

Pengaruh Praperlakuan Fermentasi *Fusarium* terhadap Rendemen dan Profil Kimia Hidrodistilasi Minyak Gaharu

Defiza¹, Handaryni Ratna Ningsih¹, M. Yanis Musdja¹, Supandi^{1,2}, Hendri Aldrat^{1*}

¹. Program Studi Farmasi Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta, Jalan Kertamukti no. 5, Pisangan, Ciputat Timur, Tangerang Selatan 15419

². Fakultas Farmasi dan Sains, Universitas Muhammadiyah Prof. Dr. Hamka, Jalan Delima, Malaka Sari, Kec. Duren Sawit, Kota Jakarta Timur, Daerah Khusus Ibukota Jakarta 13460

*Corresponding Author: hendri@uinjkt.ac.id

Received: 27 October 2024; Accepted: 24 December 2024

Abstract: Agarwood (gaharu) from *Aquilaria* sp. has been a treasured resin natural fragrance for thousands of years, prized for its uniqueness and scent. However, its rarity in the wild has prompted innovative strategies to boost production, from establishing sustainable plantations to optimizing distillation methods. This study presents an approach to enhancing agarwood yield through fermentation pretreatment using *Fusarium* sp. for 1 to 4 weeks. Following this, we conduct hydrodistillation and analyze the agarwood oil components via GC-MS (Gas Chromatography-Mass Spectrometry). These findings reveal a significant increase in agarwood oil yield and enriched chemical profiles, demonstrating the effectiveness of *Fusarium* sp. as a pretreatment solution. This research is useful for sustainable agarwood production and highlights the potential of leveraging natural methods to enhance this exceptional fragrance.

Keywords: agarwood, *Aquilaria* sp., *Fusarium* sp., GCMS, gaharu, hydrodistillation, pretreatment

Abstrak: Gaharu dari *Aquilaria* sp. telah menjadi wewangian resin alami yang berharga selama ribuan tahun, dihargai karena keunikan dan aromanya. Namun, kelangkaannya di alam liar telah mendorong adanya strategi-strategi baru untuk meningkatkan produksi, mulai dari membangun perkebunan berkelanjutan hingga mengoptimalkan metode penyulingan. Penelitian ini menyajikan pendekatan inovatif untuk meningkatkan hasil gaharu melalui praperlakuan fermentasi menggunakan *Fusarium* sp. untuk jangka waktu 1 hingga 4 minggu. Keberadaan *Fusarium* sp membantu pemecahan sel kayu sehingga menyebabkan semakin banyak minyak atsiri bebas selama proses hidrodistilasi. Setelah itu, kami melakukan hidrodistilasi dan menganalisis komponen minyak gaharu melalui Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GCMS). Hasil yang diperoleh menunjukkan peningkatan signifikan dalam hasil rendemen minyak gaharu, dan terjadi pengayaan sesquiterpen, komponen yang bertanggung jawab dalam aroma gaharu, yang menunjukkan efektivitas praperlakuan *Fusarium* sp. sebelum hidrodistilasi. Penelitian ini tidak hanya bermanfaat dalam kontribusinya dalam produksi minyak gaharu berkesinambungan tapi juga merupakan langkah potensial dalam pemanfaatan metode alami untuk meningkatkan aroma dari produk bernilai ekonomis tinggi ini.

Kata Kunci: *Aquilaria* sp., fermentasi, *Fusarium* sp., GCMS, gaharu, hidrodistilasi, praperlakuan

DOI: 10.15408/pbsj.v6i2.42108

1. PENDAHULUAN

Kayu gaharu merupakan damar wangi dari genus *Aquilaria* dan *Gyrinops* dari famili Thymelaeaceae yang terdistribusi di berbagai kawasan Asia seperti Asia Selatan (India, Bangladesh), China sampai ke Asia Tenggara (Thailand, Vietnam, Malaysia, Indonesia dan Filipina (Lee & Mohamed, 2016). Gaharu telah menjadi bagian penting dari kebudayaan berbagai bangsa-bangsa besar semenjak

zaman dahulu mulai dari pewangi, status sosial sampai kepada keperluan untuk pengobatan (Peeraphong, 2021). Gaharu juga digunakan selama ribuan tahun dalam ritual keagamaan Hindu, Budha dan Islam (Gratzfeld & Tan, 2008). Sampai saat sekarang, gaharu masih digunakan di Masjidil Haram sebagai pewangi untuk jemaah haji dan bagian dari tradisi wewangi masyarakat Timur Tengah (Hansen, 2000).

Gaharu dalam perdagangan secara umum terbagi dalam tiga kualitas yakni gubal, kemedangan dan (Daud Womsiwor et al., 2020). Gaharu kualitas terbaik berbentuk gubal akan tenggelam di air, mungkin itulah sebabnya dalam bahasa Tiongkok sebagai aroma tenggelam (沉香, *chén xiāng*), atau jinkoh Bahasa Jepang (Mohamed & Lee, 2016). Berdasarkan kandungan resinnya, gaharu diusulkan agar diklasifikasikan sebagai grade A, B, C dan D untuk kandungan resin di atas 30%, 20-29.99%, 9-19.99% dan kurang dari 9% berturut-turut (Nor Azah et al., 2013). Sementara itu gaharu yang biasa disuling untuk mendapatkan minyak atsirinya berasal dari kualitas kemedangan. Minyak gaharu memiliki pasar yang tinggi, terutama di Uni Emirat Arab, Arab Saudi, Jepang, dan China (Asia, 2003). Saat sekarang, gaharu tidak hanya populer di kawasan Timur Tengah dan Asia lainnya, gaharu telah menjadi bahan baku parfum kelas dunia seperti Gucci Intense Oud (Gucci), Tom Ford Tobacco Oud (Tom Ford), dan Aigner No. 1 Oud (Etienne Aigner).

