Jurnal Pertanian Kepulauan (JPK) eISSN 2962-7796

Efektivitas Pestisida Nabati Ekstrak Daun Kayu Putih (*Melaleuca leucadendra* L.) terhadap Penyebab Busuk Pelepah (*Rhizoctonia solani*) Jagung Secara In Vitro

Effectiveness of Cajuput Leaf Extract Vegetable Pesticide (Melaleuca leucadendra L.) against Causes of Sheath Rot (Rhizoctonia solani) in Corn In Vitro

Ferlita Lipogena[1], Handry R.D. Amanupunnjo[1*], Abraham Talahaturuson[1]
[1] Program Studi Agroteknologi, Jurusan Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian, , Universitas Pattimura Jl. Ir. M. Putuhena, Kampus Poka, Ambon 97233

Vol. 10, No.:1, Maret 2026 DOI:
10.30598/jpk.2026.10.1.13

Received: May 17, 2025
Accepted: July 07, 2026
Online publication: July 07, 2026

*Correspondent author:
hamanupunyo@gmail.com

Abstract
Indonesia is a tropical country with immense biodiversity, including various plants that can be utilized as botanical pesticides. This study aimed to determine the effectiveness of several concentrations of fresh cajuput leaf extract and cajuput leaf waste extract in suppressing the *Rhizoctonia solani* pathogen in corn plants. The research used a completely randomized design (CRD) consisting of 8 treatments and 3 replications. The data obtained were analyzed using Analysis of Variance (ANOVA) and further tested using the Least Significant Difference (LSD) test at the 5% level. The results showed that the waste extract at a concentration of 2.0 mL exhibited the highest effectiveness in inhibiting the growth of fungal colony diameter, yielding a diameter of 1.06 cm and an 82.6% inhibition rate, as well as the fastest sclerotia emergence time of 18 hours.
Keywords: leaf extract waste Cajuput, *Melaleuca leucadendra* L, *Rhizoctonia solani*

Abstrak
Indonesia merupakan salah satu negara tropis yang memiliki keanekaragaman hayati tinggi, termasuk tumbuhan yang dapat dimanfaatkan sebagai pestisida nabati. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas dari beberapa konsentrasi ekstrak daun kayu putih segar dan ekstrak daun kayu putih limbah dalam menekan patogen *Rhizoctonia solani* pada tanaman jagung. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 8 perlakuan dan 3 ulangan. Data yang diperoleh dianalisis menggunakan sidik ragam (ANOVA) dan diuji lanjut menggunakan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf 5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ekstrak limbah dengan konsentrasi 2,0 mL memiliki pengaruh tertinggi dalam menghambat pertumbuhan diameter koloni jamur dengan rata-rata diameter 1,06 cm dan persentase penghambatan sebesar 82,6%, serta memicu waktu kemunculan sklerotia tercepat yaitu 18 jam.
Kata kunci: limbah ekstrak daun kayu putih, *Melaleuca leucadendra*, *Rhizocotnia solani.*

Laman: https://ojs3.unpatti.ac.id/index.php/jpk/article/view/24479

PENDAHULUAN

Indonesia termasuk salah satu negara tropis di garis khatulistiwa yang memiliki berbagai macam keanekaragaman hayati dalam berbagai bentuk kehidupan, baik di daratan, udara, maupun perairan (Wagey et al., 2020). Untuk flora, Indonesia diperkirakan memiliki 25% dari spesies tumbuhan berbunga yang ada di dunia atau menempati urutan ketujuh terbesar dengan jumlah spesies mencapai 20.000, dimana 40% di antaranya merupakan tumbuhan endemik asli Indonesia (Lense et al., 2024). Dari berbagai macam tumbuhan tersebut, banyak yang dapat dimanfaatkan sebagai pestisida nabati.

Jagung merupakan tanaman serealia yang menjadi sumber karbohidrat kedua terpenting setelah beras. Penurunan produksi jagung secara global menjadi tantangan, sehingga produksi nasional harus terus dioptimalkan mengingat kebutuhan jagung di Indonesia terus mengalami peningkatan (Prasetyo et al., 2024). Salah satu faktor penyebab penurunan produksi adalah penyakit busuk pelepah yang disebabkan oleh jamur *Rhizoctonia solani*. Gejala penyakit ini ditandai oleh hawar pada upih atau helai daun dan pembusukan pada pelepah. Penyakit busuk pelepah dapat menyebabkan kehilangan hasil jagung hingga 100% pada varietas rentan (Soenartiningsih et al., 2015). Cendawan ini juga menyebabkan busuk benih sebelum tumbuh dan busuk bibit (Laodja et al., 2025).

Penggunaan pestisida kimia yang tidak bijaksana mengakibatkan berbagai dampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan manusia (Najla Achza et al., 2025), seperti pencemaran air dan tanah, bahaya keracunan, resistensi hama, hingga matinya serangga menguntungkan (Shaleha et al., 2023). Sebagai alternatif, keanekaragaman hayati dapat dikembangkan menjadi pestisida nabati yang lebih ramah lingkungan, murah, mudah didapat, tidak menimbulkan resistensi, serta menghasilkan produk bebas residu bahan kimia (Listiyani, 2025).

