Syntax Literate: Jurnal Ilmiah Indonesia p–ISSN: 2541-0849
e-ISSN: 2548-1398
Vol. 10, No. 3, Maret 2025

POTENSI EKOENZIM DAUN KAYU PUTIH (*Melaleuca leucadendra)* PRODUKSI UMKM LAMONGAN SEBAGAI ANTIFUNGAL TERHADAP PERTUMBUHAN JAMUR *ASPERGILLUS FLAVUS*

Rachel Sabila Rahma[1], Wiwin Retnowati[2], Alfian Nur Rosyid[3]
Universitas Airlangga, Indonesia[1,2,3]
Email: rachel.sabila.rahma-2021@fk.unair.ac.id[1], wiwin-r@fk.unair.ac.id[2], alfian-n-r-10@fk.unair.ac.id[3]

Abstrak

Aspergillus flavus adalah jamur patogen yang menyebabkan aspergillosis, terutama pada individu dengan sistem imun lemah. Resistensi terhadap antijamur sintetis mendorong pencarian alternatif alami yang lebih aman. Daun kayu putih (Melaleuca leucadendra) diketahui memiliki aktivitas antimikroba karena kandungan terpenoid seperti 1,8-cineol. Kabupaten Lamongan, sebagai penghasil daun kayu putih berkualitas, memanfaatkannya dalam produksi ekoenzim melalui fermentasi sederhana oleh UMKM setempat. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi potensi antijamur ekoenzim daun kayu putih produksi UMKM Lamongan terhadap Aspergillus flavus menggunakan metode difusi. Ekoenzim difermentasi selama enam bulan, lalu diuji pada berbagai konsentrasi dengan ketokonazol sebagai kontrol positif dan air suling sebagai kontrol negatif. Setelah inkubasi 48 jam, hasil menunjukkan tidak adanya zona hambat pada semua konsentrasi ekoenzim. Hal ini mengindikasikan bahwa ekoenzim tidak memiliki efek antijamur signifikan terhadap Aspergillus flavus, yang mungkin disebabkan oleh rendahnya konsentrasi terpenoid, pH ekoenzim yang relatif tinggi (4,95), serta kemungkinan interaksi antagonistik antar senyawa bioaktif. Faktor lain mencakup kualitas bahan baku, metode fermentasi, dan kondisi lingkungan selama produksi. Penelitian ini merekomendasikan optimalisasi proses fermentasi dan pengujian terhadap patogen lain untuk mengeksplorasi potensi antimikroba ekoenzim kayu putih.

Kata kunci: Aktivitas antijamur, Aspergillus flavus, ekoenzim daun kayu putih

Abstract

Aspergillus flavus is a pathogenic fungus that causes aspergillosis, especially in individuals with weakened immune systems. Resistance to synthetic antifungals has driven the search for safer natural alternatives. Eucalyptus leaves (Melaleuca leucadendra) are known for their antimicrobial activity due to terpenoid compounds such as 1,8-cineole. Lamongan Regency, a region producing high-quality eucalyptus leaves, utilizes them in eco-enzyme production through simple fermentation by local SMEs. This study evaluated the antifungal potential of eucalyptus leaf eco-enzyme produced by Lamongan SMEs against Aspergillus flavus using the diffusion method. The eco-enzyme was fermented for six months and tested at various concentrations, using ketoconazole as a positive control and distilled water as a negative control. After 48 hours of incubation, the results showed no inhibition zones at all eco-enzyme concentrations, indicating no significant antifungal effect against Aspergillus flavus. This may be due to low terpenoid concentration, relatively high eco-enzyme pH (4.95), and possible antagonistic interactions among bioactive compounds. Other contributing factors include raw material quality, fermentation methods, and environmental conditions during production. This study recommends optimizing the fermentation process

and testing against other pathogens to explore the antimicrobial potential of eucalyptus leaf eco-enzyme.
Keywords: *Antifungal activity, Aspergillus flavus, eucalyptus leaf eco-enzyme*