Fungsi lain gaharu di samping pewangi secara tradisional adalah untuk pengobatan gangguan pernafasan dan pencernaan baik dalam pengobatan Tiongkok (Y. F. Lai et al., 2023) maupun menurut Islam yang berkhasiat untuk radang amandel pada Hadits HR. Muslim No. 3462 (sunnah.com, 2024). Studi aktivitas farmakologi menunjukkan bahwa gaharu memiliki aktivitas sebagai anti alergi, antimikroba sampai kepada antikanker (Adhikari et al., 2021).

Komponen-komponan yang memberikan aroma wangi pada gaharu itu berasal dari berbagai jenis seskuiterpen dan turunan kromon (Nakanishi et al., 1981; Yang et al., 2021; Yoneda, 1998). Beberapa komponen seskuiterpen yang terdeteksi pada gaharu di antaranya adalah agarofuran, agarospirol, dan

jinkohol (Pasaribu, K.Waluyo, et al., 2015). Sementara itu untuk kromon ditandai dengan keberadaan derivat 2-(2-phenethyl)chromone yang dilaporkan pada penelitian sebelumnya pada gaharu kualitas bagus (Hashimoto et al., 1985; Wang et al., 2021).

Permintaan pasar yang tinggi mengakibatkan ketersediaan gaharu di alam bebas menjadi semakin lama semakin tipis. Akhirnya, *Aquilaria*, genus penghasil gaharu dimasukkan ke dalam Appendix II CITES tahun 2004. Sebagai upaya untuk meningkatkan produksi gaharu, saat sekarang telah banyak dilakukan perkebunan gaharu dan induksi gaharu dengan berbagai cara agar resin gaharu bisa diproduksi oleh pohon tersebut. Upaya lain untuk meningkatkan hasil produksi minyak gaharu adalah dengan cara memperbaiki proses penyulingan dan melakukan proses praperlakuan. Teknik yang paling umum digunakan adalah dengan cara perendaman sampai berbulan-bulan. Tidak hanya itu, proses penyulingan juga berlangsung lebih dari 24 jam, sehingga kedua faktor tersebut akan memakan lebih banyak sumber daya. Adapun salah satu upaya yang dilakukan adalah dengan melakukan praperlakuan sebelum dilakukan hidrodistilasi. Praperlakuan yang sebelumnya telah dilakukan adalah dengan menggunakan microwave yang dilaporkan efektif meningkatkan rendemen minyak gaharu. Penggunaan *Fusarium* sp. juga telah dilaporkan digunakan untuk praperlakuan yang dapat meningkatkan rendemen setelah fermentasi selama 7 hari (Hardiansyah et al., 2015). Namun dalam hal ini sampel yang dianalisis menggunakan GCMS bukanlah minyak atsiri yang diperoleh setelah penyulingan, melainkan hanya fraksi n-heksana yang diekstraksi secara maserasi. Hal inilah yang melatarbelakangi dilakukannya penelitian hidrodistilasi minyak atsiri gaharu dengan fermentasi *Fusarium* sp. yang bertujuan untuk

mengetahui pengaruh variasi waktu terhadap *pretreatment* fermentasi *Fusarium sp.* pada hasil minyak atsiri gaharu serta bagaimanakah komposisi dari minyak gaharu tersebut setelah mengalami variasi perlakuan. Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat kepada penyuling gaharu dalam rangka meningkatkan rendemen gaharu dalam waktu yang relatif lebih singkat dibandingkan dengan perendaman biasa selama berbulan-bulan tanpa harus mengorbankan kualitasnya.

2. BAHAN DAN METODE

2.1 Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan untuk penelitian ini adalah peralatan gelas berbagai ukuran, golok pencacah, botol, spatel, spuit 1 mL, timbangan analitik dan timbangan kilogram, blender, Clevenger apparatus set, pH meter digital (Toledo), dan *gas chromatography and mass spectrophotometry* (GCMS) (Agilent). Adapun kondisi GCMS sebagai berikut: aliran gas 1 ml/menit, *split ratio* 2:1, volume sampel injeksi 1 μ L, *oven program* 50°C selama 3 menit, kemudian 5°C /menit, kecepatan pemanasan 250°C selama 58 menit, gas pembawa Helium, suhu antarmuka 280°C, kolom Agilent 19091S-433 ukuran 30m x 250 μ m x 0.25 μ m dengan suhu 325°C.

Sampel penelitian yang digunakan adalah kayu gaharu kualitas kemedangan (*Aquilaria sp.*) asal Sarolangun, Provinsi Jambi yang diperoleh dari eksportir gaharu CV Gaharu Aneka Jaya, Klaten, Jawa Tengah yang juga merupakan salah satu anggota dari Asosiasi Pengusaha Eksportir Gaharu Indonesia (Asgarin). Bahan yang digunakan adalah air (AQUA), aquades, metanol, media PDA (Merck Millipore). Biakan *Fusarium sp* diperoleh dari Prof. Dr. Sukanto, Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat (Balitro), Bogor yang telah dikonfirmasi

secara makroskopik dan mikroskopik sebelum diserahkan.

