

Effectiveness of Inhibition of Cauliflower Leaves (*Melaleuca leucadendra* L.) Against the Cause of Corn Sheld ROT (*Rhizoctonia solani*) in Vitro

Handry R. D. Amanupunyo
Pattimura University

Corresponding Author: Handry R. D. Amanupunyo hamanupunyo@gmail.com

ARTICLE INFO

Keywords: Eucalyptus
Leaves, *Rhizoctonia Solani*,
Sclerotia.

Received : 27, April

Revised : 29, May

Accepted: 30, June

©2026 Amanupunyo: This is an
open-access article distributed under
the terms of the [Creative Commons
Attribusi 4.0 Internasional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



ABSTRACT

Sheath rot disease, triggered by *Rhizoctonia solani* infection, is a major pathological constraint in corn cultivation. Clinical manifestations of this disease are generally indicated by the appearance of necrotic spots on the leaf collar (auricle) and leaf blade, accompanied by tissue decay in the sheath area. This fungal agent has flexible transmission capabilities through air and soil, and can even survive in the soil for more than two years by forming dormant structures called sclerotia. This experiment was conducted in the Laboratory of the Faculty of Agriculture, Pattimura University, from April 9 to April 20, 2025. The main focus of this study was to explore the potential of plant extract-based biopesticides as alternative control agents that are environmentally friendly and able to maintain the quality of agricultural commodities. Statistical analysis using ANOVA revealed significant variations in the effectiveness of the formulas in suppressing pathogen development. Through these findings, this research is expected to contribute scientifically to the development of more sustainable crop protection methods in corn cultivation management

Efektivitas Penghambatan Daun Kayu Putih (*Melaleuca Leucadendra* L.) Terhadap Penyebab Busuk Pelepah (*Rhizoctonia Solani*) Jagung Secara In Vitro

Handry R. D. Amanupunyo

Universitas Pattimura

Corresponding Author: Handry R. D. Amanupunyo hamanupunyo@gmail.com

ARTICLE INFO

Keywords: Daun Kayu Putih, *Rhizoctonia Solani*, Sklerotia.

Received : 27, April

Revised : 29, May

Accepted: 30, June

©2026 Amanupunyo: This is an open-access article distributed under the terms of the [Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



ABSTRACT

Penyakit busuk pelepah yang dipicu oleh infeksi *Rhizoctonia solani* merupakan salah satu kendala patologis utama dalam budidaya tanaman jagung. Manifestasi klinis dari penyakit ini umumnya diindikasikan oleh kemunculan bercak nekrotik pada kerah daun (auricle) maupun helai daun, yang disertai dengan pembusukan jaringan pada area pelepah. Agen cendawan ini memiliki kemampuan transmisi yang fleksibel melalui media udara serta tanah, bahkan mampu bertahan hidup di dalam tanah selama lebih dari dua tahun dengan membentuk struktur dorman berupa sklerotia. Eksperimen ini diselenggarakan di Laboratorium Fakultas Pertanian Universitas Pattimura, yang berlangsung mulai tanggal 9 April sampai 20 April 2025. Fokus utama studi ini adalah mengeksplorasi potensi biopestisida berbasis ekstrak tumbuhan sebagai agens pengendali alternatif yang bersifat ramah lingkungan sekaligus mampu menjaga mutu komoditas pertanian. Merujuk pada hasil analisis statistik menggunakan uji ANOVA, ditemukan adanya variasi yang signifikan terkait efektivitas formula dalam menekan perkembangan patogen. Melalui temuan ini, riset tersebut diharapkan mampu menyumbang kontribusi ilmiah bagi perakitan metode perlindungan tanaman yang lebih berkelanjutan dalam manajemen budidaya jagung

PENDAHULUAN

Indonesia sebagai negara katulistiwa memiliki kekayaan hayati yang sangat melimpah di darat, air, maupun udara. Di sektor botani, Indonesia menempati peringkat ketujuh dunia dengan koleksi sekitar 20.000 spesies tumbuhan berbunga, yang mencakup 25% dari total populasi global, di mana 40% di antaranya merupakan tanaman endemik asli Nusantara.

