

KUALITAS MINYAK ATSIRI DAUN CENGIH YANG DIHASILKAN DARI BERBAGAI WAKTU PENYULINGAN

Quality of Clove Leaf Essential Oil Produced from Various Distillation Times

**Justus Elisa Loppies, Rahmad Wahyudi, Ardiansyah, Endang Sri Rejeki,
dan Aulia Winaldi**

Jl. Prof. Dr. Abdurahman Basalamah No. 28, Makassar 90231

e-mail: justusloppies@gmail.com

Abstract: *The quality of clove leaf essential oil is an indicator of success in the distillation process. This study aims to determine the quality of clove leaf essential oil produced from various distillation times. The observation method was used to explain the specifications of clove leaf essential oil produced during 2, 4, 6 and 8 hours distillation. The specifications measured include: color, odor, solubility in ethanol, content of eugenol, and β -caryophyllene. The results showed that the essential oil produced by distillation with a time of 2 hours according to SNI 06-2387-2006. The optimum time for the release of essential oil from clove leaf simplicia is 2-4 hours, with eugenol content of 34.01-86.33%. The essential criteria obtained were yellow color, characteristic odor of clove oil, solubility in ethanol 1:2, eugenol 34.01-86.33% and β -caryophyllene 8.15-46.58%. The release of eugenol from the simplicia material is reduced and is not effective at 6-8 hours of distillation. The results of this study serve as a reference for classifying the quality of essential oils based on the length of distillation time.*

Keywords: *Quality, essential oil, clove leaf, distillation time*

Abstrak: *Kualitas minyak atsiri daun cengkih merupakan indikator keberhasilan dalam proses penyulingan. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kualitas minyak atsiri daun cengkih yang dihasilkan dari berbagai waktu penyulingan. Metode observasi digunakan untuk menjelaskan spesifikasi minyak atsiri daun cengkih yang dihasilkan selama penyulingan 2, 4, 6 dan 8 jam. Spesifikasi yang diukur meliputi: warna, bau, kelarutan dalam etanol, kadar eugenol, dan β -caryophyllene. Hasil penelitian menunjukkan minyak atsiri yang dihasilkan pada penyulingan dengan waktu 2 jam sesuai SNI 06-2387-2006. Waktu optimum untuk pelepasan minyak atsiri dari simplisia daun cengkih adalah 2-4 jam, dengan kadar eugenol 34,01-86,33%. Kriteria atsiri yang diperoleh yaitu berwarna kuning, bau khas minyak cengkih, kelarutan dalam etanol 1:2, eugenol 34,01-86,33% dan β -caryophyllene 8,15-46,58%. Pelepasan eugenol dari simplisia bahan menjadi berkurang dan tidak efektif pada penyulingan 6-8 jam. Hasil penelitian ini menjadi rujukan untuk penggolongan kualitas minyak atsiri berdasarkan lama waktu penyulingan.*

Kata kunci: *Kualitas, minyak atsiri, daun cengkih, waktu penyulingan*

PENDAHULUAN

Minyak atsiri merupakan salah satu bahan baku industri yang diperoleh dari hasil ekstraksi atau penyulingan bagian tanaman seperti bunga, kulit, akar, kayu daun atau buah yang memiliki kandungan senyawaan atsiri. Kualitas minyak atsiri ditentukan oleh kandungan utama senyawa penyusunnya dan sifat-sifat fisik lain yang saling mempengaruhi. Kandungan dan sifat fisik minyak atsiri dapat dipengaruhi oleh bahan baku, metode ekstraksi dan cara penanganan pasca ekstraksi (Hastuti *et al.*, 2017 dan Nurdjannah, 2012).