Pendahuluan

Jamur merupakan salah satu agen infeksius yang dapat menyebabkan berbagai penyakit pada manusia, dari infeksi ringan hingga berat. Sebagai organisme saprofit, jamur dapat tumbuh di mana saja, termasuk di tubuh manusia. Meskipun demikian, penelitian terkait patofisiologi infeksi jamur relatif lebih terbatas dibandingkan dengan infeksi bakteri atau parasit. Hal ini dikarenakan jamur cenderung tidak menimbulkan gejala pada individu imunokompeten, karena sistem imun yang efektif dalam mencegah invasi. Sebaliknya, pada individu dengan kondisi imunokompromais, infeksi jamur dapat bersifat invasif dan menjadi infeksi oportunistik yang serius (Blanco dan Garcia, 2008). Data menunjukkan sekitar 7,7 juta penduduk Indonesia atau 2,89% dari total populasi mengalami infeksi jamur setiap tahunnya, dengan infeksi Aspergillus menyumbang sekitar 300.000 kasus per tahun (Wahyuningsih et al., 2021)

Aspergillus, khususnya *Aspergillus flavus*, adalah jamur Ascomycota yang tersebar luas di lingkungan dan sering kali masuk ke tubuh manusia melalui saluran pernapasan (Hasanah, 2017). Infeksi Aspergillus lebih sering terjadi pada pasien dengan penyakit paru seperti penyakit paru obstruktif kronis (PPOK) dan mereka yang mengalami kondisi imunokompromais, termasuk pasien HIV/AIDS, neutropenia, atau pengguna obat kortikosteroid jangka panjang (Hasanah, 2013). Selain itu, beberapa spesies Aspergillus juga menghasilkan mikotoksin yang bersifat hepatotoksik dan karsinogenik. Beberapa penelitian terbaru juga menyebutkan infeksi yang disebabkan oleh Aspergillus dapat terjadi karna inveksi pasca-virus seperti influenza dan COVID-19 (Ghassan dan Wissam, 2024)

Salah satu manifestasi klinis yang disebabkan oleh *Aspergillus flavus* adalah aspergillosis. Penyakit ini umumnya menggunakan voriconazole sebagai lini pertama dan amfoterisin B sebagai lini kedua. Namun, terapi ini berpotensi resistensi terhadap antijamur seperti azol, yang dapat dikonfirmasi melalui tes *Minimum Inhibitory Concentration* (MIC) (Movahhed et al., 2022). Selain itu pengobatan aspergillosis ini memiliki efek samping yang beragam seperti hipotensi, demam, dan parestesia.

Alam menyediakan solusi potensial melalui senyawa antimikroba alami yang dihasilkan oleh tumbuhan. Sebagian besar tumbuhan menghasilkan senyawa bioaktif sebagai bagian dari mekanisme pertahanan mereka terhadap patogen. Salah satu contohnya adalah kayu putih (*Melaleuca leucadendra*), yang dikenal mengandung senyawa 1,8-sineol (*eucalyptol*) (Meisarani dan Ramadhania, 2016). Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa minyak esensial kayu putih mampu menghambat pertumbuhan mikroorganisme seperti *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli*, *Aspergillus niger*, dan *Candida albicans*, dengan zona hambat hingga 15 mm (Sharifi-Rad et al., 2017).

Salah satu bentuk pemanfaatan tanaman untuk kesehatan adalah melalui ekoenzim, yaitu produk hasil fermentasi limbah organik seperti kulit sayur dan buah. Ekoenzim mengandung asam organik yang berfungsi sebagai antiseptik, desinfektan, dan agen antijamur (Vama & Cherekar, 2020). Penelitian oleh Rijal (2021) menunjukkan bahwa ekoenzim yang menggunakan bahan baku tumbuhan di Maluku, termasuk kayu putih, mampu menghambat pertumbuhan *E. coli*, *C. albicans*, dan *S. aureus* dengan zona

hambat signifikan. Namun, hingga saat ini, potensi ekoenzim daun kayu putih terhadap *Aspergillus flavus* belum banyak diteliti.