Salah satu tanaman yang berpotensi sebagai pestisida nabati adalah kayu putih (*Melaleuca leucadendra* L.) dari famili Myrtaceae (Haritha et al., 2021). Produk utama tanaman ini adalah minyak atsiri yang disuling dari daunnya. Seringkali, limbah daun sisa penyulingan hanya dimanfaatkan sebagai bahan baku kompos. Pemanfaatan limbah daun kayu putih sebagai pestisida nabati dapat memberikan nilai tambah bagi industri minyak atsiri dan menekan limbah lingkungan (Afrianto et al., 2022). Daun kayu putih mengandung senyawa metabolit sekunder yang berperan aktif sebagai antibakteri, antijamur, antioksidan, dan insektisida (Pamungkas et al., 2023). Kandungan senyawa pada ekstrak etanol daun kayu putih meliputi tanin, flavonoid, saponin, dan terpenoid (Makin, 2025).

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa ekstrak etanol daun kayu putih memiliki efektivitas insektisida terhadap larva *Aedes aegypti* (Kaihena & Ukratalo, 2021) dan aktivitas biologi (Patramurti et al., 2020). Ekstrak ini juga memiliki aktivitas antibakteri terhadap *Methicillin Resistant Staphylococcus aureus* (Hakim et al., 2019). Namun, penelitian terkait efektivitas antifungi dari metabolit sekunder kayu putih terhadap patogen tanaman pertanian masih sangat terbatas. Oleh karena itu, tujuan penelitian ini untuk menguji pengaruh aplikasi pestisida nabati dari ekstrak daun segar dan limbah kayu putih terhadap pertumbuhan jamur *Rhizoctonia solani* pada tanaman jagung.

BAHAN DAN METODE

Pengambilan sampel tanaman kayu putih dilakukan di Desa Suli, sampel limbah daun kayu putih diperoleh di Desa Hunuth, dan isolat *Rhizoctonia solani* diambil dari Dusun Telaga Kodok. Seluruh rangkaian penelitian dilaksanakan di Laboratorium Jurusan Budidaya Fakultas Pertanian pada bulan April 2025. Peralatan yang digunakan meliputi *laminar air flow*, cawan petri, Erlenmeyer 1000 ml, spatula logam, mikropipet, bor gabus, gelas ukur, lampu Bunsen, autoklaf, blender, *plastic wrap*, dan kamera. Metode pengujian yang digunakan adalah metode peracunan makanan (*poisoned food technique*), yaitu dengan mencampur ekstrak daun kayu putih ke dalam media pertumbuhan jamur pada berbagai konsentrasi.

Pelaksanaan Penelitian

Isolasi dan Pemurnian Patogen

Sterilisasi alat gelas dilakukan menggunakan autoklaf dengan tekanan 15 psi, sedangkan alat logam (spatula, pinset, bor gabus) disterilkan dengan pemanasan menggunakan lampu bunsen setelah dicelupkan ke dalam alkohol 95%. Isolasi patogen dilakukan dengan mengambil sampel pelepah jagung sakit berukuran 0,5 cm pada batas antara jaringan sehat dan sakit. Sampel tersebut ditanam pada media *Potato Dextrose Agar* (PDA) di dalam cawan petri secara aseptik. Pemurnian isolat jamur dilakukan dengan mengambil miselium ujung hifa menggunakan bor gabus, kemudian dipindahkan ke media PDA baru dan diinkubasi selama 3 hari hingga miselium memenuhi cawan petri.

Pembuatan Ekstrak Pestisida Nabati

Daun kayu putih segar dan limbah daun kayu putih dihaluskan secara terpisah menggunakan blender. Sebanyak 100 g dari masing-masing bahan dicampurkan dengan 100 ml akuades. Campuran tersebut disimpan dalam wadah tertutup selama 1 x 24 jam untuk proses maserasi. Setelah itu, ekstrak dipisahkan dari ampasnya menggunakan saringan.

Aplikasi Ekstrak dan Pengujian In Vitro

Aplikasi ekstrak dilakukan dengan mencampurkan ekstrak nabati secara langsung ke dalam 100 mL media PDA cair bersuhu hangat. Perlakuan konsentrasi yang digunakan adalah 0,5 ml, 1,0 ml, 1,5 ml, dan 2,0 ml ekstrak per 100 mL PDA. Media campuran kemudian dituang ke dalam cawan petri (masing-masing diulang 3 kali) dan dibiarkan memadat. Biakan *Rhizoctonia solani* dipotong menggunakan bor gabus berukuran 0,5 cm, lalu diletakkan tepat di tengah media cawan petri. Cawan petri dibungkus rapat menggunakan *plastic wrap* dan diamati setiap hari hingga biakan pada kontrol memenuhi cawan.

