Insight of Biology
Vol. 2 No. 2, June 2026, pp. 75-82
E-ISSN 3109-1164

Profil Senyawa Bioaktif Berdasarkan Analisis GC-MS dan Aktivitas Antifungi Fraksi Asap Cair Kayu Mundu (Garcinia dulcis) terhadap Aspergillus flavus

Raka Wibawa Saputra [a,1,*], Dina Mulia Sari [b,2]
[a] Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mataram
[b] Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mataram
[1] raka.putra@gmail.com ;

ARTICLE INFO

Article history
Received April 28, 2026
Revised May 11, 2026
Accepted June 08, 2026
Published June 26, 2026

Keywords
liquid smoke
Garcinia dulcis
GC-MS
antifungal activity
Aspergillus flavus

License by CC-BY-SA
Copyright © 2026, The Author(s).

ABSTRACT

Aspergillus flavus is a major contaminant fungus of food commodities that produces aflatoxin B1, a highly potent carcinogenic compound that poses serious risks to food safety. The increasing resistance of A. flavus to synthetic antifungal agents has encouraged the exploration of natural alternatives, one of which is liquid smoke derived from mundu wood (Garcinia dulcis). This study aimed to identify the bioactive compounds present in three fractions of mundu wood liquid smoke using Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS), evaluate the antifungal activity of each fraction against A. flavus, and determine the Minimum Inhibitory Concentration (MIC) and Minimum Fungicidal Concentration (MFC). Liquid smoke was produced through the pyrolysis of mundu wood at temperatures ranging from 350–400°C and subsequently fractionated sequentially using hexane, ethyl acetate, and water as solvents. GC-MS analysis identified 12 major bioactive compounds, with guaiacol (18.67%) as the dominant component in the ethyl acetate fraction and acetic acid (21.54%) as the major compound in the aqueous fraction. Antifungal activity assessed using the disk diffusion method showed that the 15% ethyl acetate fraction produced the largest inhibition zone (15.6 ± 0.26 mm), categorized as strong antifungal activity, with an MIC value of 2% (v/v). All fractions exhibited fungistatic properties. The ethyl acetate fraction of mundu wood liquid smoke demonstrated promising potential as a natural antifungal agent against A. flavus.

How to cite: Saputra, R. W., & Sari, D. M. (2026). Profil Senyawa Bioaktif Berdasarkan Analisis GC-MS dan Aktivitas Antifungi Fraksi Asap Cair Kayu Mundu (Garcinia dulcis) terhadap Aspergillus flavus. *Insight of Biology, 2*(2), 75-82. doi: https://doi.org/10.70716/inbio.v2i2.659

PENDAHULUAN

Aspergillus flavus merupakan kapang mikotoksigenik yang mengkontaminasi berbagai komoditas pangan strategis seperti jagung, kacang tanah, padi, dan rempah-rempah di seluruh dunia, termasuk di Indonesia. Kapang ini menghasilkan aflatoksin B1 (AFB1), senyawa karsinogen hepatotoksik yang diklasifikasikan oleh International Agency for Research on Cancer (IARC) sebagai karsinogen Grup 1 bagi manusia. Kontaminasi AFB1 di atas ambang batas 20 ppb yang ditetapkan Codex Alimentarius menyebabkan kerugian ekonomi yang signifikan akibat penolakan ekspor komoditas pangan Indonesia setiap tahunnya (Thippeswamy et al., 2014; Gali et al., 2014). Data Badan Pangan Nasional Indonesia tahun 2023 mencatat bahwa lebih dari 15% sampel jagung dan 12% sampel kacang tanah yang diuji menunjukkan kontaminasi AFB1 di atas ambang batas aman.

Pengendalian A. flavus selama ini masih mengandalkan antifungi sintetis berbasis azole dan polien. Namun, penggunaan antifungi kimia secara intensif telah menimbulkan permasalahan resistensi, residu pada produk pangan, serta dampak negatif terhadap ekosistem. Kondisi ini mendorong peningkatan riset tentang antifungi alami yang efektif, selektif, dan ramah lingkungan (Woźniak, 2022; Tian et al., 2022; Liu & Su, 2024). Berbagai studi telah melaporkan aktivitas antifungi senyawa fitokimia terhadap A. flavus, termasuk minyak atsiri (Moreira Valente et al., 2015; Tian et al., 2022), ekstrak tumbuhan (Yazdani et al., 2012; Umar et al., 2023), serta senyawa fenol dan turunannya (Lombardi et al., 2023; Herrera et al., 2020).