Cengkih termasuk salah satu tanaman penghasil minyak atsiri dengan kandungan utamanya adalah eugenol. Bagian tanaman cengkih yang dapat digunakan sebagai bahan baku untuk kebutuhan industri adalah; bunga, tangkai dan daun. Ketiga bagian tanaman ini mengandung senyawa utama yaitu eugenol dengan komposisi yang berbeda-beda. Rata-rata kandungan minyak atsiri pada bunga 21,3% dengan kadar eugenol 78-95%, tangkai 6% dengan kadar eugenol 89-95% dan daun cengkih 2-3% dengan kadar eugenol 80-85% (Hadi, 2012). Daun cengkih dari beberapa species ditemukan mengandung 3-4%

minyak atsiri dengan kadar eugenol 77,1% (Nurdjannah, 2004). Pemanfaatan daun cengkih sebagai sumber atsiri merupakan alternatif untuk memanfaatkan potensi guguran daun cengkih yang mencapai 2,6 ton/Ha/tahun dengan populasi tanaman 100 pohon/Ha pada umur tanaman 6,5–8,5 tahun (Bustaman, 2011).

Komponen utama atsiri daun cengkih adalah eugenol sekitar 80-85% dan karyofilen sekitar 10-15%. Di samping dua komponen utama tersebut terdapat komponen lain yang kuantitasnya relatif kecil, seperti alfa kubeben, alfa kopaen, humulen, delta kadinen, dan sebagainya (Sastrohamidjojo, 2004). Selain itu, kualitas minyak atsiri daun cengkih dapat ditentukan dengan mengukur; warna dan bau atsiri, bobot jenis, indeks bias, kelarutan dalam etanol dan zat asing.

Beberapa metode telah digunakan untuk mendapatkan minyak atsiri dari daun cengkih antara lain: dengan cara destilasi atau penyulingan, ekstraksi menggunakan pelarut, dan ekstraksi menggunakan lemak padat. Umumnya metode penyulingan banyak digunakan oleh industri kecil dan menengah (IKM), karena lebih praktis dan efisien dibanding menggunakan cara ekstraksi dengan pelarut, walaupun kualitas yang diperoleh tidak sebaik pada cara ekstraksi dengan pelarut.

Penyulingan merupakan proses pemisahan komponen cair dan padat berdasarkan perbedaan titik uap. Terdapat tiga jenis metode penyulingan, yaitu: penyulingan dengan air, penyulingan dengan uap dan air, dan penyulingan dengan uap langsung (Hadi, 2012). Umumnya minyak atsiri daun cengkih diperoleh dengan metode penyulingan dengan uap dan air.

IKM yang menggunakan metode penyulingan dengan uap dan air mendapatkan kualitas dan rendemen minyak atsiri yang berbeda-beda dan belum maksimal. Hal ini disebabkan beberapa faktor antara lain: jenis dan kadar air bahan, suhu, tekanan uap, kerapatan bahan yang disuling dan waktu penyulingan. Penyulingan minyak atsiri

daun cengkih di Industri Kecil dan Menengah menggunakan metode air dan uap dengan waktu penyulingan sekitar 8–12 jam pada tekanan 3–4 bar. Hasil penyulingan berupa minyak atsiri yang ditampung sejak awal hingga akhir penyulingan.

Kelemahan dari metode ini adalah belum diketahui waktu optimum pelepasan minyak atsiri tertinggi dari simplisia bahan selama penyulingan 8-12 jam. Secara teoritis, pelepasan minyak atsiri dari simplisia daun cengkih terjadi pada suhu, tekanan dan waktu tertentu sehingga apabila proses pelepasan atsiri telah mencapai batas optimal maka yang terjadi selanjutnya adalah pelepasan uap tanpa kandungan atsiri. Belcker, dalam Susetyo dan Reny (2004) melaporkan, waktu penyulingan yang singkat menghasilkan atsiri dengan kandungan eugenol yang lebih tinggi dibanding dengan waktu penyulingan yang lebih lama. Akibat yang muncul adalah, jika proses penyulingan berlangsung selama 8–12 jam tanpa klasifikasi atsiri berdasarkan waktu pelepasan eugenol dari simplisia bahan, maka yang akan terjadi adalah inefisiensi proses dan minyak atsiri yang diperoleh bermutu rendah.

Upaya untuk mengatasi masalah ini adalah melalui penentuan waktu optimum proses penyulingan dengan tujuan untuk pemisahan dan mengklasifikasikan hasil penyulingan berdasarkan kualitas minyak atsiri yang dihasilkan pada waktu tertentu. Terkait permasalahan tersebut, maka dilakukan penelitian untuk menentukan kualitas minyak atsiri daun cengkih yang dihasilkan dari berbagai waktu penyulingan.