2.2 Metodologi

a. Penyiapan sampel

Kayu gaharu kualitas kemedangan disortir untuk mengeluarkan pengotornya dan ditimbang sebanyak 5.5 kg, kemudian dirajang kasar dan dihaluskan menggunakan blender.

b. Kultur *Fusarium*

Biakan *Fusarium sp.* disiapkan sesuai dengan protokol standar pekerjaan mikrobiologi (Faizal et al., 2020; Vavre et al., 2021). *Fusarium* yang diperoleh dari Balitro Bogor dilakukan peremajaan selama 7 hari suhu ruang dengan menggunakan media steril PDA steril di cawan petri, selanjutnya dilanjutkan dengan kultur mikroba dengan media PDB steril sebanyak 25 mL menggunakan inkubator shaker 28°C selama 4 hari dengan kecepatan 150 rpm.

c. Fermentasi

Selanjutnya sebanyak 25 mL kultur tersebut dimasukkan ke dalam botol kaca gelap ukuran 2.5 L yang berisi 250 gram serbuk gaharu yang direndam dengan aquades dan diaduk merata. Proses fermentasi dilakukan selama 1, 2, 3 dan 4 minggu dengan mengaduk fermentasi tersebut dua kali sehari pada suhu ruangan diberi kode masing-masing GF1, GF2, GF3 dan GF4 berturut-turut. Kontrol untuk percobaan ini adalah serbuk gaharu tanpa fermentasi (GTP), cukup direndam dengan air semalam, besok paginya langsung disuling. Masing-masing perlakuan dilakukan duplo dengan banyak sampel tiap kali perlakuan 500 gram.

c. Pengukuran pH dan penyulingan

Selama proses fermentasi, derajat keasaman serbuk gaharu diukur pada minggu ke 0, 1, 2, 3 dan 4

menggunakan pH meter digital. Sampel kayu gaharu (masing-masing 500 gram) hasil fermentasi selanjutnya disuling (*hydrodistillation*) selama 15 jam dengan menggunakan Clevenger Apparatus dengan perbandingan serbuk gaharu dan air (1:9). Minyak atsiri yang terdapat pada distilat receiver dipindahkan ke dalam tube 1.5 mL, lalu disentrifus dengan kecepatan 3200 rpm selama 10 menit sebanyak dua kali. Minyak atsiri yang terkumpul diukur volumenya menggunakan spuit 1 mL (P. Lai, 2009). Selanjutnya warna minyak atsiri hasil distilasi diamati berdasarkan studi sebelumnya (Wibowo & Aulifa, 2019).

d. Analisis GCMS

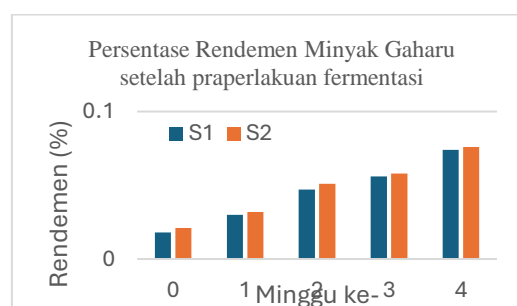
Sebanyak 1 μ L sampel diinjeksikan ke dalam instrumen GCMS dan dianalisa kandungan senyawanya. Data yang diperoleh antara lain nama senyawa, no. CAS, waktu retensi, persentasi relatif area, dan kemurnian dikumpulkan menggunakan dalam aplikasi pengolah data Microsoft Excel. Library yang digunakan untuk analisa GCMS adalah NIST11.L. Kondisi GCMS yang digunakan adalah aliran gas 1 mL/menit, *split ratio* 2:1, volume injeksi 1 μ L, program oven 50°C selama 3 menit dan selanjutnya 5°C/menit, laju pemanasan 250°C selama 58 menit, gas pembawa Helium, suhu antar muka 28°C, kolom Agilent 19091S-433 ukuran 30m x 250 μ m x 0.25 μ m dengan suhu 325°C, Library NIST11.L.

3. HASIL DAN DISKUSI

Sampel kayu gaharu yang digunakan untuk penelitian ini berasal dari Kabupaten Sarolangun. Berdasarkan kajian sebelumnya genus gaharu komersial yang tersebar di Sumatera khususnya Jambi umumnya adalah *Aquilaria* (Balfas, 2008; Lee & Mohamed, 2016) yang konsisten dengan ciri-ciri dan aroma yang diidentifikasi oleh eksportir gaharu. Pada pasaran dunia, proses hidrodistilasi

saat sekarang masih merupakan metode terbanyak yang digunakan untuk memperoleh minyak gaharu karena peralatan yang sederhana dan mudah dilakukan walaupun di kawasan terpencil. Proses praperlakuan merupakan salah satu proses yang telah dilakukan dari dahulunya dalam upaya untuk meningkatkan rendemen minyak gaharu. Hasil penyulingan gaharu yang dilakukan di lapangan menghasilkan warna yang lebih gelap jika peralatannya tidak menggunakan *stainless steel*. Minyak gaharu hasil penyulingan penelitian ini diperoleh menghasilkan warna yang cerah sampai agak gelap. Warna cerah diperoleh untuk minyak gaharu yang disuling tanpa perlakuan yakni tanpa proses perendaman dan penambahan *Fusarium sp.* Warna hijau pekat muncul pada saat proses fermentasi dilakukan selama 4 minggu.

Rendemen minyak gaharu diperoleh sebagai berikut sebagai nilai rata-rata sebagai berikut: 0.02%; 0.03%; 0.05%; 0.06% dan 0.07% untuk sampel tanpa perlakuan (GTP); sampel yang difermentasi dengan *Fusarium sp.* selama 1 minggu (GF1), 2 minggu (GF2), 3 minggu (GF3), dan 4 minggu (GF4) berturut-turut (Gambar 1). Hasil menunjukkan bahwa proses perendaman gaharu dengan menambahkan biakan *Fusarium sp.* dapat meningkatkan rendemen gaharu seiring dengan pertambahan waktu sampai 4 minggu dibandingkan dengan tanpa perlakuan.