Indonesia adalah negara dengan kekayaan hayati yang melimpah, Indonesia memiliki peluang besar untuk memanfaatkan sumber daya alam seperti kayu putih sebagai alternatif dalam mengatasi resistensi antijamur. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengeksplorasi potensi ekoenzim daun kayu putih yang diproduksi oleh usaha mikro, kecil dan menengah (UMKM) Lamongan sebagai sediaan herbal antifungal yang efektif, khususnya dalam menghadapi resistensi obat pada infeksi aspergillosis, mengurangi efek samping dengan penggunaan desinfektan berbasis bahan alami di Indonesia.

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa minyak esensial kayu putih (Melaleuca leucadendra) memiliki potensi antimikroba terhadap berbagai patogen seperti Aspergillus niger dan Candida albicans (Sharifi-Rad et al., 2017), sementara penelitian lain menyebutkan bahwa ekoenzim yang dihasilkan dari fermentasi bahan organik, termasuk kayu putih, dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme seperti E. coli dan S. aureus (Vama & Cherekar, 2020). Namun, potensi ekoenzim daun kayu putih terhadap Aspergillus flavus masih terbatas dalam literatur. Kebaruan dari penelitian ini terletak pada eksplorasi ekoenzim daun kayu putih yang diproduksi oleh UMKM di Lamongan, sebagai alternatif antijamur yang lebih aman dalam menghadapi resistensi terhadap antifungal sintetis pada infeksi aspergillosis.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi antifungal ekoenzim kayu putih (Melaleuca *leucadendra*) terhadap pertumbuhan *Aspergillus flavus*, dengan fokus menganalisis diameter zona hambat yang terbentuk. Secara teoritis, penelitian ini diharapkan dapat mengembangkan ilmu mikrobiologi terkait efek antifungal ekoenzim kayu putih, memperluas teori tentang manfaat daun kayu putih dalam bidang mikrobiologi, serta menjadi referensi bagi penelitian lanjutan. Secara praktis, penelitian ini memberikan informasi kepada masyarakat mengenai potensi ekoenzim kayu putih sebagai antifungal terhadap *Aspergillus flavus*. Rumusan masalah yang diangkat adalah apakah ekoenzim kayu putih memiliki potensi antifungal terhadap *Aspergillus flavus* yang dapat dilihat dari diameter zona hambat yang dihasilkan.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen laboratorium dengan rancangan *posttest* only *control group design* untuk menguji potensi antifungal ekoenzim daun kayu putih (*Melaleuca leucadendra*) terhadap *Aspergillus flavus* menggunakan metode difusi. Populasi penelitian mencakup stok kultur *Aspergillus flavus* dari Laboratorium Mikrobiologi Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga dan ekoenzim daun kayu putih produksi UMKM Lamongan. Sampel diambil secara acak dengan ukuran minimal 36 sampel berdasarkan rumus Federer. Variabel bebas adalah konsentrasi ekoenzim, variabel terikat adalah ukuran zona hambat yang diukur dalam milimeter, sementara variabel kontrol meliputi bahan, media, kondisi lingkungan, waktu, dan suhu inkubasi. Bahan penelitian meliputi daun kayu putih, akuades, Sabouraud Dextrose Agar, larutan NaCl 0,9%, ketoconazole, dan bahan kimia lainnya. Instrumen penelitian mencakup botol plastik, autoclave, cawan petri, mikropipet, dan alat laboratorium lainnya. Penelitian berlangsung dari Agustus 2023 hingga Februari 2024, melibatkan pembuatan ekoenzim melalui fermentasi, pembuatan media kultur, serta uji antifungal dengan metode difusi. Data hasil pengukuran zona hambat dianalisis secara statistik dengan membandingkan

kelompok perlakuan dan kontrol untuk mengevaluasi efektivitas ekoenzim kayu putih sebagai antifungal.

