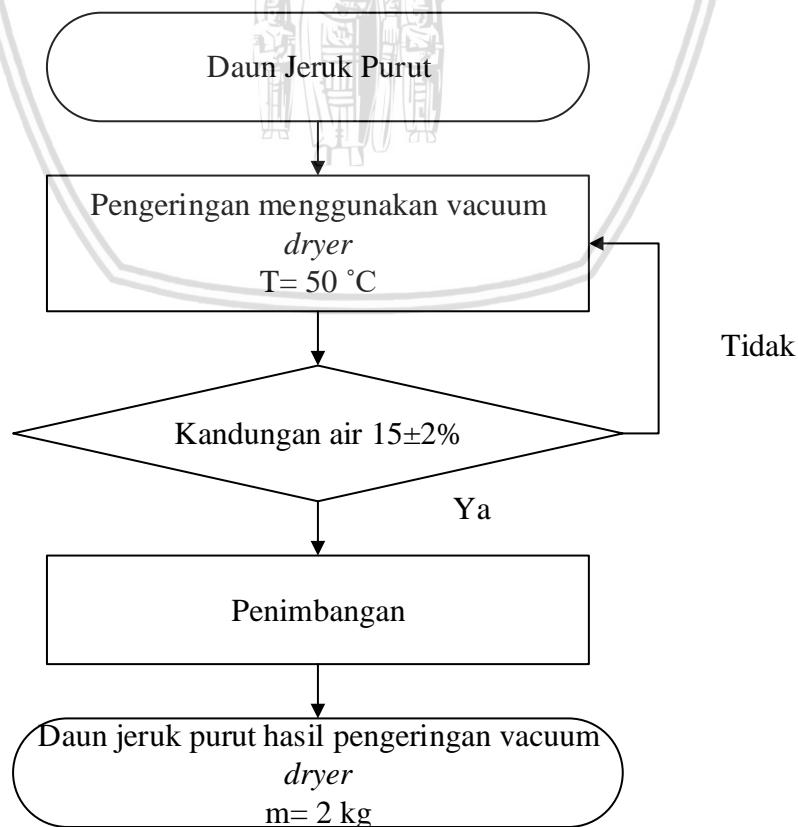
3.6.2. Diagram Alir Metode Pengeringan dengan *Shade Drying*



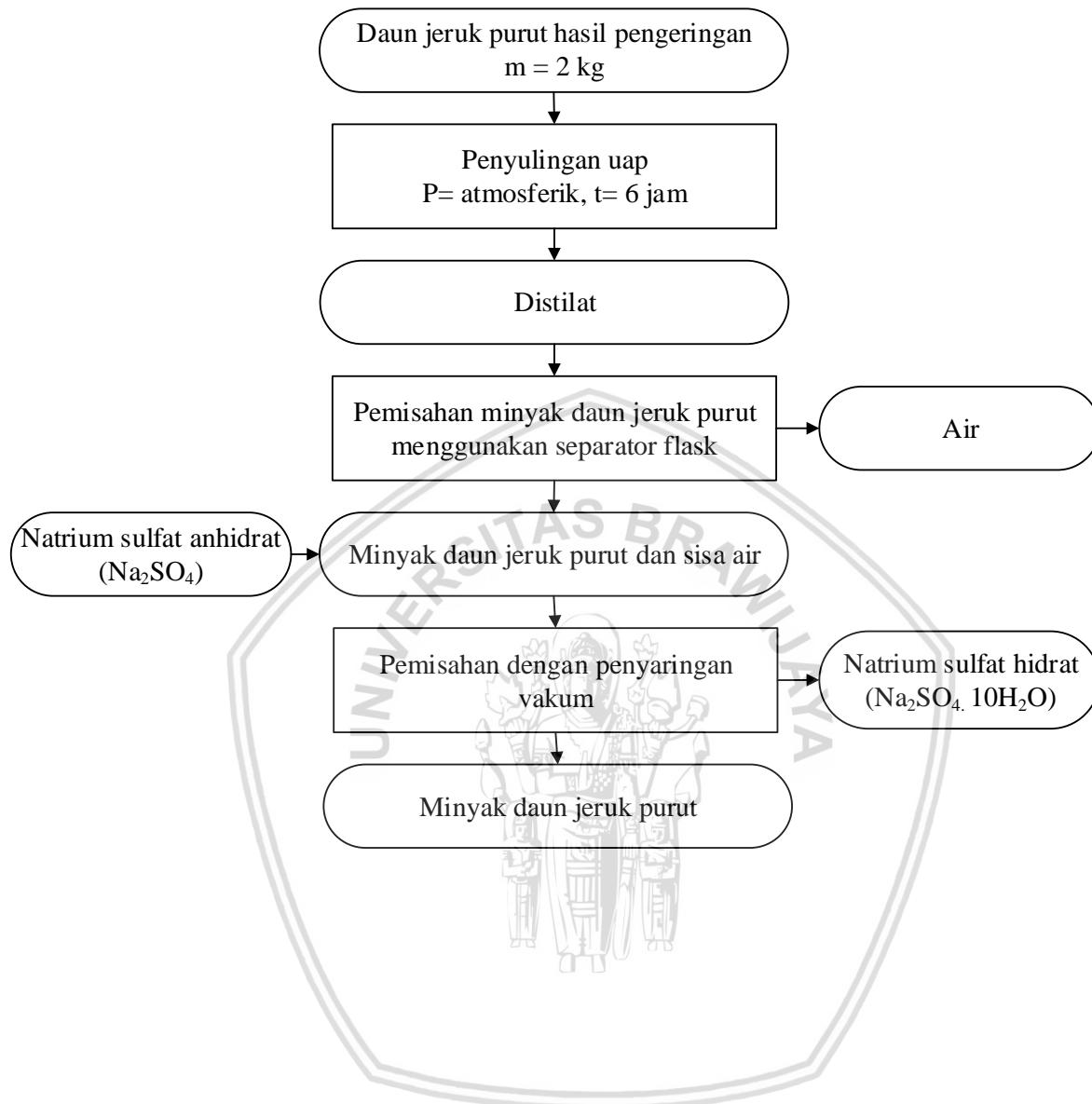
3.6.3. Diagram Alir Proses Pengeringan menggunakan *Tray Dryer*



