

Metode Ekstraksi Minyak Gaharu-Analisis Bibliometrik Menggunakan VOSviewer

Agarwood Oil Extraction Method- bibliometric Analysis Using Vosviewer

Hendra Saputra¹, Benni Satria², Novizar Nazir³, Tuty Anggraini⁴

¹Ilmu Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Andalas

²Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Andalas

^{3,4}Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Andalas

¹saputra22hendra@gmail.com*, ²bennisatria@agr.unand.ac.id, ³nazir_novizar@yahoo.com

⁴tuty@ae.unand.ac.id

Abstract

Agarwood is a non-timber forest product that has a very high selling value from Aquilaria and Gyrinops trees. Several terms for naming agarwood, in Southeast Asia, namely in the Middle East, it is called oud, in China chen xiang, in Japan Jinkoh and India agar. This research was carried out using a literature review approach by developing research questions and searching for articles using keywords on Scopus and Google Scholar using the Harzing's Publish or Perish application (Windows GUI Edition, Tarma Soft Ltd). A total of 300 articles were collected and 12 relevant articles were obtained. Then analysis was carried out using VOSviewer (Nees Java van Eck and Ludo Waltman). Various techniques have been used to extract various parts of agarwood, namely water distillation or hydrodistillation, steam distillation, solvent extraction, and supercritical fluid extraction. Optimization of agarwood oil extraction is carried out by pretreatment such as soaking with water, soaking with salt, fermentation with tempeh yeast, heating with a microwave and fermentation with Rhizopus sp. Several agarwood oil extraction techniques have been carried out to increase oil yield, namely multilevel maceration with various solvents, soxhletation, microwave hydrodistillation, accelerated solvent extraction. From the results of the literature review, maceration extraction with ethanol solvent for 72 hours showed the highest yield, namely 4.12%.

Keywords: Extraction, Agarwood, Essential Oils, Techniques, Vosviewer

Abstrak

Gaharu merupakan hasil hutan bukan kayu yang memiliki nilai jual yang sangat tinggi dari pohon *Aquilaria* dan *Gyrinops*. Beberapa istilah untuk penamaan gaharu, di Asia Tenggara yaitu di Timur Tengah disebut *oud*, di Cina *chen xiang*, di Jepang *Jinkoh* dan India *agar*. Penelitian ini dilakukan dengan pendekatan literature review dengan menyusun pertanyaan penelitian dan mencari artikel menggunakan kata kunci pada Scopus dan Google Scholar menggunakan aplikasi Harzing's Publish or Perish (Windows GUI Edition, Tarma Soft Ltd) sebanyak 300 artikel dikumpulkan dan diperoleh 12 artikel yang relevan. Kemudian dilakukan analisis menggunakan VOSviewer (Nees Java van Eck dan Ludo Waltman). Berbagai teknik telah digunakan dalam mengekstraksi berbagai bagian gaharu yaitu distilasi air atau hidrodistilasi, distilasi uap, ekstraksi pelarut, dan ekstraksi cairan superkritis. optimalisasi ekstraksi minyak gaharu dilakukan dengan perlakuan awal atau pretreatmen seperti perendaman dengan air, perendaman dengan menggunakan garam, fermentasi dengan ragi tempe, pemanasan dengan microwave dan fermentasi dengan *Rhizopus* sp. Beberapa Teknik ekstraksi minyak gaharu telah dilakukan untuk meningkatkan rendemen minyak yaitu maserasi bertingkat dengan berbagai pelarut, soxhletasi, microwave hidrodistilasi, *accelerated solvent extraction* dari hasil telaah literatur tersebut menunjukkan ekstraksi maserasi dengan pelarut etanol selama 72 jam menunjukkan rendemen paling tinggi yaitu 4,12%.