Hasil dan Analisis

Karakteristik dan Kandungan Ekoenzim Kayu Putih

Hasil penelitian menunjukkan bahwa ekoenzim kayu putih UMKM Lamongan mengalami perubahan signigikan selama proses fermentasi. Selama fermentasi dilakukan selama 3 bulan (September 2023 - Desember 2023) dihasilkan ekoenzim memiliki warna coklat transparan, aroma asam segar khas daun kayu putih, serta konsistensi yang cair. Kemudian dilakukan penyimpanan tambahan selama 3 bulan (hingga Maret 2024) untuk meningkatkan kualitas produk. Selama periode penyimpanan ini, terjadi perubahan karakteristik, seperti penggelapan warna dan peningkatan intensitas aroma asam dan aroma wangi khas daun kayu putih. Setelah 6 bulan, warna ekoenzim berubah menjadi coklat gelap, dengan aroma asam yang lebih kuat dan wangi daun kayu putih yang lebih halus. Konsistensinya tetap cair dan bersih. Perbedaan karakteristik ekoenzim setelah 3 dan 6 bulan tersaji dalam tabel berikut.

Tabel 1. Karakteristik Ekoezim 3 Bulan dan 6 Bulan Penyimpanan.

Aspek	Ekoenzim 3 Bulan	Ekoenzim 6 Bulan
Warna	Coklat kekuningan	Coklat gelap
Aroma	khas kayu putih Sedikit asam	Sedikit bau khas kayu putih dan asam
Konsistensi	Cair/encer	Cair/encer dan bersih

Hasil kandungan ekoenzim UMKM Lamongan telah dilakukan oleh Bilal dan Zaki (2023) melalui dua metode. Pertama Uji Kromatografi Cair Kinerja Tinggi (*High Performance Liquid Chromatography/HPLC*) untuk mendeteksi adanya asam asetat. Kedua Uji Kromatografi Lapis Tipis (*Thin Layer Chromatography/TLC*) untuk mendeteksi senyawa terpenoid. Hasil uji laboratorium menunjukkan bahwa ekoenzim UMKM Lamongan mengandung molekul terpenoid bebas namun tidak mengandung asam asetat. Selanjutnya, dilakukan uji sterilitas kayu putih dengan metode inokulasi pada ekoenzim bulan ke-3 dan ke-6 didapatkan hasiil steril. pengujian keasaman juga dilakukan menggunakan pH meter ekoenzim bulan ke 6 di Laboratorium Mikrobiologi Kedokteran, Fakultas Kedokteran, Universitas Airlangga menunjukan ekoenzim bersifat asam dengan pH 4,94

Tabel 2. Hasil Uji Ekoenzim Kayu Putih UMKM Lamongan

Uji	Parameter	Metode	Hasil
Sterilitas	Mikroorganisme kontaminan	Inokulasi	Steril, tidak ditemukan koloni mikroorganisme kontaminan pada media uji
Kandungan	Asam asetat	HPLC	Tidak terdeteksi asam asetat pada Sampel (Bilal, 2023; Zaki, 2023)
	Screening fitokimia (terpenoid)	TLC	Sampel mengandung senyawa terpenoid (Bilal 2023; Zaki, 2023)
Keasaman	pH	pH Meter	Nilai pH = 4,95

Ket. HPLC: *High Performance Liquid Chromatography,* TLC*:Thin Layer Chromatography*

Diameter Zona Hambat

Pada penelitian ini, dilakukan uji kualitas ekoenzim dengan metode difusi untuk mengukur daya hambatnya terhadap jamur. Data yang diperoleh berupa ukuran daya hambat dalam milimeter (mm), yang diukur dengan jangka sorong. Tujuan dari uji ini adalah untuk mengidentifikasi konsentrasi ekoenzim yang efektif dalam menghambat pertumbuhan jamur.

