

Isolasi, Karakterisasi, dan Identifikasi Senyawa Kimia dari Minyak Atsiri Biji Pala Papua (*Myristica argentea* Warb)

Isolation, Characterization, and Identification of Chemical Compounds from Papuan Nutmeg Essential Oil (*Myristica argentea* Warb)

Maryati^{1*}

¹Program Studi Agroindustri Politeknik Negeri Fakfak, Wagom, Fakfak
Email korespondensi : maryati.polinef@gmail.com

Abstrak

Tanaman pala (*Myristica argentea* Warb.) salah satu tanaman perkebunan terbesar di Papua Barat. Petani pala di Kabupaten Fakfak menjual biji pala dalam keadaan masih utuh, padahal jika diolah menjadi minyak atsiri maka nilai jualnya jauh lebih tinggi. Penentuan sifat fisik dan senyawa kimia penyusun dalam minyak atsiri biji pala Papua merupakan hal yang sangat penting dalam menentukan kegunaan dan mutu dari suatu minyak atsiri tersebut. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengisolasi minyak atsiri biji pala menggunakan metode destilasi uap-air; mengkarakterisasi secara fisik minyak atsiri biji pala dengan parameter warna, bau, bobot jenis, indeks bias, putaran optik, dan kelarutan dalam etanol sesuai dengan standar SNI 06-2388-2006; dan mengidentifikasi senyawa kimia minyak atsiri biji pala dengan menggunakan GC-MS. Isolasi minyak atsiri biji pala Papua menggunakan destilasi uap-air selama 7 jam memiliki rendemen sebesar 1,35±0,13% (v/b). Hasil pengujian fisik minyak atsiri biji pala adalah warna berupa kuning pucat, bau khas minyak pala, bobot jenis 0,884; indeks bias 1,478; putaran optik (+)22°, dan kelarutan dalam etanol 90% 1:1 jernih. Hasil analisis GC-MS mendeteksi 15 senyawa kimia. Senyawa utama penyusun minyak atsiri biji pala Papua adalah sabinene (63,65%); β -phellandrene (21,54%); dan safrole (4,17%). Karakteristik fisik minyak atsiri biji pala Papua berupa warna, bau, bobot jenis, indeks bias, dan kelarutan dalam etanol telah memenuhi standar SNI 06-2388-2006.

Kata kunci : biji pala; GC-MS; minyak atsiri; *Myristica argentea* Warb

Abstract

The nutmeg plant (*Myristica argentea* Warb.) is one of the largest plantation crops in West Papua. Nutmeg farmers in Fakfak Regency sell nutmeg seeds intact, even though if they are processed into essential oil the selling value is much higher. Determining the physical properties and chemical compounds that make up Papuan nutmeg essential oil is very important in determining the usefulness, and quality of the essential oil. The aim of this research was to isolate nutmeg essential oil using the steam-water distillation method; physically characterize nutmeg essential oil with parameters of color, odor, specific gravity, refractive index, optical rotation, and solubility in ethanol according to SNI 06-2388-2006 standards; and identify the chemical compounds of nutmeg essential oil using GC-MS. Isolation of Papuan nutmeg essential oil using steam-water distillation for 7 hours had a yield of 1.35±0.13% (v/w). The results of physical testing of nutmeg essential oil were pale yellow in color, typical nutmeg odor, specific gravity 0.884; refractive index 1.478; optical rotation (+)22°, and solubility in 90% ethanol 1:1 is clear. The results of GC-MS analysis detected 15 chemical compounds. The main compound that makes up Papuan nutmeg essential oil is sabinene (63.65%); β -phellandrene (21.54%); and safrole (4.17%). The physical characteristics of Papuan nutmeg essential oil in the form of color, odor, specific gravity, refractive index and solubility in ethanol according to SNI 06-2388-2006 standards.