Variabel Pengamatan

Variabel yang diamati meliputi: 1) Diameter pertumbuhan koloni jamur, 2) Waktu inisiasi pembentukan sklerotia harian, dan 3) Persentase penghambatan pertumbuhan koloni jamur yang dihitung dengan rumus menurut Kumalasari et al., (2021), sebagai berikut:

$$\mathbf{I} = \frac{C-T}{C} X\ \mathbf{100\%} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ 1$$

Keterangan:
I = Persentase penghambatan
C = Diameter koloni patogen pada kontrol
T = Diameter koloni pathgen pada perlakuan.
Pengamatan waktu inisiasi pembentukan seklerotia dilakukan setiap hari

Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan menggunakan uji analisis varians (ANOVA), bila terdapat perbedaan yang signifikan maka akan dilanjutkan dengan menggunakan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) taraf 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Diameter Kolomi Jamur

Pertumbuhan diameter koloni jamur akibat perlakuan pestisida nabati disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Pertumbuhan Diameter Jamur Rhizoctonia solani selama 12 jam (cm)

Perlakuan	Rata-rata	Uji Beda
(P8) Ekstrak Limbah 2,0 ml	1,06	a
(P7) Ekstrak Limbah 1,5 ml	1.35	a
(P6) Ekstrak Limbah 1,0ml	1.64	a
(P5) Ekstrak Limbah 0,5 ml	2.53	b
(P4) Ekstrak Segar 2,0 ml	3.36	c
(P3) Ekstrak Segar 1,5 ml	3.43	c
(P2) Ekstrak Segar 1,0 ml	3.93	cd
(P1) Ekstrak Segar 0,5 ml	4.57	d
BNT: 0,82		

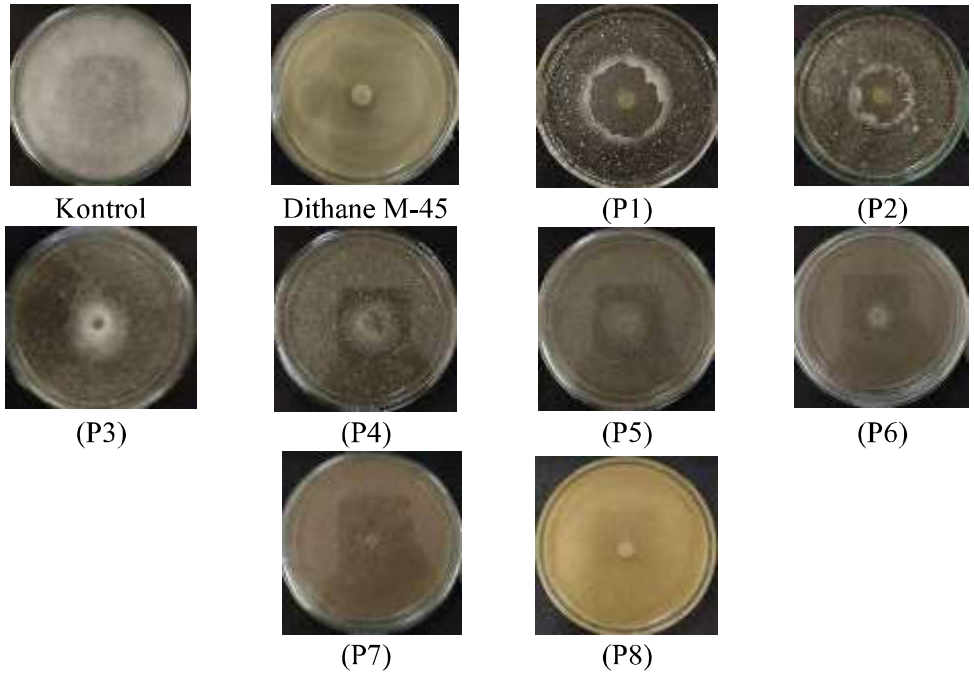
Ket: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menggunakan uji BNT α 5 %

Hasil uji BNT menunjukkan bahwa pertumbuhan diameter koloni jamur terendah dihasilkan oleh perlakuan ekstrak limbah 2 mL (1,06 cm). Rata-rata ini tidak berbeda nyata dengan ekstrak limbah 1,5 mL (1,35 cm) dan 1 mL (1,64 cm), tetapi berbeda nyata dengan ekstrak limbah 0,5 mL (2,53 cm). Sedangkan pada kelompok ekstrak segar, konsentrasi 2,0 mL (3,36 cm) tidak berbeda nyata dengan konsentrasi 1,5 mL (3,43 cm). Begitu pula dengan konsentrasi 1,0 mL (3,93 cm) yang tidak berbeda nyata dengan konsentrasi 0,5 mL (4,57 cm).

Pengamatan selama tiga hari menunjukkan adanya perbedaan pertumbuhan diameter jamur pada setiap media perlakuan. Pertumbuhan pada media ekstrak limbah berlangsung lebih lambat dibandingkan pada ekstrak segar daun kayu putih. Selain itu, hifa udara pada perlakuan ekstrak segar tumbuh lebih awal dan lebih tebal daripada pada ekstrak limbah. Data pertumbuhan diameter koloni jamur untuk setiap perlakuan disajikan pada Gambar 1.

Persentase Penghambatan

Perbedaan pertumbuhan diameter koloni jamur dilihat berdasarkan persentase penghambatan pada masing-masing perlakuan. Media dengan perlakuan ekstrak limbah 2 mL memiliki persentase penghambatan paling besar, yaitu 82,6%, yang tidak berbeda nyata dengan ekstrak limbah 1,5 mL (78,6%) dan ekstrak limbah 1 mL (73,0%), tetapi berbeda nyata dengan ekstrak limbah 0,5 mL (59,2%). Sementara itu, perlakuan ekstrak segar 2 mL dengan persentase penghambatan 48,7% tidak berbeda nyata dengan ekstrak segar 1,5 mL (47,1%), namun berbeda nyata dengan ekstrak segar 1 mL (40,6%) dan ekstrak segar 0,5 mL (30,7%). Persentase penghambatan koloni jamur dapat dilihat pada Tabel 2.