3.6.4. Diagram Alir Proses Pengeringan Menggunakan *Vacuum Dryer*



3.6.5. Diagram alir penyulingan

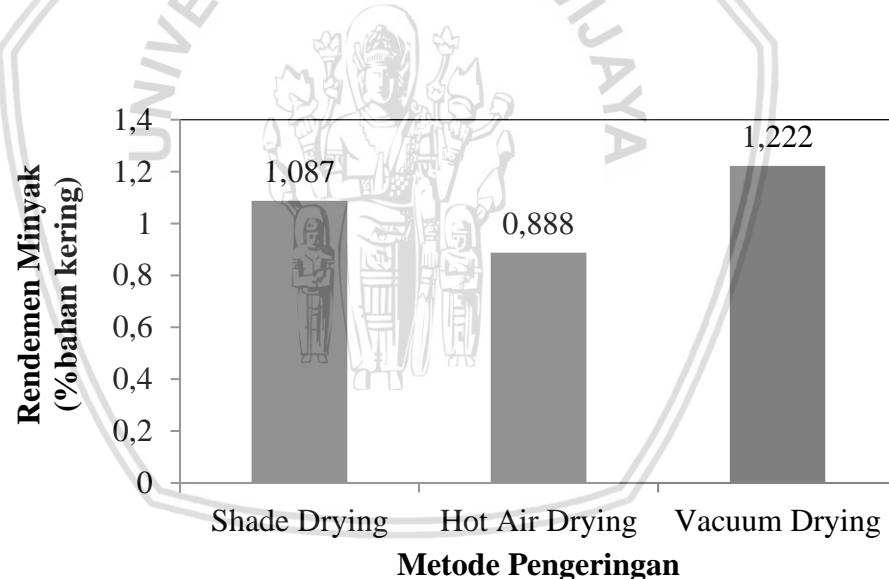


BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pengaruh Variasi Metode Pengeringan Daun Jeruk Purut terhadap Rendemen

Rendemen minyak daun jeruk purut dipengaruhi oleh kominusi (perajangan) bahan, pengeringan bahan, kepadatan bahan dalam distilator, dan kondisi operasi penyulingan (Guenther, 1948). Pengeringan bertujuan untuk mengurangi kadar air daun sebelum disuling untuk meningkatkan produksi minyak atsiri. Apabila kadar air dalam bahan baku tinggi, penguapan senyawa volatil pada saat penyulingan dapat terganggu oleh adanya air, sehingga diperlukan waktu penyulingan yang lebih lama (Guenther, 1948). Terdapat beberapa metode pengeringan yaitu metode *shade drying*, *hot air drying*, dan *vacuum drying*. Pengaruh metode pengeringan terhadap rendemen ditunjukkan pada Gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Grafik Pengaruh Variasi Metode Pengeringan terhadap Rendemen Minyak Daun Jeruk Purut

Gambar 4.1 menunjukkan bahwa rendemen yang dihasilkan adalah 0,888%, 1,087%, dan 1,222%, dimana rendemen minyak daun jeruk purut memiliki nilai berkisar antara 0,899% hingga 2,667% (Wulandari, 2017).

Pada gambar 4.1 rendemen minyak daun jeruk purut dengan nilai terendah didapatkan dari metode *hot air drying* dengan nilai 0,888%. Rendahnya hasil rendemen diakibatkan oleh suhu operasi pengeringan sebesar 70 °C. Minyak daun jeruk purut memiliki sifat volatil terlebih apabila terpapar suhu tinggi, sehingga

minyak dapat hilang akibat penguapan selama proses pengeringan (Mashkani, dkk, 2017). Proses pengeringan pada suhu tinggi juga menyebabkan *hardening* pada daun (Sellami, dkk, 2012). Kelenar minyak daun menjadi pecah dan menyusut, sedangkan struktur daun menjadi lebih kering dan rapuh. Akibatnya kandungan minyak atsiri dalam daun menjadi semakin mudah teruapkan dalam proses pengeringan *hot air drying* (Santana, dkk, 2014). Suhu pengeringan yang tinggi dapat mempercepat waktu difusi air dari dalam ke permukaan daun sehingga struktur daun akan lebih mudah patah (Juhari, 2013).

Faktor lain yang mempengaruhi metode *hot air drying* adalah adanya aliran udara kontinyu yang dapat membantu mempercepat pengeringan. Aliran udara kontinyu diperoleh dari blower yang terdapat pada *tray dryer*. Udara jenuh yang stagnan di sekeliling daun jeruk purut digantikan dengan aliran udara baru sehingga penguapan air dari dalam daun dapat berlangsung secara terus-menerus. Peningkatan kecepatan udara dapat meminimalisir adanya udara stagnan di sekeliling daun. Namun, kecepatan aliran udara tetap harus diperhatikan, karena apabila terlalu cepat dapat mengakibatkan daun ikut terbawa aliran udara dan struktur daun menjadi rusak. Sedangkan apabila kecepatan aliran udara terlalu rendah, justru pengeringan menjadi tidak efektif karena sistem justru menjadi lembab dan bahan dapat busuk (Babu, dkk, 2018).

Sebaran dan ketebalan daun jeruk purut pada permukaan *tray* juga berpengaruh terhadap proses pengeringan, dimana ketika terlalu tebal lapisan sebaran bahan, udara panas tidak dapat masuk ke dalam seluruh daun, sedangkan apabila lapisan sebaran bahan terlalu tipis akan mengakibatkan *channeling* udara. Oleh karena itu, perlu diperhatikan mengenai sebaran dan ketebalan daun jeruk purut pada saat pengeringan di dalam *tray* (Babu, dkk., 2018).

Pada metode *shade drying*, rendemen yang diperoleh adalah sebesar 1,087%. Hasil rendemen ini memiliki nilai lebih besar 22% dibandingkan dengan rendemen metode *hot air drying*. Proses pengeringan dengan metode *shade drying* sangat bergantung pada kondisi lingkungan dan cuaca dimana dalam penelitian ini pengeringan dilakukan pada rentang suhu 25,8 – 33,7 °C, kelembaban relatif udara 50 – 80%, dan intensitas cahaya 96.400 – 116.000 lux. Perbedaan hasil rendemen *shade drying* dapat disebabkan karena suhu operasi pengeringan yang rendah, sehingga senyawa volatil minyak daun jeruk purut tidak hilang karena penguapan. Selain itu, pengaruh suhu operasi yang rendah juga membuat struktur daun khususnya kelenjar minyak tidak mengalami kerusakan secara signifikan, sehingga tetap dapat menyimpan minyak atsiri di dalamnya. Namun,

metode *shade drying* juga memiliki kelemahan yaitu ketika kondisi suhu rendah dan kelembaban relatif udara tinggi, waktu pengeringan menjadi lebih lama. Hal ini disebabkan karena pada kelembaban relatif udara yang tinggi, udara mudah menjadi jenuh karena sudah mengandung kadar air yang tinggi, sehingga hanya dapat menampung sedikit uap air dari daun (Babu, dkk, 2018). Oleh karena itu, penguapan air dari daun berlangsung lebih lama dibandingan dengan metode yang lainnya. Lamanya waktu pengeringan ternyata juga dapat memberikan dampak terhadap hilangnya senyawa volatil minyak daun jeruk purut, meskipun minyak yang hilang tidak sebanyak apabila terpapar suhu tinggi. Hal ini dikarenakan minyak daun jeruk purut mengandung banyak senyawa volatil dengan berat molekul yang bervariasi, sehingga pada tekanan atmosferik dan suhu ruang, senyawa volatil dengan berat molekul yang rendah dapat dengan mudah menguap (Dhifi, dkk, 2016).