Kelimpahan flora di Indonesia menyediakan banyak bahan baku untuk pestisida nabati. Sumber alami ini mencakup tumbuhan liar atau gulma (seperti ki pahit dan alang-alang), tanaman pangan, sayuran, empon-empon, buah-buahan (seperti sirsak dan delima), pohon peneduh (seperti nimba dan mindi), hingga tanaman hias pekarangan (seperti patah tulang dan piretrum). Ragam vegetasi ini jamak dimanfaatkan masyarakat sebagai alternatif pengendali hama yang tumbuh di kebun maupun sekitar rumah.

Aplikasi pestisida kimia yang menyalahi aturan berisiko merusak alam, memicu polusi (air, udara, tanaman), meracuni manusia, serta membuat hama menjadi kebal sekaligus membunuh serangga yang menguntungkan. Sebagai solusinya, pemanfaatan pestisida nabati menawarkan alternatif yang murah, ramah lingkungan, kaya nutrisi tanaman, serta bebas residu beracun tanpa memicu resistensi. Kendati demikian, ramuan alami ini memiliki keterbatasan berupa daya kerja yang cenderung lambat, sensitif terhadap sinar matahari, masa simpan yang pendek, serta memerlukan penyemprotan secara berkala.

Daun kayu putih (Myrtaceae) merupakan komoditas tropis penghasil minyak atsiri yang populer sebagai bahan obat tradisional dan minyak gosok di Indonesia. Di luar kegunaan tersebut, tanaman menahun ini berpotensi besar sebagai pestisida nabati berkat kandungan metabolit sekundernya, seperti tanin, flavonoid, saponin, dan terpenoid. Senyawa aktif dalam ekstrak etanol daun ini terbukti memiliki fungsi biologis yang kaya, mulai dari agen antibakteri, antijamur, antioksidan, hingga insektisida alami.

Sejumlah riset terdahulu membuktikan bahwa ekstrak etanol daun kayu putih efektif sebagai insektisida pembasmi larva *Aedes aegypti* (Anggriyanti et al., 2024) serta mampu mengendalikan hama kutu kebul pembawa virus kuning pada cabai (Noor et al., 2020). Selain itu, potensinya sebagai antibakteri juga teruji dalam menghambat patogen berbahaya seperti MRSA (Hakim dkk., 2019). Meski kemampuan insektisida dan antibakterinya telah banyak dieksplorasi, studi yang menguji efektivitas antifungi (antijamur) dari senyawa aktif tanaman ini sejauh ini masih sangat minim dilakukan.

TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan pustaka pada penelitian ini berfokus pada pemanfaatan pestisida nabati sebagai alternatif pengendalian penyakit busuk pelepah jagung yang disebabkan oleh *Rhizoctonia solani*. Penyakit ini merupakan salah satu kendala utama dalam budidaya jagung karena mampu menyebar melalui tanah dan udara serta bertahan lama melalui pembentukan sklerotia. Penggunaan pestisida kimia secara terus-menerus diketahui menimbulkan dampak negatif berupa pencemaran lingkungan, resistensi patogen, serta risiko kesehatan, sehingga mendorong pengembangan biopestisida berbasis tumbuhan. Salah satu

tanaman yang berpotensi digunakan adalah daun kayu putih (*Melaleuca leucadendra* L.) yang mengandung berbagai metabolit sekunder seperti flavonoid, tanin, saponin, terpenoid, dan minyak atsiri yang memiliki aktivitas antimikroba. Sejumlah penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa ekstrak daun kayu putih efektif sebagai insektisida terhadap larva *Aedes aegypti*, pengendali kutu kebul pada tanaman cabai, serta memiliki aktivitas antibakteri terhadap *Methicillin Resistant Staphylococcus aureus* (MRSA). Namun, kajian mengenai kemampuan antifungi daun kayu putih, khususnya dalam menghambat pertumbuhan *Rhizoctonia solani*, masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi efektivitas ekstrak daun kayu putih sebagai biopestisida ramah lingkungan dalam menekan pertumbuhan patogen penyebab busuk pelepah jagung secara *in vitro*.

