

Sifat Fisikokimia Oleoresin Fuli Pala Hasil Ekstraksi Berbantu Ultrasonik pada Metode Pengeringan yang Berbeda

Physicochemical properties of nutmeg mace oleoresin obtained by ultrasound-assisted extraction on different drying methods

Aryanis Mutia Zahra*, I Wayan Budiastira, Sugiyono S., dan Sutrisno Suro Mardjan

Institut Pertanian Bogor

Jl. Raya Darmaga Kampus IPB Darmaga, Kabupaten Bogor 16680 Jawa Barat, Indonesia

Riwayat Naskah:

Diterima 03, 2019
Direvisi 03, 2019
Disetujui 04, 2019

ABSTRAK: Ekstraksi berbantu ultrasonik (*Ultrasound Assisted Extraction, UAE*) dapat meningkatkan rendemen, kualitas dan fungsionalitas ekstrak serta mempersingkat waktu ekstraksi. Fuli memiliki lebih banyak senyawa aromatik yang dapat dipertahankan dalam berbagai proses pengolahan daripada biji pala. Pengeringan menjadi proses penting yang mempengaruhi kualitas fuli pala sebagai bahan baku oleoresin. Penelitian ini membandingkan rendemen, sifat fisik dan komposisi senyawa kimia oleoresin fuli pala hasil UAE pada metode pengeringan yang berbeda. Fuli pala dikeringkan dengan dua metode pengeringan (penjemuran dan pengasapan), digiling menjadi bubuk berukuran 60 mesh. UAE diaplikasikan pada bubuk fuli pala dalam etanol (1:4 b:v) pada frekuensi 20 kHz, daya 700 W, amplitudo 90%, suhu maksimum 50°C dan waktu ekstraksi 45 menit. Maserasi selama 7 jam pada suhu ruang dilakukan sebagai perlakuan kontrol. Sifat fisik (bobot jenis, indeks bias, nilai a^* , kroma dan *hue*) oleoresin fuli pala hasil UAE berbeda nyata antara pengasapan dan penjemuran. Sifat fisik (bobot jenis, indeks bias, nilai L, nilai a^* , nilai b^* , kroma dan *hue*) oleoresin juga berbeda nyata antara hasil ekstraksi berbantu ultrasonik dan maserasi. Pengasapan menghasilkan rendemen, sisa penguapan dan total senyawa utama oleoresin fuli pala hasil ekstraksi berbantu ultrasonik (19,78%, 24,36%, dan 63,37%) lebih tinggi dari penjemuran (15,80%, 23,05%, dan 53,91%) serta maserasi (14,49%, 22,07%, dan 54,31%).

Kata Kunci: ekstraksi berbantu ultrasonik, fuli pala, oleoresin, pengasapan, penjemuran

ABSTRACT: Ultrasound-assisted extraction (UAE) not only can increase the yield, quality, and functionality of extracts but also shorten the synthesis stages and the extraction time. Mace is more aromatic that can be maintained in various processing than nutmeg. Drying process becomes an important process that can affect the quality of nutmeg mace as a raw material for oleoresin. This study compared the oleoresin yield, physical properties and chemical compositions of the nutmeg mace oleoresin obtained by UAE on different drying methods. Nutmeg mace was dried with two drying methods (smoked drying and sun drying), and then ground into the particle size of 60 mesh. UAE was applied on nutmeg mace powders with ethanol solvent (1:4 w:v) at 20 kHz frequency, 700 W power, 90% amplitude, at 50°C maximum temperature and 45-minute extraction time. Maceration was carried out as the control treatment by 7-hour extraction time at room temperature. Physical properties (specific gravity, refractive index, a^* value, chroma and hue) of nutmeg mace oleoresin provided statistically different between smoked drying and sun drying. Physical properties (specific gravity, refractive index, L value, a^* value, b^* value, chroma and hue) of nutmeg mace oleoresin were also statistically different between ultrasound assisted extraction and maceration. Nutmeg mace by smoked drying produced the yield, non-volatile content and total main compounds of oleoresin extracted by UAE (19.78%, 24.36% and 63.37%) were higher than sun drying (15.80%, 23.05%, and 53.91%) and maceration (14.49%, 22.07%, and 54.31%).

Keywords: mace, oleoresin, smoked drying, sun drying, ultrasound-assisted extraction

* Kontributor utama
Email : aryanismutia@gmail.com

1. Pendahuluan

Myristica fragrans Houtt. adalah tanaman pala Banda yang menjadi tanaman perkebunan penting di antara tanaman rempah lainnya. Pala menghasilkan dua produk bernilai ekonomi tinggi, yaitu biji dan fuli. Produk turunan, seperti oleoresin, merupakan produk ekspor agroindustri potensial bagi Indonesia. Bahkan data statistik ekspor impor menunjukkan bahwa konsumsinya akan terus mengalami kenaikan sebesar 10% pertahun (ITPC, 2013). Minyak dan oleoresin fuli lebih banyak digunakan untuk industri obat-obatan, parfum, dan kosmetik karena memiliki aroma serta rasa yang lebih baik. Fuli lebih banyak memiliki senyawa aromatik yang dapat dipertahankan dalam berbagai proses pengolahan daripada biji pala. Biji pala sangat mudah kehilangan flavor ketika ditumbuk (Raghavan, 2006, chap 5).

Metode pengeringan yang dilakukan di Banda adalah pengeringan tradisional dengan pengasapan dan penjemuran. Pengasapan di atas para-para dalam ruang pengasapan dianggap rumit, tidak higienis, dan dapat menyebabkan pencemaran produk oleh asap. Namun pengasapan menjadi metode penanganan pascapanen yang tepat karena menghasilkan kualitas yang baik pada biji pala (Dharmaputra, Ambarwati, Retnowati, & Nurfadila, 2018). Sementara penjemuran membutuhkan waktu pengeringan lebih lama dengan suhu pengeringan yang tidak terkendali sehingga dapat menurunkan kualitas akhir pala (Divekar, Thakor, Mulla, & Sawant, 2011). Kumar, Srinivasulu, John, & Reddy (2017) menyatakan bahwa pengeringan fuli harus dilakukan hingga tingkat kelembaban optimal dengan kadar air akhir antara 10 - 12%. Satu persentase lebih dari tingkat kelembaban kritis dapat mempengaruhi kualitas fuli pala. Oleh karena itu, pengeringan menjadi proses penting pada tahap persiapan bahan ekstraktif.

Selain pengeringan, metode untuk mengekstraksi komponen aktif dengan hasil maksimum dan kualitas yang baik juga diperlukan (Sofyana, Dani, Zuhra, Maulida, & Ulfa, 2013). Morsy (2016) menyatakan bahwa metode ekstraksi konvensional umumnya berjalan lambat, membutuhkan waktu ekstraksi yang lama dengan rendemen dan kualitas yang rendah. Ekstraksi berbantu ultrasonik (*Ultrasound Assisted Extraction*, UAE) menjadi teknik baru yang lebih efisien dibandingkan metode konvensional. Rendemen dengan jumlah yang sama telah diperoleh oleh Morsy (2016) antara ekstraksi berbantu ultrasonik selama 10 menit dan maserasi selama 3 hari. Selain itu, persentase komponen oleoresin biji pala hasil ekstraksi berbantu ultrasonik mengindikasikan kualitas yang lebih superior dibandingkan dengan metode konvensional.