Gambar 1. Diameter pertumbuhan koloni jamur pada perlakuan ekstrak segar dan ektrak limbah: control; dithane 0,6 g; P1) ekstrak segar 0,5 ml; P2) ekstrak segar 1 ml; P3) ekstrak segar 1,5 ml; P4) ekstrak segar 2 ml; P5) ekstrak limbah 0,5 ml; P6) ekstrak limbah

Tabel 2. Persentase penghabatan pertumbuhan diameter kolonil jamur Rhizoctonia solani (%)

Perlakuan	Persentase penghambatan	Uji Beda
(P8) Ekstrak Limbah 2,0 ml	82,6	a
(P7) Ekstrak Limbah 1,5 ml	78,6	a
(P6) Ekstrak Limbah 1,0ml	73,0	a
(P5) Ekstrak Limbah 0,5 ml	59,2	b
(P4) Ekstrak Segar 2,0 ml	48,7	c
(P3) Ekstrak Segar 1,5 ml	47,1	c
(P2) Ekstrak Segar 1,0 ml	40,6	cd
(P1) Ekstrak Segar 0,5 ml	30,7	d
BNT: 11,61		

Ket: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menggunakan uji BNT α 5 %

Waktu Pembentukan Inisiasi Sklerotia

Pengamatan waktu pertama kali pembentukan sklerotia akibat perlakuan pestisida nabati disajikan pada Tabel 3.

Hasil uji Beda Nyata Terkecil (BNT) memperlihatkan bahwa perlakuan kontrol menghasilkan rata-rata waktu munculnya sklerotia terlama, yaitu 144 jam setelah perlakuan (JSP), dan berbeda nyata dengan seluruh perlakuan lainnya. Waktu kemunculan sklerotia tercepat yang tidak berbeda nyata ditunjukkan oleh perlakuan Dithane, ekstrak limbah 0,5 mL, ekstrak limbah 1 mL, ekstrak limbah 1,5 mL, dan ekstrak limbah 2 mL, yaitu sebesar 18 JSP. Sementara itu, perlakuan ekstrak segar 2 mL (108 JSP) berbeda nyata dengan ekstrak segar 1,5

mL (114 JSP). Adapun perlakuan ekstrak segar 1 mL tidak berbeda nyata dengan ekstrak segar 0,5 mL, dengan waktu kemunculan sklerotia berturut-turut sebesar 120 JSP.

Tabel 3. Waktu munculnya Sklerotia (jam)

Perlakuan	Rata-rata	Uji Beda
(P8) Ekstrak Limbah 2,0 ml	18,0	a
(P7) Ekstrak Limbah 1,5 ml	18,0	a
(P6) Ekstrak Limbah 1,0 ml	18,0	a
(P5) Ekstrak Limbah 0,5 ml	18,0	a
(P4) Ekstrak Segar 2,0 ml	108,0	b
(P3) Ekstrak Segar 1,5 ml	114,0	c
(P2) Ekstrak Segar 1,0 ml	120,0	d
(P1) Ekstrak Segar 0,5 ml	120,0	d
BNT: 0,55		

Ket: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menggunakan uji BNT α 5 %

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan pestisida nabati pada seluruh waktu pengamatan berpengaruh sangat nyata terhadap pertumbuhan koloni jamur. Pada media dengan perlakuan Dithane, jamur awalnya tidak dapat berkembang dengan baik pada media PDA sehingga tertekan, lalu membentuk hifa udara dan sklerotia. Selanjutnya, jamur terus menumbuhkan hifa udara serta membentuk sklerotia secara berkelanjutan. Sklerotia pada media perlakuan ekstrak limbah daun kayu putih muncul bersamaan dengan sklerotia pada perlakuan Dithane, dengan diameter pertumbuhan pada ekstrak limbah yang sangat kecil. Sementara itu, pembentukan sklerotia pada perlakuan ekstrak segar adalah yang paling lambat dibandingkan dengan Dithane dan ekstrak limbah, dengan diameter pertumbuhan pada ekstrak limbah yang lebih kecil daripada diameter koloni jamur pada perlakuan ekstrak segar. Pertumbuhan sklerotia pada media perlakuan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Sklerotia (a) pada media perlakuan; 1) dithane, 2) ekstrak segar, 3) ekstrak limbah

Pada hari pertama, pertumbuhan jamur pada media perlakuan menunjukkan perbedaan yang signifikan. Media dengan perlakuan ekstrak daun limbah menunjukkan pertumbuhan yang lebih lambat daripada media ekstrak segar. Pada media ekstrak segar, pertumbuhan koloninya lebih lebat daripada media ekstrak limbah serta terdapat banyak hifa udara yang tumbuh ke atas, sedangkan pada media ekstrak limbah, pertumbuhan koloninya tipis, tidak terdapat hifa udara yang tumbuh ke atas, serta memiliki diameter koloni yang lebih kecil dibandingkan dengan media ekstrak segar. Hal ini disebabkan oleh pengaruh senyawa kimia yang terkandung di dalam ekstrak limbah kayu putih yang berfungsi sebagai antijamur (Alimuddin et al., 2011) dan antibakteri (Setyowati et al., 2020).