Hasil penelitian ini menjadi rujukan untuk perbaikan dan pengembangan metode proses penyulingan minyak atsiri melalui pemisahan atau klasifikasi berdasarkan waktu pelepasan optimal minyak atsiri dari simplisia agar minyak atsiri yang dihasilkan lebih berkualitas.

METODOLOGI

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di unit pengolahan minyak atsiri di Dusun Bonto Heru, Desa Lembang Lohe, Kecamatan Tellulimpoe, Kabupaten Sinjai, Provinsi Sulawesi Selatan, dan pengujian produk dilakukan di Laboratorium Penelitian dan Pengembangan Balai Besar Industri Hasil Perkebunan di Makassar mulai bulan Juli 2021 sampai dengan Oktober 2021.

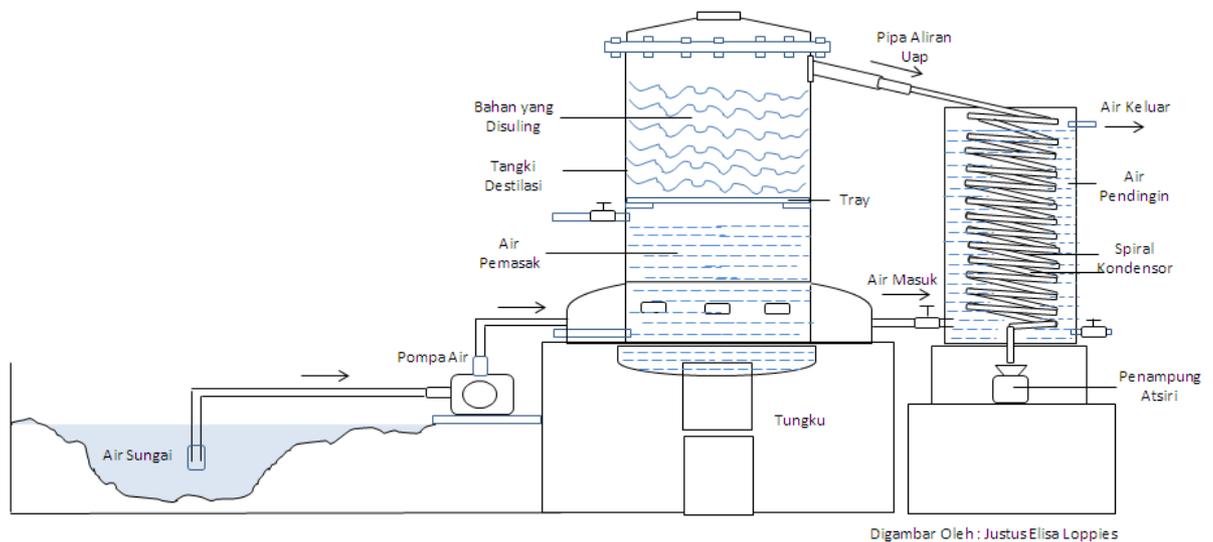
Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan antara lain: unit penyulingan kapasitas 1000 kg (Gambar 1), termometer, refraktometer

Abbe, piknometer GC-MS Shimadzu-QP2010S.

Penelitian ini dilaksanakan dengan metode percobaan pada skala produksi 1000 kg bahan baku daun cengkih. Kegiatan penelitian dilaksanakan melalui kajian literatur, pelaksanaan percobaan di lapangan, dan analisis spesifikasi produk.

Bahan-bahan yang digunakan untuk percobaan penyulingan di lapangan antara lain: daun cengkih kering dengan kadar air 12–15%, air sungai untuk proses pemasakan dan penguapan, kayu bakar dan daun kering hasil dari sisa penyulingan untuk bahan bakar.



Gambar 1. Alat Penyulingan Minyak Atsiri Kapasitas 1000 kg.