Keywords: essential oil; GC-MS; *Myristica argentea* Warb; nutmeg

PENDAHULUAN

Pala merupakan tanaman daerah tropis yang termasuk dalam kelas Angiospermae, subkelas Dicotyledonae, ordo Ranales, family Myristiceae serta Myristica. Tanaman ini terdiri dari 15 genus dan 250 species. Seluruh spesiesnya tersebar di daerah tropis. Dari 15 genus, 5 genus terdapat di daerah tropis Amerika, 6 genus di daerah tropis Afrika, dan 4 genus di daerah tropis Asia (Rismunandar 1992). Salah satu jenis pala yang ada di Indonesia adalah Pala Papua. Pala Papua adalah jenis pala yang khas Irian Jaya dengan nama daerahnya “henggi” atau “saya”. Di daerah Jawa, pala ini sering disebut “pala lelaki”. Pala Papua ini memiliki buah lonjong, begitu juga dengan bentuk bijinya (Rismunandar 1992). Menurut Guenther (1987) dan Lawless (2002), jenis pala Papua termasuk *Myristica argentea* Warb.

Kabupaten Fakfak merupakan daerah penghasil komoditi pala terbesar di Papua Barat. Luas tanaman perkebunan pala untuk Kabupaten Fakfak adalah 17810 hektar dengan jumlah pala sebanyak 1462 ton (BPS Kabupaten Fakfak, 2021). Buah pala di Kabupaten Fakfak mempunyai ukuran buah yang lebih besar dan lebih panjang dari pada buah Pala Banda (*Myristica fragrans* Houtt). Selain itu, arilus (fuli/mace) pala Papua juga lebih tebal dan lebih berwarna merah (Ma'mun, 2013). Penampakan pala Papua dengan pala Banda dari bagian biji dan fuli dapat ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Perbandingan Pala Papua dengan Pala Banda (a.Biji Pala Papua; b. Fuli Pala Papua; c. Biji Pala banda; dan d. Fuli Pala Banda

Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2023

Buah pala yang ada di Kabupaten Fakfak dapat dimanfaatkan semua bagiannya. Namun, bagian pala yang bernilai ekonomis adalah biji dan fuli. Menurut Kambu (2007), biji dan fuli pala Fakfak sudah lama diekspor ke Amerika Serikat dalam jumlah besar melalui pangkalan militer di Pulau Guam, Lautan Pasifik, dan sebagian kecil dibawa oleh para pedagang ke pulau Jawa.

Biji dan fuli pala Papua diekspor dalam bentuk utuh. Padahal biji dan fuli pala Papua mampu dimanfaatkan lebih lanjut dengan mengetahui komponen yang ada pada biji dan fuli pala Papua. Padahal nilai jual biji pala dapat bertambah bila diekspor dalam bentuk produk yang sudah diolah seperti minyak atsiri pala. Menurut Umasangaji et al., (2012) bahwa kebutuhan minyak pala dunia hingga saat ini diperkirakan 85% berasal dari Indonesia yang dikenal minyak pala *East Indian*. Menurut Somaatmadja (1984), jenis pala *East Indian* lebih unggul dari pada jenis West Indian karena aromanya yang kuat dan kandungan miristin yang tinggi sebesar 13,5%.

Kandungan minyak atsiri dalam biji pala sebanyak 7-14% (Ginting, 2018), dan fuli dapat menghasilkan minyak atsiri sebanyak 4-17% (BSN, 2006). Komposisi kimia minyak atsiri biji pala (*Myristica fragrans* Houtt) adalah α -pinene (12,40%), β -sabinene (12,71%), sabinene (13,66%), δ -3-carene (2,06%), limonene (7,65%), γ -terpinen (5,78%), terpineol (9,42%), safrol (6,50%), dan miristisin (8,54%) (Idrus et al., 2014).