Asap cair merupakan produk kondensasi uap hasil pirolisis bahan berlignoselulosa yang mengandung ratusan senyawa organik bioaktif, terutama golongan fenol, asam organik, senyawa karbonil, dan furan. Kandungan fenol dari dekomposisi lignin dan asam organik dari dekomposisi selulosa pada asap cair telah terbukti memiliki aktivitas antimikroba dan antifungi yang signifikan (Haji et al., 2012; Sampepana & Fauziati, 2016; Aditria, 2013). Penelitian Oramahi et al. (2011) menunjukkan bahwa asap cair dari serbuk gergaji kayu akasia (Acacia mangium) dan kayu laban (Vitex pubescens) efektif menghambat pertumbuhan A. flavus dengan indeks penghambatan mencapai 80,19–100% pada konsentrasi 2%. Milly et al. (2005) menetapkan bahwa nilai MIC fraksi asap cair terhadap berbagai mikroorganisme berada pada kisaran 0,5–10%, bergantung pada jenis biomassa dan jenis organisme uji. Suñen (1998) melaporkan bahwa ekstrak kayu asap dalam konsentrasi minimum tertentu mampu menghambat pertumbuhan kapang dan khamir patogen pada pangan.

Kayu mundu (Garcinia dulcis Kurz) merupakan spesies dari genus Garcinia yang tersebar di Asia Tenggara termasuk Indonesia, Malaysia, dan Filipina. Genus Garcinia dikenal sebagai sumber senyawa bioaktif beragam, meliputi xanthone, benzofenon terprenil, dan senyawa fenolik kompleks dengan berbagai aktivitas biologis (Wardoyo & Kurniatuhadi, 2024). Penelitian Wardoyo & Kurniatuhadi (2024) menemukan bahwa asap cair kayu mundu memiliki aktivitas antifungi terhadap A. niger dan A. fumigatus, namun kajian spesifik mengenai profil senyawa bioaktif fraksi-fraksi asap cair kayu mundu dan mekanisme penghambatannya terhadap A. flavus belum pernah dilaporkan. Studi Oramahi et al. (2018) pada asap cair kayu bengkirai terhadap Phytophthora citrophthora juga mengkonfirmasi bahwa aktivitas antifungi asap cair sangat dipengaruhi oleh komposisi senyawa pada masing-masing fraksi pelarut.

Rahmat et al. (2020) menegaskan pentingnya evaluasi aktivitas fungisidal dari asap cair limbah kayu secara komprehensif, termasuk identifikasi senyawa aktif penyusunnya, untuk mendukung pengembangan antifungi alami berbasis biomassa kehutanan. Riskawati et al. (2022) melaporkan bahwa enkapsulasi asap cair tandan kosong kelapa sawit dengan stabilitas senyawa fenol yang baik mampu menghambat pertumbuhan jamur uji secara efektif. Analisis Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS) merupakan metode standar yang paling banyak digunakan untuk identifikasi profil senyawa bioaktif asap cair secara komprehensif (Puspita et al., 2019; Karasenko & Peredera, 2022). Melalui identifikasi senyawa secara GC-MS dan pengujian bioaktivitas antifungi secara sistematis, potensi asap cair kayu mundu dapat dikuantifikasi secara ilmiah.

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Kimia Organik dan Laboratorium Mikrobiologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Tanjungpura, Pontianak, Kalimantan Barat. Pemilihan lokasi ini didasarkan pada ketersediaan bahan baku kayu mundu dari kawasan hutan sekunder di sekitar Kota Pontianak dan Kabupaten Kubu Raya, serta kapasitas laboratorium yang memiliki instrumen GC-MS. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi profil senyawa bioaktif pada tiga fraksi asap cair kayu mundu menggunakan analisis GC-MS, mengkaji aktivitas antifungi masing-masing fraksi terhadap A. flavus secara kuantitatif, serta menentukan nilai MIC dan MFC sebagai parameter efektivitas penghambatan.

METODE PENELITIAN

Lokasi dan Proses Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Kimia Organik dan Laboratorium Mikrobiologi, Fakultas MIPA, Universitas Tanjungpura, Kecamatan Pontianak Tenggara, Kota Pontianak, pada bulan Februari hingga Juli 2024. Pontianak dipilih sebagai lokasi penelitian karena ketersediaan bahan baku kayu mundu dari kawasan hutan tropis dataran rendah Kalimantan Barat yang memiliki keanekaragaman genus Garcinia tertinggi di Indonesia. Bahan utama adalah kayu mundu (G. dulcis) yang diperoleh dari pohon berumur lebih dari 10 tahun di kawasan Kabupaten Kubu Raya. Sampel kayu diidentifikasi secara taksonomi di Herbarium Bogoriense, LIPI. Isolat A. flavus ATCC 204304 diperoleh dari Laboratorium Koleksi Mikroba Universitas Indonesia. Bahan kimia meliputi heksana pro analisis (PA), etil asetat PA, dimetil sulfoksida (DMSO) 99,9%, natrium klorida 0,9%, Fungizone (amphotericin B) sebagai kontrol positif, dan media Potato Dextrose Agar (PDA).