Metode dan Mekanisme Penyulingan

Proses penyulingan menggunakan metode destilasi air dan uap, dimana uap panas dari air memanasi simplisia daun cengkih yang terletak di atas tray dalam ketel. Akibat pemanasan dari uap air, sel-sel simplisia daun akan terbuka sehingga terjadi pengikatan, pelepasan dan pengangkatan senyawaan atsiri bersamaan dengan uap panas kemudian oleh adanya tekanan, uap yang mengandung atsiri dialirkan ke unit kondensor. Tahap selanjutnya adalah atsiri dan uap akan dipisahkan berdasarkan berat molekul setelah melalui unit kondensor yang dialiri air

dingin dengan suhu ≤ 40 °C. Atsiri yang diperoleh selanjutnya disaring untuk memisahkan bagian minyak dari sisa air terkondensasi.

Perlakuan Penyulingan

Proses penyulingan dilaksanakan selama 8 jam dengan waktu pengamatan setiap 2 jam pada 4 titik waktu yang berbeda. Rentang waktu pengamatan yaitu 2, 4, 6 dan 8 jam. Hasil penyulingan dari setiap rentang pengamatan dilakukan uji terhadap parameter; warna, bau, kelarutan dalam etanol 70%, kadar eugenol dan β -Caryophyllene.

Tahapan Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian dimulai dengan menyiapkan bahan-bahan yang terdiri dari daun cengkih, bahan bakar kayu dan daun kering sisa penyulingan.

Persiapan penyulingan dimulai dengan melakukan: a) pengisian air pada bagian bawah tangki pemasak, b) pengisian daun cengkih ke dalam tangki pemasak dengan posisi bahan pada *tray* yang berada sekitar 10 cm di atas permukaan air pemasak, c) pengisian air pada tangki kondensasi, d) menutup tangki penyulingan, e) memanasi tangki penyulingan.

Proses penyulingan dimulai ketika keluar uap pertama dari pipa kondensasi. Pada saat itu, air pendingin mulai dialirkan ke unit kondensor. Hasil penyulingan berupa minyak atsiri mulai ditampung saat tetesan pertama sampai tetesan terakhir untuk periode waktu 2 jam, kemudian dilanjutkan dengan tetesan berikutnya untuk periode waktu penyulingan 4 jam, 6 jam, dan 8 jam. Hasil penyulingan dari setiap periode waktu ditampung terpisah kemudian dilakukan pemisahan antara bagian minyak dan air. Minyak atsiri yang diperoleh terdiri dari 4 perlakuan waktu penyulingan yang kemudian dianalisis kualitas berdasarkan sifat fisik yaitu: warna, bau, kelarutan dalam etanol 70%, dan analisis komponen utama berupa kadar eugenol dan *β-Caryophyllene*.

Pengujian Minyak Atsiri

Parameter uji yang dilakukan untuk mengetahui kualitas minyak atsiri yang dihasilkan meliputi: warna, bau, kelarutan dalam etanol 70%, dan analisis komponen utama berupa kadar eugenol dan *β-Caryophyllene*. Uji warna dan bau dilakukan secara organoleptik dan kelarutan dalam etanol menggunakan metode SNI 06-2387-2006. Sedangkan uji kadar eugenol dan *β-Caryophyllene* menggunakan metode GC-MS-QP-2010 Ultra.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian melalui percobaan penyulingan daun cengkih selama 8 jam dengan waktu pengamatan setiap 2 jam pada 4 titik waktu yang berbeda menunjukkan terdapat perbedaan kualitas minyak atsiri yang diperoleh (Tabel 1). Hal ini ditandai dengan adanya perbedaan persentase pelepasan senyawaan utama atsiri dari simplisia bahan pada berbagai waktu atau lama penyulingan. Secara organoleptik beberapa parameter seperti sifat kelarutan dalam etanol, warna, dan bau atsiri menunjukkan kesamaan namun, secara kualitatif dapat mempengaruhi kualitas minyak atsiri secara keseluruhan. Tabel 1 menyajikan hasil analisis kualitas minyak atsiri daun cengkih yang akan dijelaskan secara spesifik.