Tanaman kayu putih mengandung minyak atsiri dan senyawa metabolit sekunder yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri maupun jamur penyebab penyakit pada tanaman (Ukit et al., 2019). Senyawa minyak atsiri yang terkandung dalam daun kayu putih bersifat mudah menguap. Sebaliknya, senyawa metabolit sekunder seperti alkaloid, flavonoid, tanin, dan saponin bersifat tidak mudah menguap atau tidak ikut menguap saat proses penyulingan. Senyawa metabolit sekunder ini juga memiliki aktivitas sebagai antibakteri, antijamur, antioksidan, dan insektisida. Dalam penyulingan minyak kayu putih, air dipanaskan hingga mendidih, lalu uap air yang dihasilkan dialirkan melalui tumpukan daun kayu putih dan uap tersebut akan membawa serta minyak atsiri yang terdapat di dalam daun selanjutnya, uap yang mengandung minyak atsiri didinginkan dan dikondensasikan menjadi cairan, minyak kayu putih yang terkandung dalam cairan tersebut kemudian dipisahkan dari air. Karena pengupan inilah senyawa yang tidak ikut menguapa pada daun kayu putih kosentrasinya menjadi lebih pekat karena kadar air yang ada pada daun kayu putih menjadi lebih rendah dari sebelumnya. Esktrak segar masih

mengandung senyawa anti jamur, namun pertumbuhannya tidak lebih kecil dari ekstrak limbah karena ekstrak masih memiliki nutirisi yang dapat dimanfaatkan oleh jamur untuk pertumbuhannya (Irfan et al., 2022). Sedangkan pada ekstrak limbah pertumbuhan jamurnya lebih kecil karena nutirisi yang ada pada kestrak limbah telah rusak atau hilang saat proses penyulingan sehingga tidak dapat dimanfaaatkan untuk pertumbuhan, selain itu senyawa anti mikroba dan jamur masih terdapat pada ekstrak limbah yaitu alkaloid, flavonoid, tannin dan saponin menjadi lebih pekat sehingga mampu dalam menghambat pertumbuhan jamur (Wan-Nor-Amilah et al., 2022).

Tanaman kayu putih mengandung alkaloid, flavonoid, saponin, tanin, steroid, dan glikosida (Al-Abd et al., 2015). Selain itu, tanaman ini juga mengandung minyak atsiri yang didominasi oleh 1,8-cineole (44,76–60,19%), serta senyawa lain seperti α-terpineol (5,93–12,45%), d(+)-limonene (4,45–8,85%), dan β-caryophyllene (3,78–7,64%) (Irfan et al., 2022). Komponen utama minyak kayu putih berasal dari golongan terpenoid, dengan kandungan terbesar berupa 1,8-sineol yang merupakan senyawa monoterpene (Isah et al., 2023). Penelitian Filatov et al. (2023) menunjukkan bahwa 1,8-sineol berkontribusi terhadap aktivitas antijamur. Senyawa ini dapat mengganggu integritas membran sel jamur sehingga memicu pergerakan air ke dalam sel yang menyebabkan sel lisis atau pecah, serta mengakibatkan kebocoran protein dan asam nukleat. Kerusakan pada membran sel ini juga meningkatkan permeabilitas sel, sehingga zat ekstraseluler yang berpotensi merusak dapat masuk dan mengganggu fungsi internal sel (de Sousa et al., 2012). Hal ini sejalan dengan temuan Barros et al. (2009) dan Carvalho (2012) yang menyatakan bahwa senyawa sineol mampu menghambat pertumbuhan jamur. Selain itu Senyawa-senyawa tersebut dapat menekan pertumbuhan jamur patogen melalui beberapa mekanisme, terutama dengan merusak membran sel, menghambat kerja enzim, mengganggu pembentukan dinding sel, serta menghambat perkecambahan spora dan pertumbuhan miselium (Konuk & Ergüden, 2020). Namun, efektivitasnya bergantung pada jenis senyawa, konsentrasi, pelarut ekstraksi, spesies jamur, dan interaksi antarsenyawa dalam ekstrak tersebut.

Alkaloid adalah senyawa metabolit sekunder terbanyak yang mengandung atom nitrogen dan ditemukan dalam jaringan tumbuhan. Ciri-ciri alkaloid umumnya berbentuk padat (kristal), meskipun ada juga yang berbentuk cair pada suhu kamar seperti nikotin. Selain itu, alkaloid bersifat basa lemah dan umumnya memiliki rasa pahit (Alamgir, 2018). Berdasarkan sistem cincin heterosiklik dan prekursor biosintesisnya, alkaloid diklasifikasikan ke dalam berbagai kategori, yaitu indol, purin, kuinolin, isokuinolin, tropan, imidazol, dan lain-lain (Hilal et al., 2024). Alkaloid dapat berperan sebagai senyawa antifungi dengan menghambat pertumbuhan dan perkembangan jamur patogen tumbuhan. Aktivitas tersebut umumnya berkaitan dengan kemampuannya mengganggu integritas membran sel, menghambat aktivitas enzim, mengganggu respirasi, serta menghambat sintesis DNA, RNA, dan protein. Akibatnya, proses metabolisme, pembelahan sel, perkecambahan spora, dan pertumbuhan miselium jamur dapat terganggu (Saket et al., 2025).