Kata kunci: Ekstraksi, Gaharu, Minyak Atsiri, Teknik, Vosviewer

Pendahuluan

Gaharu merupakan hasil hutan bukan kayu yang memiliki nilai jual yang sangat tinggi dari pohon *Aquilaria* dan *Gyrinops*. Beberapa istilah untuk penamaan gaharu, di Asia Tenggara yaitu di Timur Tengah disebut *oud*, di Cina *chen xiang*, di Jepang *Jinkoh* dan India *agar* [1]. Gaharu dapat terbentuk karena adanya luka dan infeksi mikroba tertentu. Resin yang terbentuk pada tanaman penghasil gaharu merupakan reaksi pertahanan dari tanaman pada daerah yang terserang dalam jangka waktu yang lama, senyawa volatil terjadi akumulasi yang tersimpan dalam serat kayu yang selanjutnya disebut gubal [2]. Gaharu telah banyak digunakan sebagai parfum, obat tradisional, keperluan keagamaan dan produk wewangian [3]. Dalam pengobatan Cina gaharu digunakan sebagai obat penenang alami, pereda nyeri dan memperbaiki pencernaan [4]

Hasil analisis kandungan senyawa kimia menunjukkan senyawa konstituen gaharu mampu teridentifikasi pada tingkat semai dan pohon, tetapi lebih banyak terdeposit pada tingkat pohon. Sesquiterpenoid merupakan kelompok senyawa penciri gaharu yang teridentifikasi dengan dugaan senyawa cis-jasmone dan aromadenderenepoxide. Penciri gaharu lainnya adalah turunan kromon berupa senyawa 8-methoxy-2-(2-phenylethyl)chromen-4-one dan 7-(benzyloxy)-5-hydroxy-2-methylchromone. Ditinjau berdasarkan jenis tanaman, maka jenis *Aquilaria malaccensis* memiliki total konsentrasi relatif senyawa penciri gaharu yang lebih tinggi yakni sebesar 18.07% dibandingkan dengan *Gyrinops versteegii* dengan nilai 4.24%. Senyawa konstituen lainnya berasal dari kelompok aromatik yang terdiri atas benzilaseton, guaicol, p-ethylguaicol, syringaldehyde, phenol, dan vanillin dan kelompok asam lemak yang terdiri atas asam laurat, asam oleat, dan asam palmitat, serta kelompok triterpen berupa squalene [5].

Senyawa sesquiterpen merupakan salah satu jenis terpenoid yang merupakan produk metabolit sekunder yang bersifat mudah menguap, Sesquiterpenoid merupakan salah satu senyawa konstituen gaharu yang termasuk dalam terpenoid dari golongan minyak atsiri dan berasal dari tiga isoprena dengan rumus umum $(C_5H_8)_3$. Salah satu kegunaan dari senyawa sesquiterpenoid adalah sebagai senyawa fitoaleksin yakni senyawa anti-mikrobal yang dibentuk oleh tanaman sebagai hasil infeksi dari mikroorganisme patogen.[1]

Sesquiterpenoid adalah kelompok senyawa hasil metabolit sekunder golongan terpenoid yang memiliki 15 atom karbon dalam bentuk tiga 7 unit fusi C_5 [1], [6]. Sesquiterpenoid merupakan terpenoid yang memiliki sifat fisika yakni apabila teroksidasi akan memberikan warna gelap, berbau khas, dan larut dalam pelarut organik, eter, dan alkohol. Senyawa ini terbentuk melalui proses biosintesis karena adanya mekanisme pertahanan dari infeksi patogen seperti cendawan, sehingga mampu menghasilkan aroma wangi yang disebut dengan sesquiterpen aromatik. Oleh sebab itu, senyawa ini merupakan bagian fitoaleksin yakni senyawa yang memiliki sifat anti mikrobal yang sudah terakumulasi di dalam jaringan tanaman penghasil gaharu. Senyawa sesquiterpenoid yang terdeteksi pada percobaan ini adalah cis-Jasmone dan aromadendrenepoxide.

Resin gaharu yang harum tidak terbentuk di jaringan kayu yang sehat kecuali ada infeksi bakteri, rangsangan kimia, luka fisik dan serangan serangga [7]. Resin gaharu yang mengandung metabolit sekunder diproduksi sebagai perlindungan diri terhadap aksi tersebut. Senyawa bioaktif atau fitokimia pada pohon gaharu merupakan bagian dari mekanisme pertahanannya terhadap serangan apapun baik dari faktor lingkungan maupun penyakit. Minyak atsiri adalah produk paling menarik yang dapat diekstraksi dari pohon *Aquilaria* yang terinfeksi dan berkontribusi terhadap ekonomi. Gaharu kelas satu adalah salah satu bahan baku alami termahal di dunia. Resin dan minyak atsiri dari tiga spesies tanaman gaharu, yaitu *Aquilaria malaccensis* (agallocha), *A. crassna*, dan *A. sinensis* telah banyak dieksplorasi kandungan fitokimianya [7], [8].