UAE dipropagasi oleh proses kompresi dan ekspansi dalam pelarut secara bergantian. Proses tersebut menghasilkan energi berintensitas tinggi akibat kavitas akustik, setara dengan tekanan 300-1200 bar dan suhu 2000-5000 K (Castro-López, Romeo, Sánchez-Alejo, Niño-Medina, & Martínez-Ávila, 2016). Selain itu, terjadi aliran akustik yang menyebabkan makro turbulensi dan meningkatkan laju perpindahan panas akibat disipasi energi mekanik (Sango, Abela, McElhatton, & Valdramidis, 2014, Kentish, & Hao 2014).

Fenomena tersebut digunakan dalam ekstraksi untuk memecah partikel material, menghancurkan dinding dan membran sel, serta meningkatkan penetrasi pelarut dan luas permukaan kontak padat-cair (Medina-Torres, Ayora-Talavera, Espinosa-Andrews, Sánchez-Contreras, & Pachoco, 2017). Energi ultrasonik dalam ekstraksi juga membantu pencampuran bahan dan pelarut yang lebih efektif, transfer energi lebih cepat, proses lebih selektif, serta adanya peningkatan rendemen, kualitas dan fungsionalitas ekstrak (Castro-López *et al.*, 2016), sehingga UAE dapat mempersingkat tahapan sintesa dan waktu pengoperasian (Awad, Moharram, Shaltout, Asker, & Youssef, 2012).

Beberapa penelitian telah berhasil mendapatkan oleoresin pala menggunakan proses ekstraksi berbantu ultrasonik. Penggunaan suhu dan waktu ekstraksi (Sofyana *et al.*, 2013, Aziz, 2018), besaran amplitudo dan frekuensi (Morsy, 2016, Aziz, 2018) serta ukuran partikel (Arpi, Satriana, & Rezekiah, 2013) yang berbeda akan menghasilkan rendemen, sifat fisik, komponen kimia dan sifat sensoris dari oleoresin pala yang juga berbeda. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk membandingkan rendemen, sifat fisik dan komposisi senyawa kimia yang maksimum pada oleoresin fuli pala hasil ekstraksi berbantu ultrasonik pada dua metode pengeringan yang berbeda.

1. Bahan dan Metode

1.1. Bahan

Bahan utama yang digunakan adalah fuli pala berwarna merah (umur panen 6 bulan sejak pembungaan, dari pohon berumur 60 tahun) dari desa Tanah Rata, Banda, Maluku Tengah. Bahan lain yang digunakan adalah pelarut etanol teknis 96%, kertas saring, aluminium foil, serta bahan-bahan kimia untuk analisis.

1.2. Alat

Alat yang digunakan adalah *ultrasonic generator* (Qsonica, Model 700, 20 kHz, USA), *rotary vacuum evaporator* (*Rotavapor R-210, Heating Bath B-491, V-850 Vacuum Controller, V-700 Vacuum Pump*, Buchi set, USA), *hammer mill*, ayakan *tyller* 60 mesh, timbangan analitik (Ohaus Adventurer Pro AX224, USA) dan digital (Mettler PM4800 DeltaRange, Switzerland), serta peralatan gelas. Peralatan untuk analisis yakni oven, soxhlet, refraktometer ABBE (Atago, USA), piknometer, penangas air, *chromameter* (Minolta CR-400, Japan), dan *Gas Chromatography - Mass Spectrometry* (Shimadzu Corporation, Japan).

1.3 Metode

1.3.1 Persiapan sampel

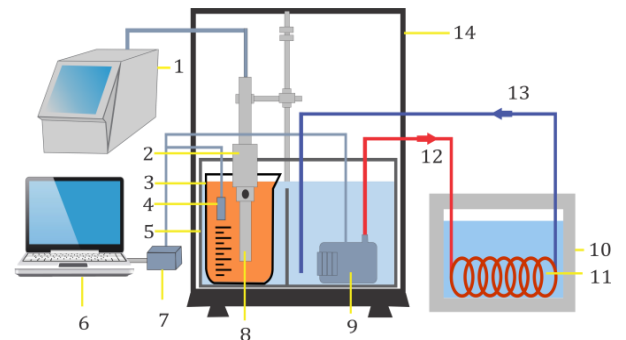
Fuli pala dipanen dan ditangani secara langsung oleh petani di desa Tanah Rata, Banda, Maluku Tengah dengan praktik standar yang biasanya dilakukan sesuai dengan Pedoman Teknis Penanganan Pascapanen Pala oleh Kementerian Pertanian (2012). Fuli pala dikeringkan dengan metode penjemuran (8 – 10 jam perhari selama 7 hari) dan pengasapan (5 – 6 jam perhari selama 5 hari) pada suhu 35-40°C dan RH 65-75% hingga mencapai kadar air 10-12%. Fuli pala kemudian dikemas dalam plastik kedap udara yang terpisah sesuai perlakuan pengeringan. Pengiriman dalam peti kemas dari Banda dilakukan melalui jalur laut dan darat selama waktu pengiriman 10 hari hingga sampai ke Bogor. Selanjutnya pengecilan ukuran dilakukan dengan cara menggiling dan mengayak fuli pala hingga diperoleh ukuran 60 mesh. Serbuk kemudian ditimbang sebanyak 200 gram sebagai satuan sampel perlakuan. Selain itu, ditentukan pula kadar air dengan metode oven dan kadar lemak menggunakan metode soxhlet (AOAC, 2005).

1.3.2 Ekstraksi oleoresin

Ekstraksi berbantu ultrasonik dilakukan dengan cara melarutkan 200 gram serbuk fuli pala hasil penjemuran dan pengasapan dengan 800 mL etanol 96% ke dalam gelas beker (rasio 1:4 b:v). Diatur *ultrasonic generator* pada frekuensi 20 kHz, 90% amplitudo, dan suhu yang terkontrol maksimum 50°C selama 45 menit melalui skema peralatan ekstraksi yang ditunjukkan pada Gambar 1. Pemilihan waktu dan besaran amplitudo mengacu kepada hasil perlakuan terbaik penelitian Aziz (2018). Maserasi sebagai kontrol percobaan hanya dilakukan pada 200 gram serbuk fuli pala hasil pengasapan dengan 800 mL etanol 96% ke dalam gelas beker (rasio 1:4 b:v) selama 7 jam pada suhu

ruang (25°C). Setiap 10 menit selama waktu ekstraksi dilakukan pengadukan pada larutan secara manual.