Tanin dapat menghambat sintesis dinding sel jamur yang merupakan lapisan pelindung sel. Dinding sel jamur terdiri atas berbagai polimer, seperti kitin dan glukan, yang penting untuk struktur serta fungsi sel. Dengan menghambat sintesis dinding sel, tanin dapat melemahkan dan merusak dinding sel, sehingga menyebabkan jamur menjadi rentan (Urbina et al., 2000). Hal ini sejalan dengan penjelasan Putri (2015) yang mengemukakan bahwa tanin menghambat proses sintesis kitin yang digunakan oleh jamur dalam pembentukan dinding sel dan dapat merusak membran sel jamur, sehingga pertumbuhan jamur tersebut menjadi terhambat. Senyawa antijamur mempunyai cara kerja dengan menghambat enzim yang terlibat dalam invasi jamur, merusak membran sel jamur, menghambat sistem enzim jamur sehingga mengganggu pembentukan ujung hifa, serta memengaruhi sintesis asam nukleat dan protein(Huang et al., 2024). Salah satu sifat kimia tanin adalah mudah larut dalam air, dan pelarutan dalam air panas akan meningkatkan kelarutannya. Suhu tinggi dapat menginaktivasi enzim katekol oksidase serta mengurangi reaksi enzimatis, sehingga konsentrasi tanin dalam larutan cenderung meningkat (Tanaka et al., 2018).

Terdapat perbedaan yang signifikan pada waktu kemunculan sklerotia antara perlakuan ekstrak segar dan ekstrak limbah, dengan pembentukan sklerotia pada ekstrak limbah terjadi lebih cepat daripada ekstrak daun segar (Tabel 3). Waktu pembentukan sklerotia pada ekstrak limbah adalah 18 JSP, sedangkan pada ekstrak segar mencapai 108 JSP. Hal ini disebabkan oleh ekstrak limbah yang memiliki senyawa metabolit dalam konsentrasi lebih tinggi (pekat), sehingga mampu menghambat pertumbuhan miselium *R. solani* meskipun nutrisi tersedia pada media. Selain itu, pada ekstrak daun segar, waktu pembentukan atau kemunculan sklerotia berlangsung lebih lambat karena senyawa antijamur terkandung dalam konsentrasi yang lebih rendah (Gambar 4). Selain itu, ekstrak daun segar masih mengandung nutrisi yang dapat dimanfaatkan oleh jamur ini untuk pertumbuhannya, begitu

pula dengan nutrisi yang terdapat pada media biakan. Kondisi inilah yang menyebabkan kemunculan sklerotia pada perlakuan ekstrak daun segar menjadi lebih lambat.

Sklerotia merupakan modifikasi hifa yang memadat seperti bola takraw yang berfungsi untuk mempertahankan hidup dalam kondisi lingkungan yang tidak menguntungkan, seperti adanya senyawa kimia tertentu yang dapat menghambat pertumbuhan miselium, suhu ekstrem, serta kekurangan nutrisi pada substrat atau media biakan. Bentuknya menyerupai butiran atau biji kecil yang berwarna putih saat masih muda, kemudian berubah menjadi cokelat hingga hitam ketika matang (Gambar 2). Secara umum, pembentukan sklerotia melalui tiga tahapan: (1) inisiasi, yaitu ketika ujung hifa mulai berkumpul; (2) perkembangan, yang ditandai dengan pertumbuhan hifa dan peningkatan ukuran; serta (3) pematangan, yang melibatkan konsolidasi matriks internal dan melanisasi (Nasimi et al., 2024). Sklerotia memiliki peran penting karena mengandung cadangan makanan yang memungkinkan jamur bertahan hidup dalam kondisi kering atau ekstrem, lalu melanjutkan pertumbuhannya ketika kondisi lingkungan kembali menguntungkan. Terdapat beberapa faktor yang memengaruhi pembentukan dan perkembangan sklerotia, termasuk berbagai perubahan lingkungan, metabolisme primer, serta pembawa pesan sekunder seperti siklik AMP (Calvo & Cary, 2015). Implikasi dari penelitian ini yaitu memberikan solusi alternatif pengganti fungisida sintetis yang berpotensi menyebabkan resistensi patogen, residu bahan kimia pada tanaman/tanah, serta pencemaran lingkungan. Di wilayah dengan ketersediaan pohon kayu putih yang tinggi (seperti Maluku dan sekitarnya), potensi ini membuka peluang pengolahan limbah/daun kayu putih menjadi produk bernilai tambah bagi petani.

KESIMPULAN

Pemberian pestisida nabati berupa ekstrak segar daun kayu putih dan ekstrak limbah efektif dalam menghambat pertumbuhan diameter koloni jamur. Perlakuan ekstrak limbah dengan konsentrasi 2 mL memberikan hasil terbaik terhadap penghambatan diameter koloni jamur. Persentase penghambatan minimum ekstrak limbah terhadap diameter koloni *Rhizoctonia solani* adalah pada konsentrasi 1 mL. Selain itu, perlakuan dengan ekstrak limbah menghasilkan waktu kemunculan sklerotia paling cepat. Diperlukan penelitian lanjutan secara *in vivo* pada tanaman di lapangan. Selain itu, uji lanjut perlu dilakukan untuk membuktikan kandungan senyawa metabolit sekunder pada limbah daun kayu putih.