Minyak atsiri dari biji dan fuli pala banyak digunakan dalam industri obat-obatan, parfum, kosmetik dan flavor (BSN, 2006). Minyak atsiri biji pala dapat diaplikasikan dalam pengolahan pangan sebagai flavor dalam permen keras (*hard candy*). Formula terbaik permen keras dengan penambahan konsentrasi minyak atsiri biji pala sebanyak 2% (v/b) dengan nilai kesukaan warna yaitu 5,46 (mendekati suka), aroma yaitu 6,30 (mendekati sangat suka), rasa yaitu 6,46 (mendekati sangat suka), dan 5,77 (mendekati suka) (Maryati et al., 2023).

Setiap minyak atsiri memiliki komponen kimia yang berbeda. Pengetahuan mengenai karakter dan sifat dari pala Papua, terutama komponen volatil dari biji dan fuli pala sangat penting untuk menentukan kebijakan pengembangan, budidaya serta diversifikasi pengolahan pala. Hal ini akan memberikan nilai tambah pada petani. Komposisi atau kandungan komponen di dalam minyak atsiri adalah hal yang paling mendasar dalam menentukan aroma maupun kegunaannya (Agusta, 2002). Penentuan komponen penyusun dan komposisi masing-masing komponen tersebut di dalam minyak atsiri pala Papua merupakan hal yang sangat penting dalam menentukan kegunaan, kualitas maupun mutu dari suatu minyak atsiri.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengisolasi minyak atsiri biji pala menggunakan metode destilasi uap-air; mengkarakterisasi minyak atsiri biji pala dengan parameter warna, berat jenis, indeks bias, putaran optik dan kelarutan dalam alkohol sesuai standar SNI 06-2388-2006; dan mengidentifikasi senyawa kimia minyak atsiri biji pala dengan menggunakan GC-MS. Dengan adanya penelitian ini, biji pala Papua dapat diekspor dalam bentuk minyak atsiri sehingga memiliki nilai jual yang lebih tinggi. Selain itu, aplikasi minyak atsiri sebagai flavor dapat diketahui dan digunakan dalam industri olahan turunan pala sehingga memberikan nilai tambah ekonomi bagi masyarakat Kabupaten Fakfak.

METODOLOGI

Bahan dan Alat

Buah pala diperoleh secara langsung dari perkebunan alam (hutan) pala di Kampung Kayuni, Kabupaten Fakfak (bulan Juli 2023 pukul 8 pagi). Bahan lain adalah $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, bahan penentuan kualitas dan idenstifikasi komponen kimia minyak pala.

Persiapan Sampel

Pre-treatment Biji Pala

Pre-treatment biji pala berdasarkan hasil modifikasi dari Jimoh et al., (2017) dan Ma`mun (2013) yaitu biji pala dikering anginkan selama 10 hari pada suhu 30°C kemudian biji pala kering ditimbang sebanyak 2 kg untuk dihaluskan dengan ayakan 80 mesh. Pengeringan dan pengecilan ukuran biji pala dilakukan di Labaratorium Agroindustri, Politeknik Negeri Fakfak, Papua Barat.

Isolasi Minyak Atsiri Biji Pala dengan Destilasi Uap-Air

Biji pala disuling dengan metode destilasi air-uap (metode kukus) sesuai penelitian Ma'mun (2013) yang telah dimodifikasi waktu penyulingannya. Waktu penyulingan pada penelitian ini selama 7 jam. Minyak atsiri biji pala yang dihasilkan kemudian dijernihkan dengan mencampurkan Na₂SO₄ anhidrat, kemudian disaring dengan kertas saring Whatman No.42. Minyak atsiri biji yang diperoleh untuk selanjutnya digunakan untuk penentuan kualitas dan identifikasi komponen kimia dengan GC-MS. Penyulingan minyak atsiri biji pala dilakukan di Balai Penelitian Tanaman Obat dan Aromatik (BALITTRO), Bogor, Jawa Barat dan *Center of Essential Oil Studies* (CEOS), Yogyakarta.