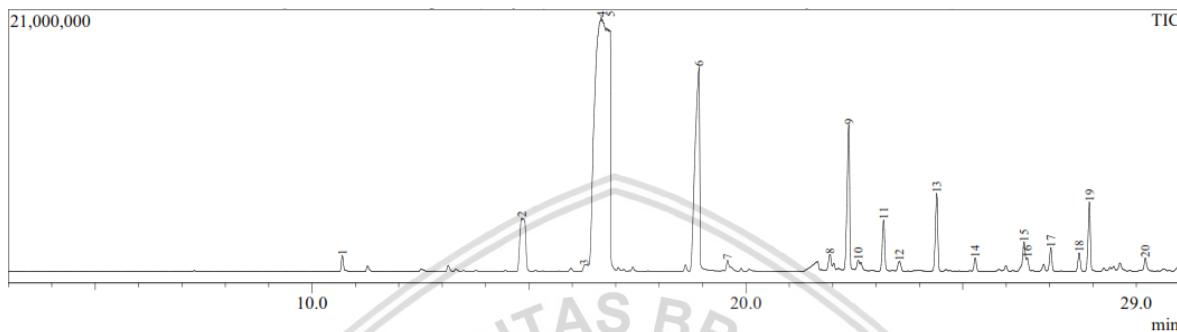
Pengaruh ketebalan sebaran bahan pada saat pengeringan dengan metode *shade drying* juga harus diperhatikan, dimana sebaiknya bahan disebar secara merata dan tidak terlalu tebal, sehingga mempermudah proses pengeringan dan tidak menyebabkan daun jeruk purut menjadi membosuk (Babu, dkk., 2018).

Nilai rendemen tertinggi diperoleh dari metode pengeringan *vacuum drying* dengan suhu pengeringan 50 °C adalah sebesar 1,222%, lebih tinggi 12% dari rendemen metode *shade drying* dan 37% dari rendemen pengeringan *hot air drying*. Berdasarkan prinsip pengeringan vakum, proses difusi air dari dalam menuju permukaan daun terjadi karena penurunan tekanan operasi pengeringan yang berpengaruh pada turunnya titik didih air sehingga kandungan air dalam daun teruapkan pada suhu yang lebih rendah (Telfser, 2017). Hal tersebut berpengaruh terhadap rendemen minyak daun jeruk purut, dimana senyawa volatil dalam minyak daun jeruk purut tidak menguap pada kondisi tersebut sehingga mencegah kehilangan kandungan minyak pada saat pengeringan.

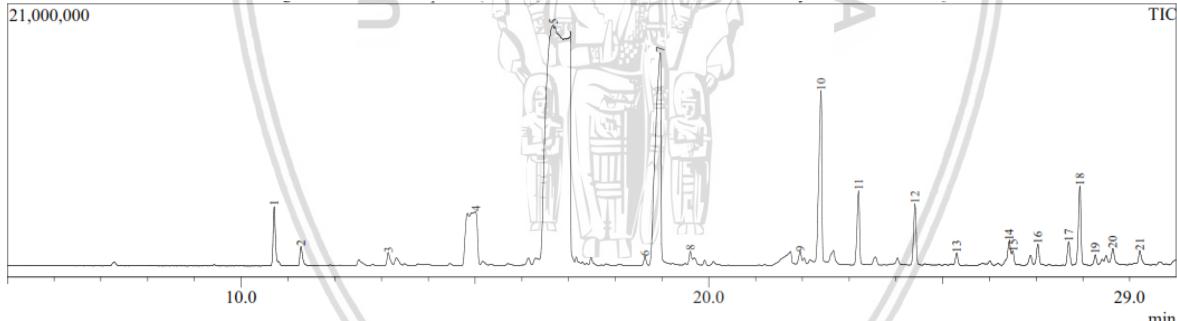
Pada proses pengeringan vakum, uap air dalam daun dihilangkan dengan cara dihisap sehingga tidak terjadi pengembunan di dalam alat pengering. Ketiadaan udara dalam proses pengeringan vakum membuat tekstur daun yang dikeringkan menjadi tidak rapuh (Babu, dkk, 2018). Pengeringan vakum dengan suhu 50 °C merupakan suhu yang tepat karena apabila menggunakan suhu di bawah 50 °C, waktu pengeringan menjadi lebih lama, akibatnya minyak atsiri juga terpapar kondisi vakum yang lebih lama. Kondisi ini dapat merusak kelenjar minyak pada daun sehingga kandungan minyak atsiri ikut hilang karena teruapkan pada proses pengeringan (Ebadi, dkk, 2015).

4.2. Pengaruh Variasi Metode Pengeringan Bahan Baku terhadap Komposisi Minyak Daun Jeruk Purut

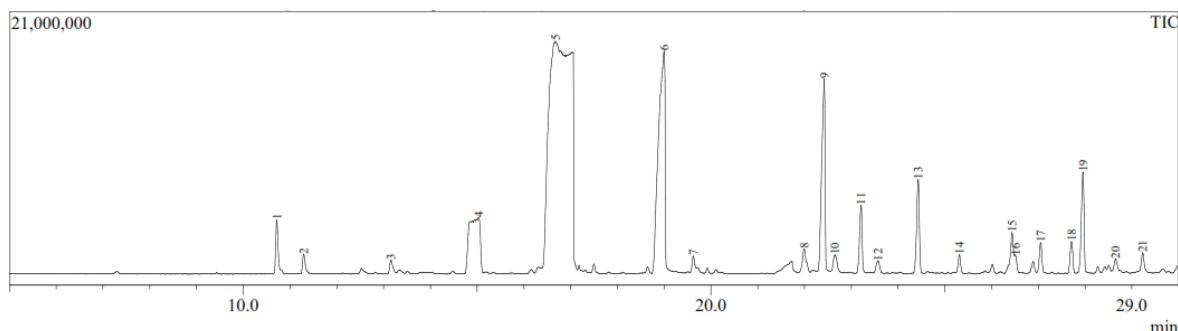
Variasi metode pengeringan memberikan perubahan yang besar pada komposisi yang terdapat pada minyak daun jeruk purut. Analisa komposisi minyak daun jeruk purut dilakukan menggunakan alat *Gas Chromatography Mass Spectrometry*, dan dihasilkan kromatogram untuk tiap variabel sebagai berikut:



Gambar 4. 2 Kromatogram GC-MS Minyak Daun Jeruk Purut pada Metode *Hot Air Drying*



Gambar 4. 3 Kromatogram GC-MS Minyak Daun Jeruk Purut pada Metode *Shade Drying*



Gambar 4. 4 Kromatogram GC-MS Minyak Daun Jeruk Purut pada Metode *Vacuum Drying*

Dari gambar 4.2, 4.3, dan 4.4 dapat dilihat bahwa jumlah komponen yang teridentifikasi pada minyak daun jeruk purut hasil metode *shade drying* dan *vacuum drying* adalah sejumlah 21 komponen. Sedangkan pada minyak daun jeruk purut dengan metode *hot air drying* dihasilkan 19 komponen teridentifikasi. Jenis dan komposisi pada minyak daun jeruk purut dapat dipengaruhi oleh kondisi operasi distilasi dan perlakuan awal pada bahan (Raksakantong, dkk, 2011).

Perbedaan jumlah dan komposisi antara metode *hot air drying* dengan metode *shade drying* dan *vacuum drying* dipengaruhi karena tingginya suhu operasi penyeringan yang digunakan pada metode *hot air drying*. Pada pengeringan dengan suhu tinggi seperti dengan metode *hot air drying*, kelenjar minyak dalam daun akan menjadi rusak, sehingga komponen minyak di dalam daun juga ikut menguap. Selain itu, tingginya suhu juga berpengaruh terhadap komponen yang memiliki kerentanan pada suhu tinggi, dimana komponen akan lebih mudah terikat dengan fraksi air di dalam daun jeruk purut dan dengan mudah dapat hilang bersama dengan air seiring berjalannya pengeringan (Pirbalouti, dkk, 2013).

Tabel 4.1 menunjukkan komposisi yang ada di dalam minyak daun jeruk purut dengan variasi metode pengeringan. Pada setiap variabel pengeringan, komponen Sabinene merupakan komponen yang pertama teridentifikasi. Hal tersebut disebabkan oleh sifat komponen dengan tekanan uap tinggi dan titik didih yang rendah, seperti sabinene, cenderung lebih mudah menguap. Sedangkan komponen dengan tekanan uap rendah dan titik didih yang tinggi, seperti δ -Cadinene, Elemol, dan cis-Farnesene, lebih sulit untuk menguap, ditunjukkan dengan teridentifikasinya komponen tersebut di urutan terakhir (Kumar, dkk, 2016).

Pada tabel 4.1 ditunjukkan bahwa terdapat beberapa komponen pada minyak hasil metode *hot air drying* yang berbeda dengan komponen pada minyak hasil metode pengeringan lainnya. Komponen tersebut adalah β -Mircene dan β -Ocimene yang tidak terdapat pada minyak hasil pengeringan *hot air drying* namun muncul pada minyak hasil metode pengeringan *shade drying* dan *vacuum drying*. Hal ini dapat disebabkan oleh kondisi operasi suhu pengeringan yang cukup tinggi, yaitu 70 °C, sehingga dimungkinkan terjadi penguapan komponen tersebut selama proses pengeringan. Hilangnya komponen β -Mircene dan β -Ocimene juga dapat disebabkan karena sifatnya yang memiliki titik didih rendah dan tekanan uap murni yang tinggi, sehingga menjadi lebih mudah menguap dan terdekomposisi apabila terkena paparan suhu yang tinggi (Kumar, dkk, 2016). Pada minyak daun jeruk purut hasil metode *hot air drying* juga

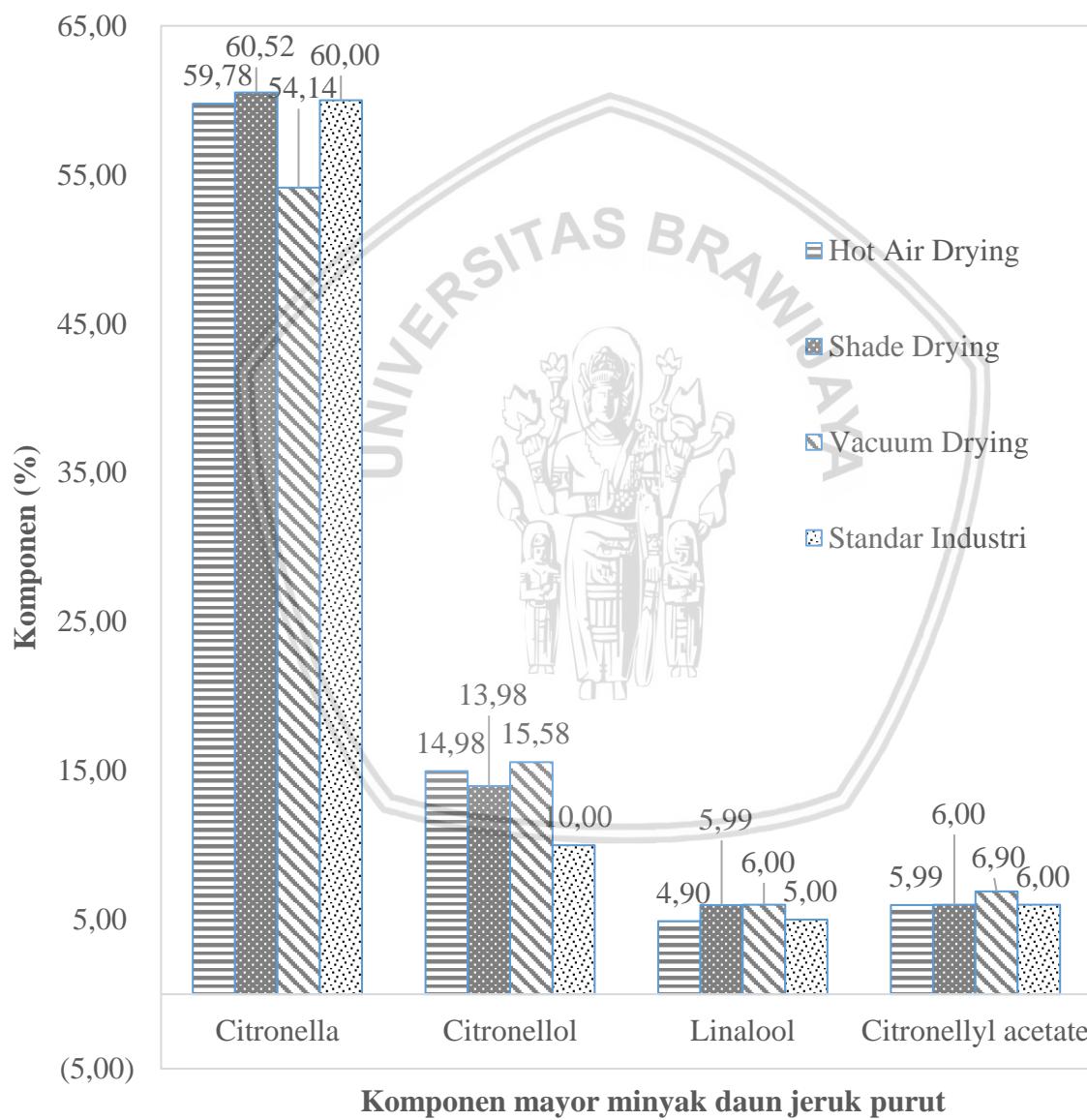
ditemukan komponen Valencene, yang tidak terdapat pada minyak hasil metode *shade drying* dan *hot air drying*. Hal ini dimungkinkan terjadi karena adanya perubahan dari komponen terpene akibat dari suhu operasi pengeringan yang tinggi (Turek dan Florian, 2013).