Suhu diatur maksimum 50°C melalui pengontrolan yang berlangsung selama proses ekstraksi. Gelas beker dilengkapi dengan sensor suhu untuk merekam fluktuasi suhu pada komputer (*recorder*). Gelas beker kemudian ditempatkan dalam wadah berisi air sebagai media pendingin untuk menjaga suhu tetap di bawah 50°C. Suhu larutan ekstraksi dalam gelas beker yang semakin tinggi akan membuat suhu air dalam wadah juga naik. Saat suhu ekstraksi mencapai suhu maksimum maka pompa air akan menyala untuk mengganti air dalam wadah menjadi air dingin sehingga menurunkan suhu larutan ekstraksi. Sirkulasi air dalam wadah dilakukan melalui selang yang dilengkapi dengan pipa tembaga pada *ice box*. Pipa tembaga akan menurunkan suhu air yang kemudian akan kembali ke wadah untuk mempertahankan suhu selama proses ekstraksi berlangsung. Selanjutnya hasil ekstraksi disaring menggunakan kertas saring, kemudian filtrat diuapkan dengan *rotary vacuum evaporator* pada tekanan 200 mbar dan suhu 50°C. Proses penguapan dihentikan jika terbentuk gelembung udara yang terus menerus pecah pada permukaan ekstrak kental dan pelarut benar-benar berhenti menetes pada labu penampung sehingga didapatkan oleoresin.



Keterangan:

- | | |
|----------------------------------|------------------------|
| 1 = generator | 8 = probe |
| 2 = transduser | 9 = pompa celup |
| 3 = gelas beker | 10 = ice box |
| 4 = sensor suhu | 11 = pipa tembaga |
| 5 = wadah | 12 = aliran air panas |
| 6 = komputer (<i>recorder</i>) | 13 = aliran air dingin |
| 7 = mikrokontroler | 14 = ruang sonikator |

Gambar 1. Skema peralatan ekstraksi berbantu ultrasonik

1.3.3 Analisis sifat fisik oleoresin

Oleoresin fuli pala hasil ekstraksi selanjutnya dipakai sebagai bahan dalam analisis sifat fisik yang ditetapkan berdasarkan metode dan prosedur dari SNI 06-2388-2006 tentang minyak pala, meliputi: rendemen, indeks bias, bobot jenis, sisa penguapan

dan kelarutan dalam etanol 90%. Sedangkan warna menggunakan pembacaan L (parameter kecerahan), a (derajat merah), dan b (derajat kuning). Selanjutnya nilai C (parameter kejenuhan warna) dan nilai h (sudut rona) dihitung untuk menentukan kisaran warna.

1.3.4 Analisis senyawa kimia oleoresin

Ekstrak komponen Oleoresin dianalisis menggunakan GC MS-QP 2010S *Ultra gas chromatograph* (Shimadzu Corporation, Kyoto, Japan) yang dilengkapi dengan *Capillary Column Model Number: Agilent 19091S-433 HP 5MS 5% Phenyl Methyl Siloxane* (diameter dalam 250 μm , panjang 30 m, dan ketebalan film RTX-5 kolom 0,25 μm) dan juga digunakan FID (*Flame Ionization Detector*) sebagai detektor. Suhu awal kondisi GC yakni 60°C kemudian dinaikkan menjadi 250°C (4°C/menit), sedangkan kolom dipertahankan 250°C selama 20 menit dengan laju aliran helium sebagai gas pembawa ditetapkan pada kecepatan 20 mL/menit. Identifikasi senyawa dilakukan dengan membandingkan indeks retensi dan spektra massa melalui *database Wiley library*. Senyawa dikelompokkan berdasarkan kesamaan dengan kualitas $\geq 70\%$, sedangkan jumlah senyawa dinyatakan dalam luas area kromatogram.

1.1.1. Analisis data

Data hasil uji berupa rendemen dan sifat fisik oleoresin dianalisis menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan sidik ragam ANOVA (*Analysis of Varians*). Apabila terdapat pengaruh nyata pada perlakuan, maka dilakukan uji lanjut *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) dengan taraf nyata 5%. Digunakan pula uji T berpasangan (*paired T-test*) pada hasil uji karakteristik fisik bahan baku. Data penelitian diolah menggunakan *software SPSS* dan *Microsoft Excel*© 2010.

2. Hasil dan Pembahasan

2.1. Rendemen oleoresin fuli pala

Metode pengeringan memberikan perbedaan secara signifikan pada kadar air akhir dan kadar lemak (Tabel 1) serta rendemen oleoresin fuli pala hasil ekstraksi berbantu ultrasonik (Tabel 2). Fuli pala hasil penjemuran memiliki kandungan air yang lebih tinggi daripada pengasapan, namun keduanya sesuai dengan SNI 01-0006-2015 tentang pala yang menyatakan bahwa kadar air maksimum fuli pala berkisar antara 10 - 12%. Sebaliknya kandungan lemak dan perolehan oleoresin hasil ekstraksi berbantu ultrasonik pada fuli pala yang dikeringkan dengan pengasapan lebih tinggi dari penjemuran.

Kadar air fuli pala yang dikeringkan dengan penjemuran akan lebih tinggi daripada jenis metode pengering mekanis, oven dan pengasapan. Kandungan air yang lebih tinggi selanjutnya akan mempengaruhi kecepatan difusi minyak dari bahan sehingga mengurangi rendemen akibat lapisan luar yang mengering (Kumar *et al.*, 2017, Yiljep, Fumen, & Ajisegiri, 2005) dan meningkatkan pertumbuhan mikroorganisme yang dapat merusak kualitas oleoresin (Sofyana *et al.*, 2013).

Kandungan lemak lebih rendah yang didapat dari penjemuran disebabkan oleh evaporasi minyak selama pengeringan (Kumar *et al.*, 2017). Bahan yang semula mengandung banyak air dalam sel akan mengalami difusi sambil membawa minyak dan senyawa volatil ke permukaan hingga selanjutnya terjadi evaporasi (Wirasutisna, Sukrasno, Nawawi, & Lia, 2011). Bahkan periode pengeringan yang lebih lama akan memberikan efek buruk pada bahan baku serta mengurangi rendemen (Yiljep *et al.*, 2005). Periode pengeringan yang lebih lama juga menyebabkan perbedaan persentase minyak atsiri dan minyak lemak, akibat dari evaporasi pada efek suhu yang berpotensi menjadi lebih tinggi (Fathi & Sefidkon, 2012).

Beberapa penelitian menegaskan bahwa pengeringan yang terkontrol akan memberikan rendemen minyak dan oleoresin yang lebih baik daripada penjemuran pada daun *Eucalyptus sargentii* (Fathi dan Sefidkon, 2012), jahe (Yiljep *et al.*, 2005, Wirasutisna *et al.*, 2011), fuli pala, dan biji pala (Kumar *et al.*, 2017). Di sisi lain, pengasapan menjadi penanganan pascapanen yang paling sesuai dan direkomendasikan oleh Dharmaputra *et al.* (2018) untuk mengurangi kerusakan biji, kontaminasi jamur dan infeksi aflatoksin.