Pembuatan dan Fraksinasi Asap Cair

Kayu mundu dipotong menjadi serpihan berukuran 2–3 cm dan dikeringkan dalam oven 60°C selama 48 jam hingga kadar air kurang dari 15%. Pirolisis dilakukan menggunakan reaktor pirolisis tertutup pada suhu 350–400°C selama 3 jam. Kondensat asap yang terbentuk ditampung dan diendapkan selama 24 jam untuk pemisahan tar. Asap cair grade 3 hasil filtrasi kemudian dimurnikan melalui redestilasi pada suhu 100°C untuk menghasilkan asap cair redestilat (Sampepana & Fauziati, 2016; Haji et al., 2012). Fraksinasi dilakukan dengan metode ekstraksi cair-cair bertingkat menggunakan corong pisah: asap cair diekstraksi berturut-turut dengan heksana (nonpolar), etil asetat (semipolar), dan air (polar) dengan rasio 1:1 (v/v) sebanyak tiga kali pengulangan. Ketiga fraksi dipekatkan menggunakan rotary evaporator pada suhu 40°C hingga diperoleh ekstrak kering (Lombardi et al., 2023).

Analisis GC-MS

Analisis GC-MS dilakukan menggunakan Shimadzu QP2010 Ultra dengan kolom kapiler Rtx-5MS (30 m x 0,25 mm x 0,25 µm). Program suhu oven: suhu awal 50°C (ditahan 2 menit), dinaikkan 5°C/menit hingga 280°C (ditahan 5 menit). Suhu injektor 250°C, suhu detektor 280°C, gas pembawa helium dengan laju alir 1,0 mL/menit. Identifikasi senyawa dilakukan dengan membandingkan spektrum massa terhadap library NIST 2017 dengan nilai similaritas minimal 80% (Puspita et al., 2019; Aditria, 2013). Setiap sampel dianalisis dalam rangkap tiga.

Uji Aktivitas Antifungi

Uji disk-diffusion dilakukan pada media PDA menggunakan cakram kertas (diameter 6 mm) yang diimpregnasi dengan masing-masing fraksi asap cair pada konsentrasi 5%, 10%, dan 15% (v/v dalam DMSO 1%). Suspensi konidia A. flavus (1 x 10^6 konidia/mL) disebarkan merata pada permukaan media. Inkubasi dilakukan pada 28°C selama 72 jam. Diameter zona hambat diukur menggunakan jangka sorong digital dan dikategorikan mengacu pada kriteria Woźniak (2022): <6 mm = kurang aktif; 6–10 mm = aktif sedang; 11–20 mm = aktif; >20 mm = aktif kuat. Kontrol positif menggunakan Fungizone (amphotericin B 250 µg/disk) dan kontrol negatif menggunakan DMSO 1% (Herrera et al., 2020; Karasenko & Peredera, 2022).

Penentuan MIC dilakukan dengan metode dilusi kaldu ganda pada medium Potato Dextrose Broth (PDB) dengan rentang konsentrasi 0,5–20% (v/v). MFC ditentukan dengan menyubkultur suspensi dari konsentrasi MIC ke atas pada media PDA segar; konsentrasi terendah yang tidak menunjukkan pertumbuhan koloni setelah 72 jam inkubasi ditetapkan sebagai MFC (Milly et al., 2005; Suñen, 1998). Seluruh pengujian dilakukan dalam tiga ulangan. Data diameter zona hambat dianalisis dengan One-Way ANOVA dan uji lanjut Duncan Multiple Range Test (DMRT) pada taraf 5% menggunakan SPSS versi 26.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Profil Senyawa Bioaktif Berdasarkan GC-MS

Analisis GC-MS mengidentifikasi total 12 senyawa bioaktif utama yang terdeteksi pada ketiga fraksi asap cair kayu mundu (Tabel 1). Fraksi etil asetat mendominasi kandungan senyawa fenolik dengan guaiacol (2-methoxyphenol) sebagai komponen terbesar (18,67%), diikuti fenol (12,43%), syringol/2,6-dimethoxyphenol (9,82%), dan 4-methylguaiacol (8,35%). Total area teridentifikasi pada fraksi etil asetat mencapai 49,27%, yang sebagian besar merupakan turunan fenol hasil dekomposisi lignin. Fraksi air didominasi oleh asam asetat (21,54%) dan asam propanoat (7,69%) sebagai produk dekomposisi selulosa dan hemiselulosa, disertai senyawa furan seperti furfural (5,23%) dan HMF (4,18%). Fraksi heksana mengandung senyawa terpen seperti D-limonene (6,17%), β-caryophyllene (5,44%), dan eugenol (4,11%), serta senyawa karbonil heksana-2,5-dion (3,82).