Parameter

Rendemen Minyak Atsiri Biji Pala

Perhitungan rendemen dilakukan berdasarkan metode Anggraini et al., (2018) yaitu sebagai berikut :

$$\% \text{ Rendemen} = \frac{\text{Volume minyak atsiri hasil destilasi (mL)}}{\text{Berat sampel biji pala (g)}} \times 100\%$$

Penentuan Sifat Fisik Minyak Atsiri Biji Pala

Kualitas minyak atsiri biji pala Papua ditentukan berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI No. 06-2388, tahun 2006) yaitu karakteristik fisik minyak biji pala meliputi warna dilakukan secara visual, aroma dilakukan menggunakan indra pembau, berat jenis dengan piknometer, indeks bias dengan refraktometer, putaran optik dengan polarimeter dan kelarutan dengan etanol 90%. Penentuan sifat fisik minyak atsiri biji pala dilakukan di *Center of Essential Oil Studies* (CEOS), Yogyakarta.

Identifikasi Senyawa Kimia Minyak Atsiri Biji Pala (GC-MS)

Komposisi kimia minyak atsiri biji pala diidentifikasi menggunakan GC MS berdasarkan Chairul dan Sri (2000) yang dimodifikasi sesuai dengan kebutuhan penelitian ini. Sistem GC-MS dengan merek Shimadzu QP 2010 SE yang dilengkapi dengan kolom kapiler berupa Rtx-5 MS ((5% *diphenyl*/95% *dimethylpolysiloxane* dan *carbowax (polyethylene glycol)*), panjang 30 m, diameter 250 µm, ketebalan 0,25 µm)). Helium sebagai gas pembawa dengan tekanan 9,43 psi dan laju alir 1 mL/menit. Minyak atsiri biji pala sebanyak 0,5 µL diinjeksi dengan teknik split. Aliran split dengan rasio adalah 1:100. Suhu injektor 250°C dan suhu detektor 270°C. Suhu awal kolom 60°C ditahan selama 5 menit dan suhu akhir kolom 240°C. Detektor adalah EI (*Electron Impek*) dan energi sebesar 1,25 kv. Identifikasi senyawa kimia minyak atsiri biji pala dilakukan di *Center of Essential Oil Studies* (CEOS), Yogyakarta.

Analisis Data

Setiap puncak dari kromatogram yang dihasilkan dari GC-MS, diidentifikasi massanya dan fragmen massa yang dihasilkan. Kemudian fragmen tersebut dibandingkan dengan fragmen massa dari senyawa yang telah diketahui menggunakan bank data dari Library: WILEY7.LIB.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Isolasi Minyak Atsiri Biji Pala

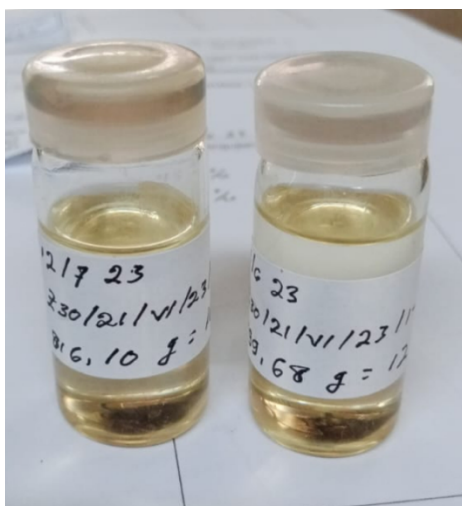
Hasil penyulingan dengan metode destilasi air-uap (kukus) menunjukkan bahwa rendemen minyak atsiri biji pala (*Myristica argentea*) adalah $1,35 \pm 0,13\%$ (v/b) (Tabel 1) jauh lebih rendah daripada kadar minyak dalam biji pala Banda yang berkisar antara 8 sampai 12% (Lawless, 2002). Sementara itu, hasil penelitian Ma'mun (2013) menunjukkan bahwa rendemen minyak atsiri biji pala Papua sebesar 3,11 %. Menurut Marzuki (2007), perbedaan rendemen minyak atsiri pada suatu tanaman disebabkan oleh faktor genetik dan faktor lingkungan tumbuh.