2.2. Sifat fisik oleoresin fuli pala

2.2.1. Bobot jenis dan indeks bias oleoresin

Metode pengeringan menghasilkan perbedaan nyata pada bobot jenis dan indeks bias oleoresin fuli pala hasil ekstraksi berbantu ultrasonik (Tabel 2). Bobot jenis dan indeks bias oleoresin dari fuli pala yang dikeringkan dengan kedua metode pengeringan memiliki kisaran nilai secara berturut-turut sebesar 1,0602 - 1,0695 dan 1,4743 - 1,4810. Nilai bobot jenis tersebut lebih tinggi dibandingkan dengan standar yang ditetapkan oleh SNI 06-2388-2006 tentang minyak pala yang berada pada kisaran 0,880 - 0,910. Meskipun untuk indeks bias sudah sesuai dengan nilai standar yang berada pada kisaran 1,470 - 1,497.

Pada biji pala disebutkan bahwa semakin tua umur panen maka semakin tinggi nilai bobot jenis dan indeks bias oleoresin yang dihasilkan. Hal tersebut dikarenakan semakin tua waktu

pemanenan maka semakin rendah pembentukan metabolit sekunder seiring dengan tingginya produksi metabolit primer. Selain itu, semakin tua waktu pemanenan maka kandungan fraksi berat pada komposisi senyawa akan semakin tinggi dibandingkan fraksi ringan. Namun tidak dijelaskan tentang pengaruh umur panen pada fuli pala (Saputro, Andarwulan, & Faridah, 2016).

Perbedaan bobot jenis juga dapat dipengaruhi oleh suhu dan durasi pemanasan selama ekstraksi dan evaporasi. Oleoresin yang didapatkan dari proses produksi dengan suhu 50°C akan memiliki bobot jenis yang lebih tinggi dari pada standar. Hal tersebut disebabkan oleh pembentukan konsentrat resin, sebaliknya senyawa volatil terus menguap selama proses pemanasan (Sofyana *et al.*, 2013). Pada Tabel 3 terlihat bahwa kandungan fraksi berat lebih tinggi dibandingkan kandungan fraksi ringan. Sehingga nilai bobot jenis oleoresin menjadi lebih tinggi, akibat berat molekul dan nilai kerapatan yang tinggi dari fraksi berat (Polli, 2016).

2.2.2. Warna oleoresin

Metode pengeringan menghasilkan perbedaan secara signifikan terhadap nilai kemerahan (a^*), kroma dan tingkat kemerahan (hue) dari warna oleoresin fuli pala, namun tidak berbeda pada kecerahan (*Lightness*, L) dan nilai kekuningan (b^*). Fuli pala yang dikeringkan dengan penjemuran menghasilkan oleoresin dengan warna merah kekuningan yang lebih jenuh, sedangkan pengasapan menghasilkan warna merah kekuningan yang lebih terang (Tabel 2).

Warna oleoresin yang diperoleh bergantung kepada warna bahan baku yang digunakan. Warna bahan baku akan dipengaruhi oleh metode pengeringan yang digunakan (Kumar *et al.*, 2017). Hal tersebut terbukti dengan warna bahan baku

yang dikeringkan dengan kedua metode pengeringan dengan warna oleoresin fuli pala yang dihasilkan memiliki warna yang sama yakni merah kekuningan. Metode pengeringan fuli pala menghasilkan bahan baku dengan nilai kemerahan (a), nilai kekuningan (b), *chroma* dan tingkat kemerahan (hue) yang berbeda nyata (Tabel 1).

Kumar *et al.* (2017) menyatakan bahwa pengeringan mekanis, oven, dan pengasapan menghasilkan warna yang lebih baik dan seragam dibanding penjemuran. Selama pengeringan, warna fuli pala dapat berubah dari merah menjadi merah terang, merah kekuningan hingga coklat kemerahan. Umumnya oleoresin fuli pala memiliki warna oranye kekuningan (amber), merah hingga merah gelap (*dark red*) (Raghavan, 2006, chap 5). Berbeda dengan oleoresin biji pala yang dilaporkan memiliki warna coklat terang (Rodianawati, Hastuti, & Cahyanto, 2015) hingga coklat kemerahan (Sofyana *et al.*, 2013) dari bahan berwarna coklat terang hingga gelap (Rema, & Krishnamoorthy, 2012, chap 23).

2.2.3. Kelarutan oleoresin dalam etanol 90%

Metode pengeringan tidak menghasilkan perbedaan secara signifikan pada kelarutan oleoresin fuli pala hasil ekstraksi berbantu ultrasonik dalam etanol 90% (Tabel 2). Nilai kelarutan oleoresin dalam alkohol berhubungan dengan polaritas, semakin tinggi kebutuhan etanol dalam melarutkan maka semakin sukar oleoresin untuk larut atau semakin bersifat non polar (Ma'mun, 2013). Kelarutan oleoresin fuli pala dalam etanol yakni 1:1 (oleoresin berbanding pelarut v:v) dan sudah sesuai dengan SNI 06-2388-2006 tentang minyak pala dengan nilai maksimum 1:3 (oleoresin: pelarut v:v).

Tabel 1

Karakteristik fisik fuli pala sebagai bahan baku

Karakteristik Fisik	Penjemuran	Pengasapan
Kadar Air (%bk)	11,24 ± 0,03 ^b	10,77 ± 0,07 ^a
Kadar Lemak (%bb)	17,27 ± 0,01 ^a	23,64 ± 0,01 ^b
L	63,55 ± 0,20 ^a	59,08 ± 0,13 ^b
a^*	13,01 ± 0,04 ^b	13,23 ± 0,06 ^a
b^*	28,96 ± 0,10 ^b	30,50 ± 0,08 ^a
<i>Chroma</i>	31,75 ± 0,10 ^b	33,25 ± 0,06 ^a
<i>Hue</i>	65,80 ± 0,04 ^b	66,55 ± 0,13 ^a
Warna	Merah kekuningan (<i>yellowish red</i>)	

^{a, b} Nilai yang diperoleh merupakan rata-rata dari 3 ulangan, angka dengan huruf di setiap sifat fisik menunjukkan pengaruh berbeda nyata ($\alpha = 0,05$) berdasarkan uji-T berpasangan

Tabel 2

Data observasi rendemen dan sifat fisik oleoresin fuli pala hasil ekstraksi berbantu ultrasonik dan maserasi