Komposisi senyawa GC-MS asap cair kayu mundu ini konsisten dengan profil umum asap cair biomassa berlignoselulosa yang dilaporkan oleh Haji et al. (2012) dan Sampepana & Fauziati (2016). Guaiacol dan syringol merupakan senyawa khas pirolisis lignin yang banyak ditemukan pada asap cair kayu keras, sedangkan asam asetat merupakan produk utama dekomposisi ikatan asetil pada hemiselulosa (Aditria, 2013; Riskawati et al., 2022). Kandungan eugenol pada fraksi heksana menarik untuk dicatat karena genus Garcinia dikenal menghasilkan senyawa fenolik kompleks termasuk turunan eugenol dalam jaringan kayunya (Wardoyo & Kurniatuhadi, 2024). Keberadaan β-caryophyllene, seskuiterpen bisiklik yang memiliki aktivitas

antifungi terhadap berbagai spesies Aspergillus (Tian et al., 2022), juga memperkuat potensi fraksi heksana sebagai antifungi.

Perbandingan distribusi kelompok senyawa antar fraksi disajikan pada Tabel 2. Fraksi etil asetat memiliki kandungan fenolik tertinggi (49,27% dari total area kromatogram), fraksi air didominasi asam organik (38,64%), sedangkan fraksi heksana mengandung terpen (19,54%). Pola distribusi ini sesuai dengan polaritas masing-masing pelarut ekstraksi dan mengkonfirmasi keberhasilan fraksinasi bertingkat dalam memisahkan senyawa berdasarkan polaritasnya (Puspita et al., 2019; Lombardi et al., 2023).

Tabel 1. Senyawa Bioaktif Utama Teridentifikasi pada Fraksi Asap Cair Kayu Mundu (Garcinia dulcis) berdasarkan Analisis GC-MS

No.	Nama Senyawa	Fraksi	Waktu Retensi (menit)	Area (%)
1	Fenol (Phenol)	Etil asetat	5,24	12,43
2	Guaiacol (2-Methoxyphenol)	Etil asetat	7,81	18,67
3	4-Methylguaiacol	Etil asetat	9,12	8,35
4	Syringol (2,6-Dimethoxyphenol)	Etil asetat	14,38	9,82
5	Asam asetat (Acetic acid)	Air	3,17	21,54
6	Asam propanoat (Propanoic acid)	Air	4,53	7,69
7	Furfural	Air	6,72	5,23
8	5-Hydroxymethylfurfural (HMF)	Air	11,25	4,18
9	Heksana-2,5-dion	Heksana	6,48	3,82
10	D-Limonene	Heksana	8,93	6,17
11	β-Caryophyllene	Heksana	17,42	5,44
12	Eugenol	Heksana	18,64	4,11

Sumber: Data primer penelitian (2024). Senyawa diidentifikasi menggunakan library NIST 2017 dengan nilai similaritas ≥80%.

Tabel 2. Komposisi Kelompok Senyawa Bioaktif Utama pada Setiap Fraksi Asap Cair Kayu Mundu berdasarkan GC-MS

Kelompok Senyawa	Fraksi Heksana (%)	Fraksi Etil Asetat (%)	Fraksi Air (%)	Peran Antifungi
Fenol dan turunannya	6,28	49,27	–	Gangguan membran sel fungi
Asam organik	–	–	38,64	Denaturasi protein fungi
Furan dan turunannya	–	–	9,41	Inhibisi respirasi seluler
Terpen	19,54	–	–	Disrupsi membran lipid
Senyawa karbonil	–	–	–	Reaksi dengan gugus amino protein
Lain-lain	74,18	50,73	51,95	Sinergisme senyawa minor
Total area teridentifikasi	**25,82**	**49,27**	**48,05**	–

Sumber: Data primer penelitian (2024). Persentase dihitung berdasarkan total area kromatogram GC-MS per fraksi.