METODOLOGI

Komponen utama yang digunakan dalam eksperimen ini meliputi pelepah tanaman jagung yang menunjukkan gejala klinis penyakit busuk akibat infeksi *Rhizoctonia*, yang disampel langsung dari area pertanaman. Selain itu, dibutuhkan daun kayu putih segar sebagai bahan uji utama. Untuk keperluan isolasi, sterilisasi, dan pembiakan, digunakan alkohol dengan konsentrasi 90%, akuades, serta satu butir antibiotik komersial. Media pertumbuhan yang digunakan adalah Potato Dextrose Agar (PDA) yang diracik secara mandiri menggunakan bahan dasar kentang, tepung agar, dan dekstrosa.

Peralatan Laboratorium

Proses pengerjaan dan pengujian dalam riset ini didukung oleh serangkaian instrumen serta alat bantu, antara lain Laminar Air Flow (LAF) untuk menjamin kerja aseptis, cawan petri, labu Erlenmeyer berkapasitas 1000 mL, jarum ose, dan gelas ukur. Untuk mendukung proses sterilisasi dan preparasi bahan, digunakan lampu bunsen, autoclave, kompor, serta blender. Sementara itu, kebutuhan operasional dan dokumentasi dipenuhi dengan menyediakan kapas, aluminium foil, tisu, pinset, cutter, kertas pembungkus, plastic wrap, saringan, batang pengaduk, botol kaca, kertas label, spidol penanda, penggaris, serta kamera.

a. Sterilisasi Alat dan Ruang Kerja

Peralatan kaca (cawan petri, tabung reaksi, erlenmeyer) dicuci bersih, dikeringkan, dibungkus kertas pembungkus, lalu disterilkan menggunakan oven. Instrumen logam seperti pinset dan jarum ose disterilkan langsung lewat pemanasan di atas api bunsen. Sementara itu, ruang kerja Laminar Air Flow (LAF) disterilkan melalui penyemprotan alkohol 90% ke seluruh permukaannya.

b. Ekstraksi Bahan Organik Daun Kayu Putih

Gunakan sampel berupa daun segar dan limbah daun masing-masing seberat 100 gram. Cuci bersih bahan, lalu hancurkan menggunakan blender dengan tambahan 100 mL akuades. Campuran tersebut kemudian dimaserasi dalam wadah tertutup selama 1 \times 24\$ jam. Setelah itu, saring suspensi untuk memisahkan filtrat dari ampasnya, lalu simpan ekstrak murni di ruang tertutup sebagai larutan induk (stock solution).

c. Preparasi Media Potato Dextrose Agar (PDA)

Rebus 200 gram potongan kentang dalam 1.000 mL air hingga lunak, kemudian ambil filtratnya. Campurkan ekstrak kentang tersebut dengan 20 gram dekstrosa dan 20 gram tepung agar, lalu didihkan kembali sambil diaduk bersama tambahan satu butir antibiotik. Tuang larutan ke dalam erlenmeyer, sumbat dengan kapas serta aluminium foil, lalu sterilkan menggunakan autoclave pada suhu 121–124 °C dengan tekanan 1,5 atm selama 15–20 menit. Setelah dingin, tuang media ke dalam cawan petri di dalam LAF secara aseptis, bungkus dengan plastic wrap, dan inkubasi selama 24 jam sebelum diaplikasikan.

d. Isolasi Agen Patogen

Potong bagian pelepah jagung yang menunjukkan gejala busuk akibat infeksi *Rhizoctonia solani* sepanjang 1 cm (ambil area perbatasan antara jaringan sehat dan sakit). Setelah dibersihkan dengan air mengalir dan dikeringkan menggunakan tisu, letakkan potongan eksplan tersebut di bagian tengah media PDA padat di dalam LAF. Segel cawan menggunakan plastic wrap, beri label penanda, lalu inkubasi di dalam inkubator selama 3 hari.

e. Pemurnian dan Multiplikasi Isolat

Proses pemurnian jamur *Rhizoctonia solani* dilakukan dengan mengambil sedikit bagian miselium dari biakan awal, lalu menginokulasikannya kembali ke media PDA baru yang steril. Isolat ini diberi label dan diinkubasi selama 3 × 24 jam untuk mendapatkan kultur murni dalam jumlah yang cukup.

f. Formulasi Media Uji (Pencampuran Ekstrak dan PDA)

Cairkan kembali media PDA padat menggunakan microwave selama 3 menit. Tuang 10 mL PDA cair ke dalam masing-masing cawan petri steril, lalu tambahkan ekstrak daun kayu putih dengan variasi volume sesuai dosis perlakuan (0,5 mL; 1 mL; 1,5 mL; dan 2 mL). Homogenkan campuran dengan cara memutar cawan secara perlahan di atas meja kerja, lalu biarkan hingga memadat.