Ekoenzim diuji pada berbagai konsentrasi, yaitu 100%, 90%, 80%, 70%, 60%, 50%, 40%, 30%, dan 10%. Kontrol positif yang digunakan adalah nystatin, sedangkan kontrol negatif adalah dari aquades. Uji ini dilakukan sebanyak tiga kali untuk memastikan keakuratan hasil. Berikut adalah hasil pengukuran zona hambat ekoenzim kayu putih terhadap Aspergillus flavus

Tabel 3. Diameter zona hambat ekoenzim kayu putih terhadap jamur Aspergillus flavus

Perlakuan	Diameter (mm)			
	Pengulangan I	Pengulangan II	Pengulangan III	Rata-rata
Kontrol Positif	11,24	10,61	10,42	10,69
Kontrol Negatif	0,00	0,00	0,00	0,00
100%	0,00	0,00	0,00	0,00
90%	0,00	0,00	0,00	0,00
80%	0,00	0,00	0,00	0,00
70%	0,00	0,00	0,00	0,00
60%	0,00	0,00	0,00	0,00
50%	0,00	0,00	0,00	0,00
40%	0,00	0,00	0,00	0,00
30%	0,00	0,00	0,00	0,00
20%	0,00	0,00	0,00	0,00
10%	0,00	0,00	0,00	0,00

Pada kontrol positif dengan ketoconazole pada konsentrasi 100, diperoleh rata-rata diameter zona hambat sebesar 11 mm. Sementara itu, pada kontrol negatif dengan aquades, tidak terlihat adanya zona hambat. Namun, pada seluruh pengujian, ekoenzim kayu putih tidak menunjukkan aktivitas antifungal terhadap *A. flavus* karena diameter zona hambat yang dihasilkan oleh ekoenzim kayu putih sama dengan zona hambat pada kontrol negatif.

Pembahasan

Analisis Efektivitas dan Faktor yang Mempengaruhi Aktivitas Antifungal Ekoenzim Kayu Putih terhadap Aspergillus flavus

Uji efek antifungal ekoenzim daun kayu putih terhadap jamur A. flavus dilakukan dengan metode difusi dengan antibiotik ketoconazole sabegai kotrol positif dan akuades sebagai kontrol negatif. Menurut David dan Stout (1971) mengategorikan aktivitas penghambatan antifungi dalam 4 kategori berdasarkan diameter zona hambatnya yaitu sangat kuat (>20 mm), kuat (11—20 mm), sedang (6—10 mm), dan lemah (<5 mm), sedangkan hasil pengukuran zona hambat disekitar 10 mm, yang termasuk katagori sedang, sehingga memenuhi kriteria efektivitas yang diharapkan untuk kontrol positif. Sedangkan akuades tidak menghasilkan zona hambat yang menunjukan bahwa tidak ada aktifitas antifungal sehingga kontrol negatif sekaligus pelarut ekoenzim memenuhi kriteria. Hasil dari kedua kontrol tersebut menunjukkan bahwa uji difusi telah dilakukan

sesuai prosedur dan memenuhi persyaratan yang diperlukan, sehingga pengujian dapat dilanjutkan ke tahap berikutnya.

Berdasarkan hasil penelitian, ekoenzim yang dihasilkan dari fermentasi daun kayu putih telah memenuhi karakteristik yang diharapkan, yaitu menunjukkan warna dan aroma yang sesuai dengan bahan baku yang digunakan. Namun, hasil uji zona hambat menunjukkan bahwa ekoenzim daun kayu putih UMKM Lamongan tidak memberikan daya hambat terhadap *Aspergillus flavus* pada semua konsentrasi. Hal ini mungkin disebabkan oleh rendahnya kandungan senyawa terpenoid, karena air sebagai pelarut memiliki sifat polar yang kurang mampu mengikat senyawa terpenoid yang bersifat nonpolar (Martins *et al*., 2017).

Hasil ini berbeda dengan penelitian Zhang, dimana minyak kayu putih dapat menghambat pertumbuhan jamur *Candida* pada konsentrasi minimal 62,5 mc/L dengan 1,8-sineol sebagai senyawa terpenoid utama. Hal ini kemungkinan karena metode yang digunakan berbeda. Metode penyulingan dinilai lebih efektif dalam memisahkan zat volatil yang dapat menghasilkan produk antifungal yang lebih stabil dan murni (Jilani, 2018).