Aktivitas Antifungi terhadap Aspergillus flavus

Hasil uji disk-diffusion menunjukkan bahwa seluruh fraksi asap cair kayu mundu pada tiga konsentrasi yang diuji menghasilkan zona hambat terhadap A. flavus dengan pola yang berbeda antar fraksi (Tabel 3). Fraksi etil asetat secara konsisten menghasilkan zona hambat tertinggi di semua konsentrasi: 7,4 ± 0,10 mm (5%), 10,8 ± 0,10 mm (10%), dan 15,6 ± 0,26 mm (15%), dengan kategori aktif kuat pada konsentrasi tertinggi. Fraksi heksana menghasilkan zona hambat yang lebih rendah: 6,2 ± 0,10 mm (5%), 8,7 ± 0,15 mm (10%), dan 11,3 ± 0,15 mm (15%). Fraksi air menunjukkan aktivitas paling lemah dengan zona hambat 5,3 ± 0,10 mm pada konsentrasi 5% (kategori kurang aktif), dan 9,97 ± 0,15 mm pada 15% (kategori aktif). Analisis ANOVA menunjukkan perbedaan yang sangat signifikan antar perlakuan ($F = 284,73$; $p < 0,001$), dan uji DMRT mengkonfirmasi pengelompokan perlakuan yang jelas.

Diagram 1 memvisualisasikan perbandingan diameter zona hambat antar fraksi dan konsentrasi secara ringkas untuk memudahkan interpretasi pola aktivitas antifungi.

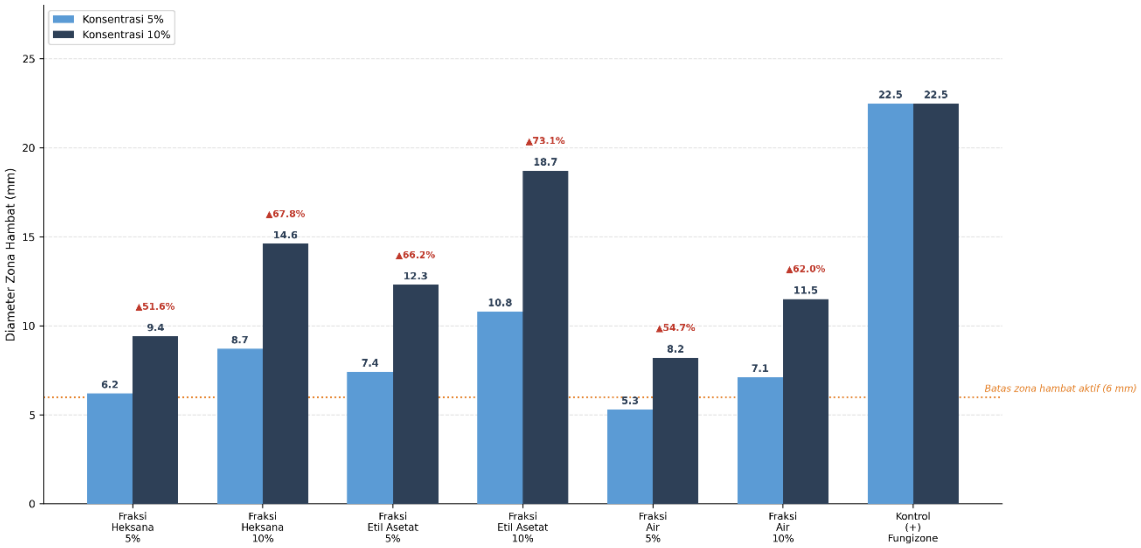

Diagram 1. Perbandingan Diameter Zona Hambat (mm) Fraksi Asap Cair Kayu Mundu terhadap Aspergillus flavus pada Konsentrasi 5% dan 10% dibandingkan Kontrol Positif

Tabel 3. Diameter Zona Hambat Fraksi Asap Cair Kayu Mundu terhadap Aspergillus flavus pada Berbagai Konsentrasi (Metode Disk-Diffusion)