g. Inokulasi dan Evaluasi Pertumbuhan Jamur

Ambil koloni murni *Rhizoctonia solani* menggunakan jarum ose (diameter 0,5 cm), lalu letakkan tepat di tengah media PDA yang sudah mengandung ekstrak uji. Tutup rapat seluruh cawan petri menggunakan plastic wrap, lalu simpan di ruang tertutup. Lakukan pengamatan harian untuk memantau risiko kontaminasi hingga koloni jamur pada kelompok kontrol tumbuh penuh memenuhi cawan. Tingkat efektivitas ekstrak diukur berdasarkan diameter perkembangan miselium jamur hingga mencapai tepi cawan petri.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data mengenai perkembangan diameter koloni jamur yang dipengaruhi oleh aplikasi pestisida nabati tersaji pada Tabel 1. Berdasarkan hasil uji BNT, kelompok kontrol mencatatkan rata-rata perluasan koloni paling besar, yakni mencapai 7,0067 cm, dan menunjukkan perbedaan yang signifikan dibandingkan dengan semua kelompok perlakuan lainnya. Sebaliknya, ukuran diameter koloni paling minim ditemukan pada perlakuan Dithane 0,6 g yang

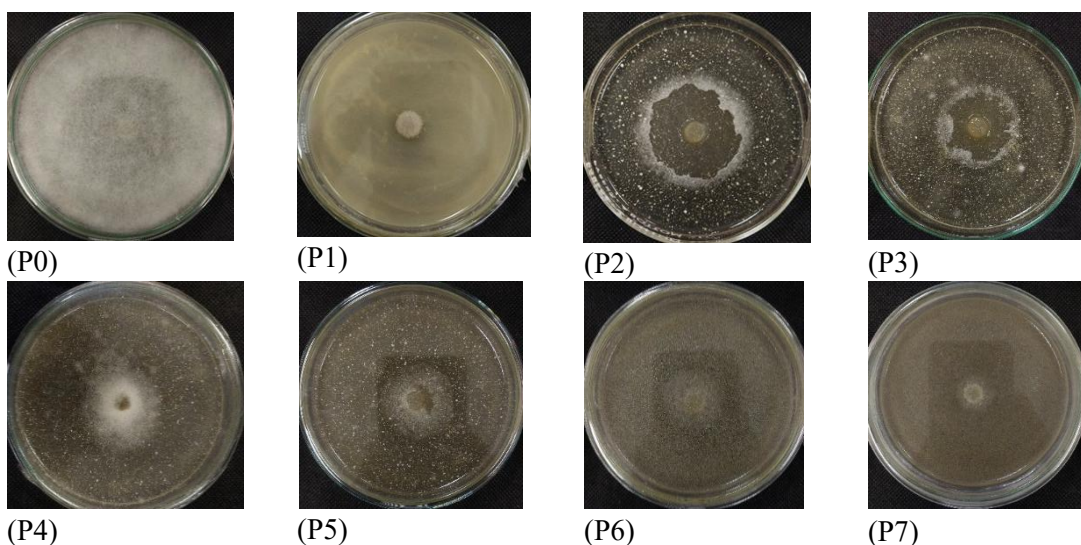
hanya sebesar 0,50 cm. Menariknya, performa Dithane tersebut secara statistik tidak berbeda nyata dengan hasil dari kelompok perlakuan ekstrak limbah 2 mL (1,06 cm), ekstrak limbah 1,5 mL (1,35 cm), serta ekstrak limbah 1 mL (1,64 cm).