Berbagai teknik telah digunakan dalam mengekstraksi berbagai bagian gaharu, termasuk distilasi air atau hidrodistilasi, distilasi uap, ekstraksi pelarut, dan ekstraksi cairan superkritis [9]. Gaharu terutama diekstraksi untuk kepentingannya minyak atsiri yang mahal sedangkan bagian lain dari tanaman diekstraksi untuk tujuan

farmakologi. Teks Sansekerta telah disebutkan gaharu itu sebagai produk aromatik sejak 1400 SM. Pada tahun 65 SM, Dioscorides, seorang Yunani abad pertama dokter, ahli botani dan farmakolog telah menjelaskan penggunaan ekstrak gaharu dalam pengobatan [3]. Gaharu telah digunakan sebagai etnomedisin di negara-negara di Asia Tenggara, Cina dan Bangladesh untuk nyeri sendi, terkait peradangan penyakit, dan diare. Selain itu, beberapa penelitian juga melaporkan kemampuan gaharu sebagai stimulan, obat penenang dan pelindung jantung. Penggunaan gaharu secara tradisional tidak menekankan pada senyawa bioaktif gaharu tetapi lebih mengungkapkan pengaruhnya terhadap kesehatan.

Sampai saat ini, penelitian yang berkaitan dengan gaharu terutama difokuskan pada senyawa yang bermanfaat bagi kesehatan konstituen volatil dan semi-volatil penilaian kualitas dan grading gaharu minyak gaharu analisis kualitas dan induksi teknologi [2], [3], [5]. Meskipun demikian, ada studi terbatas telah dijelaskan pada teknik ekstraksi. Oleh karena itu, tinjauan sistematis ini bertujuan untuk mengumpulkan informasi tentang teknik ekstraksi melibatkan di berbagai bagian tanaman gaharu dan tujuan ekstraksi.

Metode Penelitian

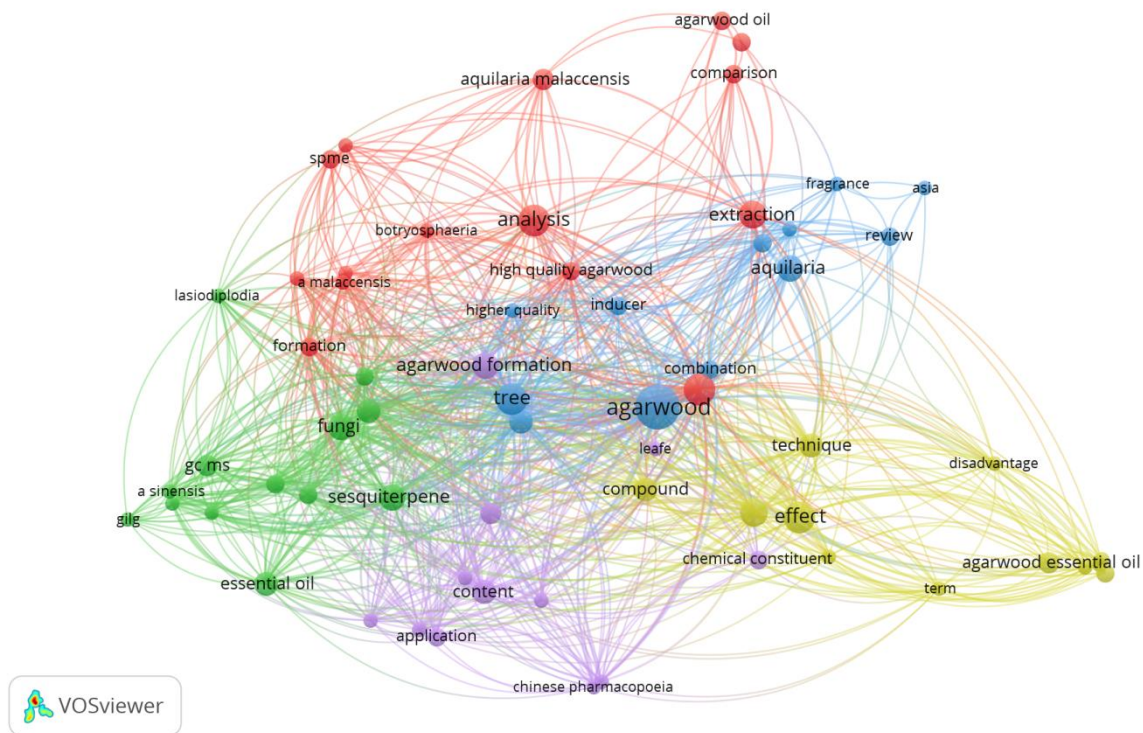
Penelitian ini dilakukan dengan pendekatan literature review dengan menyusun pertanyaan penelitian dan mencari artikel menggunakan kata kunci pada Scopus dan Google Scholar menggunakan aplikasi Harzing's Publish or Perish (Windows GUI Edition, Tarma Soft Ltd) sebanyak 300 artikel dikumpulkan dan diperoleh 12 artikel yang relevan. Kemudian dilakukan analisis menggunakan VOSviewer (Nees Java van Eck dan Ludo Waltman) untuk melihat keterkaitannya dengan topik penelitian. Metode yang digunakan untuk mengambil artikel yang berhubungan dengan ekstraksi gaharu adalah yang meliputi sumber daya dari database Scopus dan Google Scholar. e-database yang di peroleh dari Scopus dan Google Scholar digunakan untuk menjalankan tinjauan literatur sistematis, kelayakan dan kriteria eksklusi, langkah-langkah proses peninjauan (identifikasi, penyaringan, kelayakan) dan abstraksi data dan analisis.