Sifat Fisik	Maserasi	Ekstraksi Berbantu Ultrasonik	
		Penjemuran	Pengasapan
Rendemen (% b/b)	14,49 ± 0,00 ^c	15,80 ± 0,00 ^b	19,78 ± 0,00 ^a
Bobot Jenis (20/20°C)	1,0579 ± 0,0027 ^b	1,0695 ± 0,0010 ^a	1,0602 ± 0,0000 ^b
Indeks Bias (20°C)	1,4703 ± 0,0019 ^b	1,4810 ± 0,0015 ^b	1,4743 ± 0,0002 ^a
Sisa Penguapan (%)	22,07 ± 0,14 ^c	23,05 ± 0,05 ^b	24,36 ± 0,12 ^a
L	22,15 ± 0,01 ^b	22,68 ± 0,20 ^a	22,48 ± 0,04 ^a
a*	0,35 ± 0,00 ^c	0,46 ± 0,00 ^a	0,42 ± 0,01 ^b
b*	0,74 ± 0,01 ^a	0,68 ± 0,01 ^b	0,68 ± 0,01 ^b
Chroma	0,82 ± 0,01 ^a	0,82 ± 0,01 ^b	0,80 ± 0,00 ^a
Hue	64,79 ± 0,47 ^a	55,81 ± 0,37 ^c	57,98 ± 0,50 ^b
Warna		Merah kekuningan (<i>yellowish red</i>)	
Kelarutan dalam Etanol 90%		1:1 jernih, dan seterusnya jernih	

^{a, b, c} Nilai yang diperoleh merupakan rata-rata dari 3 ulangan, angka dengan huruf berbeda di setiap sifat fisik menunjukkan pengaruh berbeda nyata ($\alpha = 0,05$) berdasarkan uji Duncan

Kelarutan oleoresin dalam etanol 90% digunakan untuk mengevaluasi kerusakan minyak atsiri akibat timbulnya resinifikasi selama pemanasan. Jika senyawa yang mengandung gugus OH pada atsiri banyak terkandung, maka kelarutan oleoresin akan tinggi. Sebaliknya selama pemanasan akan mudah terbentuk senyawa hasil polimerisasi yang tinggi. Jika senyawa golongan terpen banyak terkandung dalam oleoresin, maka kelarutan akan menurun (Fakhrudin, Anam, & Andriani, 2015). Pada Tabel 3 ditunjukkan golongan terpen yakni monoterpen, sesquiterpen dan diterpenoid menyumbang konstituen oleoresin (% area) yang rendah. Oleh karena itu, mekanisme resinifikasi yang terjadi masih tergolong baik karena kelarutan oleoresin fuli pala yang dihasilkan memenuhi standar.

2.2.4. Sisa penguapan oleoresin

Metode pengeringan menghasilkan perbedaan secara signifikan pada sisa penguapan oleoresin fuli pala hasil ekstraksi berbantu ultrasonik (Tabel 2). Sisa penguapan oleoresin dari fuli pala yang dikeringkan dengan penjemuran dan pengasapan memiliki nilai secara berturut-turut sebesar 23,05% dan 24,36%. Sisa penguapan merepresentasikan kandungan bahan non volatil yang didominasi oleh komponen minyak lemak (*fixed oil*) atau senyawa lain dengan berat molekul yang tinggi (Ma'mun, 2013, Polli, 2016).

Metode pengeringan dapat menurunkan kandungan senyawa volatil pada bahan (Almasyhuri, Wardatun, & Nuraeni, 2012). Semakin tinggi suhu dan durasi pengeringan akan membuat senyawa volatil yang sangat peka terhadap oksidasi secara bertahap menurun dengan adanya efek cahaya dan panas (Priyanto, Yudhia, & Hamzah, 2011). Proses pengeringan yang melibatkan suhu di atas suhu kamar dapat menyebabkan kadar minyak atsiri berkurang karena penguapan senyawa volatil (Wirasutisna *et al.*, 2011).

Fuli pala memiliki potensi kandungan atsiri lebih dari 15,30% dengan minyak lemak yang berkisar

antara 20 - 35% yang bergantung dari asalnya (Rema, & Krishnamoorthy, 2012, chap 23). Diperoleh 19,51% kandungan minyak fuli pala yang berasal dari Sumatera Barat (Saputro *et al.*, 2016). Diperoleh 3,11% minyak atsiri dan 79,55% minyak lemak dari biji pala yang berasal dari Papua (Ma'mun, 2013). Selain itu, juga diperoleh kandungan minyak fuli pala merah dan putih (tebal dan tipis) sebanyak 19,60 - 21,30% yang berasal dari Maluku Utara (Soeroso, 2012). Berdasarkan data sisa penguapan dapat dikatakan bahwa oleoresin fuli hasil ekstraksi berbantu ultrasonik mengandung minyak lemak sebanyak 23,05 - 24,36% dengan komponen minyak atsiri sebanyak 75,64 - 76,95% (11,95 - 15,22% dari total bahan) pada kedua metode pengeringan.

2.3. Analisis senyawa kimia oleoresin fuli pala

Oleoresin fuli pala yang dikeringkan dengan penjemuran menghasilkan 34 komponen dengan 90,22% total konstituen, hasil tersebut lebih tinggi dibandingkan pengasapan yang hanya memiliki 22 komponen dengan 87,04% total konstituen. Pengasapan membuat oleoresin fuli pala memiliki golongan aromatik (77,47%) lebih tinggi dibandingkan penjemuran (69,92%). Selain itu, oleoresin fuli pala hasil pengasapan mengandung senyawa golongan polyol (0,79%) yang tidak dimiliki penjemuran. Sebaliknya, penjemuran membuat oleoresin fuli pala memiliki senyawa golongan asam karboksilat (12,63%), terpen (1,23%) dan enol (6,44%) lebih tinggi dibandingkan pengasapan (3,09%, 1,00% dan 4,69%) (Tabel 3). Pada dasarnya, metode pengeringan berpengaruh terhadap kandungan oleoresin (Kumar *et al.*, 2017). Komponen volatil akan berkurang selama pengeringan pada suhu yang lebih tinggi dari suhu kamar akibat terdifusi bersama air hingga terjadi penguapan (Wirasutisna *et al.*, 2011) atau adanya destruksi komponen yang sensitif terhadap panas (Yiljep *et al.*, 2005). Periode pengeringan juga menyebabkan perbedaan persentase minyak atsiri

Tabel 3

Profil senyawa kimia oleoresin fuli pala hasil ekstraksi berbantu ultrasonik dan maserasi