Pada minyak daun jeruk purut dengan metode pengeringan *shade drying* dihasilkan 21 komponen teridentifikasi. Banyaknya komponen yang teridentifikasi menunjukkan bahwa metode *shade drying* tidak banyak menguapkan komponen dalam daun jeruk purut yang dapat disebabkan oleh suhu operasi yang lebih rendah pada metode *shade drying* jika dibandingkan dengan suhu pengeringan *hot air drying* dengan suhu 70°C dan 50 °C pada pengeringan *vacuum drying*. Komponen geranal hanya teridentifikasi dalam minyak daun jeruk purut yang dikeringkan menggunakan metode pengeringan *shade drying*. Hal tersebut dapat dimungkinkan karena pada suhu pengeringan yang rendah, geranal tidak teroksidasi menjadi komponen lain, sehingga dapat tetap teridentifikasi. Berbeda dengan suhu operasi pengeringan *hot air drying* dan *vacuum drying* yang tinggi, komponen geranal tidak teridentifikasi. Hal tersebut sesuai dengan penelitian Nguyen, dkk (2009) yaitu pada penyimpanan minyak atsiri limau dengan paparan suhu 50 °C mengakibatkan terjadinya oksidasi pada komponen geranal yang mengakibatkan berkurangnya jumlah komponen tersebut. Pada metode *shade drying* juga terdapat komponen *Squalene* yang tidak muncul di metode pengeringan lainnya. Hal ini dapat disebabkan karena *squalene* merupakan komponen yang dapat dihidrogenasi dari *farnesene* (Komatsu, dkk, 1974). Selain itu, dari beberapa penelitian, *squalene* ditemukan pada minyak atsiri yang dikeringkan juga dengan metode *shade drying*, hal ini dimungkinkan karena komponen *squalene* rentan terhadap suhu tinggi pada proses pengeringan (Samejo, dkk, 2013; Mykhailenko, 2018).

Tabel 4. 1 Komposisi minyak daun jeruk purut pada variasi metode pengeringan *Hot Air Drying*, *Shade Drying*, dan *Vacuum Drying*

No	Nama Komponen	Rumus Molekul	Titik Didih (°C)	Tekanan Uap	Komposisi		
					Hot Air Drying	Shade Drying	Vacuum Drying
1	Sabinene	C ₁₀ H ₁₆	141	7,36	0,49	1,48	1,26
2	β-Mircene	C ₁₀ H ₁₆	156	2,01	-	0,53	0,55
3	β-Ocimene	C ₁₀ H ₁₆	164	2,68	-	0,4	0,4
4	Linalool	C ₁₀ H ₁₈ O	204	0,0832	4,9	6,85	6,6
5	Isopulegol	C ₁₀ H ₁₈ O	223	0,00496	0,49	-	-
6	Citronellal	C ₁₀ H ₁₈ O	205	0,25	59,78	60,52	54,14
7	Geranal	C ₁₀ H ₁₆ O	217	0,0913	-	0,19	-
8	Citronellol	C ₁₀ H ₁₆ O	228	0,0414	14,98	13,98	15,58
9	Geraniol	C ₁₀ H ₂₀ O	239	0,03	0,3	0,25	0,35
10	Terpin	C ₁₀ H ₂₀ O ₂	252	0,00164	0,68	0,25	0,92
11	Citronellyl Acetate	C ₁₂ H ₂₂ O ₂	237	0,0526	5,99	6	6,9
12	Cyclohexanol	C ₁₀ H ₁₈ O	161	0,65	0,4	-	0,7
13	Geranyl Acetate	C ₁₂ H ₂₀ O ₂	248	0,0463	2,02	2,13	1,92
14	Valencene	C ₁₅ H ₂₄	253	0,033	0,48	-	-
15	β-Elemene	C ₁₅ H ₂₄	235	0,0921	-	-	0,45
16	trans-Caryophyllene	C ₁₅ H ₂₄	264	0,03	3	1,81	2,78
17	α-Humelene	C ₁₅ H ₂₄	270	0,0153	0,5	0,29	0,5
18	Bicyclogermacrene	C ₁₅ H ₂₄	267	0,03	1,12	0,56	1,09
19	Squalene	C ₁₆ H ₂₅ N	285	0,000291	-	0,22	-
20	Farnesene	C ₁₅ H ₂₆	261	0,025	0,33	0,29	0,29
21	δ-Cadinene	C ₁₅ H ₂₆ O	275	0,000385	0,86	0,54	0,81
22	Elemol	C ₁₅ H ₂₆	275	0,000385	0,71	0,65	0,93
23	Nerolidol	C ₁₅ H ₂₆ O	291	0,000592	2,48	2,32	2,95
24	Caryophyllene Oxide	C ₁₅ H ₂₄ O	263	0,01	-	0,38	0,36
25	cis-Farnesol	C ₁₅ H ₂₆ O	230	0,000039	0,49	0,36	0,53
Total					100	100	100

Pada minyak daun jeruk purut yang dikeringkan dengan metode *vacuum drying* didapatkan 21 komponen teridentifikasi. Jumlah tersebut sama dengan komponen yang teridentifikasi pada metode *shade drying*. Namun, terdapat komponen yang berbeda dari minyak daun jeruk purut hasil metode *shade drying* dan *hot air drying* yaitu β -*Elemene*. Komponen β -*Elemene* berasal dari perubahan struktur sikloheksana yang berikatan dengan gugus metil (hmbd.ca, diunduh pada 20 Juli 2018). Hal ini diakibatkan karena kondisi operasi tekanan vakum memungkinkan terjadinya perubahan struktur kimia dari komponen dalam minyak daun jeruk purut (Ebadi, dkk, 2015).