Hasil dan Pembahasan

Analisis VOSviewer

Semua penelitian yang berkaitan dengan ekstraksi minyak gaharu banyak menggunakan metode seperti maserasi, ekstraksi Soxhlet, ekstraksi cairan superkritis, ekstraksi dengan bantuan ultrasound, ekstraksi dengan bantuan gelombang mikro, ekstraksi air subkritis, ekstraksi karbon dioksida superkritis, dan pemrosesan tekanan tinggi. Namun, hasil dan senyawa yang diekstraksi juga bergantung pada pelarut yang digunakan untuk ekstraksi dan tidak hanya berfokus pada metode [10]. Pelarut adalah salah satu faktor penting yang mempengaruhi efisiensi ekstraksi senyawa bioaktif dari bahan tanaman. Pemilihan pelarut tergantung pada tujuan ekstraksi seperti jenis analisis, sifat fisikokimia, sifat senyawa target, ketersediaan reagen dan peralatan, masalah keamanan dan harga pelarut[11]. Pelarut organik dipilih berdasarkan kerapatan yang lebih tinggi dari pada air, kemampuan ekstraksi senyawa terpilih, dan kinerja kromatografi gas yang baik.

Hasil Analisis menggunakan *Vosviewer* terdapat beberapa kluster yang berhubungan dengan metode ekstraksi minyak gaharu dengan tujuan mengklasifikasikan metode ekstraksi minyak gaharu. Pada Gambar 1 terlihat bahwa kluster yang dibahas dalam penelitian ini adalah kombinasi, ekstraksi, analisis dan jamur untuk melihat kandungan seskuiterpen yang perlu dikembangkan pada penelitian minyak atsiri gaharu. perlu dilakukan analisis mendalam terhadap jenis pelarut yang dapat mempengaruhi kualitas minyak atsiri gaharu jika pemanfaatan minyak gaharu dalam pengobatan dan kesehatan.



Gambar 1. Hubungan ekstraksi pelarut berdasarkan kata kunci penelitian (*VOSviewer*)

Minyak Gaharu

Minyak Gaharu atau yang dikenal sebagai *agarwood oil* dianggap sebagai salah satu produk minyak yang paling mahal diantara jenis minyak atsiri lainnya karena wangi aroma yang terkandung didalamnya. Pohon gaharu terinfeksi oleh jamur untuk memproduksi oleoresin yang jenuh kayu. Pohon yang terinfeksi jamur mengeluarkan bau wangi melindungi minyak sampai ke daerah luka seperti akar, cabang atau bagian batang yang menjadi lebih keras dan lebih gelap [7]–[9], [12], [13].