Komposisi Kimia	Tipe Komponen*	Waktu Retensi (RT)	Hasil konstituen oleoresin (% Area)		
			Maserasi	Ekstraksi Berbantu Ultrasonik	
				Penjemuran	Pengasapan
<i>Glycerin</i>	8	2,292	-	-	0,79
<i>α-Terpinen</i>	5	2,685	-	0,08	0,18
<i>γ-Terpinen</i>	5	2,967	-	0,07	0,13
<i>4-Thujanol</i>	4	3,036	0,73	0,40	0,13
<i>α-Pinen</i>	5	3,224	-	0,06	-
<i>4-Terpineol</i>	4	4,027	0,49	0,24	0,56
<i>α-Terpineol</i>	4	4,139	0,23	0,16	-
<i>Bornyl acetate</i>	11	5,139	-	0,05	-
<i>Safrole</i>	1	5,181	1,48	1,04	1,46
<i>p-Pentylanisole</i>	1	5,276	-	0,14	-
<i>Camphene</i>	5	5,823	0,19	0,13	-
<i>Eugenol</i>	1	5,917	1,60	1,28	1,24
<i>Copaene</i>	7	6,216	0,13	0,04	-
<i>Methyleugenol</i>	1	6,395	0,48	0,41	0,46
<i>Isoeugenol</i>	1	7,002	1,57	2,39	2,27
<i>Methyl isoeugenol</i>	1	7,498	-	0,12	-
<i>Myristicin</i>	1	7,883	24,82	15,92	25,20
<i>Elemicin</i>	1	8,148	0,86	0,78	0,83
<i>Methoxyeugenol</i>	1	8,746	15,94	3,82	3,33
<i>Myristic acid</i>	2	10,362	0,10	0,34	-
<i>Palmitic acid</i>	2	12,072	3,11	5,08	2,23
<i>Linoleic Acid</i>	2	13,713	3,60	0,10	-
<i>Oleic acid</i>	2	13,764	-	6,33	0,86
<i>Stearic acid</i>	2	14,311	-	0,78	-
<i>Croctin Dialdehyde</i>	10	17,286	0,16	-	-
<i>Dehydrodieugenol</i>	1	18,056	0,41	-	-
<i>Dehydrodiisoeugenol</i>	1	18,064	7,60	9,20	8,00
<i>Acetophenone</i>	1	18,192	3,01	2,97	3,39
<i>7-Methyl-4,6,7,8-tetrahydro-2,5(1H,3H)-quinazolinedione</i>	3	18,321	-	0,65	-
<i>Isocoumarin</i>	1	18,449	13,55	28,79	30,17
<i>1,4,6-Trimethyl-2-azafluorene</i>	3	19,141	1,80	1,95	-
<i>2-Methyl-3-(methoxycarbonyl)-4,5,6,7-tetrahydrobenzo[b]furan</i>	3	19,936	3,36	-	-
<i>1,2,3,9,10-Pentamethoxy benzo[a]heptalene</i>	3	20,509	1,38	-	1,12
<i>7,8-Bis(trimethylsilyl)benzo(5,6-g) 1H,3H-quinazoline-2,4-dione</i>	3	20,654	0,46	-	-
<i>2-Isopropoxy-5,6,7,10-tetramethoxy phenanthrene</i>	9	20,663	-	0,46	-
<i>5-Isopropenyloxymethylene-3,3-dimethyl-cyclohexanone</i>	6	20,902	-	6,44	4,69
Tipe komponen :					
1. Aromatik			71,32	66,86	76,35
2. Asam karboksilat			6,81	12,63	3,09
3. Aromatik heterosiklik			7,00	2,60	1,12
4. Alkohol monoterpen			1,45	0,80	0,69
5. Monoterpen hidrokarbon			0,19	0,34	0,31
6. Enol			-	6,44	4,69
7. Sesquiterpen hidrokarbon			0,13	0,04	-
8. Polyol			-	-	0,79
9. Polisiklik aromatik hidrokarbon			-	0,46	-
10. Diterpenoid			0,16	-	-
11. Ester monoterpen			-	0,05	-
Total konstitue oleoresin ^a			87,06	90,22	87,04
Jumlah komponen teridentifikasi ^a			27	34	22

^a Komponen yang teridentifikasi dengan kesamaan ≤70% dikecualikan

dan minyak lemak, akibat dari evaporasi pada efek suhu yang berpotensi menjadi lebih tinggi (Fathi & Sefidkon, 2012).

Kedua metode pengeringan memberikan profil senyawa utama oleoresin hasil UAE yang sama yakni *isocoumarin*, *myristicin* dan *dehydrodiisoeugenol*. Pengasapan memberikan total senyawa utama lebih tinggi (63,37%) dibandingkan penjemuran (53,91%). Fuli pala yang digunakan berasal dari umur panen yang tua dan kandungan metabolit sekunder diketahui dapat menunjukkan umur panen. Semakin tua umur panen maka kandungan metabolit sekunder yang utamanya adalah kandungan aromatik dan asam karboksilat semakin

Isocoumarin sebagai senyawa utama oleoresin fuli pala pada penelitian ini termasuk ke dalam lakton aromatik terpenting yang banyak ditemukan secara alami pada berbagai tumbuhan. *Isocoumarin* merupakan zat intermediet yang berguna dalam sintesis berbagai senyawa hetero dan karbosiklik dengan fungsi farmakologis yang luas (Sarhani, Vijaykumar, & Manojit, 2011). Selanjutnya, *myristicin* adalah senyawa turunan safrol dengan gugus metoksi pada karbon 4 yang memberikan efek sedatif kuat, bahkan *myristicin* bersama dengan 4-terpineole dan safrole dalam minyak biji pala telah terbukti memberikan efek penenang (*locomotor inhibition*) pada tikus (Muchtari, Subarnas, Apriyantono, & Mustarichie, 2010). *Dehydrodiisoeugenol* (DDIE) adalah neolignan bioaktif yang bertindak sebagai model unit struktural *biphenyl* dan *phenylcoumaran* dalam molekul lignin. DDIE memberikan aktivitas inflamatori dan antioksidatif yang baik. Bahkan telah berhasil diketahui disposisi yang menunjukkan bioavailabilitas *myristicin* dan DDIE pada tikus. Keduanya bersama dengan *elemicin* serta *myristic acid* telah mampu memberikan efek yang sama kuat dengan antioksidan komersial seperti BHA dan BHT (Kapoor *et al.*, 2013).

2.4. Perbandingan oleoresin hasil ekstraksi berbantu ultrasonik dan maserasi

Ekstraksi berbantu ultrasonik (UAE) menghasilkan rendemen oleoresin fuli pala sebesar 15,80 - 19,78%, nilai tersebut lebih tinggi dibandingkan maserasi yang hanya menghasilkan 14,49%. Oleoresin fuli pala hasil ekstraksi dengan UAE juga menghasilkan perbedaan sifat fisik (bobot jenis, indeks bias, nilai L, nilai a*, nilai b*, kroma dan hue) yang nyata jika dibandingkan maserasi (Tabel 2). UAE dapat memberikan kondisi suhu yang lebih tinggi dan meningkatkan difusi pelarut dalam suatu zat karena adanya gelembung ultrasonik. Gelombang ultrasonik menciptakan gelembung dalam pelarut yang pecah di dekat dinding sel dan menghasilkan aliran pelarut berkecepatan tinggi.

meningkat seiring dengan menurunnya kandungan golongan terpen (Saputro *et al.*, 2016). Kandungan *myristicin* dari oleoresin fuli pala hasil ekstraksi telah sesuai dengan SNI 06-2388-2006 tentang minyak pala yang menetapkan bahwa kandungan *myristicin* minimum adalah sebesar 10%. *Myristicin*, *isocoumarin* dan *dehydrodiisoeugenol* masing-masing sebanyak 10,90 - 18,51%, 5,61 - 8,77% dan 2,21% telah diperoleh dari oleoresin biji pala ekstrak etanol oleh Assagaf, Pudji, Chusnul, & Supriyadi, 2012. *Dehydrodiisoeugenol* (6,4%) dan *myristicin* (4,2%) juga telah diperoleh dari oleoresin buah pala ekstrak etanol oleh Kapoor, Bandana, Gurdip, De-Heluani, De-Lampasona, & Catalan, 2013. Hal tersebut dapat meningkatkan penetrasi pelarut ke dalam sel, menyebabkan pembesaran pada pori-pori dinding sel, meningkatkan proses difusi dan mempercepat perpindahan massa (Morsy, 2016).