Gambar 4.5 Grafik perbandingan persen komposisi komponen mayor pada minyak daun jeruk purut

Gambar 4.5 menunjukkan bahwa terdapat empat komponen mayor dengan kadar yang berbeda dari masing-masing metode pengeringan. Komponen *linalool* tertinggi (6,85%) dihasilkan pada metode *shade drying*, komponen *citronellal* tertinggi (60,52%)

dihasilkan pada metode *shade drying*, komponen *citronellol* tertinggi (15,58%) dihasilkan pada metode *vacuum drying*, dan komponen sitronelil asetat tertinggi (6,90%) dihasilkan pada metode *vacuum drying*.

Apabila dibandingkan dengan standar industri, komponen minyak daun jeruk purut hasil penelitian memiliki kadar yang sesuai, bahkan pada komponen *linalool*, *citronellol*, dan *citronellyl acetate* memiliki kadar yang melebihi standar yang dimiliki perusahaan tersebut (<https://www.compagnie-des-sens.fr>, diakses pada tanggal 5 September 2018). Hal ini menandakan bahwa minyak daun jeruk purut hasil penelitian memiliki kualitas komponen yang baik untuk dipasarkan.

Perbedaan kadar komponen mayor di tiap variabel pengeringan dapat disebabkan karena adanya perubahan struktur molekul dari masing masing komponen minyak daun jeruk purut. Komponen dalam minyak atsiri memiliki sifat yang tidak stabil, sehingga mudah terkonversi menjadi komponen lain melalui reaksi oksidasi, polimerisasi, isomerasi, siklisasi, atau dehidrogenasi yang dapat terjadi secara enzimatis maupun secara kimia. Reaksi – reaksi tersebut dapat terjadi karena pemanasan yang terlalu lama, adanya oksigen, dan tingkat keasaman yang tinggi (Turek & Florian, 2013). Namun, ternyata kondisi vakum juga dapat mempengaruhi perubahan struktur komponen, ditunjukkan dengan rendahnya kandungan sitronelal dalam minyak mengakibatkan kandungan sitronelol dan sitronelil asetat menjadi lebih tinggi (Ebadi, dkk, 2015).

Tabel 4. 2 Daftar Harga Komponen Mayor Minyak Daun Jeruk Purut

Komponen Mayor	Harga
Sitronelal	102 USD untuk 25 mL
Sitronelol	44 USD untuk 25 mL
Linalool	16 USD untuk 25 mL
Sitronelil Asetat	34 USD untuk 25 mL

Sumber: <https://www.tcichemicals.com>, diakses 4 September 2018

Dari segi ekonomi, harga komponen sitronelal merupakan yang termahal dibandingkan dengan harga komponen mayor lainnya. Komponen sitronelal sendiri dapat digunakan di industri pangan dan parfum, karena komponen sitronelal dapat diproses menjadi komponen lain seperti mentol yang digunakan dalam makanan dan minuman. Selain itu, sitronelal juga dapat diproses menjadi alkil sitronelol atau hidroksi sitronelal yang memiliki aroma sangat wangi, sehingga dapat digunakan dalam industri parfum dan kosmetik (Sastrohamidjojo, 2004). Sitronelal juga merupakan komponen dengan kadar

tertinggi di dalam minyak daun jeruk purut. Hal ini memungkinkan pemanfaatan minyak daun jeruk purut untuk ekstraksi komponen sitronelal.

Tabel 4. 3 Perbandingan Rendemen, Kadar Sitronelal, dan Jumlah Komponen Teridentifikasi pada Tiap Perlakuan Variasi Metode Pengeringan

Indikator	Metode Pengeringan		
	<i>Hot Air Drying</i>	<i>Shade Drying</i>	<i>Vacuum Drying</i>
Rendemen Minyak (%)	0,888	1,087	1,222
Kadar Sitronelal (%)	59,78	60,52	54,14
Jumlah Komponen Teridentifikasi	19	21	21

Dari tabel 4.3 dapat dilihat bahwa berdasarkan kadar sitronelal, metode *shade drying* memiliki nilai yang tertinggi diikuti dengan metode *hot air drying* dan *vacuum drying*. Namun apabila persentase kadar sitronelal tersebut dikalikan dengan rendemen sebagai faktor pengoreksi, diperoleh nilai kadar sitronelal pada metode *vacuum drying* yang lebih tinggi diikuti dengan metode *shade drying* dan *hot air drying*. Oleh karena itu, metode *vacuum drying* merupakan metode pengeringan yang optimal, dari segi rendemen maupun komposisi yang dihasilkan.

Pada pasar penjualan, minyak daun jeruk purut memiliki harga yang bervariasi, bergantung pada kadar sitronelal di dalam minyak. Di beberapa perusahaan penjual minyak atsiri, seperti PT. Etherische Olie International asal Indonesia menyebutkan bahwa data harga minyak daun jeruk purut tahun 2017 adalah 76 USD tiap 100 mL Sedangkan perusahaan Compagnie des Sens asal Prancis menyebutkan bahwa data harga minyak daun jeruk purut tahun 2018 adalah 5 euro untuk 10 mL dengan kandungan sitronelal berkisar antara 60 – 70%.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Pada kondisi penelitian ini diperoleh kesimpulan bahwa :

1. Kondisi pengeringan daun jeruk purut yang optimal diperoleh pada metode *vacuum drying*, dimana menghasilkan nilai rendemen sebesar 1,222%.
2. Pada metode *vacuum drying*, minyak daun jeruk purut yang dihasilkan memiliki komponen teridentifikasi sejumlah 21 komponen dengan jumlah absolut komponen sitronel tertinggi adalah 64,31%

5.2. Saran

Perlu dilakukan kajian lebih lanjut mengenai:

1. Penyetaraan suhu pada variasi metode pengeringan sehingga dapat dilakukan perbandingan.
2. Perubahan komponen minyak daun jeruk purut selama proses pengeringan.
3. Peningkatan efektifitas pengeringan daun jeruk purut pada rangkaian alat *shade drying* terhadap minyak atsiri yang dihasilkan.
4. Peningkatan efektifitas pemurnian minyak daun jeruk.
5. Pengujian SEM untuk menunjukkan kerusakan struktur daun akibat pengeringan.