Minyak yang diekstrak dari pohon gaharu yang diperoleh dari lokasi berbeda memiliki kualitas yang bervariasi. Kualitas minyak gaharu dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti kualitas bahan baku, metode distilasi dan keterampilan yang digunakan dalam pengolahan. Minyak gaharu dapat digunakan sebagai obat-obatan, dupa dan aromaterapi [7], [14]–[16]. Selain itu, di negara Arab minyak gaharu digunakan sebagai parfum.

Pretreatment Ekstraksi Minyak Gaharu

Telaah literatur beberapa penelitian mengenai ekstraksi minyak gaharu menyatakan pretreatment atau perlakuan pendahuluan terhadap gubal atau kayu gaharu yang diekstraksi dapat meningkatkan rendemen dan optimalisasi ekstraksi minyak gaharu seperti perendaman dengan air, perendaman dengan menggunakan garam, fermentasi dengan ragi tempe, pemanasan dengan microwave dan fermentasi dengan *Rhizopus sp* [9], [12], [16]–[20].

Metode Ekstraksi Minyak Gaharu

Proses untuk memperoleh komponen volatile pada minyak atsiri dari tanaman salah satunya adalah dengan distilasi. Distilasi merupakan proses pemisahan secara fisik suatu campuran yang terdiri dari dua atau lebih komponen, dan didasarkan pada perbedaan tekanan uap dan titik didihnya[10]. Distilasi uap merupakan metode pengukusan karena menempatkan bahan tanaman yang akan disuling dalam wadah yang

konstruksinya hampir sama dengan dandang pengukus. Prosesnya, air dididihkan pada bagian bawah alat lalu minyak atsiri akan ikut bersama aliran uap yang dialirkan ke kondensor.

Distilasi air atau distilasi rebus merupakan metode distilasi yang sederhana dan murah. Sampel tanaman yang akan diekstrak akan direndam dalam air dan dididihkan sehingga adanya kontak langsung antara bahan dan air yang mendidih. Air dididihkan oleh panas dari api secara langsung ataupun dapat juga menggunakan jaket pemanas. Kemudian uap air dan minyak yang diperoleh dari proses pemanasan akan diembunkan, sehingga dapat ditampung dan akan dipisahkan melalui suatu metode pemisahan[21]. Panas dari air mendidih dapat menyebabkan struktur sel dari bahan sampel tanaman hancur, sehingga menghasilkan minyak atsiri.

Hasil penguapan minyak atsiri pada sampel dibawa melalui pipa menuju kondensor sehingga akan terbentuk cairannya kembali dalam penampung, yaitu merupakan campuran dari minyak atsiri dan air destilat. Minyak atsiri dari suatu sampel tanaman yang memiliki massa jenis lebih rendah dari air, akan mengapung pada permukaan. Distilasi air dapat digunakan dalam industri minyak atsiri dalam skala besar maupun kecil dikarenakan waktu proses cukup cepat, rendemen minyak yang dihasilkan cukup tinggi, tidak membutuhkan biaya yang besar, ramah lingkungan dan aman[21]. Beberapa telaah sistematis metode ekstraksi minyak gaharu dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Telaah Sistematis Metode Ekstraksi Minyak Gaharu

No	Penelitian (<i>study</i>)	Perlakuan Awal (<i>Pre- Treatment</i>)	Metode Penyulingan (<i>Extraction</i>)	Jenis Gaharu dan Lokasi	Rendemen	Hasil GC-MS
1	[17]	Perendaman dengan 5% garam 10 hari	Hidrodestilasi (Skala Laboratorium)	<i>A. malaccensis</i> (INDIA)	0,56%	23 komponen (Tertinggi Cubenol 22,26% dan agarospirol 14,35%)
2	[22]	-	Hidrodistilasi (24 Jam) – isolasi hexane	<i>A. malaccensis</i> (MALAYSIA)	-	21 komponen (agaroapirol, n-hexadecanoic acid and selinene)
3	[12]	Perendaman 14 hari	Hidrodistilasi 92 jam	<i>A. malaccensis</i> (MALAYSIA)	2,5	-
4	[18]	Fermentasi menggunakan Ragi tape	Soxhlet-heksan	<i>A. malaccensis</i> (Bengkulu)	0,3376	-
5	[8]	-	Maserasi bertingkat-heksan, etil asetat, methanol selama 72 jam	<i>A. malaccensis</i> (Kalimantan)	Heksan (0,88), etil asetat (1,91) methanol (0,85)	-
6	[20]	Perendaman 18 hari	hidrodistilasi 6 jam dengan panas sistem photovoltaic	<i>A. malaccensis</i>	0,88 %	Gualiol (52,75), seliene (17,80), panasinsen (5,90)
7	[10]	-	Soxhlet extraction-heksan 95% (16 jam) dan microwave hidrodistilasi (12 jam)	Gaharu (Papua)	Soxhlet (1,67) dan hidroddestilasi (1,38)	-
8	[23]	Perendaman 7 hari	Hidrodistilasi 9 Jam	<i>A. malaccensis</i> (MALAYSIA)	0,78 %	4-phenyl 2-butanone, α -