Tabel 1. Rendemen Minyak Atsiri Biji Pala (*Myristica argentea* Warb)

Minyak Atsiri Biji Pala	Rendemen Minyak Atsiri Biji Pala (%, v/b)
Ulangan 1	1,23
Ulangan 2	1,33
Ulangan 3	1,49
Rata-rata	$1,35 \pm 0,13$

Identifikasi Warna Minyak Atsiri Biji Pala Papua

Warna merupakan salah satu parameter kualitas minyak atsiri. Warna minyak atsiri biji pala Papua adalah kuning pucat. Hal ini sesuai dengan SNI 06-2388-2006 bahwa warna minyak atsiri biji pala adalah tidak berwarna hingga kuning pucat (*light yellow*). Penampakan warna minyak atsiri biji pala Papua (*Myristica argentea* Warb) dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Warna minyak atsiri biji pala Papua hasil penelitian (kuning pucat)

Sifat Fisik Minyak Atsiri Biji Pala Papua

Kualitas minyak atsiri biji pala (*Myristica argentea* Warb) dibandingkan dengan standar SNI 06-2388-2006 yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Sifat Fisik Minyak Atsiri Biji Pala (*Myristica argentea* Warb)

Parameter	Minyak Atsiri Biji Pala Papua (Hasil Penelitian)	Standar (SNI 06-2388-2006)
-----------	---	-------------------------------

Warna	Kuning pucat	Tidak berwarna-kuning pucat
Bau	Khas minyak pala	Khas minyak pala
Bobot jenis 20°C/20°C	0,884	0,880 - 0,910
Indeks bias (n _D 20)	1,478	1,470 - 1,497
Putaran optic	(+)22°	(+)8° - (+)25°
Kelarutan dalam etanol 90% pada suhu 20°C	1:1 jernih	1:3 jernih, seterusnya jernih

Bobot Jenis

Pengujian bobot jenis merupakan salah satu kriteria penting dalam menentukan mutu dan kemurnian minyak atsiri. Nilai bobot jenis minyak atsiri biji pala Papua adalah 0,884 yang artinya bahwa minyak atsiri biji pala Papua telah memenuhi standar SNI 06-2388-2006 yaitu berada dalam range 0,880-0,910. Menurut Guenther (2006) menyatakan bahwa semakin besar fraksi berat yang terkandung dalam minyak, maka semakin besar pula nilai bobot jenisnya. Semakin besar nilai bobot jenis maka komponen yang terkandung dalam zat tersebut semakin banyak dengan berat molekul yang tinggi dan rantai karbon yang panjang.

Indeks Bias

Pengujian indeks bias merupakan salah satu kriteria penting dalam menentukan mutu dan kemurnian minyak atsiri. Indeks bias merupakan perbandingan antara sinus sudut jatuh dari udara ke minyak dengan sudut tertentu (Guanther, 1987). Nilai indeks bias minyak atsiri biji pala Papua adalah 1,478 yang artinya bahwa minyak atsiri biji pala Papua telah memenuhi standar SNI 06-2388-2006 yaitu berada dalam range 1,470-1,497. Menurut Guanter (1987), minyak atsiri dengan harga indeks bias yang besar memiliki kualitas lebih baik dibandingkan minyak dengan indeks bias kecil.