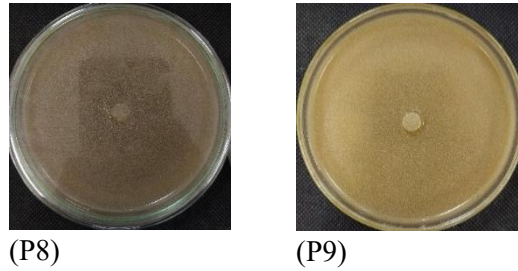
Tabel 1. Pertumbuhan Diameter Jamur *Rhizoctonia solani* selama 12 jam

Perlakuan	Rata-rata	Uji Beda
Dithane 0,6 g (P1)	0,5000	A
Ekstrak Limbah 2,0 ml (P9)	1,0667	AB
Ekstrak Limbah 1,5 ml (P8)	1.3500	B
Ekstrak Limbah 1,0 ml (P7)	1.6433	B
Ekstrak Limbah 0,5 ml (P6)	2.5367	C
Ekstrak Segar 1,5 ml (P4)	3.3600	D
Ekstrak Segar 2,0 ml (P5)	3.4400	D
Ekstrak Segar 1,0 ml (P3)	3.9400	DE
Ekstrak Segar 0,5 ml (P2)	4.5767	E
Kontrol (P0)	7.0067	F
BNT: 2,10092		

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

Observasi selama tiga hari menunjukkan variasi laju perkembangan koloni jamur pada tiap media uji. Kelompok media yang diberi perlakuan ekstrak limbah memperlihatkan hambatan pertumbuhan yang jauh lebih lambat serta kerapatan hifa udara yang lebih tipis jika dibandingkan dengan media berbasis ekstrak daun kayu putih segar. Selain itu, inisiasi munculnya hifa udara terdeteksi lebih awal pada media ekstrak segar daripada media ekstrak limbah. Gambaran visual mengenai perbedaan diameter koloni untuk setiap perlakuan ini dapat dicermati secara detail pada Gambar 3.





Gambar 1. Diameter pertumbuhan koloni jamur pada perlakuan ekstrak segar dan ekstrak limbah: P0) control; P1) dithane 0,6 g; P2) ekstrak segar 0,5 ml; P3) ekstrak segar 1 ml; P4) ekstrak segar 1,5 ml; P5) ekstrak segar 2 ml; P6) ekstrak limbah 0,5 ml; P7) ekstrak limbah 1 ml; P8) ekstrak limbah 1,5 ml; P9) ekstrak limbah 2 ml.

Variasi pada diameter koloni jamur berbanding lurus dengan tingkat efisiensi penghambatan di setiap perlakuan. Media yang dikombinasikan dengan Dithane mencatatkan nilai supresi tertinggi sebesar 0,93%, disusul oleh perlakuan ekstrak limbah 2 mL yang mencapai 0,85%. Sebaliknya, kapasitas hambat paling rendah ditemukan pada perlakuan ekstrak segar dosis 0,5 mL, yakni hanya sebesar 0,34%. Rincian mengenai persentase daya hambat koloni kapang ini dapat dicermati secara lengkap pada Tabel 2.

Tabel 2. Persentase penghambatan pertumbuhan diameter koloni jamur *Rhizoctonia solani* (%)

Perlakuan	Persentase penghambatan	Uji Beda
Dithane 0,6 g (P1)	0.93000	A
Ekstrak Limbah 2,0 ml (P9)	0.85000	AB
Ekstrak Limbah 1,5 ml (P8)	0.81000	B
Ekstrak Limbah 1,0ml (P7)	0.76667	B
Ekstrak Limbah 0,5 ml (P6)	0.63667	C
Ekstrak Segar 1,5 ml (P4)	0.52000	D
Ekstrak Segar 2,0 ml (P5)	0.50667	D
Ekstrak Segar 1,0 ml (P3)	0.43667	DE
Ekstrak Segar 0,5 ml (P2)	0.34667	E
Kontrol (P0)	0.00000	F
BNT: 2,10092		

Keterangan: 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 keseluruhan waktu pengamatan berpengaruh sangat nyata terhadap pertumbuhan koloni jamur.

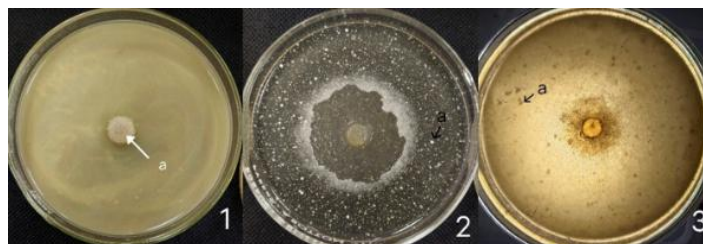
Tabel 3. Waktu munculnya Sklerotia (jam)