						muurolene, α -elemol, agarospirol, selina-3,11-dien-9-ol and 2-hexadecanone
9	[24]	-	Maserasi-etanol (72 jam)	Gaharu (Kalimantan)	4,12 %	-
10	[11]	Perendaman 14 hari (hydro)	Hydrodistillation (72 jam), Soxhlet extraction-heksan (6 jam), accelerated solvent extraction-heksan (99 menit)	<i>A. malaccensis</i> (MALAYSIA)	ASE (21.60%), followed by Soxhlet (9.51%) and hydrodistillation (5.08%)	α -agarofuran, 10-epi- γ -eudesmol and agarospirol
11	[25]	Microwave 3 menit	Hydrodestilasi 30 jam	<i>A. malaccensis</i> (MALAYSIA)	0.0379.%	
12	[19]	Fermentasi dengan Rhizopus sp.	Maserasi-metanol 3x24 jam	<i>A. malaccensis</i> (Kalimantan)	-	Peningkatan jumlah senyawa utama sesquiterpen dan 4 menjadi 6

Selain metode hidrodistilasi yang digunakan pada umumnya untuk ekstraksi minyak gaharu ada beberapa metode ekstraksi yang dapat digunakan untuk mengeluarkan minyak gaharu dari gubal yang beraoma wangi yaitu seperti dengan menggunakan Teknik maserasi bertingkat dengan berbagai pelarut, sokhletasi, microwave hidrodistilasi, *accelerated solvent extraction* dari hasil telaah literatur tersebut menunjukkan ekstraksi maserasi dengan pelarut etanol selama 72 jam menunjukkan rendemen paling tinggi [24]

Adapun komponen utama penyusun minyak gaharu yaitu 23 komponen Tertinggi Cubenol 22,26% dan agarospirol 14,35% [17], 21 komponen (agarospirol, n-hexadecanoic acid and selinene [22], Gualiol (52,75), seliene (17,80), panasinsen (5,90) [20], 4-phenyl 2-butanone, α -muurolene, α -elemol, agarospirol, selina-3,11-dien-9-ol and 2-hexadecanone [16] α -agarofuran, 10-epi- γ -eudesmol and agarospirol [11] yang menunjukkan bahwa perbedaan penggunaan metode ekstraksi gaharu dan pretreatment juga akan mempengaruhi komponen penyusun minyak gaharu.

Kesimpulan

Berbagai teknik telah digunakan dalam mengekstraksi berbagai bagian gaharu yaitu distilasi air atau hidrodistilasi, distilasi uap, ekstraksi pelarut, dan ekstraksi cairan superkritis. optimalisasi ekstraksi minyak gaharu dilakukan dengan perlakuan awal atau pretreatment seperti perendaman dengan air, perendaman dengan menggunakan garam, fermentasi dengan ragi tempe, pemanasan dengan microwave dan fermentasi dengan Rhizopus sp. Beberapa Teknik ekstraksi minyak gaharu telah dilakukan untuk meningkatkan rendemen minyak yaitu maserasi bertingkat dengan berbagai pelarut, sokhletasi, microwave hidrodistilasi, *accelerated solvent extraction* dari hasil telaah literatur tersebut menunjukkan ekstraksi maserasi dengan pelarut etanol selama 72 jam menunjukkan rendemen paling tinggi yaitu 4,12%.