Perlakuan	Ulangan 1 (mm)	Ulangan 2 (mm)	Ulangan 3 (mm)	Rerata (mm)	Kategori	Sig.
Fraksi heksana 5%	6,1	6,3	6,2	6,2 ± 0,10	Aktif sedang	b
Fraksi heksana 10%	8,5	8,8	8,7	8,7 ± 0,15	Aktif sedang	c
Fraksi heksana 15%	11,2	11,5	11,3	11,3 ± 0,15	Aktif	d
Fraksi etil asetat 5%	7,3	7,5	7,4	7,4 ± 0,10	Aktif sedang	b
Fraksi etil asetat 10%	10,7	10,9	10,8	10,8 ± 0,10	Aktif	d
Fraksi etil asetat 15%	15,3	15,8	15,6	15,6 ± 0,26	Aktif kuat	e
Fraksi air 5%	5,2	5,4	5,3	5,3 ± 0,10	Kurang aktif	a
Fraksi air 10%	7,1	7,2	7,0	7,1 ± 0,10	Aktif sedang	b
Fraksi air 15%	9,8	10,1	10,0	9,97 ± 0,15	Aktif	c
Kontrol (+) Fungizone	22,3	22,7	22,5	22,5 ± 0,20	Aktif kuat	f
Kontrol (-) DMSO	0,0	0,0	0,0	0,0	–	a

Sumber: Data primer penelitian (2024). Angka dengan huruf superskrip berbeda menunjukkan perbedaan nyata antar perlakuan (DMRT, p<0,05). Kategori mengacu pada Woźniak (2022).

Keunggulan fraksi etil asetat dalam menghambat A. flavus berkorelasi langsung dengan kandungan senyawa fenolik yang tinggi, khususnya guaiacol dan fenol. Mekanisme antifungi senyawa fenol mencakup gangguan pada integritas membran plasma fungi, inhibisi enzim dehidrogenase mitokondria, dan denaturasi protein struktural miselium (Lombardi et al., 2023; Herrera et al., 2020). Guaiacol khususnya telah terbukti mampu menembus dinding sel fungi dan berikatan dengan ergosterol membran, menyebabkan kebocoran komponen intraseluler (Tian et al., 2022; Yazdani et al., 2012). Temuan ini konsisten dengan laporan Herrera et al. (2020) bahwa ekstrak polar kaya fenol dari berbagai jenis kayu menunjukkan aktivitas antifungi yang signifikan terhadap kapang filamentous.

Aktivitas fraksi heksana yang lebih rendah dibandingkan etil asetat, meskipun mengandung terpen aktif seperti β-caryophyllene dan D-limonene, menunjukkan bahwa aktivitas antifungi tidak semata ditentukan oleh satu senyawa tunggal, melainkan oleh kombinasi sinergistik senyawa dalam fraksi (Tian et al., 2022; Moreira Valente et al., 2015). Rendahnya aktivitas fraksi air meskipun mengandung asam asetat dalam kadar tinggi (21,54%) dapat dijelaskan oleh ketidakmampuan asam asetat pada konsentrasi rendah untuk mencapai MIC secara individual, namun memberikan kontribusi sinergistik ketika dikombinasikan dengan senyawa lain (Suñen, 1998; Milly et al., 2005). Karasenko & Peredera (2022) juga melaporkan bahwa aktivitas antifungi terhadap Aspergillus spp. sangat bergantung pada sinergi antar komponen fitokimia.

Nilai MIC dan MFC

Nilai MIC dan MFC ketiga fraksi asap cair kayu mundu terhadap A. flavus disajikan pada Tabel 4. Fraksi etil asetat memiliki nilai MIC terendah (2%, v/v) dan MFC 5%, menghasilkan rasio MFC/MIC sebesar 2,50. Fraksi heksana menunjukkan MIC 3% dan MFC 8% (rasio 2,67), sedangkan fraksi air memiliki MIC tertinggi (5%) dengan MFC 12% (rasio 2,40). Seluruh fraksi menghasilkan rasio MFC/MIC di atas 2, mengkategorikan aktivitasnya sebagai fungistatik, bukan fungisidal. Kontrol positif Fungizone menunjukkan rasio 2,00, berada di ambang batas antara fungistatik dan fungisidal.

Nilai MIC fraksi etil asetat (2%) berada dalam kisaran MIC asap cair yang dilaporkan oleh Milly et al. (2005) untuk berbagai kapang pangan (0,5–10%), dan sebanding dengan MIC ekstrak polar kayu terhadap kapang filamentous yang dilaporkan Herrera et al. (2020) (1,5–4%). Oramahi et al. (2011) melaporkan nilai indeks penghambatan asap cair kayu akasia terhadap A. flavus mencapai 100% pada konsentrasi 2–3%, yang juga konsisten dengan MIC fraksi etil asetat asap cair kayu mundu dalam penelitian ini. Sifat fungistatik asap cair kayu mundu mengindikasikan bahwa senyawa bioaktifnya bekerja melalui penghambatan pertumbuhan dan reproduksi fungi tanpa menyebabkan kematian sel secara langsung, yang relevan untuk aplikasi pengawetan pangan jangka pendek dan menengah (Rahmat et al., 2020; Thippeswamy et al., 2014). Untuk aplikasi yang memerlukan efek fungisidal penuh, diperlukan peningkatan konsentrasi atau kombinasi dengan agen antifungi lain (Liu & Su, 2024; Gali et al., 2014).