Tabel 1. Hasil Analisis Kualitas Minyak Atsiri Daun Cengkih

Parameter *)	Syarat *)	Lama Percobaan (jam)				Metode
		2	4	6	8	
Warna	Kuning-Coklat tua	Kuning	Kuning	Kuning	Kuning	SNI 06-2387-2006
Bau	Khas minyak cengkih	Khas minyak cengkih	Khas minyak cengkih	Khas minyak cengkih	Khas minyak cengkih	SNI 06-2387-2006
Kelarutan dalam etanol 70%	1:2 Jernih	1:2	1:2	1:2	1:2	SNI 06-2387-2006
Eugenol (% area)	Min. 78	86,33	34,01	1,08	2,89	GC-MS (Kualitatif)
Beta Caryophyllene (% area)	Maks. 17	8,15	46,58	14,49	1,16	GC-MS (Kualitatif)

*) SNI 06-2387-2006

Warna dan Bau

Hasil penyulingan selama 2–8 jam (Tabel 1) menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan warna dan bau atsiri di antara waktu penyulingan. Warna dan bau yang dihasilkan minyak atsiri memiliki warna kuning dengan bau khas minyak cengkih sebagaimana yang dipersyaratkan oleh SNI 06-2387-2006 (BSN, 2006). Hal ini menunjukkan bahwa selama penyulingan 8 jam, tidak terjadi kerusakan komponen atau senyawaan penyusun minyak atsiri. Kerusakan minyak atsiri ditandai dengan terjadi perubahan warna menjadi kuning kecoklatan yang disebabkan karena adanya kandungan senyawa terpen (Sembiring, 2011).

Salah satu penyebab kerusakan minyak atsiri adalah adanya kandungan *β -Caryophyllene*. Senyawa ini tergolong hidrokarbon terpen yang mudah teroksidasi oleh pengaruh udara dan cahaya sehingga berdampak pada warna dan aroma.

Hasil percobaan menunjukkan bahwa *β -Caryophyllene* meningkat pada penyulingan 4–6 jam dengan kadar tertinggi pada penyulingan 4 jam yaitu 46,58%, dan menurun pada waktu penyulingan 8 jam. *β -Caryophyllene* yang tinggi merupakan potensi terjadinya penurunan kualitas warna dan bau minyak atsiri, sebagai akibat terjadinya oksidasi selama penyimpanan bila tidak dikemas dengan baik. Walaupun warna dan bau minyak atsiri memenuhi syarat SNI selama penyulingan 8 jam, namun berpotensi teroksidasi apabila mempunyai kandungan *β -Caryophyllene* yang tinggi. Pada percobaan ini, perlakuan penyulingan 4 jam dan 6 jam berpotensi menimbulkan kerusakan warna dan bau minyak atsiri daun cengkih sehingga perlu pengelompokan hasil penyulingan berdasarkan waktu dengan mempertimbangkan parameter lainnya. Selain itu pengelompokan ini juga dimaksudkan untuk penanganan lanjutan melalui proses pemurnian.

Kelarutan dalam Etanol

Kelarutan dalam etanol merupakan parameter yang menentukan kualitas minyak atsiri. Minyak atsiri yang larut sempurna dalam etanol menunjukkan senyawaan penyusunnya yang bersifat polar lebih tinggi (Susetyo dan Reny, 2004). Sebaliknya atsiri yang banyak mengandung senyawaan non polar akan berdampak pada kelarutan dalam etanol yang bersifat polar.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa minyak atsiri yang diperoleh dari berbagai waktu penyulingan (2–8 jam) dapat larut sempurna dalam etanol 70% dengan perbandingan 1:2 (Tabel 1). Hal ini menunjukkan bahwa kualitas minyak atsiri selama pengamatan sampai 8 jam memenuhi syarat kelarutan dalam etanol sesuai yang dipersyaratkan oleh Badan Standar Nasional (BSN).

Salah satu faktor yang dapat mempengaruhi kelarutan minyak atsiri adalah adanya komponen senyawa *β -Caryophyllene*. Penyulingan selama 2–6 jam menyebabkan komponen ini meningkat, namun kehadiran beta caryophyllene tidak menghambat proses kelarutan atsiri dalam etanol 70%.