Daftar Rujukan

- [1] X. Chen *Et Al.*, "Trunk Surface Agarwood-Inducing Technique With Rigidoporus Vincetus: An Efficient Novel Method For Agarwood Production," *Plus One*, Vol. 13, No. 6, Pp. 1–13, 2018, Doi: 10.1371/Journal.Pone.0198111.
- [2] N. S. A. Zubir, "Pattern Classifier Of Chemical Compounds In Different Qualities Of Agarwood Oil Parameter Using Scale Conjugate Gradient Algorithm In Mlp," *Proceedings - 2017 Ieee 13th International Colloquium On Signal Processing And Its Applications, Cspa 2017*. Pp. 18–22, 2017. Doi:

- 10.1109/Cspa.2017.8064917.
- [3] Y. Z. H.-Y. Hashim, P. G. Kerr, P. Abbas, And H. Mohd Salleh, "Aquilaria Spp. (Agarwood) As Source Of Health Beneficial Compounds: A Review Of Traditional Use, Phytochemistry And Pharmacology," *J. Ethnopharmacol.*, Vol. 189, Pp. 331–360, 2016, Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jep.2016.06.055>.
- [4] N. Z. Mahabob, "A Novel Application Of Artificial Neural Network For Classifying Agarwood Essential Oil Quality," *Int. J. Electr. Comput. Eng.*, Vol. 12, No. 6, Pp. 6645–6652, 2022, Doi: 10.11591/Ijece.V12i6.Pp6645-6652.
- [5] Y. Liu, J. Wei, Z. Gao, Z. Zhang, And J. Lyu, "A Review Of Quality Assessment And Grading For Agarwood," *Chinese Herb. Med.*, Vol. 9, No. 1, Pp. 22–30, 2017, Doi: [https://doi.org/10.1016/S1674-6384\(17\)60072-8](https://doi.org/10.1016/S1674-6384(17)60072-8).
- [6] S. Ma, Y. Fu, Y. Li, P. Wei, And Z. Liu, "The Formation And Quality Evaluation Of Agarwood Induced By The Fungi In Aquilaria Sinensis," *Ind. Crops Prod.*, Vol. 173, P. 114129, Dec. 2021, Doi: 10.1016/j.indcrop.2021.114129.
- [7] Y. Z. H.-Y. Hashim, N. I. Ismail, And P. Abbas, "Analysis Of Chemical Compounds Of Agarwood Oil From Different Species By Gas Chromatography Mass Spectrometry (Gcms)," *Iium Eng. J.*, Vol. 15, No. 1, Pp. 55–60, 2014, Doi: 10.31436/Iiumej.V15i1.469.
- [8] T. Rudiana, E. S. Y. Merru, H. Hendrawati, And D. Sukandar, "Characterization And Anticancer Activity From Gaharu (Aquilaria Malaccensis) Stem Bark Extract," *Educhemia (Jurnal Kim. Dan Pendidikan)*, Vol. 6, No. 2, P. 197, 2021, Doi: 10.30870/Educhemia.V6i2.10983.
- [9] S. Ngadiran *Et Al.*, "Effect Of Solvent Types On Gaharu (Aquilaria Malaccensis) Extract Quality And Its Chemical Compound," *Key Eng. Mater.*, Vol. 797, Pp. 202–210, 2019, Doi: 10.4028/Www.Scientific.Net/Kem.797.202.
- [10] M. Triesty Isabel, "Ekstraksi Minyak Atsiri Dari Gaharu Dengan Metode Microwave Hydrodistillation Dan Soxhlet Extraction," *J. Tek. Its*, Vol. 6, No. 2, 2018.
- [11] N. Sulaiman *Et Al.*, "Effects Of Extraction Methods On Yield And Chemical Compounds Of Gaharu (Aquilaria Malaccensis)," *J. Trop. For. Sci.*, Vol. 27, No. 4, 2015.
- [12] V. A. Jok, N. C. Radzi, And K. H. K. Hamid, "Agarwood Oil Yield As A Result Of Changes In Cell Morphology Due To Soaking Process," *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, Vol. 195, Pp. 2443–2450, 2015, Doi: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.06.387>.
- [13] Herliani, "Analysis Of Volume Gaharu Oil Type Aquilaria Malaccensis L. In Oil Game Process Of," *Biol. Educ. Conf.*, Vol. 15, Pp. 743–749, 2018.
- [14] S. Wang, "Agarwood Essential Oil Ameliorates Restrain Stress-Induced Anxiety And Depression By Inhibiting Hpa Axis Hyperactivity," *Int. J. Mol. Sci.*, Vol. 19, No. 11, 2018, Doi: 10.3390/Ijms19113468.
- [15] L. P. Wigati, "Edible Film Of Native Jicama Starch, Agarwood Aetoxylon Bouya Essential Oil And Calcium Propionate: Processing, Mechanical, Thermal Properties And Structure," *Int. J. Biol. Macromol.*, Vol. 209, Pp. 597–607, 2022, Doi: 10.1016/j.jbiomac.2022.04.021.
- [16] N. A. Yusoff, S. N. Tajuddin, A. Hisyam, And N. A. Mohd Omar, "Production Of Agarwood Essential Oil: Study On Effectiveness Pre-Treatment Technique Of Hydrodistillation Extraction," *Borneo J. Resour. Sci. Technol.*, Vol. 5, No. 2, Pp. 62–69, 2015, Doi: 10.33736/Bjrst.223.2015.
- [17] R. Gogoi *Et Al.*, "Agarwood (Aquilaria Malaccensis L.) A Quality Fragrant And Medicinally Significant Plant Based Essential Oil With Pharmacological Potentials And Genotoxicity," *Ind. Crops Prod.*, Vol. 197, P. 116535, 2023, Doi: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2023.116535>.
- [18] D. R. Fauziah, A. W. Satria, And R. Yuniarti, "Studi Kinetika Ekstraksi Minyak Gaharu Dengan Kombinasi Fermentasi," *J. Integr. Proses*, Vol. 11, No. 2, P. 34, 2022, Doi: 10.36055/Jip.V11i2.14640.
- [19] A. Jabbar, A. Jayuska, And Burhanuddin, "Pengaruh Fermentasi Rhizopus Sp . Terhadap Senyawa Seskuiterpene Pada Kayu Gaharu Aquilaria Malaccensis," *J. Kim. Khatulistiwa*, Vol. 4, No. 2, Pp. 89–94, 2015, [Online]. Available: <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jkkmipa/article/view/11863>
- [20] S. Nelly, Suprihardi, Ridwan, R. Teuku, A. Nurhanifa, And S. Een, "Distilasi Minyak Gaharu Untuk Bahan Baku Minyak Wangi Dengan Memanfaatkan Sumber Energi Matahari (Photovoltaic)," *J. Reaksi (Journal Sci. Technol.)*, Vol. 20, No. 02, 2022.
- [21] D. T. T. Thuy, T. T. Tuyen, N. Q. Chien, T. T. T. Thuy, H. T. Bich, And T. Q. Toan, "Comparative