DAFTAR PUSTAKA

Afrianto, W. F., Putra, R. P., & Aini, Y. S. (2022). Overview of The Ethnobotany on The Use of Plants as Potential Botanical Pesticides in Indonesia. *Jurnal Biologi Tropis*, *22*(1). https://doi.org/10.29303/jbt.v22i1.3266

Al-Abd, N. M., Mohamed Nor, Z., Mansor, M., Azhar, F., Hasan, M. S., & Kassim, M. (2015). Antioxidant, antibacterial activity, and phytochemical characterization of Melaleuca cajuputi extract. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, *15*(1). https://doi.org/10.1186/s12906-015-0914-y

Alamgir, A. N. M. (2018). Secondary metabolites: Secondary metabolic products consisting of C and H; C, H, and O; N, S, and P elements; and O/N heterocycles. In *Progress in Drug Research* (Vol. 74). https://doi.org/10.1007/978-3-319-92387-1_3

Alimuddin, Widada, J., & Asmara, W. (2011). Antifungal Production of a Strain of Actinomycetes spp Isolated from the Rhizosphere of Cajuput Plant: Selection and Detection of Exhibiting Activity Against Tested Fungi. *Indonesian Journal of Biotechnology*, *16*(1).

Calvo, A. M., & Cary, J. W. (2015). Association of fungal secondary metabolism and sclerotial biology. In *Frontiers in Microbiology* (Vol. 6, Number FEB). https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.00062

de Sousa, J. P., Torres, R. de A., de Azerêdo, G. A., Figueiredo, R. C. B. Q., Vasconcelos, M. A. da S., & de Souza, E. L. (2012). Carvacrol and 1,8-cineole alone or in combination at sublethal concentrations induce changes in the cell morphology and membrane permeability of Pseudomonas fluorescens in a vegetable-based broth. *International Journal of Food Microbiology*, *158*(1). https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2012.06.008

Hakim, R. I., Wilson, W., & ... (2019). Uji aktivitas antibakteri ekstrak ethanol daun kayu putih (melaleuca leucadendron L.) terhadap pertumbuhan Methicillin resistant Staphylococcus aureus (MRSA). *Prosiding Seminar ...*. https://prosiding.unimus.ac.id/index.php/mahasiswa/article/view/448

Haritha, D., Faiz Ahmed, M., Bala, S., & Choudhury, D. (2021). ECO-FRIENDLY PLANT BASED ON BOTANICAL PESTICIDES. *PLANT ARCHIVES*, *21*(Suppliment-1). https://doi.org/10.51470/plantarchives.2021.v21.s1.362

Hilal, B., Khan, M. M., & Fariduddin, Q. (2024). Recent advancements in deciphering the therapeutic properties of plant secondary metabolites: phenolics, terpenes, and alkaloids. In *Plant Physiology and Biochemistry* (Vol. 211). https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2024.108674

Huang, J., Zaynab, M., Sharif, Y., Khan, J., Al-Yahyai, R., Sadder, M., Ali, M., Alarab, S. R., & Li, S. (2024). Tannins as antimicrobial agents: Understanding toxic effects on pathogens. In *Toxicon* (Vol. 247). https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2024.107812

Irfan, N., Nurani, L. H., Guntarti, A., Salamah, N., & Edityaningrum, C. A. (2022). Analisis Profil Minyak Atsiri Daun Kayu Putih (Melaleuca leucadendra L.) dan Produk di Pasaran. *Journal of Food and Pharmaceutical Sciences*. https://doi.org/10.22146/jfps.5785

Isah, M., Rosdi, R. A., Wahab, W. N. A. W. A., Abdullah, H., Sul'ain, M. D., & Ishak, W. R. W. (2023). Phytoconstituents and biological activities of Melaleuca cajuputi Powell: A scoping review. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, *13*(1). https://doi.org/10.7324/JAPS.2023.130102

Kaihena, M., & Ukratalo, A. M. (2021). DAUN KAYU PUTIH (Melaleuca leucadendra L) SEBAGAI PENGENDALI LARVA Aedes aegypti DALAM UPAYA PENCEGAHAN DEMAM BERDARAH DENGUE (DBD) DI KOTA AMBON. *Biofaal Journal*, *2*(1). https://doi.org/10.30598/biofaal.v2i1pp28-34

Konuk, H. B., & Ergüden, B. (2020). Phenolic –OH group is crucial for the antifungal activity of terpenoids via disruption of cell membrane integrity. *Folia Microbiologica*, *65*(4). https://doi.org/10.1007/s12223-020-00787-4

Kumalasari, S. A., Zulfitriany, D. M., & Hendra. (2021). Keefektifan Daun Sirih (Piper betle linn.) dalam Menekan Patogen Pelepah (Rhizoctonia solani) pada Tanaman Jagung. *Agriculture System Journal* , *1*(2).

Laodja, Z. F., Fitriyanti, D., & Aidawati, N. (2025). Identifikasi Cendawan Pascapanen Pada Jagung Pakan Ternak yang Dijual Pengecer Di Kota Banjarbaru. *JURNAL PROTEKSI TANAMAN TROPIKA*, *8*(1). https://doi.org/10.20527/jptt.v8i1.3089

Lense, O. N., Wanma, J. F., Kesaulija, F. F., Mansyur, F. I., Rachim, A. K., Krey, K., Wanma, B., Kesaulija, R., Simanjorang, D., & Simbiak, F. (2024). Diversity of flora and fauna in various forest ecosystem types of South Sorong District, Southwest Papua Province, Indonesia. *Biodiversitas*, *25*(10). https://doi.org/10.13057/biodiv/d251049