Secara kualitas, klasifikasi minyak atsiri berdasarkan waktu penyulingan dapat dilakukan dan dialokasikan sesuai peruntukannya dengan tetap mempertimbangkan efisiensi produksi dan parameter pendukung lainnya.

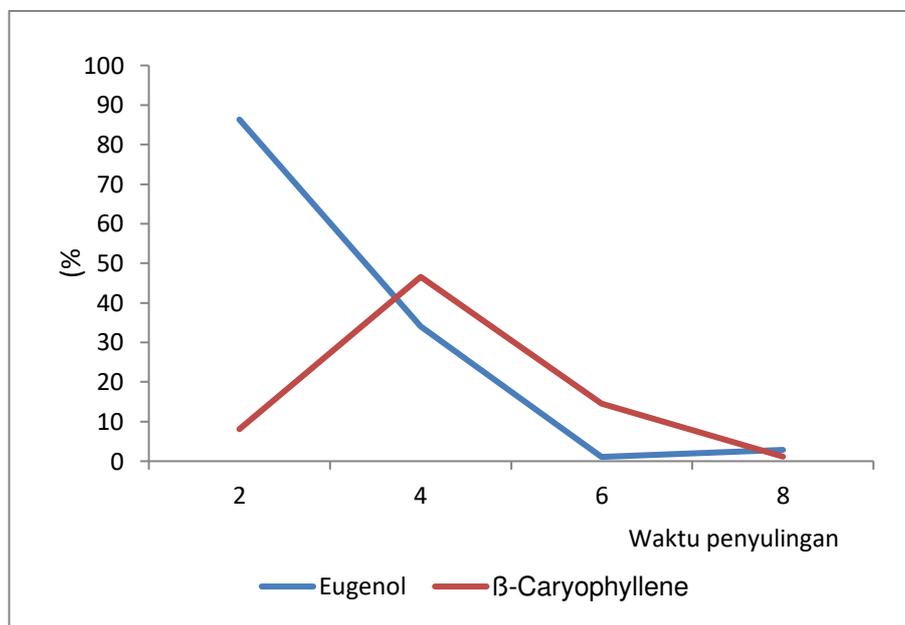
Eugenol

Pentingnya penetapan kadar eugenol berkaitan dengan syarat yang dibutuhkan dan kandungannya yang dominan dalam minyak atsiri daun cengkih. Kadar eugenol minyak atsiri daun cengkih dibawah 78% menunjukkan mutu yang tidak dipersyaratkan SNI 06-2387-2006.

Hasil percobaan menunjukkan bahwa kadar eugenol selama penyulingan 8 jam mengalami penurunan secara bertahap dari setiap titik pengamatan (Gambar 2).

Penyulingan selama 2 jam dan 4 jam menghasilkan eugenol 86,33% dan 34,01% sedangkan pada penyulingan 6 jam dan 8 jam diperoleh eugenol 1,08% dan 2,89%. Hal ini menunjukkan bahwa pelepasan eugenol dari simplisia daun cengkih telah mencapai puncak pada penyulingan 2–4 jam dan telah melewati rata-rata kadar eugenol daun cengkih yang secara umum berada pada kadar 80–85% (Hadi, 2012). Eugenol yang dihasilkan pada penyulingan 2 jam memiliki kualitas lebih baik (sesuai SNI 06-2387-2006) dibanding hasil

penyulingan 4–8 jam. Namun dalam proses produksi, umumnya industri melakukan proses penyulingan selama 8 jam tanpa menentukan waktu optimal pelepasan eugenol dari simplisia daun cengkih. Kadar eugenol dari hasil penelitian ini masih dapat ditingkatkan melalui proses pemurnian lanjutan. Secara umum dapat dinyatakan bahwa proses penyulingan telah berlangsung sempurna dan menjadi bahan evaluasi untuk mengklasifikasikan kualitas eugenol berdasarkan waktu penyulingan.