Interaksi antara senyawa alami yang berasal dari tumbuhan individu dapat menyebabkan efek sinergis atau antagonis (Tian et al., 2022). Penelitian Rijal (2021) menggunakan daun kayu putih dan kombinasi bahan baku yang lebih beragam, yaitu pala dan cengkeh. masing-masing bahan baku terasebut mengandung senyawa aktif seperti sineol, myristisin, dan eugenol yang memungkinkan ada efek sinergis sehingga dapat menghambat jamur *Candida albicans*. Penggunaan gula molase pada penelitian rijal memiliki kandungan yang kompleks dan mineral yang lebih tinggi, sehingga dapat meningkatkan aktivitas mikroba dan enzim selama fermentasi (Rochyani, Utpalasari Dahliana, 2020)

Proses fermentasi biasanya menghasilkan asam organik seperti asam asetat, asam laktat, asam sitrat dan asam oksalat (Ismail, Nainggolan dan Nauli, 2024). Keberadaan asam organik melalui proses metabolisme bakteri pada kondisi anaerob (Larasati *et al.,* 2020). Asam organic dikenal memiliki aktivitas antimikroba (Safitri et al., 2021). Namun hasil analisis tes kandungan HPLC di LIHTR Universitas Airlangga ekoenzim daun kayu putih UMKM Lamongan tidak menunjukanan adanya kandungan asam asetat. hal tersebut memperkuat alasan tingkat keasaman Ekoenzim cukup tinggi yaitu berada di angka 4,95, sedikit lebih tinggi dibandingkan penelitian sebelumnya yang menunjukkan pH antara 3 hingga 4 (Rochyani, Utpalasari Dahliana, 2020). Rendahnya asam asetat ini kemungkinan karena daun kayu putih tidak memiliki senyawa karbon yang besar sedangkan bahan dasar fermentasi asam asetat adalah senyawa karbon (Wang et al., 2021)

Cahaya, oksigen, aktivitas air, suhu, dan pH lingkungan, juga mempengaruhi efisiensi senyawa alami yang berasal dari tumbuhan terhadap pertumbuhan jamur. Paparan cahaya dan oksigen yang tinggi dapat menurunkan aktivitas antimikroba senyawa alami yang kemungkinan besar disebabkan oksidasi. Passone et al. (2023) melaporkan bahwa mengekspos minyak esensial boldo (*Peumus boldus Mol*.) ke sinar UV dan sinar matahari selama 30 menit mengurangi aktivitas antijamurnya masing-masing sebesar 29,1% dan 29,6%. Hal ini menunjukkan bahwa paparan sinar dapat menurunkan efektivitas antimikroba minyak esensial, yang mungkin mempengaruhi efektivitas ekoenzim kayu putih dalam penelitian ini. Selain itu pH lingkungan juga mempengaruhi efek antimikroba, semakin tinggi tingkat pH, efektivitas antimikroba akan cenderung menurun karena sifat hidrofobisitas senyawa alami dalam tumbuhan berkurang pada pH tinggi. Senyawa alami tumbuhan umumnya menurun seiring dengan

suhu penyimpanan yang meningkat. Efisiensi antimikroba juga bergantung dengan air substrat, ketika air meningkat pertumbuhan jamur juga meningkat (Burt, 2004; Passone, Girardi and Etcheverry, 2013; Tian et al., 2022).

Meskipun hasil penelitian ini belum menunjukkan efektivitas yang signifikan, ekoenzim kayu putih tetap berpotensi sebagai agen antifungal jika dioptimalkan lebih lanjut. Senyawa alami dari tumbuhan terbukti memiliki efek sinergis yang kuat saat dikombinasikan dengan fungisida atau obat antifungal. Sebagai contoh, baicalein tidak menunjukkan efek antijamur terhadap *Aspergillus flavus* pada konsentrasi 4 μg/mL dalam uji in vitro. Namun, pada konsentrasi yang sama, baicalein mampu menurunkan konsentrasi efektif strobilurin (azoxystrobin dan pyraclostrobin) hingga 80%, dari 4 μg/mL dan 0,125 μg/mL menjadi masing-masing 0,5 μg/mL dan 0,016 μg/mL. Hal ini menunjukkan bahwa senyawa tersebut dapat meningkatkan efektivitas antijamur dengan mengurangi dosis yang diperlukan serta meningkatkan bioavailabilitas dalam sel jamur melalui penghambatan enzim metabolisme. Dengan demikian, penggunaan senyawa alami memungkinkan dosis yang lebih rendah, sehingga menurunkan risiko toksisitas pada manusia. Dengan penelitian lanjutan yang mendalam, ekoenzim kayu putih dapat dikembangkan menjadi agen kombinasi yang efektif untuk terapi antijamur yang lebih aman dan ramah lingkungan.

Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini memberikan informasi awal mengenai Ekoenzim daun kayu putih sebagai antifungal. Terdapat sejumlah keterbatasan selama melakukan penelitian:

1) Data terbatas mengenai konsentrasi senyawa aktif pada ekoenzim daun kayu putih
2) Sensitivitas metode difusi dalam deteksi aktivitas antifungal
3) Penggunaan isolat klinis pada mikroba yang berpotensi terpapar antifungal
4) Keterbatasan dalam pemantauan proses pembuatan ekoenzim
5) Pengaruh faktor lingkungan terhadap stabilitas senyawa aktif falam ekoenzim

Kesimpulan

Ekoenzim daun kayu putih UMKM Lamongan pada uji difusi tidak menunjukkan efek antifungal terhadap jamur Aspergillus flavus, dengan diameter zona hambat 0,00 mm pada semua konsentrasi. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan melakukan pengujian konsentrasi senyawa aktif menggunakan GC-MS atau fitokimia untuk mengukur konsentrasi senyawa aktif dan mengaitkannya dengan efektivitas antifungal. Selain itu, penggunaan metode uji antifungal yang lebih sensitif seperti metode difusi untuk menentukan konsentrasi penghambatan minimum (MIC) juga direkomendasikan. Pengujian dengan isolat mikroorganisme yang lebih beragam seperti isolat lingkungan dapat menghindari bias. Peneliti juga disarankan mengeksplorasi kombinasi bahan baku dan fungisida dalam formulasi ekoenzim untuk meningkatkan potensi antifungalnya.

DAFTAR PUSTAKA

Blanco, J. L., & Garcia, M. E. (2008). Immune response to fungal infections. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, *125*(1–2), 47–70. https://doi.org/10.1016/J.VETIMM.2008.04.020

Burt, S. (2004). Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods—a review. *International Journal of Food Microbiology*, *94*(3), 223–253. https://doi.org/10.1016/J.IJFOODMICRO.2004.03.022

Davis, W. W., & Stout, T. R. (1971). Disc plate method of microbiological antibiotic assay. I. Factors influencing variability and error. *Applied Microbiology*, *22*(4). https://doi.org/10.1128/aem.22.4.659-665.1971

Ghassan, M., & Wissam, S. (2024). Severe pulmonary aspergillosis post viral illness in immunocompetent patients: A case series. *Respiratory Medicine Case Reports*, *48*. https://doi.org/10.1016/J.RMCR.2024.101991

Hasanah, U. (2013). Mengenal Aspergillosis, Infeksi Jamur Genus Aspergillus. *Mengenal Aspergillosis, Infeksi Jamur Genus Aspergillus*, *53*(9).

Hasanah, U. (2017). Mengenal Aspergillosis, Infeksi Jamur Genus Aspergillus. *Jurnal Keluarga Sehat Sejahtera*, *15*(2), 76–86. https://doi.org/10.24114/jkss.v15i2.8777

Ismail, A. Y., Nainggolan, M. F., & Nauli, A. P. (2024). Characterizing the Chemical Composition of Eco-Enzymes Derived from Vegetable and Fruit Sources. *International Journal of Design and Nature and Ecodynamics*, *19*(3), 1051–1060. https://doi.org/10.18280/IJDNE.190334