DAFTAR PUSTAKA

- Argyropoulos, Dimitrios., & Joachim Muller. 2014. Changes of Essential Oil Content and Composition during Convective Drying of Lemon Balm (*Melissa officinalis L.*). *Industrial Crops and Products* Vol. 52 (2014): 118– 124.
- Alara, Oluwaseun Ruth., Nour Hamid Abdurahman., Siti Kholijah Abdul Mudalip., & Olusegun Abayomi Olalere. 2017. Mathematical Modeling of Thin Layer Drying Using Open Sun and Shade of Vernonia amygdalina Leaves. *Agriculture and Natural Resources* xxx (2018):1-6.
- Aminzadeh, M., Fazel Amiri., E. Ashor Abadi., Khadije Mahdevi., & Sh. Fadai. 2010. *Factors Affecting on Essential Chemical Composition of Thymus kotschyanius in Iran*. *World Applied Sciences Journal* Vol. 8 (7): 847-856. ISSN 1818-4952.
- Babu, A.K., G. Kumaresan., V. Antony Aroul Raj., R. Velraj. 2018. Review of Leaf Drying: Mechanism and Influencing Parameters, Drying Methods, Nutrient Preservation, and Mathematical Models. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 90 (2018): 536-556.
- Baser, K. Husnu, & Gernard Buchbauer. 2010. *Handbook of Essential Oils – Science, Technology, and Applications*. Boca Raton: CRC Press
- Berger, Ralf Gunter. 2007. *Flavours and Fragrances – Chemistry, Bioprocessing, and Sustainability*. New York: Springer.
- Burdock, George A. 2010. *Fenaroli's Handbook of Flavor Ingredients, Sixth Edition*. United States of America: CRC Press.
- Buyisile, Mayekiso. 2009. Morphological and Chemical Composition of The Essential Oil of The Leaf of *Schistostephium heptalobium*. *African Journal of Biotechnology* Vol. 8 (8): 1509-1519. ISSN 1684–5315.
- Compagnie des Sens. 2018. *Guide Complet De L'Huile Essentielle De Combava*. Lyon: Compagnie des Sens (<https://www.compagnie-des-sens.fr/huile-essentielle-combava/> diakses tanggal 5 Agustus 2018).
- Dinas Komunikasi dan Informatika Pemerintah Kota Malang. 2018. *Geografis Kota Malang*. <https://malangkota.go.id/sekilas-malang/geografis/> (diakses 22 Maret 2018)
- Dhifi, Wissal., Sana Bellili., Sabrine Jazi., Nada Bahloul., & Wissem Mnif. 2016. Essential Oil's Chemical Characterization and Investigation of Some Biological Activities: A Critical Review. *Medicines* 3 (2016): 25.

- Dylana Press. 2014. *Essential Oils and Aromatherapy for Beginners: Your Coferencempete Desk Reference Including A-to-Z Essential Oils Guide and Recipes*. Dylana Publishing, Inc.
- Ebadi, M.T., Azizi M., Sefidkon F., Ahmadi N. 2015. Influence of Drying Methods on Drying Period, Essential Oil Content, and Composition of Lippia citriodora Kunth. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, xxx (2015): xxx-xxx.
- Etherische Olie International. 2017. *Essential Oil Information and Benefits*. Yogyakarta: PT. Etherische Olie International (<https://www.etherische.com/essential-oil-etherische/> diakses 5 Agustus 2018)
- Farabee, M.J., 2007. *Plants and Their Structure*. Arizona: Estrella Mountain Community College(<https://www2.estrellamountain.edu/faculty/farabee/biobk/BioBookPLANTANAT.html>/ diakses 6 September 2018)
- Food and Agriculture Organization of The United Nations. 2001. *Improving Nutrition Through Home Gardening – A Training Package for Preparing Field Workers in Africa*. Rome: FAO (<http://www.fao.org/docrep/> diakses 19 Maret 2018)
- Fenaroli, Giovanni.1975. *Fenaroli's Handbook of Flavor Ingredients Second Edition*.Boca Raton: CRC Press, Inc.
- Geankoplis, Christie J. 1993. *Transport Process and Unit Operation, Third Edition*. United States of America: Prentice-Hall International, Inc.
- Ginting, Sentosa. 2004. *Pengaruh Lama Penyulingan terhadap Rendemen dan Mutu Minyak Atsiri Daun Sereh Wangi*. Medan: Universitas Sumatera Utara
- Green, Don W. & Robert H Perry. 2008. *Perry's Chemical Engineers' Handbook, 8th Edition*. United States of America: McGraw Hill Company
- Guenther, Ernest. 1948. *The Essential Oils*. New York: D. Van Nostrand Company, Inc.
- Hassanpuraghdam, Mohammad Bagher., Abbas Hassam. 2014. Oven and Conventional Drying Methods Affect Volatile Oil Content and Composition of Mentha pulegium. *Journal of Essential Oil Bearing Plants* Vol. 17 (2) 2014: 346 - 352
- Hidayat, Fransisca Kelly. 1999. *Ekstraksi Minyak Atsiri dari Daun Jeruk Purut (Citrus hystrix D.C.) pada Skala Pilot-Plant*. Skripsi tidak dipublikasikan. Bogor: Institut Pertanian Bogor.

- Human Metabolome Database. 2018. *Metabocard for beta-Elemene*. Canada: The Metabolomics Innovation Centre (<http://www.hmdb.ca/metabolites/HMDB006184/> diakses 21 Juli 2018).
- Ibrahim, Majed., & Haya Abu-Malluh. 2018. Estimate Land Surface Temperature in Relation to Land Use Types and Geological Formations Using Spectral Remote Sensing Data in Northeast Jordan. *Open Journal of Geology*, 8, hlm. 174-185. ISSN: 2161-7589.
- Juhari, Nurul Hanisah binti. 2013. Effect of Hot-Air Drying on the Physicochemical Properties of Kaffir Lime Leaves (*Citrus hystrix*). *Journal of Food, Agriculture & Environment* Vol.11 (1): 203-211.
- Jung, Susan. 2014. *Spice Market: Lime Leaves*. South China: South China Morning Post (<https://www.scmp.com/magazines/post-magazine/article/1638008/spice-market-lime-leaves/> diakses 16 Oktober 2018)
- Ketaren, S. 1985. *Pengantar Teknologi Minyak Atsiri*. Jakarta: Balai Pustaka
- Komatsu, Akira., Susumu Akutagawa., Toshiaki Sakaguchi, & Taichi Someya. 1974. Process for The Production of Squalene-Type-Hydrocarbons. US Patent, US3794692A.
- Kumar, Rakesh, Saurabh Sharma., Shivani Sharma., Neeraj Kumar. 2016. Drying Methods and Distillation Time Affects Essential Oil Content and Chemical Compositions of *Acorus calamus* L. in the Western Himalayas. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*. ISSN: 2214-7861.
- Kynes, Sandra. 2013. *Mixing Essential Oils for Magic – Aromatic Alchemy for Personal Blends*. United States of America: Llewellyn Publications.
- Mashkani, Mohammad Reza Dehgani, Kambiz Larijani, Ali Mehrafarin, Hassanali Naghdi Badi. 2018. Changes in the essential oil content and composition of *Thymus daenensis* Celak, under different drying methods. *Industrial Crops & Products* 112 (2018): 389–395.
- McCabe, Warren L., Julian C. Smith, Peter Harriot. 1993. *Unit Operation of Chemical Engineering, 5th Edition*. United States of America: McGraw-Hill, Inc.
- Mykhailenko, Olga. 2018. Composition of Volatile Oil of *Iris pallida* Lam. from Ukraine. *Turk J Pharm Sci* 2018; 15(1): 85-90
- Nguyen, Hue, Eva M. Campi, W. Roy Jackson, Antonio F. Pati. 2009. Effect of oxidative deterioration on flavor and aroma component of lemon oil. *Food Chemistry* 112 (2009): 388–393.