Penggunaan suhu yang lebih tinggi selama ekstraksi berbantu ultrasonik memberikan rendemen oleoresin fuli pala yang lebih tinggi pula jika dibandingkan dengan maserasi. Suhu yang semakin tinggi akan membuat viskositas pelarut menurun sehingga mekanisme ekstraksi oleoresin berjalan lebih mudah. Panas yang diterima oleh bahan akan meningkat sehingga laju perpindahan oleoresin dari bahan menuju pelarut semakin meningkat (Arpi *et al.*, 2013). Peningkatan suhu akan membuat pori-pori partikel mengembang dan memfasilitasi pelarut berdifusi dengan mudah. Kontak antara pelarut dengan bahan akan meningkat sehingga pelarut lebih mudah untuk menembus sel pada bahan meski pada waktu yang singkat (Sofyana *et al.*, 2013).

Teridentifikasi 27 senyawa total pada oleoresin fuli pala hasil maserasi dengan hanya mewakili 87,06%, maka persentase tersebut kurang dari perlakuan ultrasonik yang memperoleh total konstituen oleoresin sebesar 87,04 - 90,22% dengan senyawa total 22 - 34. Oleoresin fuli pala hasil maserasi memiliki senyawa utama yakni *myristicin* (24,82%), *methoxyeugenol* (15,94%), dan *isocoumarin* (13,55%). Adapun oleoresin fuli pala hasil ekstraksi berbantu ultrasonik memiliki senyawa utama berupa *isocoumarin* (28,79 - 30,17%), *myristicin* (15,92 - 25,20%), dan *dehydrodiisoeugenol* (8,00 - 9,20%). Pada oleoresin hasil ekstraksi berbantu ultrasonik, didapatkan senyawa α -terpinen, γ -terpinen, α -pinen, *p-pentylanisole*, *methyl isoeugenol*, *oleic acid*, *stearic acid*, *7-methyl-4,6,7,8-tetrahydro-2,5(1h,3h)-quinazoline dione*, *2-isopropoxy-5,6,7,10 tetra methoxy phenanthrene*, dan *5 iso propenyloxy methylene-3,3-dimethylcyclohexanone* yang tidak dimiliki oleh oleoresin hasil maserasi. Namun oleoresin hasil UAE tidak memiliki komposisi senyawa *croctin dialdehyde*, *dehydrodieugenol*, *2-methyl-3- (methoxy carbonyl)-4,5,6,7-tetra hydro*

benzo[b] furan, dan *7,8-bis (trimethylsilyl) benzo (5,6-g) 1h,3h-quinazoline-2,4-dione* yang dimiliki hasil maserasi (Tabel 3).

Proses pemanasan akan memunculkan senyawa baru dan menghilangkan senyawa lain. Hal tersebut terjadi karena senyawa telah mencapai titik didih atau GCMS tidak dapat menganalisa dan mendeteksi keberadaannya sehingga komposisi kimia akan berbeda (Rodianawati *et al.*, 2015). Beberapa senyawa dapat terekstrak dengan ekstraksi berbantu ultrasonik, seperti golongan aromatik, yang tidak dapat teridentifikasi dalam oleoresin pala hasil maserasi. Selain itu, penggunaan intensitas ultrasonik yang semakin tinggi akan mengekstrak kandungan senyawa asam karboksilat yang tinggi (Morsy, 2016).

3. Kesimpulan

Sifat fisik (bobot jenis, indeks bias, nilai a^* , kroma dan *hue*) oleoresin fuli pala hasil UAE berbeda nyata antara pengasapan dan penjemuran. Pengasapan menghasilkan oleoresin fuli pala dengan rendemen dan sisa penguapan yakni sebesar 19,78%, dan 24,36% lebih tinggi daripada penjemuran yakni sebesar 15,80%, dan 23,05%. Fuli pala yang dikeringkan dengan penjemuran menghasilkan 34 senyawa oleoresin dengan 90,22% total konstituen, hasil tersebut lebih tinggi dibandingkan pengasapan yang hanya memiliki 22 komponen dengan 87,04% total konstituen. Kedua metode pengeringan memberikan profil senyawa utama oleoresin hasil UAE yang sama yakni *isocoumarin*, *myristicin*, dan *dehydrodiisoeugenol*. Meskipun pengasapan (63,37%) memberikan total senyawa utama lebih tinggi dibandingkan penjemuran (53,91%). Sifat fisik (bobot jenis, indeks bias, nilai L , nilai a^* , nilai b^* , kroma dan *hue*) juga berbeda nyata antara oleoresin hasil ekstraksi berbantu ultrasonik dan maserasi. Maserasi hanya menghasilkan oleoresin fuli pala dengan rendemen dan sisa penguapan sebesar 14,49%, dan 22,07%. Teridentifikasi 27 senyawa total pada oleoresin fuli pala hasil maserasi dengan total konstituen 87,06%. Maserasi menghasilkan total senyawa utama (54,31%) yang terdiri dari *myristicin*, *methoxyeugenol* dan *isocoumarin*.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan Terima kasih disampaikan kepada Direktorat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat, Kemenristekdikti atas pendanaan penelitian yang telah diberikan melalui Program Penelitian Strategis Nasional (PSN) dengan Nomor Kontrak Perjanjian : 129/SP2H/PTNBH/DRPM/2018.