Gambar 2. Kadar Eugenol dan β -Caryophyllene selama Penyulingan

β -Caryophyllene

β -Caryophyllene merupakan senyawa dengan jumlah terbesar kedua setelah eugenol, dan termasuk senyawa penentu kualitas minyak atsiri daun cengkih dengan syarat sesuai SNI 1996 maksimum 17%. β -Caryophyllene yang berlebihan mengindikasikan minyak atsiri tidak berkualitas.

Hasil percobaan menunjukkan bahwa pada penyulingan 2 jam pertama kadar β -Caryophyllene terekstrak baru mencapai 8,15%, selanjutnya pada penyulingan 2 jam berikutnya (4 jam) diperoleh kadar β -Caryophyllene 46,58% dan selanjutnya menurun pada

penyulingan 6 jam dan 8 jam dengan kadar β -Caryophyllene 14,49% dan 1,16%. Hal ini menunjukkan bahwa pelepasan eugenol lebih mendominasi pelepasan β -Caryophyllene dimana sifat *volatile* dari eugenol yang cenderung mudah menguap dibanding β -Caryophyllene yang bersifat *non volatile*. Selama penyulingan 4 jam, senyawa ini mengalami pelepasan dari simplisia daun sangat tinggi, yang menunjukkan bahwa sebagian besar senyawa-senyawa *volatile* telah dilepaskan sehingga memberi peluang berikutnya untuk pelepasan untuk β -Caryophyllene. Pada penyulingan jam ke-6 dan ke-8 kadar β -

Caryophyllene semakin berkurang hingga tersisa tidak lebih dari 1,5%. Hal ini disebabkan karena β -*Caryophyllene* pada daun cengkih sebagian besar sudah terekstrak pada penyulingan (jam ke-2 dan jam ke-4).

Caryophyllene termasuk salah satu senyawa golongan terpen yang mudah teroksidasi dan resinifikasi oleh pengaruh cahaya dan udara sehingga akan menurunkan kelarutan minyak atsiri dalam alkohol dan merusak bau (Ketaren, 1985 di dalam Larasati dan Zuhdi, 2017). Selain itu senyawa ini memiliki sifat tidak larut dalam air tetapi larut dalam etanol (Lesgards *et al.*, 2014 dan Aranha, *et al.*, 2019) sehingga dalam jumlah yang berlebihan akan meningkatkan volume pelarut yang berakibat pada ketidaksesuaian dengan yang dipersyaratkan yaitu kelarutan dalam etanol 70% sebanyak 1:2.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penyulingan selama 4 jam menghasilkan β -*Caryophyllene* yang tidak sesuai standar namun masih memiliki 34,1% eugenol dan mempunyai kelarutan yang baik dalam etanol 70% dengan perbandingan 1:2. Meskipun memenuhi syarat dari sisi kelarutan dalam etanol, kehadiran senyawa β -*Caryophyllene* yang berlebihan akan menurunkan kualitas minyak atsiri.

Dari sisi standar, hasil penyulingan pada jam ke-4 tidak memenuhi syarat dari parameter β -*Caryophyllene* tetapi masih mengandung kadar eugenol yang tinggi sehingga secara komersial dapat diklasifikasikan sesuai peruntukan dalam industri. Kadar β -*Caryophyllene* yang tinggi dan tidak memenuhi standar SNI minyak atsiri daun cengkih namun berpeluang untuk tujuan memanfaatkan senyawa ini sebagai bahan baku industri. Hal ini disebabkan β -*Caryophyllene* mempunyai fungsi penting untuk kesehatan antara lain dapat digunakan sebagai bahan anestesi lokal, *dietary cannabinoid*, dan sebagai indikator detoksifikasi enzim s-transferase pada lever dan usus (Zheng *et al.*, 1992).

SIMPULAN

Minyak atsiri yang dihasilkan selama penyulingan 8 jam memiliki kualitas yang berbeda-beda, sehingga pengelompokannya berdasarkan lama waktu pelepasan atsiri dari simplisia daun cengkih menjadi acuan untuk menentukan optimalisasi proses dan kualitas atsiri yang dihasilkan.