- Nurdjanah, Nanang, Tatang Hidayat, dan Christina Winarti. 2006. *Teknologi Pengolahan Minyak Nilam*. Bogor: Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Phoungchandang, Singhanat., Wichayawadee Srinukroh., & Borwonsak Leenanon. 2008. Kaffir Lime Leaf (*Citrus hysteric* DC.) Drying using Tray and Heat Pump Dehumidied Drying. *Drying Technology*, Vol. 26: 1602–1609, 2008. ISSN: 0737-3937.
- Pirbalouti, Abdollah Ghasemi., Elahe Mahdad., Lyle Craker. 2013. Effect of Drying Methods on Qualitative and Quantitative Properties of Essential Oil of Two Basil Landraces. *Industrial Crops and Products* Vol. 46 (2013): 324– 327
- Orikasa, Takahiro., Shoji Koide., Shintaro Okamoto., Teppei Imaizumi, Yoshiki Muramatsu, Junichi takeda, . . . , & Akio Tagawa . 2013. Impacts of Hot Air and Vacuum Drying on the Quality Attributes of Kiwifruit Slices. *Journal of Food Engineering* 125 (2014): 51–58
- Raaman, N. 2009. *Phytochemical Techniques*. New Delhi: New India Publishing Agency
- Raksakantong, Pornpimol., Sirithon Siriamornpun., & Naret Meeso. 2012. Effect of Drying Methods on Volatile Compounds, Fatty Acids, and Antioxidant Property of Thai Kaffir Lime (*Citrus hystrix* D.C.). *International Journal of Food Science and Technology* 47 (2012): 603-612.
- Rhind, Jennifer Peace. 2012. *Essential Oils-A Handbook for Aromatherapy Practice*. London: Singing Dragon
- Samejo, Muhammad Qasim., Shahabuddin Memon., Muhammad Iqbal Bhanger., Khalid Mohammed Khan. 2013. *Comparison of Chemical Composition of Aerva javannica Seed Essential Oils Obtained by Different Extraction Methods*. *Pak. J. Pharm. Sci.*, Vol.26, No.4, hlm.757-760
- Santana, Ana Carolina M. de., Gabriel S. Pereira., Camila M. Boaventura., Ana Paula T. Uetenabaro., Larissa C. do B. Costa., & Rosilene A. de Oliveira. 2014. Rupture of Glandula Trichomes in *Ocimum gratissimum* Leaves Influences the Content of Essential Oil during the Drying Method. *Brazilian Journal of Pharmacognosy* 24(2014): 524-530
- Santos, R.V. Marcio., Flavia V. Moreira., Byanka P Fraga., Domino P. De Sousa, Leonardo R. Bonjardian, Lucindo J. Quintans-Junior. 2011. *Cadiovascular effects of Monoterpenes: a review*. *Brazilian Journal of Pharmacognosy* 21(4): 764-771.

- Sastrohamidjojo, Hardjono. 2004. *Kimia Minyak Atsiri*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press
- Sawamura, Masayoshi. 2010. *Citrus Essential Oils-Flavor and Fragrance*. Japan: John Wiley & Sons, Inc.
- Sellami, Ibtissem Hamrouni., Iness Bettaieb Rebey., Jazia Sriti., Fatma Zohra Rahali., Ferid Limam., Brahim Marzouk. 2011. Drying Sage (*Salvia officinalis L.*) Plants and Its Effects on Content, Chemical Composition, and Radical Scavenging Activity of the Essential Oil. *Food Bioprocess Technol* (2012) 5:2978–2989.
- Skaria, Baby P. 2007. *Aromatic Plants*. New Delhi: New India Publishing Agency.
- Taufiq, Tuhana. 2009. *Menyuling Minyak Atsiri*. Yogyakarta: PT. Citra Aji Pratama
- Telfser, Anna. 2017. *Effect of Reversible Permeabilization in Combination with Different Drying Methods on The Structure and Sensorial Quality of Dried Basil Leaves*. Unpublished Master Thesis. Sweden: Lund University.
- Therdthai, Nantawan., & Weibiao Zhou. 2009. Characterization of Microwave Vacuum Dryingand Hot Air Drying of Mint Leaves (*Menthacordifolia Opiz ex Frezen*). *Journal of Food Engineering* Vol. 91 (2009): 482–489.
- Tokyo Chemical Industry Co., Ltd. 2018 (<https://www.tcichemicals.com/> diunduh 4 September 2018)
- Turek, Claudia., dan Florian C. Stintzing. 2013. Stability of Essential Oils: A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* Vol.12: 40-53.
- Ultra International B.V. 2017. *Kaffir Lime Oil (Citrus hystrix)*. LA Spijkenisse: Jandico Ltd. <http://ultranl.com/products/kaffir-lime-oil-indonesia/> (diakses 8 Maret 2018)
- WHO. 2003. *WHO Guidelines on Good Agricultural and Collection Practices (GACP) for Medicinal Plants*. Geneva: World Health Organization
- Wongpornchai, S. 2012. *Kaffir Lime Leaf*. Dalam K. V. Peter (editor). *Handbook of Herbs and Spices*: 320-328. Cambridge: Woodhead Publishing Limited.
- Wulandari, Y. Wuri., Ahmad Mustofa. 2017. *Pengaruh Perlakuan Penggilingan terhadap Rendemen Minyak Atsiri Daun JerukPurut (Citrus hystrix DC) dengan Metode Destilasi Air*. JOGLO Volume XXIX No.1 Februari 2017.