- Study On Volatile Compounds Of Agarwood From Khanh Hoa Province Extracted By Different Methods,” *Vietnam J. Sci. Technol.*, Vol. 56, No. 4a, P. 266, 2018, Doi: 10.15625/2525-2518/56/4a/12899.
- [22] E. Haslina Abd Latib, A. K. M. Moyeenul Huq, S. Zareen, And S. Nizam Tajuddin, “Gas Chromatography Mass Spectrometry Couple With Quadrupole Time-Of-Flight (Gc-Qtof Ms) As A Powerful Tool For Profiling Of Oxygenated Sesquiterpenes In Agarwood Oil,” *Arab. J. Chem.*, Vol. 16, No. 9, P. 105025, 2023, Doi: <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2023.105025>.
- [23] N. Atikah, M. Yusoff, S. N. Tajuddin, A. Hisyam, N. Adila, And M. Omar, “Agarwood Essential Oil: Study On Optimum Parameter And Chemical Compounds Of Hydrodistillation Extraction,” *J. Appl. Sci. Agric. J. Appl. Sci. Agric.*, Vol. 10, No. 105, Pp. 1–5, 2015, [Online]. Available: www.aensiweb.com/jasa
- [24] M. Z. Luthfi And J. Jerry, “Ekstraksi Minyak Gaharu Dengan Pelarut Etanol Secara Maserasi,” *React. J. Res. Chem. Eng.*, Vol. 2, No. 2, P. 36, 2021, Doi: 10.52759/Reactor.V2i2.39.
- [25] N. C. Radzi And F. A. Kasim, “Effect Of Microwave Pretreatment On Gaharu Essential Oil Using Hydrodistillation Method,” *Indones. J. Chem.*, Vol. 20, No. 4, Pp. 960–966, 2020, Doi: 10.22146/Ijc.43191.