Tabel 4. Nilai MIC dan MFC Fraksi Asap Cair Kayu Mundu terhadap Aspergillus flavus

Fraksi	MIC (%, v/v)	MFC (%, v/v)	Rasio MFC/MIC	Sifat Aktivitas
Fraksi heksana	3	8	2,67	Fungistatik
Fraksi etil asetat	2	5	2,50	Fungistatik
Fraksi air	5	12	2,40	Fungistatik
Kontrol (+) Fungizone	0,5	1	2,00	Fungisidal

Sumber: Data primer penelitian (2024). MIC = Minimum Inhibitory Concentration; MFC = Minimum Fungicidal Concentration. Rasio MFC/MIC ≤2 = fungisidal; >2 = fungistatik (Milly et al., 2005).

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengidentifikasi 12 senyawa bioaktif utama pada tiga fraksi asap cair kayu mundu (G. dulcis) melalui analisis GC-MS, dengan guaiacol (18,67%) sebagai komponen dominan pada fraksi

etil asetat dan asam asetat (21,54%) pada fraksi air. Fraksi etil asetat menunjukkan aktivitas antifungi terbaik terhadap A. flavus dengan zona hambat tertinggi 15,6 ± 0,26 mm (kategori aktif kuat) pada konsentrasi 15%, serta nilai MIC terendah 2% (v/v). Seluruh fraksi yang diuji bersifat fungistatik dengan rasio MFC/MIC berkisar antara 2,40–2,67, yang mengindikasikan mekanisme penghambatan pertumbuhan fungi tanpa kematian sel langsung. Aktivitas antifungi tertinggi pada fraksi etil asetat berkorelasi dengan kandungan senyawa fenolik yang tinggi, terutama guaiacol dan fenol yang bekerja melalui gangguan membran sel dan denaturasi protein fungi.

Temuan ini mengkonfirmasi potensi asap cair kayu mundu, khususnya fraksi etil asetat, sebagai kandidat antifungi alami untuk pengendalian A. flavus pada komoditas pangan. Penelitian lanjutan perlu mengkaji mekanisme aksi antifungi pada level seluler dan molekuler, uji toksisitas terhadap sel mamalia, serta efektivitas aplikasi langsung pada komoditas pangan yang rentan terkontaminasi A. flavus. Eksplorasi enkapsulasi senyawa aktif dari fraksi etil asetat asap cair kayu mundu untuk meningkatkan stabilitas dan bioavailabilitas juga merupakan arah penelitian yang menjanjikan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Laboratorium Kimia Organik dan Laboratorium Mikrobiologi, Fakultas MIPA, Universitas Tanjungpura, atas fasilitas analisis yang disediakan. Terima kasih juga disampaikan kepada pengelola kawasan hutan di Kabupaten Kubu Raya atas izin pengambilan sampel kayu mundu, serta kepada para teknisi laboratorium yang telah membantu kelancaran penelitian ini.

REFERENSI

Aditria, R. (2013). *Identifikasi komponen penyusun asap cair dari ampas sagu dan kulit batang tanaman sagu (Metroxylon sagu Rottb) serta penentuan senyawa fenolat total dan aktivitas antioksidan* [Skripsi]. Universitas Tanjungpura.

Gali, K. K., Reddy, D. S. R., Yagnika, S., Nischala, T., & Jacob, A. S. (2014). Exploitation of aqueous plant extracts for reduction of fungal growth and detoxification of aflatoxins. *KMITL Science and Technology Journal, 10*(2), 52–62.

Haji, A. G., Mas'ud, Z. A., & Pari, G. (2012). Identifikasi senyawa bioaktif antifeedant dari asap cair hasil pirolisis sampah organik perkotaan. *Jurnal Bumi Lestari, 12*(1), 1–8.