Putaran Optik

Pengujian putaran optik merupakan salah satu kriteria penting dalam menentukan mutu minyak atsiri. Nilai putaran optik minyak atsiri biji pala Papua adalah (+)22° yang artinya bahwa minyak atsiri biji pala Papua telah memenuhi standar SNI 06-2388-2006 yaitu berada dalam range (+)8°-(+)25°. Menurut Guanter (1987), putaran optik yang dihasilkan bertanda negatif (-) menunjukkan komponen senyawa-senyawa dalam minyak atsiri memiliki kemampuan memutar bidang polarisasi ke arah kiri (*levo rotary*). Senyawa yang mampu memutar bidang polarisasi adalah senyawa yang memiliki atom karbon simetris. Menurut Khasanah et al., (2015), semakin kecil atau minus nilai putaran optik menunjukkan bahwa minyak atsiri memiliki kualitas yang baik. Hal ini menunjukkan bahwa minyak atsiri biji pala Papua memiliki kualitas kurang baik pada parameter putaran optiknya.

Kelarutan dalam Etanol

Minyak atsiri dapat larut dalam alkohol pada perbandingan dan konsentrasi tertentu (Marlina dan Prima, 2008). Hasil penelitian menunjukkan bahwa minyak atsiri biji pala Papua larut dalam alkohol 90% pada perbandingan 1:1 yaitu 1 mL minyak atsiri diperlukan 1 mL alkohol. Kelarutan minyak atsiri biji pala Papua

dalam etanol telah memenuhi standar SNI 06-2388-2006 yaitu 1:1-1:3, larut (*soluble*). Menurut Khasanah et al., (2015), uji kelarutan minyak atsiri dalam alkohol memberi gambaran apakah suatu minyak mudah larut atau tidak. Semakin mudah larut larut minyak dalam alkohol maka semakin banyak kandungan senyawa polar dalam minyak. Kelarutan alkohol merupakan faktor penting dalam pengujian minyak atsiri karena dapat menentukan kualitas minyak atsiri tersebut. Dengan demikian, larutnya minyak atsiri biji pala Papua dalam alkohol tersebut menunjukkan bahwa minyak biji pala Papua ini memiliki kualitas yang baik.

Senyawa Kimia Minyak Atsiri Biji Pala

Senyawa kimia dari minyak atsiri biji pala Papua (*Myristica argentea* Warb) dari hasil GC-MS terdapat 15 puncak yang disajikan pada Tabel 3. Senyawa mayor adalah sabinene 63,65%; β -phellandrene 21,54%; dan safrole 4,17%. Senyawa minor adalah α -pinene 1,96%, β -Myrcene 1,67 %; δ -terpinene 1,41%; terpineol 1,05%; β -pinene 1,00%; β -pinene 0,89%; α -thujene 0,86%; α -phellandrene 0,75%; dan benzene 0,59%; dan α -terpinolene 0,35%. Senyawa *trace* diantaranya phosphine sulfide 0,06%; dan camphene 0,04%.

Senyawa kimia yang terdapat dalam minyak atsiri pada suatu tanaman dipengaruhi beberapa faktor diantaranya lingkungan, tanah, lokasi dan nutrisi tanaman sehingga mempengaruhi kualitas minyak yang dihasilkan (Rachmi et al., 2014).

Tabel 3. Senyawa kimia minyak atsiri biji pala (*Myristica argentea* Warb)

Peak ke-	Nama Senyawa	Formula	Berat Molekul	Waktu Retensi (Menit)	Luas Area (%)
1	α -thujene	C ₁₀ H ₁₆	136	3,792	0,86
2	α -pinene	C ₁₀ H ₁₆	136	3,892	1,96
3	Camphene	C ₁₀ H ₁₆	136	4,075	0,04
4	Sabinene	C ₁₀ H ₁₆	136	4,371	63,65
5	β -pinene	C ₁₀ H ₁₆	136	4,426	1,00
6	β -Myrcene	C ₁₀ H ₁₆	136	4,503	1,67
7	α -phellandrene	C ₁₀ H ₁₆	136	4,733	0,75
8	α -terpinene	C ₁₀ H ₁₆	136	4,888	0,89
9	Benzene	C ₁₀ H ₁₄	134	5,001	0,59
10	β -phellandrene	C ₁₀ H ₁₆	136	5,084	21,54
11	δ -terpinene	C ₁₀ H ₁₆	136	5,452	1,41
12	α -terpinolene	C ₁₀ H ₁₆	136	5,884	0,35
13	Terpineol	C ₁₀ H ₁₈ O	154	7,226	1,05
14	Phosphine sulphide	C ₁₈ F ₁₅ PS	564	7,325	0,06
15	Safrole	C ₁₀ H ₁₀ O ₂	162	8,857	4,17