Gambar 1. Rendemen hidrodistilasi gaharu sebelum dan setelah praperlakuan fermentasi dengan *Fusarium*. Keterangan: 0: tanpa praperlakuan (GTP) sebagai kontrol; 1,2,3, dan 4 praperlakuan selama 1, 2, 3, dan 4 minggu

dengan kode masing-masing GF1, GF2, GF3, dan GF4. S1:sampel pertama, S2: sampel kedua.

Keberadaan *Fusarium* sp. dalam proses praperlakuan ini menunjukkan bahwa jamur ini bekerja melepaskan senyawa yang dapat mendegradasi dinding sel. Ada berbagai enzim yang dimiliki oleh *Fusarium* tersebut sehingga terjadi lisis dinding sel kayu (Perincherry et al., 2021) dan menyebabkan minyak gaharu keluar dari sel, sehingga rendemen menjadi lebih banyak. Enzim-enzim yang disebut sebagai *cell wall-degrading enzymes* (CWDEs) umumnya glikosil hidrolase yang bertanggung jawab dalam degradasi polisakarida dinding sel kayu. Enzim lain yang

terlibat dalam proses tersebut adalah contohnya selulase, protease dan lipase (Perincherry et al., 2021). Hasil dari penelitian ini *menunjukkan* bahwa semakin lama terpapar oleh *Fusarium* tersebut semakin tinggi hasil minyak atsiri yang diperoleh.

Selama proses distilasi, adanya pemanasan membantu pelepasan minyak gaharu dari sel dan juga dibutuhkan dalam membawa minyak tersebut bersama dengan uap air menuju penampungan distilasi (Safitri & Rihayat, 2019).

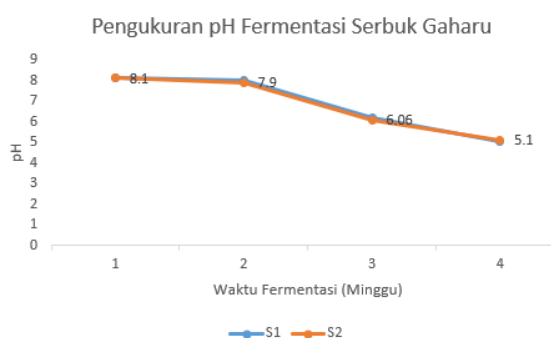
Hasil Pengukuran pH selama Fermentasi Gaharu

Tabel 1. Komponen kimia minyak atsiri gaharu yang dipraperlakukan dengan *Fusarium*.

Nama Senyawa	CAS no.	RT	Persentase relatif area (%)				
			GTP	GF1	GF2	GF3	GF4
Octanoic acid	124-07-2	5.903		1.22	1.92	1.67	3.6
3-buten-2-ol, 4-phenyl	103-35-4	6.496	2.13	0.5	0.43		
Benzylacetone	2550-26-7	6.504	2.74	0.74	1.03	0.86	1.75
Nonanoic acid	112-05-0	6.624			1.42	0.76	1.32
2-methylenebornane	27538-47-2	7.616	0.29				
α -Caryophyllene	87-44-5	8.064	0.39	1.63	0.24	1.65	0.69
α -Bulnesene	3691-11-0	8.375	2.34	2.47	2.51	2.65	3.43
δ -Selinene	77-76-9	8.380		2.65	3.09	2.98	3.27
Alloaromadendrene	25246-27-9	9.031	2.37	3.62	2.18	1.77	1.93
γ -Maaliene	77-77-0	9.057					1.72
γ -Gurjunene	489-40-7	9.062	3.85	6.93	3.27	2.48	1.71
Eudesma-4(14)-diene	77-78-1	9.117			7.12	9.98	7.75
Selina 4(15),7(11)-diene	77-79-2	9.127	8.97				
β -Guaiene	88-84-6	9.250	4.30	9.21	10.06	12.74	9.73
β -Selinene	77-75-8	9.303		2.98	4.3	6.09	6.32
Aromadendrene	489-39-4	9.317	10.59	13.89	14.7	11.86	10.62
Eremophilene	10219-75-7	9.397	16.2	17.89	11.3	9.79	8.93
Ocimene	3712-29-6	9.585			4.32	6.03	5.63
β -Ocimene	105-13-5	9.592		6.43	7.61	7.02	5.96
2,6-Dimethyloctane	108-75-2	9.603	5.99				
Tridecanoic acid	544-31-0	9.768					1.47
α -Selinene	473-13-2	9.780	4.41	6.15	5.53	3.23	5.21
Pentadecanoic acid	544-32-1	10.263	2.12	0.78			
Valencene	4630-07-3	10.541	5.63	3.12	5.58	5.88	5.66
Palmitic acid	57-10-5	10.802	4.39	3.14	4.3	5.21	6.87
Cyclotridecane	292-65-9	11.261				2.75	
Elaidic acid	148-31-7	11.635	1.11				
total senyawa			17	17	19	19	20

Keterangan: sampel tanpa perlakuan (GTP); sampel yang difermentasi dengan *Fusarium* sp. selama 1 minggu (GF1), 2 minggu (GF2), 3 minggu (GF3), dan 4 minggu (GF4) berturut-turut. RT:retention time; CAS: Chemical Abstracts Service

Selama proses fermentasi dilakukan pengamatan pH yang hasilnya menunjukkan bahwa terjadi perubahan derajat keasaman seiring dengan lamanya fermentasi. Kondisi pH rata-rata pada proses fermentasi ini adalah 8.1 (GF1), 7.9 (GF2), 6.1 (GF3) dan 5.1 (GF4) (Gambar 2). Penurunan pH sampai 5.1 tidak terjadi pada penelitian sebelumnya dengan praperlakuan *microwave* yang kisaran pHnya sekitar 7 pada minggu ke-3 dan ke-4. Ini menunjukkan bahwa penurunan pH disebabkan karena adanya aktivitas enzimatik dari *Fusarium* itu sendiri dalam perendaman serbuk gaharu. *Fusarium* sp membutuhkan energi untuk keberlangsungan hidupnya. Energi tersebut diperoleh dari *carbon source* yang ada pada serbuk gaharu dengan cara memetabolisme karbohidrat kompleks menghasilkan senyawa-senyawa lain yang bersifat asam seperti asam fumarat, asam sitrat, dan asam fusarat (Bacon et al., 1996; Farooq, 2015).