Listiyani, E. D. (2025). Penerapan Biopestisida Nabati untuk Pertanian Ramah Lingkungan dalam Meningkatkan Hasil dan Keseimbangan Ekosistem. *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian*, *32*(1). https://doi.org/10.55259/jiip.v32i1.301

Makin, P. R. (2025). ANALISIS KANDUNGAN SENYAWA DAUN KAYU PUTIH (Melaleuca leucadendra L.) DAN PEMANFAATANNYA DI DESA HUMUSU SAINIUP KECAMATAN INSANA UTARA. *Journal Science of Biodiversity*, *5*(2). https://doi.org/10.32938/jsb/vol5i2pp73-81

Najla Achza, A., Hudia Amaliana, C., Firdus, Nasir, M., & Rizki, A. (2025). Artikel Review: Dampak Penggunaan Pestisida Terhadap Kesehatan Masyarakat di Indonesia. *Banua: Jurnal Kesehatan Lingkungan*, *5*(1). https://doi.org/10.33860/bjkl.v5i1.4113

Nasimi, Z., Barriuso, J., Keshavarz, T., & Zheng, A. (2024). Molecular, physiological, and biochemical properties of sclerotia metamorphosis in Rhizoctonia solani. In *Fungal Biology Reviews* (Vol. 48). https://doi.org/10.1016/j.fbr.2023.100351

Pamungkas, D. A., Nofita, N., Ulfa, A. M., & Kurniati, M. (2023). PENGARUH JENIS PELARUT PADA METODE MASERASI TERHADAP KARAKTERISTIK EKSTRAK DAUN KAYU PUTIH (Eucalyptus pellita). *Jurnal Farmasi Malahayati*, *6*(2). https://doi.org/10.33024/jfm.v6i2.8349

Patramurti, C., Amin, R., Nastiti, C. M. R. R., & Hariono, M. (2020). A Review on the Potency of Melaleuca leucadendron Leaves Solid Waste in Wood Preservation and Its in Silico Prediction upon Biological Activities. In *International Journal of Forestry Research* (Vol. 2020). https://doi.org/10.1155/2020/8885259

Prasetyo, R., Sari, M. K., & Lestari, Y. kurnia. (2024). Penguatan Ekosistem Jagung: Isu, Tantangan, dan Kebijakan. *Policy Brief Pertanian, Kelautan, Dan Biosains Tropika*, *6*(1). https://doi.org/10.29244/agro-maritim.0601.749-753

Saket, A., Choudhary, H., Singh, S., Shukla, A. K., & Srinivasan, T. (2025). Prospective on Alkaloids-based sustainable methods to treat fungal pathogens: a comprehensive review. In *Archives of Microbiology* (Vol. 207, Number 8). https://doi.org/10.1007/s00203-025-04381-5

Setyowati, E., Retnowati, E., Rosita, V., & Rosiana, L. H. (2020). SKRINING AKTIVITAS ANTIBAKTERI TANAMAN FAMILI MYRTACEAE TERHADAP PSEUDOMONAS AERUGINOSA. *Indonesia Jurnal Farmasi*, *4*(1). https://doi.org/10.26751/ijf.v4i1.798

Shaleha, B. A., Afifah, F., Pitriani Salamah, N., NurSehha, S., Hananda Naila Rozni, Z., & Sulistyorini, D. (2023). Potensi Dampak Kandungan Residu Pestisida Pada Sayur dan Buah. *Indonesian Journal of Biomedical Science and Health*, *3*(1).

Soenartiningsih, Akil, M., & Andayani, N. N. (2015). Cendawan Tular Tanah (Rhizoctonia solani) Penyebab Penyakit Busuk Pelepah pada Tanaman Jagung dan Sorgum dengan Komponen Pengendaliannya. *Iptek Tanaman Pangan*, *10*(2).

Tanaka, T., Matsuo, Y., & Saito, Y. (2018). Solubility of tannins and preparation of oil-soluble derivatives. In *Journal of Oleo Science* (Vol. 67, Number 10). https://doi.org/10.5650/jos.ess18164

Ukit, U., Widiana, A., Rahmawati, E., & Hasby, R. M. (2019). Antibacterial activities test of Cajuput Leaf Waste extract (Melaleuca cajuputi Powell) on Pathogenic Bacteria. *Journal of Physics: Conference Series*, *1402*(3). https://doi.org/10.1088/1742-6596/1402/3/033030

Urbina, J. M., Cortés, J. C. G., Palma, A., López, S. N., Zacchino, S. A., Enriz, R. D., Ribas, J. C., & Kouznetzov, V. V. (2000). Inhibitors of the fungal cell wall. Synthesis of 4-aryl-4-N-arylamine-1- butenes and related compounds with inhibitory activities on β(1-3) glucan and chitin synthases. *Bioorganic and Medicinal Chemistry*, *8*(4). https://doi.org/10.1016/S0968-0896(00)00003-1

Wagey, B. T., Boneka, F. B., & Mantiri, R. (2020). Status of marine biodiversity and community perception on marine conservation in mantehage island, bunaken national park, north sulawesi, indonesia. *AACL Bioflux*, *13*(6).

Wan-Nor-Amilah, W. A. W., Lai, J. H., Musa, I., & Sul'ain, M. D. (2022). In vitro anti-Candida activity of Melaleuca cajuputi extracts. *Malaysian Journal of Microbiology*, *18*(6). https://doi.org/10.21161/mjm.221510