Minyak atsiri yang memiliki kandungan hidrokarbon tidak beroksigen dalam jumlah besar dan stearoptena dalam porsi kecil, maka kegunaannya lebih diutamakan sebagai pemberi bau yang spesifik atau perancah (*flavoring*). Bila minyak atsiri mengandung lebih banyak senyawa dari golongan hidrokarbon, alkohol, keton, fenol, ester dari fenol, oksida, dan ester, lebih memungkinkan untuk

digunakan sebagai obat karena secara teori diketahui bahwa semua senyawa tersebut memiliki gugus aktif yang berfungsi melawan suatu jenis penyakit (Agusta, 2002). Hasil analisis GC-MS menunjukkan bahwa minyak atsiri biji pala Papua lebih didominasi oleh senyawa hidrokarbon tidak beroksigen sehingga lebih berpotensi untuk dikembangkan sebagai *flavoring agent*.

KESIMPULAN

Isolasi minyak atsiri biji pala Papua (*Myristica argentea* Warb) menggunakan destilasi uap-air selama 7 jam dengan rendemen sebesar 1,35±0,13%(v/b). Hasil pengujian fisik minyak atsiri biji pala Papua adalah warna berupa kuning pucat, bau khas minyak pala; bobot jenis 0,884; indeks bias 1,478; putaran optik (+)22°, dan kelarutan dalam etanol 90% 1:1 jernih. Hasil analisis GC-MS mendeteksi 15 senyawa kimia. Senyawa utama penyusun minyak atsiri biji pala Papua adalah sabinene (63,65%); β -phellandrene (21,54%); dan safrol (4,17%). Karakteristik fisik minyak atsiri biji pala Papua berupa warna, bau, bobot jenis, indeks bias, putaran optik, dan kelarutan dalam etanol telah memenuhi standar standar SNI 06-2388-2006.

DAFTAR PUSTAKA

- Agusta, A. (2002). *Minyak Atsiri Tumbuhan Tropika Indonesia*. ITB, Bandung.
- Anggraini, R., Jayuska, A., Alimuddin, A.H. (2018). Isolasi dan karakterisasi minyak atsiri lada hitam (*Piper nigrum* L.) asal sajingan Kalimantan Barat. *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, 7(4): 124-133.
- BPS. 2021. Kabupaten Fakfak dalam Angka 2021. BPS Kabupaten Fakfak.
- BSN (Badan Standarsasi Nasional), (2006), SNI Minyak Pala, BSN Jakarta.
- Chairul dan Sri Budi Sulianti. 2000. Minyak atsiri pala wegio (*Myristica fatua* L) dan pala (*Myristica fragrans* L) dengan GC-MS. Proseding dalam Seminar Hari Cinta Puspa dan Satwa Nasional, 5 November 2000, Bogor
- Ginting, B., Maira, R., Mustanir., Helwati, H., Desiyana, L.S., & Mujahid, R. (2018). Isolation of Essential Oil of Nutmeg (*Myristica fragrans* Houtt.) and Antioxidant Activity Test With DPPH. *Jurnal Natural*, 18(1): 11-17. DOI: 10.24815/jn.v18i1.6604
- Guenther, E. (1987). *Minyak Atsiri. Jilid I*. Terjemahan dari The Essential Oils. Universitas Indonesia, Jakarta. 520 hlm.
- Guenther, E., 2006, Minyak Atsiri Jilid IV, Ketaren, S. (alih bahasa), UI Press, Jakarta.
- Idrus, S., Kaimudin, M., Torry, R.F., & Biantoro, R. (2014). Isolasi trimiristin minyak pala Banda serta pemanfaatannya sebagai bahan aktif sabun. *Jurnal Riset Industri*, 8(1): 23-31.
- Jimoh, S. O., Labo-Popoola, O. H., & Alabi, K. A. (2017). Radical Scavenging Capacity and Efficacy of *Myristica fragrans* (Nutmeg) Metabolites on *Cladosporium* herbarum of Food Origin. *Microbiology Research Journal International*, 1-8. DOI: 10.9734/MRJI/2017/31962
- Kambu, C. H. 2007. Tanaman Pala Fakfak. Dinas Perindagkop Kabupaten Fakfak Papua. 10 hlm.

- Khasanah, U. L., Kawaji., Rohula, U. Dan Aji, Y. M., 2015, Pengaruh perlakuan pendahuluan terhadap karakteristik mutu minyak atsiri daun jeruk Purut (*Citrus hystrix* DC), J. Aplikasi Teknologi Pangan., 4(2): 48-55.
- Lawless, J. 2002. *Encyclopedia of Essential Oils*. Thorsons, Great Britain. P 138–140.
- Ma'mun. (2013). Karakteristik minyak dan isolasi trimiristin biji pala Papua (*Myristica argentea*). *Jurnal Littri*, 19(2): 72-77. <https://media.neliti.com/media/publications/124424-karakteristik-minyak-dan-isolasi-trimiri-ff7bffb9.pdf>
- Marlina, M. N., dan Prima, W. P., 2008, Pengujian Mutu Minyak Atsiri, Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB, Bogor.
- Maryati, Suloi, A.F., Kuliahsari, D.E. (2023). Karakteristik organoleptik permen keras dengan penambahan minyak atsiri biji pala (*Myristica argentea* Warb). *Gorontalo Agriculture Technology Journal*, 6(1):14-24.
- Marzuki I. Karakteristik Produksi, Proksimat Atsiri Pala Banda. Prosiding Seminar Nasional Akselerasi Inovasi Teknologi Pertanian Spesifik Lokasi Mendukung Ketahanan Pangan di Wilayah Kepulauan. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Maluku.
- Piaru, S. P., Mahmud, R., Majid, A. M. S. A., & Nassar, Z. D. M. (2012). Antioxidant and antiangiogenic activities of the essential oils of *Myristica fragrans* and *Morinda citrifolia*. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, 5(4), 294-298. DOI: 10.1016/S1995-7645(12)60042-X
- Piras, A., Rosa, A., Marongiu, B., Atrezi, A., Dessi, A., Falconier, D., & Porcedda, S. (2012). Extraction and separation of volatile and fixed oils from seeds of *Myristica fragrans* by supercritical CO₂: chemical composition and cytotoxic activity on Caco-2 cancer cells. *Journal of food science*, 77(4), 448-53. DOI: 10.1111/j.1750-3841.2012.02618.x.
- Rachmi, Zamri, WA, Yuharmen.(2014). Perbandingan isolasi minyak atsiri biji pala (*Myristica Fragrans* Houtt, cara hidrodistilasi microwave dan konvensional serta uji aktivitas antibakteri dan antioksidan. JOM FMIPA, 1(2)
- Rismunandar. (1992). *Budidaya dan Tata Niaga Pala*. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Somaatmadja, D., (1984). Penelitian dan Pengembangan Pala dan Fuli. Komunikasi, No.215. BBIHP, Bogor.
- Umasangaji, A., Patty, J. A., & Rumakamar, A. A. (2012). Kerusakan Tanaman Pala Akibat Serangan Hama Penggerek Batang (Batocera Hercules). *Jurnal Agrologia*, 1(2): 163-169. <https://ojs.unpatti.ac.id/index.php/agrologia/article/download/292/218>.