Perlakuan	Rata-rata	Uji Beda
Dithane 0,6 g (P1)	18,0	A
Ekstrak Segar 1,5 ml (P4)	18,0	A
Ekstrak Segar 1,0 ml (P3)	18,0	A
Ekstrak Segar 0,5 ml (P2)	18,0	A
Ekstrak Segar 2,0 ml (P5)	18,0	A
Ekstrak Limbah 2,0 ml (P9)	108,0	B
Ekstrak Limbah 1,5 ml (P8)	114,0	C
Ekstrak Limbah 0,5 ml (P6)	120,0	D
Ekstrak Limbah 1,0ml (P7)	120,0	D
Kontrol (P0)	144,0	E
BNT: 2.08596		

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

Data mengenai waktu inisiasi pembentukan sklerotia akibat aplikasi pestisida nabati tersaji pada Tabel 3. Hasil uji BNT mengonfirmasi bahwa kelompok kontrol membutuhkan waktu terlama untuk membentuk sklerotia, yakni rata-rata 144 jam pasca-perlakuan, yang berbeda signifikan secara statistik dibandingkan seluruh perlakuan lainnya. Sebaliknya, onset kemunculan sklerotia tercepat tercatat hanya dalam waktu 18 jam, yang diindikasikan oleh kelompok Dithane serta seluruh tingkat dosis ekstrak segar (0,5 mL; 1 mL; 1,5 mL; dan 2 mL).

Pada media dengan perlakuan Dithane, tekanan lingkungan menyebabkan jamur kesulitan berkembang secara normal di awal inokulasi, sehingga merangsang pembentukan hifa udara vertikal sebagai bentuk defensif sebelum akhirnya memadat menjadi sklerotia. Fenomena kemunculan sklerotia secara akseleratif ini juga terjadi secara simultan pada media dengan perlakuan ekstrak segar daun kayu putih, meskipun perluasan diameter koloni pada kelompok ekstrak segar ini terpantau lebih tinggi dibandingkan kelompok Dithane. Sementara itu, pembentukan sklerotia pada kelompok ekstrak limbah menjadi yang paling lambat jika dikomparasikan dengan Dithane maupun ekstrak segar, yang berbanding lurus dengan ukuran diameter koloni jamurnya yang cenderung lebih kecil. Dokumentasi visual mengenai perkembangan morfologi sklerotia ini dapat dicermati pada Gambar 4.



Gambar 4. Sclerotia (a) pada media perlakuan; 1) dithane, 2) ekstrak segar, 3) ekstrak limbah

Pada hari pertama, perkembangan diameter koloni jamur menunjukkan variasi yang signifikan antar-media. Kelompok media dengan perlakuan ekstrak daun segar mengalami hambatan pertumbuhan yang dicirikan oleh munculnya hifa udara vertikal. Sebaliknya, koloni pada media dengan ekstrak limbah berukuran jauh lebih kecil tanpa disertai hifa udara, yang mengindikasikan bahwa kapang mengalami tekanan lingkungan. Memasuki hari kedua, rerata diameter koloni pada kedua perlakuan tidak menunjukkan perluasan yang berarti, bahkan mulai tampak gejala lisis atau kematian sel di bagian tengah koloni.

Supresi pertumbuhan ini dipicu oleh keberadaan senyawa metabolit sekunder dalam daun kayu putih (*Melaleuca leucadendron*). Merujuk pada literatur, tanaman ini kaya akan fraksi aktif seperti alkaloid, flavonoid, saponin, tanin, steroid, dan glikosida (Rambe et al., 2025). Selain itu, komponen minyak atsirinya didominasi oleh senyawa 1,8-cineole (44,76–60,19%) dan terdapat senyawa lain seperti senyawa α -terpineol (5,93–12,45%), d(+)-limonene (4,45–8,85%), dan β -caryophyllene (3,78–7,64%).