Waktu penyulingan maksimal untuk pelepasan minyak atsiri dari simplisia daun cengkih adalah 2–4 jam, dengan kadar eugenol 34,01–86,33%. Pelepasan eugenol dari simplisia bahan menjadi berkurang dan tidak efektif pada penyulingan 6–8 jam.

Hasil penyulingan atsiri daun cengkih selama 8 jam memiliki kualitas sesuai dengan SNI 06-2387-2006, namun memiliki waktu pelepasan dari simplisia daun dengan persentase yang berbeda-beda.

DAFTAR PUSTAKA

1. Aranha, E.S.P.; de Azevedo, S.G.; dos Reis, G.G.; Silva Lima, E.; Machado, M.B.; de Vasconcellos, M.C. 2019. *Essential oils from Eugenia spp.: In Vitro Antiproliferative Potential with Inhibitory Action of Metalloproteinases*. *Ind. Crops Prod.* 2019, 141, 111736, doi:10.1016/j.indcrop.2019.111736.
2. BSN. 2006. *Mutu dan Cara Uji Minyak daun Cengkih (Syzygium aromaticum)*, SNI 06-2387-2006. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional. Hal.1-8.
3. Bustaman, S. 2011. Potensi Pengembangan Minyak Daun Cengkih sebagai Komoditas Ekspor di Maluku. Balai Besar Pengkajian dan Pengembangan Pertanian Bogor. *Jurnal Litbang Pertanian*, 30 (4), 2011.
4. Hadi, S. 2012. Pengambilan Minyak Atsiri Bunga Cengkih (Clove Oil) menggunakan Pelarut n-Heksan dan Benzena. *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*. p-ISSN 2303 – 0623, e-ISSN 2407 – 2370 Vol. 1 No. 2 2012. Hal 25 – 30
5. Hastuti, L.T., Saepudin, E., Cahyana, A.H., Rahayu, D.U.C., Murni, V.W and Haib, J. 2017. The Influence of Sun Drying Process and Prolonged Storage on Composition of Essential Oil from Clove Buds (*Syzygium aromaticum*). *AIP*

- Conference Proceedings* 1862, 030092 2017; <http://doi.org/10.1063/1.4991196>.
6. Larasati, W.A & H.F. Zuhdi. 2017. Keseimbangan Cair-Cair Sistem Quartener Eugenol + β - Caryophinellene + I - Butanol + H₂O pada Temperatur 303,15 dan 323,15 K. *Skripsi*. Departemen Teknik Kimia. Fakultas Teknologi Industri. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya. 2017.
 7. Lesgards, J.-F.; Baldovini, N.; Vidal, N.; Pietri, S. 2014. *Anticancer Activities of Essential Oils Constituents and Synergy with Conventional Therapies: A Review*. *Phyther. Res.* 2014, 28, 1423–1446, doi:10.1002/ptr.5165.
 8. Nurdjannah, N. 2004. Diversifikasi Penggunaan Cengkih. *Perspektif, Review Penelitian Tanaman Industri* 3(2): 61–70.
 9. Nurdjannah, N and Bermawie, N. 2012. "Cloves," in *Handbook of Herbs and Spices*, Second edition, Volume 1, edited by K. V. Peter (Woodhead Publishing Limited, Philadelphia, USA, 2012), pp. 197-215.
 10. Sastrohamidjojo, H. 2004. *Kimia Minyak Atsiri*. Yogyakarta: Penerbit Gadjah Mada University Press. Hal. 3-10, 65-69.
 11. Sembiring, D.M. 2011. *Isolasi dan Analisis Komponen Minyak Atsiri dari Daun Tumbuhan Binara Di Daerah Kecamatan Sibolangit Kabupaten Deli Serdang dengan GC-MS dan FT-IR*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Sumatra Utara. Medan
 12. Susetyo, R., dan Reny, H. 2004. *Kiat Menghasilkan Minyak Sereh Wangi*, Jakarta, Penebar Swadaya.
 13. Zheng, G.C., Kenney, P.M., Lam, L.K.T. 1992. Sesquiterpenes from Clove (*Eugenia caryophyllata*) as Potential Anticarcinogenic agents, *J. Nat. Prod.*, 53(7), 999–1003.