Gambar 2. Perubahan pH rata-rata selama proses fermentasi serbuk gaharu minggu ke-1, 2, 3 dan 4. Keterangan: S1: sampel pertama, S2: sampel kedua.

Komponen-komponen *sesquiterpene* yang terlacak pada GCMS menunjukkan adanya perubahan komposisi kimiawinya seperti munculnya *seline* dan *ocimene* setelah proses fermentasi. Hal tersebut tentunya akan ada kaitan dengan suasana asam selama fermentasi yang juga bisa menyebabkan senyawa-senyawa tertentu berubah dan juga bisa disebabkan aktivitas enzimatik dari *Fusarium* atau peningkatan pelepasan senyawa-senyawa atsiri dari sel yang pecah akibat semakin lamanya proses

fermentasi. Adapun perubahan-perubahan komponen minyak gaharu tersebut masih merupakan senyawa-senyawa yang lazim dijumpai pada minyak gaharu (Gao et al., 2019; Naef, 2011). Salah satu enzim yang terlibat dalam proses degradasi dinding sel adalah β -glucosidase yang dihasilkan oleh *Fusarium* sp. yang tetap bekerja optimal pada rentang pH 4.0-7.0 dengan temperatur berkisar 30-70°C (Olajuyigbe et al., 2016) sehingga proses degradasi dinding dapat terus terjadi meskipun dalam suasana asam pada minggu ke 3 dan ke-4.

Penurunan pH fermentasi gaharu dapat dilihat dari perubahan warna sampel serbuk gaharu yang menjadi coklat kehitaman. Hal itu menunjukkan bahwa senyawa fitoaleksin yang masih tersisa pada gaharu tersebut terdegradasi akibat adanya toksin pada *Fusarium* sp. (Hardiansyah et al., 2015).

Analisa Kandungan Senyawa Minyak Atsiri Gaharu

Minyak atsiri gaharu terdiri dari berbagai jenis senyawa kimia yang menjadi penyusun komponen minyaknya yang ditandai dengan keberadaan *sesquiterpene* dan senyawa-senyawa kromon (*chromone*).

Meskipun identifikasi komponen gaharu telah banyak dipublikasikan, para pembeli minyak gaharu masih mengandalkan penciuman mereka untuk menentukan minyak gaharu yang mereka sukai. Pada penelitian ini, analisis kandungan senyawa minyak atsiri gaharu dilakukan dengan menggunakan instrument GCMS. Jika dilihat dari komposisi senyawa yang teridentifikasi pada minyak gaharu menunjukkan bahwa semakin lama proses fermentasi semakin beragam senyawa yang bisa diproduksinya sebagaimana yang ditampilkan pada Tabel 1. Pada gaharu tanpa praperlakuan dan satu

minggu praperlakuan ada 17 senyawa yang teridentifikasi, namun komposisinya ada yang 5 senyawa yang berbeda satu sama lainnya sementara itu 12 senyawa yang identik antara keduanya. Hal itu menyarankan adanya *Fusarium* sp memiliki pengaruh terhadap perubahan komposisi senyawa yang ada pada gaharu tersebut selama proses fermentasi. Pada minggu ke-2, 3 dan 4 terjadi perubahan komposisi komponen atsiri minyak gaharu yakni 19, 19, dan 20. Pada minggu ke-4 menunjukkan bahwa komposisinya semakin meningkat dibandingkan dengan minggu-minggu sebelumnya. Senyawa yang konsisten muncul selama proses ini baik difermentasi dengan *Fusarium* sp. atau tidak adalah *benzylacetone*; *α-caryophyllene*; *α-bulnesene*; *alloaromadendrene*; *γ-gurjunene*; *β-guaiene*; *aromadendrene*; *eremophilene* dan *valencene*. Semua senyawa itu berasal dari sesquiterpene kecuali *benzylacetone* yang merupakan senyawa golongan keton. Ada dua senyawa yang juga muncul pada penelitian terdahulu pada hasil sulingan minyak gaharu yang dipraperlakukan sebelumnya dengan microwave yakni *aromadendrene*, *α-bulnesene* dan *benzylacetone* (Defiza et al., 2023).

Adapun senyawa sesquiterpene yang muncul setelah difermentasi dengan *Fusarium* sp adalah *δ-selinene*, *β-selinene*, *α-selinene*, *eudesma-4(14)-diene*, *γ-maaliene* sedangkan monoterpenen yang muncul adalah *ocimene*. Senyawa *selinene* juga dilaporkan pada penelitian sebelumnya terdapat pada daun dan pohon *A. banaensis* dari Vietnam (Van et al., 2024). Sesquiterpene yang muncul dari minyak gaharu ini semakin lama semakin meningkat jumlah komponennya. Jika dipandang dari sudut ciri khas minyak gaharu, tentu saja peningkatkan jumlah *sesquiterpene* ini menunjukkan kualitas gaharu yang semakin membaik.