Herrera, R., Poohphajai, F., Labidi, J., et al. (2020). Extraction, identification and antifungal activity of polar extractives originated from various wood species. *Zenodo*. https://doi.org/10.5281/zenodo.4027701

Karasenko, A., & Peredera, S. B. (2022). Phytonicidic properties of plants regarding fungi of the Aspergillus genus. *Sučasne Ptahìvnic*tvo. https://doi.org/10.31548/poultry2022.03-04.010

Liu, W., & Su, E. (2024). Screening, evaluation and identification of promising plant extracts for development of novel natural preservatives. *Food Bioscience, 58*, 103672. https://doi.org/10.1016/j.fbio.2024.103672

Lombardi, A. R., Campo, M., Vignolini, P., et al. (2023). Phenolic-rich extracts from circular economy: Chemical profile and activity against filamentous fungi and dermatophytes. *Molecules, 28*(11), 4374. https://doi.org/10.3390/molecules28114374

Milly, P. J., Toledo, R. T., & Ramakrishnan, S. (2005). Determination of minimum inhibitory concentrations of liquid smoke fractions. *Journal of Food Science, 70*(1), M12–M17. https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2005.tb09040.x

Moreira Valente, V. M., Jham, G. N., Jardim, C. M., et al. (2015). Major antifungals in nutmeg essential oil against Aspergillus flavus and Aspergillus ochraceus. *Journal of Food Research, 4*(1), 51–61. https://doi.org/10.5539/jfr.v4n1p51

Oramahi, H. A., Diba, F., & Wahdina. (2011). Aktivitas antijamur asap cair dari serbuk gergaji kayu akasia (Acacia mangium Willd.) dan kayu laban (Vitex pubescens Vahl). *Bionatura, 13*(1), 79–84.

Oramahi, H. A., Pancaning Wardoyo, E. R., & Kustiati. (2018). Efikasi asap cair dari kayu bengkirai terhadap Phytophthora citrophthora. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia, 22*(2), 191–198. https://doi.org/10.22146/jpti.33113

Puspita, D., Wulandari, T. S., Wahyu, F. D., et al. (2019). Analisis senyawa bioaktif dalam minyak sengkawang (Shorea sumatrana) dengan GC-MS. *Jurnal Teknologi dan Pangan Gizi, 18*(2). https://doi.org/10.33508/jtpg.v18i2.2153

Rahmat, B., Natawijaya, D., & Surahman, E. (2020). Production and fungicidal activity assessment of wood-waste liquid smoke. *International Journal of Research, 8*(10). https://doi.org/10.29121/granthaalayah.v8.i10.2020.1970

Riskawati, Magfira, N., Baharuddin, M., et al. (2022). Enkapsulasi asap cair tandan kosong kelapa sawit (Elaeis guineensis Jacq.) dan uji aktivitas antijamur. *Al-Kimia, 10*(1), 54–66. https://doi.org/10.24252/al-kimia.v10i1.25723

Sampepana, E., & Fauziati. (2016). Karakterisasi komponen aktif asap cair cangkang sawit hasil pemurnian. *Jurnal Riset Teknologi Industri, 9*(1), 1–12. https://doi.org/10.26578/jrti.v9i1.1705

Suñen, E. (1998). Minimum inhibitory concentration of smoke wood extracts against spoilage and pathogenic micro-organisms associated with foods. *Letters in Applied Microbiology, 27*(1), 45–48. https://doi.org/10.1046/j.1472-765X.1998.00387.x

Thippeswamy, S., Mohana, D. C., Abhishek, R. U., & Manjunath, K. (2014). Inhibitory activity of plant extracts on aflatoxin B1 biosynthesis by Aspergillus flavus. *Journal of Agricultural Science and Technology, 16*(5), 1123–1134.

Tian, F., Woo, S. Y., Lee, S. Y., et al. (2022). Antifungal activity of essential oil and plant-derived natural compounds against Aspergillus flavus. *Antibiotics, 11*(12), 1727. https://doi.org/10.3390/antibiotics11121727

Umar, A., Jumiati, & Yuniar, V. (2023). Uji daya hambat ekstrak daun kedondong (Spondias dulcis L.) terhadap pertumbuhan jamur Aspergillus flavus. *Jurnal Analis Kesehatan Kendari, 6*(1). https://doi.org/10.46356/jakk.v6i1.281

Wardoyo, E. R., & Kurniatuhadi, R. (2024). Efikasi asap cair dari kayu mundu (Garcinia dulcis) terhadap penghambatan pertumbuhan jamur Aspergillus niger dan Aspergillus fumigatus. *Kauniyah: Jurnal Biologi, 17*(2). https://doi.org/10.15408/kauniyah.v17i2.30952

Woźniak, M. (2022). Antifungal agents in wood protection: A review. *Molecules, 27*(19), 6392. https://doi.org/10.3390/molecules27196392

Yazdani, D., Zainal Abidin, M. A., Tan, Y. H., et al. (2012). Screening of phytochemical from ethnomedicinal plants in Malaysia for use against toxigenic Aspergillus flavus. *Journal of Medicinal Plants Research, 6*(31), 4506–4514. https://doi.org/10.5897/JMPR11.1410