Mekanisme Penghambatan oleh Senyawa Aktif

Setiap golongan senyawa aktif tersebut memiliki mekanisme spesifik dalam menghambat aktivitas jamur patogen:

- Flavonoid: Bekerja dengan cara mengganggu permeabilitas membran sel, menghentikan sintesis protein, dan mengacaukan metabolisme energi (Djunaedy, 2008). Flavonoid juga memicu denaturasi protein struktural, merusak membran, dan menyusutkan potensi membran mitokondria sehingga aliran transpor elektron terganggu (Hardani et al., 2020; Komala et al., 2020).
- Alkaloid: Menghentikan biosintesis asam nukleat melalui penghambatan enzim esterase DNA dan RNA polimerase (Adegoke & Adebayo-tayo, 2009; Fatma et al., 2021). Kandungan antrakuinon, glikosida, dan resin di dalamnya mampu menembus dinding sel untuk mengacaukan replikasi DNA (Utami et al., 2022). Selain itu, alkaloid mengikat ergosterol pada membran sel secara kuat, menciptakan pori/lubang yang memicu kebocoran sitoplasma kronis hingga berujung pada kematian sel (Dewi & Wuryandari, 2019).
- Tanin: Berperan penting dalam menghambat sintesis polimer kitin dan glukukan yang menyusun struktur dinding sel pelindung (Putri, 2015). Dampaknya, dinding sel jamur melemah, menjadi rentan, dan mengalami lisis (Djunaedy, 2009).
- 1,8-Cineole (Monoterpene): Senyawa ini berkontribusi besar dalam merusak integritas membran sel (Filatov et al., 2023). Sifatnya yang memicu tekanan osmosis menyebabkan air merembes masuk ke dalam sel secara tidak terkendali hingga sel jamur pecah, sekaligus memicu keluarnya protein dan asam nukleat esensial (Barros et al., 2009; Carvalho, 2012).

Dinamika Pembentukan Sklerotia

Terdapat perbedaan yang mencolok pada waktu inisiasi pembentukan sklerotia antar-perlakuan (Tabel 3). Pada perlakuan ekstrak segar, tingginya

konsentrasi metabolit sekunder dan minyak atsiri menempatkan jamur pada kondisi stres mekanis, sehingga merangsang pembentukan sklerotia secara lebih akseleratif sebagai mekanisme pertahanan diri.

Sebaliknya, pada perlakuan ekstrak limbah, pembentukan sklerotia justru melambat. Hal ini disebabkan oleh merosotnya kandungan nutrisi pasca-proses penyulingan daun, ditambah adanya sisa residu toksik yang meracuni media (Gambar 4). Kondisi deprivasi nutrisi dan cekaman yang ekstrem ini membuat jamur kehilangan energi untuk memproses sklerotia dengan cepat, sehingga miselium yang tumbuh pada media PDA tampak lebih tipis dengan hifa udara yang minim.

Secara biologis, sklerotia merupakan agregasi jalinan hifa memadat yang menyerupai struktur bola takraw kecil berwarna putih hingga cokelat (Gambar 4). Struktur ini berfungsi sebagai organ penyimpan cadangan makanan sekaligus alat bertahan hidup di lingkungan ekstrem sebelum berkecambah kembali saat kondisi luar membaik (Ordonez et al., 2015). Proses pembentukannya terbagi atas tiga fase utama: inisiasi (agregasi ujung hifa), perkembangan (perluasan ukuran), dan pematangan (melanisasi dan konsolidasi matriks internal) (Rollins & Dickman, 1998; Bolton et al., 2006). Dinamika morfogenesis ini regulasinya sangat dipengaruhi oleh fluktuasi faktor lingkungan, metabolisme primer, serta pembawa pesan sekunder (secondary messenger) seperti siklik AMP (Erental et al., 2008).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil uji in vitro mengenai efektivitas biopestisida daun kayu putih (*Melaleuca leucadendra* L.) terhadap kapang *Rhizoctonia solani* penyebab busuk pelepah jagung, dapat disimpulkan beberapa poin berikut:

1. Aplikasi ekstrak segar maupun ekstrak limbah daun kayu putih terbukti memberikan pengaruh yang signifikan secara statistik dalam menekan laju perluasan diameter koloni jamur.
2. Perlakuan ekstrak limbah dosis 2 mL menunjukkan efisiensi supresi diameter terbaik dengan persentase daya hambat mencapai 83%. Performa ini secara statistik setara dengan fungisida sintetik Dithane (kontrol positif) yang mencatatkan daya hambat 93%, serta diikuti oleh efektivitas ekstrak limbah dosis 1,5 mL dan 1 mL.
3. Penggunaan formulasi berbasis ekstrak limbah terbukti paling efektif dalam mengulur atau memperlambat waktu inisiasi kemunculan sklerotia pada media uji.

REFERENCES

- Anggriyanti, Z. A., Bestari, R. S., Nurhayani, N., & Wibawa, A. (2024). Uji Efektivitas Ekstrak Metanol Daun Kayu Putih (*Melaleuca leucadendron* L) Terhadap Mortalitas Larva *Aedes aegypti*. *Jurnal Medika Malahayati*, 8(3), 593-599. <https://doi.org/10.33024/jmm.v8i3.16908>
- Barros J. C , Conceição M. L, Neto N. J. G, Costa A. C. V, Siqueira J. P, Júnior b, Basílio I. D, Junior c, Souza E. L. 2009. Interference of *Origanum vulgare* L. essential oil on the growth and some physiological characteristics of *Staphylococcus aureus* strains isolated from foods. *LWT - Food Science and Technology* 42 (2009) 1139–1143.
- Carvalho R. M. S. 2012. Avaliação da atividade antimicrobiana do óleo essencial *Thymus mastichina*. Thesis. Universidade Da Beira Interior Ciências da Saúde.
- Dewi, S. U., & Wuryandari, W. 2019. Aktivitas Antifungi Rebung Daun Pandan Wangi (*Pandanus amaryllifolius* Roxb.) Terhadap Pertumbuhan *Candida albicans* dengan Variasi Lama Waktu Rebusan. PhD Thesis. Akademi Farmasi Putera Indonesia Malang.
- Djunaedy, A. (2008). Aplikasi fungisida sistemik dan pemanfaatan mikoriza dalam rangka pengendalian patogen tular tanah pada tanaman kedelai (*Glycine max* L.). *Embryo*, 5(2), 149-157.
- Fatma, M., Chatri, M., Fifendy, M., & Handayani, D. (2021). Pengaruh ekstrak daun pepaya (*Carica papaya* L.) terhadap diameter koloni dan persentase penghambatan pertumbuhan *Fusarium oxysporum*. *Jurnal Serambi Biologi* , 6 (2), 9-14.
- Filatov, VA, Kulyak, OY, & Kalenikova, EI (2023). Komposisi kimia dan potensi antimikroba dari zat berbasis tanaman untuk pengobatan dermatitis seboroik. *Farmasi* , 16 (3), 328.

- Hakim, R. I., Wilson, W., & Darmawati, S. (2019). Uji aktivitas antibakteri ekstrak ethanol daun kayu putih (*Melaleuca leucadendron* L.) terhadap pertumbuhan Methicillin resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA). In Prosiding Seminar Nasional Mahasiswa Unimus (Vol. 2).
- Hardani, R., Krisna, I. K. A., Hamzah, B., & Hardani, M. F. (2020). Uji Anti Jamur Ekstrak Buah Mengkudu (*Morinda citrifolia* L.). *Jurnal IPA & Pembelajaran IPA*, 4(1), 92-102.
- Noor Komala, S., Rachmawati, J., & Kukuh Udiarto, B. (2020). Pengaruh Ekstrak Daun Nilam (*Pogostemon cablin* Benth.), Daun Kayu Putih (*Melaleuca leucadendra* Linn.) Dan Daun Serai Wangi (*Cymbopogon citratus* (DC ex Nees.)) Terhadap Repellency Kutu Kebul (*Bemisia tabaci* Genn.). <http://repository.unigal.ac.id:8080/handle/123456789/2669>
- Ordóñez-Valencia, C., Ferrera-Cerrato, R., Quintanar-Zúñiga, RE, Flores-Ortiz, CM, Guzmán, GJM, Alarcón, A., ... & García-Barradas, O. (2015). Perkembangan morfologi sklerotia oleh *Sclerotinia sclerotiorum*: pandangan dari cahaya dan pemindaian mikroskop elektron. *Sejarah mikrobiologi*, 65, 765-770.
- Utami, M. D., Linda, A., Violita, Moralita, C. 2022. Efektivitas Ekstrak Daun Mengkudu (*Morinda citrifolia* L.) Sebagai Antifungi Terhadap Pertumbuhan *Sclerotium rolfsii* Secara In Vitro. *Serambi Biologi*. 7 (2) : 199-204.