Asam lemak yang muncul setelah difermentasi adalah *octanoic acid*, *nonanoic acid*, *n-hexadecanoic acid*, *pentadecanoic acid*, *n-decanoic acid* dan *tridecanoic acid*. Asam lemak yang dianalisis pada gaharu ini hampir semuanya merupakan asam lemak tidak jenuh yang muncul pada minggu keempat kecuali *elaidic acid*, asam lemak tidak jenuh yang muncul pada gaharu yang tidak difermentasi. Kehadiran asam-asam lemak ini seperti *hexadecanoic acid* juga dilaporkan pada penelitian sebelumnya (Defiza et al., 2023). Senyawa-senyawa asam lemak yang terdeteksi pada minyak atsiri gaharu merupakan respon atas serangan infeksi yang terjadi pada gaharu (Nasution et al., 2020). Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa gaharu (*A. crassna*) dari kawasan Laos memiliki kandungan asam lemak yang tinggi bahkan sampai 15% dibandingkan dengan studi ini yang hanya 7.8% pada minggu ketiga (Ngan et al., 2020).

Senyawa kromon sebagai salah satu penentu kualitas gaharu tidak terdeteksi selama penelitian ini. Hal tersebut disebabkan karena sampel penelitian ini berasal dari gaharu kemedangan, bukan kelas gubal (Semiadi et al., 2016). Adapun komponen-komponen yang sering muncul dalam kajian ini adalah *caryophyllene*, *eremophilene*, *guaiene*, *gurjunene*, *allomadendrene*, *valencene* dan *aromadendrene*. Senyawa-senyawa tersebut memang dilaporkan dijumpai pada gaharu sebagaimana dilaporkan pada kajian sebelum ini (Jung & Lee, 2022; Ngan et al., 2020; M. R. Wang et al., 2018). Sementara itu senyawa-senyawa yang muncul konsisten setelah fermentasi adalah *ocimene*, *α* dan *β selinene*. Kelompok monoterpen yang muncul dalam analisis ini adalah *ocimene*. Senyawa *β-ocimene* berperan dalam tanaman sebagai atraktan untuk serangga polinasi (Farré-Armengol et al., 2017). Derivat *ocimene* juga

dilaporkan dijumpai pada bunga gaharu *Aquilaria sinensis* (Chen et al., 2016).

Senyawa-senyawa komponen minyak gaharu dalam bentuk tunggal telah tersedia secara komersil seperti β -guaiene (CAS 88-84-6) digunakan pada industri parfum untuk aroma berkayu dan tanah (The Good Scents Company, 2021b), *benzylacetone* beraroma floral dijumpai juga pada daging sapi, telur, cocoa, blackberry dan raspberry (Fragrance Creators Association, 2024), *α -caryophyllene* beraroma kayu, rempah dan cengkeh (The Good Scents Company, 2021a). Sementara itu, senyawa-senyawa asam lemak yang terkandung pada gaharu juga dijumpai untuk keperluan kosmetik dan personal care seperti *octanoid acid*, *nonanoic acid*, dan *palmitic acid* (The Good Scents Company, 2021(Netchem Inc., 2024)).

Komponen-komponen yang muncul pada minyak gaharu merupakan komponen-komponen yang tidak hanya menjadi faktor penentu dalam aroma minyak gaharu itu sendiri tapi juga memiliki aktivitas farmakologi yang beragam. Beberapa senyawa di bawah ini diulas sedikit tentang beberapa aktivitas farmakologi senyawa yang banyak dijumpai pada minyak gaharu. Komponen-komponen pada minyak gaharu menunjukkan aktivitas antibakteri, antioksidan, anti-inflamasi dan anti-diabetes (Gogoi et al., 2023). Aktivitas antikanker juga dilaporkan pada penelitian sebelumnya untuk kanker pankreas untuk *A. crassna* (Dahham et al., 2016). Kajian-kajian aktivitas farmakologi untuk gaharu masih terbuka untuk digali lebih dalam terutama kaitannya dengan aktivitas ansiolitik dan antidepresannya (C. Wang et al., 2023).

Seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan, upaya untuk meningkatkan produksi resin pada kayu gaharu dilakukan dengan pendekatan biologi

molekuler. Penelitian sebelumnya mengungkapkan bahwa ASS1 suatu enzim yang aktif setelah pohon gaharu mengalami luka dan akibat adanya jasmonat tentu berhasil diidentifikasi (Xu et al., 2021). Sungguhpun demikian, tantangannya adalah ternyata ada protein AsWRKY44 yang dapat menghambat produksi resin dengan melakukan downregulasi promotor dari enzim ASS1 tersebut (Yu et al., 2023). Solusinya adalah disrupsi protein AsWRKY44 diharapkan dapat meningkatkan aktivitas produksi resin gaharu.

4. KESIMPULAN

Rendemen dari hasil penyulingan minyak atsiri gaharu (*agarwood oil*) dapat meningkat jika diberikan praperlakuan fermentasi *Fusarium* sp. dari 1,5; 2,5; 3,0; dan 3,5 kali lipat berurut-turut seiring dengan pertambahan waktu fermentasi (1, 2, 3 dan 4 minggu) dibandingkan dengan kontrol tanpa praperlakuan. Ada beberapa komponen senyawa yang memiliki perubahan namun senyawa tersebut masih lazim dijumpai pada minyak gaharu berdasarkan hasil analisa dari GCMS. Adapun senyawa yang memiliki persentase relatif tertinggi di antaranya adalah *eremophilene*, *aromadendrene* dan *β -guaiene*. Senyawa-senyawa ini merupakan kelompok sesquiterpen yang biasa dijumpai pada gaharu yang memberikan bau aromatis, *spicy*, *woody* (berkayu) dan aroma balsam yang merupakan karakter khas dari minyak gaharu itu sendiri. Atas kajian ini, praperlakuan fermentasi dengan *Fusarium* selama 4 minggu dapat bermanfaat untuk memperpendek masa suling yang biasanya lebih dari 24 jam. Percobaan berikutnya disarankan menggunakan sampel dan kapasitas penyulingan lebih besar agar akurasinya lebih mendekati kondisi penyulingan skala industri kecil sampai menengah di lapangan.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didukung oleh Bantuan Penelitian BLU UIN Syarif Hidayatullah Jakarta SK no. Un.01/KPA/1141/2022 (Defiza dan Handaryni Ratna Ningsih. Terima kasih kepada Bapak Apin (Sugiatto) atas penjelasan mutu dan pengolahan gaharu yang layak untuk dipasarkan dan Terima kasih juga kepada Walid Rumbat atas bantuan selama pengukuran GCMS.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Adhikari, S. R., Pokhrel, K., & Baral, S. D. (2021). Economic Value of Agarwood and Its Prospects of Cultivation. *International Journal of Applied Sciences and Biotechnology*, 9(1). <https://doi.org/10.3126/ijasbt.v9i1.35984>
- Asia, T. (2003). Review of significant trade in *Aquilaria malaccensis*. *Compiled for the CITES Secretariat, November*.
- Bacon, C. W., Porter, J. K., Norred, W. P., & Leslie, J. F. (1996). Production of fusaric acid by *Fusarium* species. *Applied and Environmental Microbiology*, 62(11). <https://doi.org/10.1128/aem.62.11.4039-4043.1996>
- Balfas, J. (2008). Kandungan Resin pada Kayu Gaharu Tanaman (Resin Content in Cultivated Agarwood). *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 5.
- Chen, G., Liu, C., & Sun, W. (2016). Pollination and seed dispersal of *Aquilaria sinensis* (Lour.) Gilg (Thymelaeaceae): An economic plant species with extremely small populations in China. *Plant Diversity*, 38(5). <https://doi.org/10.1016/j.pld.2016.09.006>
- Dahham, S. S., Tabana, Y. M., Ahmed Hassan, L. E., Khadeer Ahamed, M. B., Abdul Majid, A. S., & Abdul Majid, A. M. S. (2016). In vitro antimetastatic activity of Agarwood (*Aquilaria crassna*) essential oils against pancreatic cancer cells . *Alexandria Journal of Medicine*, 52(2). <https://doi.org/10.1016/j.ajme.2015.07.001>
- Daud Womsiwor, Petrus A. Dimara, & Wolfram Y. Mofu. (2020). Klasifikasi Kualitas dan Nilai Komersial Gaharu pada Klaster Pedagang Pengumpul di Kabupaten Sorong. *Jurnal Kehutanan Papuaasia*, 4(1). <https://doi.org/10.46703/jurnalpapuasiasia.vol4.iss1.87>
- Defiza, D., Az Zahra, A., Supandi, S., & Aldrat, H. (2023). Pengaruh Pretreatment Microwave Terhadap Rendemen dan Profil Kimiawi Minyak Gaharu *Aquilaria* Sp. *Jurnal Farmasi Higea*, 15(2). <https://doi.org/10.52689/higea.v15i2.555>
- Faizal, A., Azar, A. W. P., Turjaman, M., & Esyanti, R. R. (2020). *Fusarium solani* induces the formation of agarwood in *Gyrinops versteegii* (Gilg.) Domke branches. *Symbiosis*, 81(1), 15–23. <https://doi.org/10.1007/S13199-020-00677-W>
- Farooq, M. (2015). Mycobial Deterioration of Stone Monuments of Dharmarajika, Taxila. *Journal of Microbiology & Experimentation*, 2(1). <https://doi.org/10.15406/jmen.2015.02.00036>
- Farré-Armengol, G., Filella, I., Llusà, J., & Peñuelas, J. (2017). β-Ocimene, a Key Floral and Foliar Volatile Involved in Multiple Interactions between Plants and Other Organisms. In *Molecules (Basel, Switzerland)* (Vol. 22, Issue 7). <https://doi.org/10.3390/molecules22071148>
- Fragrance Creators Association. (2024). *benzyl acetone*. <https://Fragranceconservatory.Com/Ingredient/Benzyl-Acetone>.
- Gao, M., Han, X., Sun, Y., Chen, H., Yang, Y., Liu, Y., Meng, H., Gao, Z., Xu, Y., Zhang, Z., & Han, J. (2019). Overview of sesquiterpenes and chromones of agarwood originating from four main species of the genus *Aquilaria*. *RSC Advances*, 9(8), 4113–4130. <https://doi.org/10.1039/C8RA09409H>
- Gogoi, R., Sarma, N., Begum, T., Chanda, S. K., Lekkak, H., Sastry, G. N., & Lal, M. (2023). Agarwood (*Aquilaria malaccensis* L.) a quality fragrant and medicinally significant plant based essential oil with pharmacological potentials and genotoxicity. *Industrial Crops and Products*, 197. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2023.116535>
- Hardiansyah, Afghani, J., & Arreneuz, S. (2015). Fermentasi Serbuk Kayu *Aquilaria* sp Menggunakan Kapang *Fusarium* sp. *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, 4(4), 41–44. <http://jurnal.untan.ac.id/index.php/jkkmipa/article/view/11349/10757>
- Jung, K. H., & Lee, K.-J. (2022). A Comparative Analysis of the Volatile Components of Agarwood from Vietnam and other Regions. *Asian Journal of Beauty and Cosmetology*, 20(4). <https://doi.org/10.20402/ajbc.2022.0076>
- Lai, P. (2009). Oil/water separation: A centrifugal solution for troublesome oil. *Filtration and Separation*, 46(3), 42–43. [https://doi.org/10.1016/S0015-1882\(09\)70130-2](https://doi.org/10.1016/S0015-1882(09)70130-2)
- Lai, Y. F., Ding, Z. M., Hua, L. P., Yang, J. L., Zhu, S. Y., Li, J. J., & Shi, S. L. (2023). Development and prospect of Chinese medicine *Aquilaria sinensis* health products. *Chinese Traditional and Herbal Drugs*, 54(4). <https://doi.org/10.7501/j.issn.0253-2670.2023.04.035>
- Lee, S. Y., & Mohamed, R. (2016). *The Origin and Domestication of Aquilaria, an Important Agarwood-Producing Genus*. June, 1–20. https://doi.org/10.1007/978-981-10-0833-7_1

- Mohamed, R., & Lee, S. Y. (2016). *Keeping Up Appearances: Agarwood Grades and Quality*. https://doi.org/10.1007/978-981-10-0833-7_10
- Naef, R. (2011). The volatile and semi-volatile constituents of agarwood, the infected heartwood of *Aquilaria* species: A review. In *Flavour and Fragrance Journal* (Vol. 26, Issue 2, pp. 73–87). <https://doi.org/10.1002/ffj.2034>
- Nasution, A. A., Siregar, U. J., Miftahudin, & Turjaman, M. (2020). Identification of chemical compounds in agarwood-producing species *Aquilaria malaccensis* and *Gyrinops versteegii*. *Journal of Forestry Research*, 31(4), 1371–1380. <https://doi.org/10.1007/s11676-018-00875-9>
- Netchem Inc. (2024). *caprylic acid*. <https://www.netcheminc.com/inventory/caprylic-acid>
- Ngan, T. T. K., Thuy, D. T. T., Tuyen, T. T., Inh, C. T., Bich, H. T., Long, P. Q., Chien, N. Q., Linh, H. T. K., Trung, L. N. Y., Tung, N. Q., Nguyen, D. C., Bach, L. G., & Toan, T. Q. (2020). Chemical Components of Agarwood (*Aquilaria crassna*) Essential Oils Grown in Various Regions of Asia. *Asian Journal of Chemistry*, 32(1). <https://doi.org/10.14233/ajchem.2020.22177>
- Olajuyigbe, F. M., Nlekerem, C. M., & Ogunyewo, O. A. (2016). Production and Characterization of Highly Thermostable β -Glucosidase during the Biodegradation of Methyl Cellulose by *Fusarium oxysporum*. *Biochemistry Research International*, 2016. <https://doi.org/10.1155/2016/3978124>
- Perincherry, L., Urbaniak, M., Pawłowicz, I., Kotowska, K., Waśkiewicz, A., & Stępień, Ł. (2021). Dynamics of fusarium mycotoxins and lytic enzymes during pea plants' infection. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(18). <https://doi.org/10.3390/ijms22189888>
- Safitri, A., & Rihayat, T. (2019). *Pengaruh Waktu Perendaman dan Waktu Operasi Terhadap Rendemen Minyak Atsiri Gaharu*. 3(1), 338–339.
- sunnah.com. (2024, 3 November). *Chapter: Treating tonsillitis and the prohibition of using pressure*. <https://sunnah.com/ibnmajah:3462>.
- The Good Scents Company. (2021a). *beta-caryophyllene*. <https://www.thegoodscentscompany.com/data/Rw1060851.html>.
- The Good Scents Company. (2021b). *guaiene*. <https://www.thegoodscentscompany.com/data/Rw1012371.html>.
- Van, Y. T., Dinh, D., Tran, D. M., Tran, T. N., Nguyen, H., Duong, T. T., Doan, T. Q., Nguyen, H. T., & Ogunwande, I. A. (2024). The antimicrobial activity and essential oil constituents of the leaves and trunks of *Aquilaria banaensis* P.H.Hồ (Thymelaeaceae) from Vietnam. *Natural Product Research*, 38(5). <https://doi.org/10.1080/14786419.2023.2196624>
- Vavre, K. B., Kakade, D. S., Patait, N. N., & Sahane, P. A. (2021). Morphological and cultural characteristics of *Fusarium oxysporum* f sp. *gladioli*. ~ 594 ~ *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 10(1).
- Wang, C., Gong, B., Liu, Y., Chen, D., Wu, Y., & Wei, J. (2023). Agarwood essential oil inhalation exerts antianxiety and antidepressant effects via the regulation of Glu/GABA system homeostasis. *Biomedical Reports*, 18(2). <https://doi.org/10.3892/br.2023.1598>
- Wang, M. R., Li, W., Luo, S., Zhao, X., Ma, C. H., & Liu, S. X. (2018). GC-MS study of the chemical components of different *aquilaria sinensis* (lour.) gilgorgans and agarwood from different asian countries. *Molecules*, 23(9). <https://doi.org/10.3390/molecules23092168>
- Wibowo, D. P., & Aulifa, D. L. (2019). Komposisi kimia, aktivitas antioksidan dan antibakteri minyak atsiri akar wangi (*Vetiveria zizanioides* L). *Jurnal Ilmiah Farmako Bahari*, 10(2), 139. <https://doi.org/10.52434/jfb.v10i2.655>
- Xu, Y. H., Lv, F. F., Sun, P. W., Tian, M. H., & Wei, J. H. (2021). Cloning and functional analysis of the promoter of the sesquiterpene synthase gene ASS1 in *Aquilaria sinensis*. *Biologia Plantarum*, 65. <https://doi.org/10.32615/bp.2020.141>
- Yu, C. C., Sun, P. W., Rong, M., Gao, Z. hui, Liu, Y., Xiao, M. J., Jiang, J. M., Xu, Y. H., & Wei, J. H. (2023). E3 ubiquitin ligase RING3 mediates AsWRKY44 degradation to promote wound-induced sesquiterpene biosynthesis in *Aquilaria sinensis*. *Industrial Crops and Products*, 191. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.115908>