Daftar Pustaka

- Almasyhuri, Wardatun, S., & Nuraeni, L. (2012). Perbedaan cara pengirisan dan pengeringan terhadap kandungan minyak atsiri dalam jahe merah (*Zingiber officinale* Roscoe.Sunti Valeton). *Bul. Penelit. Kesehatan*, 40, 123-129.
- Arpi, N., Satriana, & Rezekiah, K. (2013). Ekstraksi oleoresin dari limbah penyulingan pala menggunakan ultrasonik. *J Rekayasa Kimia dan Lingkungan*, 9, 180-187.
- Assagaf, M., Pudji, H., Chusnul, H., & Supriyadi. (2012). Optimasi ekstraksi oleoresin pala (*Myristica fragrans* Houtt.) asal Maluku Utara menggunakan *response surface methodology* (RSM). *Agritech*, 32, 383-391.
- Association of Official Analytical Chemistry. (2005). Official Methode of Analysis Association Analytical Chemistry. Washington DC: AOAC International.
- Awad, T.S., Moharram, H.A., Shaltout, O.E., Asker, D., & Youssef, M.M. (2012). Applications of ultrasound in analysis, processing and quality control of food: a review. *Food Research International*, 48, 410-427.
- Aziz, A. A. (2018). *Ultrasonic assisted extraction* oleoresin dari biji pala. (Skripsi). Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Badan Standarisasi Nasional. (2006). SNI 06-2388-2006: minyak pala. Jakarta: BSN.
- Castro-López, C., Romeo, R., Sánchez-Alejo, E.J., Niño-Medina, G., & Martínez-Ávila, G.C.G. (2016). Grape and wine biotechnology, (pp. 103-123). Rijeka: Intech.
- Dharmaputra. O.S., Ambarwati, S., Retnowati, I., & Nurfadila, N. (2018). Determining Appropriate Postharvest Handling Method to Minimize Fungal Infection and Aflatoxin Contamination in Nutmeg (*Myristica fragrans*). *Int. Food and Research J*, 25, 245-552.
- Divekar, S.P., Thakor, N.J., Mulla, H.Y., & Sawant, M.V. (2011). Effect of drying on physical properties of nutmeg. *Engineering And Technology In India*, 2, 18-23.
- Fakhrudin, M.I., Anam, C., & Andriani, M.A.M. (2015). Karakteristik oleoresin jahe berdasarkan ukuran dan lama perendaman serbuk jahe dalam etanol. *Biofarmasi*, 13, 25-33.
- Fathi, E., & Sefidkon, F. (2012). Influence of Drying and Extraction Methods on Yield and Chemical Composition of the Essential Oil of *Eucalyptus sargentii*. *J. Agr. Sci. Tech*, 14, 1035-1042.
- Indonesia Trade Promotion Center. (2013). Peluang ekspor produk minyak esensial (essential oils) di pasar Kanada. Vancouver: ITPC.
- Kapoor, I.P.S., Bandana, S., Gurdip, S., De-Heluani, C.S., De-Lampasona, M.P., & Catalan, C.A.N. (2013). Chemical composition and antioxidant activity of essential oil and oleoresins of nutmeg (*Myristica fragrans* Houtt.) fruits. *International Journal of Food Properties*, 16, 1059-1070.
- Kementerian Pertanian. (2012). Pedoman teknis penanganan pascapanen pala. Jakarta: Kementan.
- Kentish, S., & Hao, F. (2014). Applications of power ultrasound in food processing. *Annu. Rev. Food Sci. Technol.*, 5, 263-284.
- Kumar, S.N., Srinivasulu, A., John, P.J., & Reddy, C.H.B. (2017). Effect of washing and drying methods in the quality of nutmeg. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.*, 6, 464-472.
- Ma'mun. (2013). Karakteristik minyak dan isolasi trimiristin biji pala papua (*Myristica argentea*). *Jurnal Littri*, 19, 72-77.
- Medina-Torres, N., Ayora-Talavera, T., Espinosa-Andrews, H., Sánchez-Contreras, A., & Pachoco, N. (2017). Ultrasound assisted extraction for the recovery of phenolic compounds from vegetable sources. *Agronomy*, 7, 1-19.
- Morsy, N.F.S. (2016). A comparative study of nutmeg (*Myristica fragrans* Houtt.) oleoresins obtained by conventional and green extraction techniques. *Journal of Food Sci. and Technol.*, 53, 3770-3777.
- Muchtaridi, Subarnas, A., Apriyantono, A., & Mustarichie, R. (2010). Identification of compounds in the essential oil of nutmeg seeds (*Myristica fragrans* Houtt.) that inhibit locomotor activity in mice. *Int. J. Mol. Sci*, 11, 4771-4781.
- Polli, F.F. (2016). Nutmeg Oil Refining Research "siau" Pressurized Steam Method and Characteristics of Nutmeg Oil.

- Jurnal Penelitian Teknologi Industri*, 8, 23-34.
- Priyanto, G., Yudhia, & Hamzah, B. (2011). Perubahan sifat fisik dan aktivitas antioksidan tepung rempah. Prosiding Seminar Nasional PERTETA, Jember 21-22 Juli, ISBN: 978-602-9030-01-3, 233-242.
- Raghavan, S. (2006). *Handbook of Spices, Seasonings, and Flavorings* (2nd ed.), (pp. 63-186). New York: CRC Press.
- Rema, J., & Krishnamoorthy, B. (2012). *Handbook of Herbs and Spices* (2nd ed.), (pp. 399-416). Cambridge: Woodhead Publishing Ltd.
- Rodianawati, I., Hastuti, P., & Cahyanto, M.N. (2015). Nutmeg's (*Myristica fragrans* Houtt.) oleoresin: effect of heating to chemical compositions and antifungal properties. *Procedia Food Science*, 3, 244–254.
- Sango, D.M., Abela, D., McElhatton, A., & Valdramidis, V.P. (2014). Assisted ultrasound applications for the production of safe foods. *Journal of Applied Microbiology*, 116, 1067–1083.
- Saputro, M.A., Andarwulan, N., & Faridah, D.N. (2016). Physical characterization and essential oil properties of West Sumatra mace and nutmeg seed (*Myristica fragrans* Houtt.) at different ages at harvest. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 5, 371–376.
- Sarbani, P., Vijaykumar, C., & Manojit, P. (2011). *Isocoumarin* and its derivatives: an overview on their synthesis and applications. *Current Organic Chemistry*, 15, 782-800.
- Soeroso, S.S.DA. (2012). Pala (*Myristica* spp.) Maluku Utara berdasarkan keragaman morfologi, kandungan atsiri, pendugaan seks tanaman dan analisis marka SSR. Unpublished doctoral Dissertation. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Sofyana, M., Dani, S., Zuhra, Maulida, C.A, & Ulfa, H. (2013). Ultrasound assisted extraction of oleoresin from nutmeg (*Myristia fragrans* Houtt.). *International Journal of Advanced Science Engineering Information Technology*, 3, 18–21.
- Wirasutisna, K.R., Sukrasno, Nawawi, A., & Lia, M. (2011). Pengaruh pengolahan bahan terhadap kadar dan komponen minyak atsiri rimpang *Zingiber cassumunar* roxb. *Acta Pharmaceutica Indonesia*, XXXVI, 16-21.
- Yiljep, Y.D., Fumen, G.A., & Ajisegiri, E.S.A. (2005) The Effect of Peeling, Splitting and Drying on Ginger Quality and Oleoresin Content. *Agr. Eng. Inter. CIGR J.*, 7, 1-8.