Meisarani, L. A., & Ramadhania, Z. M. (2016). Kandungan Senyawa Kimia dan Bioaktivitas Melaleuca leucadendron Linn. *Farmaka*, *14*(2), 123–144. https://doi.org/10.24198/JF.V14I2.10818.G5159

Movahhed, T., Mehrabkhani, M., Arefnezhad, M., Hamedi, S. S., Mahmoudabadi, R. Z., Ghanbari, F., & Rostami, M. (2022). Antibacterial Efficacy of Walnut Green Husk (WGH) Extract with Zinc Oxide Nanoparticles on Streptococcus Mutans. *Reports of Biochemistry and Molecular Biology*, *11*(3). https://doi.org/10.52547/rbmb.11.3.405

Passone, M. A., Girardi, N. S., & Etcheverry, M. (2013). Antifungal and antiaflatoxigenic activity by vapor contact of three essential oils, and effects of environmental factors on their efficacy. *LWT - Food Science and Technology*, *53*(2), 434–444. https://doi.org/10.1016/J.LWT.2013.03.012

Rijal, M. (2021). *Eco-enzyme dari limbah tanaman Maluku*. LP2M IAIN Ambon.

Rochyani, N.-, Utpalasari, R. L., & Dahliana, I. (2020). Analisis Hasil Konversi Eco Enzyme Menggunakan Nenas (Ananas comosus) DAN PEPAYA (Carica papaya L.). *Jurnal Redoks*, *5*(2), 135–140. https://doi.org/10.31851/REDOKS.V5I2.5060

Safitri, I., Yuliono, A., Sofiana, M. S. J., Helena, S., Kushadiwijayanto, A. A., & Warsidah, W. (2021). Peningkatan Kesehatan Masyarakat Teluk Batang secara Mandiri melalui pembuatan Handsanitizer dan Desinfektan berbasis Eco-Enzyme dari Limbah Sayuran dan Buah. *Journal of Community Engagement in Health*, *4*(2), 371–377. https://doi.org/10.30994/JCEH.V4I2.248

Sharifi-Rad, J., Sureda, A., Tenore, G. C., Daglia, M., Sharifi-Rad, M., Valussi, M., Tundis, R., Sharifi-Rad, M., Loizzo, M. R., Oluwaseun Ademiluyi, A., Sharifi-Rad, R., Ayatollahi, S. A., & Iriti, M. (2017). Biological activities of essential oils: From plant chemoecology to traditional healing systems. In *Molecules* (Vol. 22, Issue 1). https://doi.org/10.3390/molecules22010070

Tian, F., Woo, S. Y., Lee, S. Y., Park, S. B., Zheng, Y., & Chun, H. S. (2022). Antifungal Activity of Essential Oil and Plant-Derived Natural Compounds against Aspergillus flavus. *Antibiotics*, *11*(12), 1727. https://doi.org/10.3390/ANTIBIOTICS11121727

Vama, L., & Cherekar, M. N. (2020). Production, Extraction and Uses of Eco-Enzyme Using Citrus Fruit Waste: Wealth From Waste. *Biotech. Env. Sc*, *22*(2).

Wahyuningsih, R., Adawiyah, R., Sjam, R., Prihartono, J., Ayu Tri Wulandari, E., Rozaliyani, A., Ronny, R., Imran, D., Tugiran, M., Siagian, F. E., & Denning, D. W. (2021). Serious fungal disease incidence and prevalence in Indonesia. *Mycoses*, *64*(10), 1203–1212. https://doi.org/10.1111/MYC.13304

Wang, Y., Wu, J., Lv, M., Shao, Z., Hungwe, M., Wang, J., Bai, X., Xie, J., Wang, Y., & Geng, W. (2021). Metabolism Characteristics of Lactic Acid Bacteria and the Expanding Applications in Food Industry. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, *9*, 612285. https://doi.org/10.3389/FBIOE.2021.612285

Copyright holder:
Rachel Sabila Rahma, Wiwin Retnowati, Alfian Nur Rosyid (2025)

First publication right:
Syntax Literate: Jurnal Ilmiah Indonesia

This article is licensed under:

