



Pemanfaatan Rimpang Lengkuas Merah (*Alpinia Purpurata* K.Schum) sebagai Fungisida Tanaman Selada yang Menopang Inovasi *Green Chemistry*

Wulan Ayu Ningsih^{1*}, Intan Farhani², Kailla Qothrunnada Qurrota'ayun³,
Syifa Aulia Rahmawati⁴, Iqbal Mustapha⁵

¹⁻⁵Universitas Pendidikan Indonesia, Indonesia

Korespondensi penulis: wulanayuningsih@upi.edu*

Abstract. Indonesia is a country rich in useful biodiversity, such as red galangal (*Alpinia purpurata* K.Schum). The antibacterial and antifungal activity of the compounds isolated from the red galangal rhizome is the beginning of a new innovation to implement the concept on plants. The content of 1,8 cineol and eugenol in it makes red galangal rhizome can be used as a fungicide on lettuce plants. The widespread use of chemical-based pesticides can harm farmers and the environment with repeated exposure and over a long period of time. So biofungicide innovation is needed that can support the concept of Green Chemistry. The purpose of this study is to determine the effectiveness of red galangal rhizome extract as a fungicide on lettuce plants, as well as to analyze and determine under what conditions the fungicide from red galangal rhizome extract is optimal in eradicating *Rhizoctonia Solani* fungus on lettuce plants. This research was conducted experimentally using a completely randomized design (CRD) with 10 treatments. All data were tested for normality followed by homogeneity test and all data were found to be normally distributed and homogeneous. Data were analyzed with parametric statistical tests using one-way ANOVA tests and further tests using Tukey with an error rate of 10% to determine whether there was an effect of the treatment tested on the material. The results of this study indicate that red galangal rhizome extract is effective in eradicating *Rhizoctonia Solani* fungus on lettuce plants with an optimum concentration of 50%.

Keywords: Biofungicide; Fungicide; Green Chemistry; Red Galangal; *Rhizoctonia Solani*.

Abstrak. Indonesia merupakan negara yang kaya akan keanekaragaman hayati yang bermanfaat, seperti lengkuas merah (*Alpinia purpurata* K.Schum). Adanya aktivitas antibakteri dan anti jamur dari senyawa yang diisolasi dari rimpang lengkuas merah ini menjadi awal lahirnya sebuah inovasi baru untuk mengimplementasikan konsep tersebut pada tanaman. Kandungan 1,8 sineol dan eugenol didalamnya menjadikan rimpang lengkuas merah dapat dijadikan fungisida pada tanaman selada. Merebaknya penggunaan pestisida berbahan dasar zat kimia dapat membahayakan petani dan lingkungan dalam paparan yang berulang dan dalam jangka waktu yang lama. Sehingga diperlukan inovasi biofungisida yang dapat menopang konsep Green Chemistry. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui efektivitas ekstrak rimpang lengkuas merah sebagai fungisida pada tanaman selada, serta menganalisis dan mengetahui pada kondisi seperti apa fungisida dari ekstrak rimpang lengkuas merah optimal dalam membasmi jamur *Rhizoctonia Solani* pada tanaman selada. Penelitian ini dilakukan secara eksperimen menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 10 perlakuan. Semua data dilakukan uji normalitas dilanjutkan uji homogenitas dan didapatkan semua data berdistribusi normal dan homogen. Data dianalisis dengan uji statistik parametrik menggunakan uji ANOVA one-way dan uji lanjutan menggunakan Tukey dengan tingkat kesalahan yang digunakan adalah 10% untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh perlakuan yang diujikan pada bahan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa ekstrak rimpang lengkuas merah efektif dalam membasmi jamur *Rhizoctonia Solani* pada tanaman selada dengan konsentrasi optimum 50%.

Kata Kunci: Biofungisida; fungisida; green chemistry; lengkuas merah; *Rhizoctonia Solani*.

1. LATAR BELAKANG

Indonesia merupakan negara yang kaya akan keanekaragaman hayati. Dimana berbagai tumbuhan dapat dijadikan sumber ramuan obat, kosmetik, zat warna, bahan baku industri dan bahan aktif pestisida. Salah satu tumbuhan yang berkhasiat yang sudah banyak dikenal oleh masyarakat yaitu tumbuhan lengkuas merah (*Alpinia purpurata* K.Schum). Rimpang lengkuas merah berwujud merah mengkilat di bagian luarnya dan berwarna putih pada bagian dalamnya, serta ada sesuatu yang khas yaitu aroma nya. (A. Ahmad, dkk, 2023).

Rimpang lengkuas merah banyak diteliti dan diisolasi sebagai upaya pengambilan suatu senyawa murni yang banyak khasiatnya. Zat di dalam rimpang lengkuas merah ini ada yang dikenal sebagai anti jamur. Oleh karena itu banyak digunakan untuk obat kudis, panu, dan penyakit lain yang disebabkan oleh adanya pertumbuhan jamur. Rimpang lengkuas merah ini juga memiliki peran dalam memperpanjang umur simpan suatu makanan atau sebagai zat pengawet makanan karena memiliki aktivitas antimikroba. (T. Rialita, dkk, 2019).

Adanya aktivitas antibakteri dan anti jamur dari senyawa yang diisolasi dari rimpang lengkuas merah ini menjadikan para peneliti mengembangkan sebuah inovasi baru untuk mengimplementasikan konsep tersebut pada tanaman. Senyawa yang diisolasi dari tanaman tersebut umumnya berasal dari metabolit sekunder, seperti alkaloid, terpenoid, flavonoid dan steroid. Senyawa metabolit sekunder tersebut telah diteliti dan diketahui memiliki bioaktivitas. (D. U. R. Aisy, dkk, 2023).

Telah diketahui bahwa Indonesia merupakan negara beriklim tropis yang hanya memiliki 2 musim, yaitu musim hujan dan musim kemarau. Baik musim hujan maupun kemarau dapat memberikan pengaruh terhadap pembentukan jamur pada tanaman. Jamur pada tanaman biasanya tumbuh karena kondisi kelembaban yang tinggi yang disebabkan karena curah hujan yang tinggi. (V. Meyer, dkk, 2020). Tanaman selada seringkali terinfeksi oleh jamur *Rhizoctonia Solani* yang dapat menyebabkan batang selada mengalami pembusukan. Hal ini dapat menyebabkan tanaman selada mati atau gagal tumbuh (F. Aggeli, dkk, 2020).

Pada penelitian Nurkanti et al., 2020 yang berjudul “Potensi Ekstrak Lengkuas (*Alpinia purpurata* K. Schum) Sebagai Fungisida terhadap Jamur *Alternaria* sp. pada Tanaman Jeruk”, menunjukkan bahwa rimpang lengkuas merah dapat mengendalikan pertumbuhan jamur *Alternaria* sp., yang ditunjukkan oleh tingkat pengendalian pertumbuhan jamur sebesar 60% dengan kematian jamur sebesar 79%. Kemudian penelitian Molika et al., 2019 yang berjudul “Efficacy of Ethanolic Extracts of Galangal (*Alpinia Galanga*) in Inhibiting the Mycelial Growth of *Fusarium Sacchari* and *Curvularia Lunata* and their Phytotoxicity on Pak Choi

(*Brassica Rapa Var. Chinensis*)”, menunjukkan bahwa ekstrak dari rimpang lengkuas merah dapat berpotensi menekan pertumbuhan dari jamur *Fusarium sacchari* dan *Curvularia lunata* yang dapat menjadi penyakit utama pada tanaman pakcoy, meskipun dapat menghambat pertumbuhan bibit pakcoy.

Seperti yang kita ketahui bahwa dengan beragamnya hayati di Indonesia, berarti bahwa penggunaan fungisida juga akan melonjak naik. Namun yang menjadi kekhawatiran lain adalah seringkali fungisida yang digunakan adalah fungisida kimia yang berbahaya bagi kesehatan dan lingkungan. Fungisida sintetis berbahan kimia juga dapat membahayakan tanaman, hewan dan lingkungan jika digunakan secara berulang dan dalam jangka waktu yang panjang. Dengan adanya terobosan baru sebuah biofungisida dari rimpang lengkuas merah, dapat membuat fungisida yang lebih ramah lingkungan dan aman digunakan. Biofungisida ini juga menjadi salah satu penopang perkembangan *Green Chemistry*. Dimana biofungisida yang terbuat dari rimpang lengkuas merah sejalan dengan 12 prinsip *Green Chemistry Principles*, yaitu sintesis kimia minim bahaya, desain proses kimia yang aman, dan desain bahan kimia mudah terdegradasi. Bio-fungisida juga sejalan dengan poin-poin *Sustainable Development Goals* (SDGs) yaitu mencakup SDGs poin 8 (pertumbuhan ekonomi), SDGs poin 12 (pengurangan limbah produksi), dan SDGs poin 15 (perlindungan ekosistem daratan). (E. O. Fenibo, et all, 2022).

2. METODE PENELITIAN

Alat

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu gelas kimia, mortar, alu, spatula, labu dasar bulat, rotary evaporator, pipet mikro, gelas ukur, hotplate, magnetic stirrer, batang pengaduk, penangas air, timbangan digital, cawan petri, mikroskop, dan indikator pH, lilin, autoklaf, inkubator.

Bahan

Bahan - bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu lengkuas merah, etanol 96%, FeCl_3 , kentang, dextrose (technical grade), agar, nutrient agar (NA), dan akuades.

Prosedur

Preparasi Rimpang Lengkuas Merah

Merujuk pada penelitian Andi Nur Ilmi, 2023, pembuatan ekstrak rimpang lengkuas merah dilakukan dengan cara maserasi. Lengkuas merah sebelumnya dicuci dan ditumbuk halus terlebih dahulu, kemudian ditimbang sebanyak 350 gram. Simplisia dimasukkan ke dalam wadah kaca 1000 mL, setelah itu ditambahkan etanol 96% hingga simplisia terendam

secara merata. Wadah kaca ditutup rapat agar etanol tidak menguap. Kemudian didiamkan hingga terjadi keseimbangan konsentrasi antara larutan di luar sel dan di dalam sel yang ditandai dengan perubahan warna menjadi pekat pada cairan yang disaring. Simplisia hasil maserasi disaring dengan menggunakan kertas saring. Selanjutnya larutan hasil maserasi dimasukkan ke dalam labu evaporator untuk dipanaskan pada suhu $\pm 70^{\circ}\text{C}$. Proses evaporasi dihentikan ketika etanol telah menguap seluruhnya sehingga diperoleh ekstrak kasar dalam bentuk kental.

Skrining Fitokimia Ekstrak Rimpang Lengkuas Merah

Skrining fitokimia merupakan tahap awal dalam penelitian fitokimia yang bertujuan untuk memberikan gambaran umum mengenai golongan senyawa yang terkandung dalam ekstrak yang digunakan, terutama metabolit sekunder. Metode skrining fitokimia dilakukan dengan melihat reaksi uji warna menggunakan pereaksi warna. Kandungan metabolit sekunder diuji pada ekstrak untuk menguji adanya kandungan fenolik. Sebanyak 0,5 gram ekstrak dilarutkan dalam 1 mL etanol 96%, kemudian ditambahkan 2 tetes FeCl_3 1%. Terbentuknya warna hijau hingga biru kehitaman, hasil ini menunjukkan uji positif untuk fenolat. (N. I. Andi, 2023).

Isolasi dan Identifikasi Jamur

Isolasi dilakukan pada media Nutrien Agar (NA) dengan cara mengoleskan bagian daun selada yang sudah buruk kualitasnya. Kemudian diinkubasi selama 5 hari. Lalu, pengamatan jamur yang berhasil diisolasi dilakukan secara makroskopik dan mikroskopik menggunakan mikroskop cahaya binokuler.

Uji Pertumbuhan dan Uji Hambat Jamur menggunakan Ekstrak Lengkuas Merah

Proses pembuatan media PDA dilakukan dengan cara merebus 50 gr kentang yang sudah dibersihkan dalam aquades, lalu dihancurkan dan disaring untuk mendapatkan ekstrak kentang. Kemudian ditambahkan 5 gram dextrose dan 5 gram agar. Panaskan dan aduk dengan menggunakan stirrer. Media tumbuh perlakuan yang tersedia disterilkan dengan menggunakan autoclave dengan suhu 121°C dan tekanan 1 atmosfer selama 15 menit. Setelah itu melakukan dengan menumbuhkan jamur yang telah diisolasi (*Rhizoctonia solani*) pada media PDA yang telah dicampur dengan larutan ekstrak lengkuas sesuai dengan konsentrasi. Konsentrasi ekstrak rimpang lengkuas merah yang digunakan dalam penelitian ini adalah 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90%, 100% dan kontrol.

Pengujian Daya Hambat Jamur dilakukan menggunakan metode sumuran, dimana media pertumbuhan jamur diberi lubang dengan diameter 1 cm sebanyak 3 buah lubang. Lalu, dioleskan jamur *Rhizoctonia solani* ke media. Ke dalam lubang tersebut, dimasukkan ekstrak

lengkuas merah sesuai dengan variasi konsentrasi yang diinginkan. Diameter yang diukur adalah zona yang tidak ditumbuhi oleh jamur.

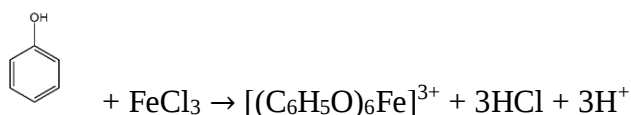
Analisis dan Penafsiran Data

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen kuantitatif dengan pengujian aktivitas bahan fungisida. Penelitian ini dilakukan secara eksperimen menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 10 perlakuan. Semua data dilakukan uji normalitas dilanjutkan uji homogenitas. Data dianalisis dengan uji statistik parametrik menggunakan uji ANOVA *one-way* dan uji lanjutan menggunakan Tukey dengan tingkat kesalahan yang digunakan adalah 10% untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh perlakuan yang diujikan pada bahan. Dimana uji ANOVA *one-way* ini membuktikan H_0 tidak adanya pengaruh perlakuan dan H_1 adanya pengaruh perlakuan.

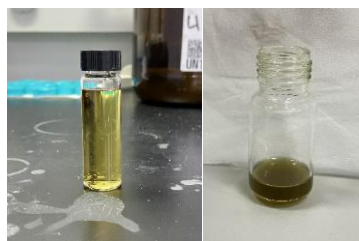
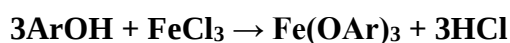
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji Fitokimia

Hasil uji fitokimia menunjukkan bahwa ekstrak lengkuas merah positif mengandung fenolik. Hal ini ditandai dengan perubahan warna dari kuning menjadi hijau kehitaman (**Gambar 2b**). Perubahan warna larutan dari kuning menjadi hijau kehitaman diakibatkan adanya reaksi antara FeCl_3 dengan gugus $-\text{OH}$ aromatis. (N. A. Haryati dan C.S. Erwin, 2015). Terbentuknya kompleks warna tersebut diduga sebagai besi (III) heksafenolat. Ion Fe^{3+} akan mengalami hibridisasi orbital d^2sp^3 sehingga ion Fe^{3+} ($4s^03d^5$) memiliki enam orbital kosong yang diisi oleh pendonor pasangan elektron, yaitu atom oksigen pada senyawa fenolik yang memiliki pasangan elektron bebas [11].



Kompleks berwarna hijau kehitaman

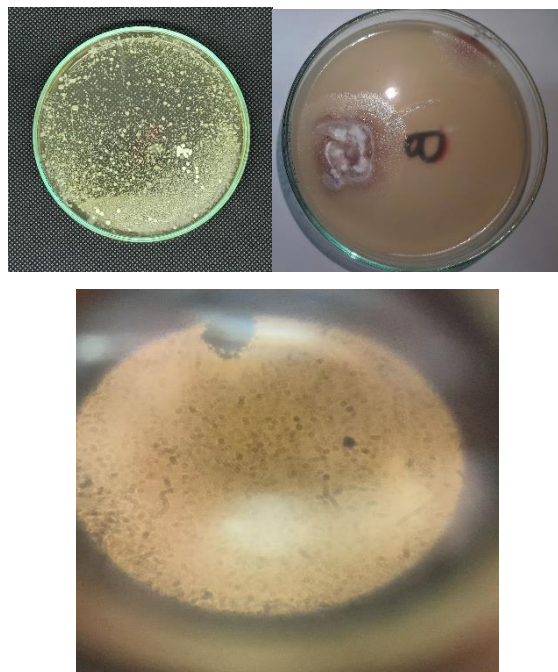


Gambar 1. Hasil Uji Fitokimia (a) larutan berwarna kuning FeCl_3 (b) hasil setelah larutan FeCl_3 ditetesi ekstrak lengkuas merah

Isolasi dan Karakterisasi Jamur

Penumbuhan/isolasi jamur ditujukan untuk mengetahui ada/ tidaknya jamur *Rhizoctonia solani* pada tanaman selada menggunakan media tanam NA (Nutrient Agar). Setelah dilakukan perlakuan berupa isolasi jamur dari tanaman selada dengan kualitas buruk yang diperoleh dari perkebunan di Lembang, Kabupaten Bandung, Jawa Barat, didapatkan jamur yang berhasil diisolasi. Berdasarkan penelitian, diperoleh isolat jamur *Rhizoctonia solani* pada tanaman selada yang berhasil ditumbuhkan pada media NA yang dapat dilihat pada Gambar 2. Tanaman selada yang telah diisolasi dan diinkubasi selama 5 hari dalam media tanam telah menunjukkan reaksinya yaitu dengan tumbuhnya bulatan-bulatan putih yang diduga adalah jamur *Rhizoctonia solani*, hal ini dapat membuktikan bahwa memang benar jamur *Rhizoctonia* dapat ditemukan dalam tanaman selada.

Untuk Hasil isolat jamur yang telah diperoleh (**Gambar 3a**) kemudian ditumbuhkan kembali pada media baru untuk pertumbuhan jamur lanjutan. Setelah diinkubasi selama 5 hari, penampakan jamur ditunjukkan oleh Gambar 3. Jamur yang tumbuh tersebut kemudian dikarakterisasi/identifikasi dengan uji morfologi menggunakan mikroskop. Uji morfologi ditujukan untuk pengamatan/mengidentifikasi jamur yang ada pada tanaman selada, yaitu jamur *Rhizoctonia solani*. Uji morfologi dilakukan secara makroskopik dan mikroskopik dengan bantuan mikroskop cahaya.



Gambar 2. Karakteristik Makroskopis dan Mikroskopis *Rhizoctonia solani* (a) isolat jamur (b) Koloni dengan sklerotia berwarna coklat tua yang ditumbuhkan pada media PDA (c) *Rhizoctonia solani* tampak melalui mikroskop

Berdasarkan pengamatan morfologi jamur secara makroskopik diperoleh data berupa jamur yang terbentuk pada media berwarna putih dan berbulu (Gambar 3b). Kemudian, hasil pengamatan jamur menggunakan mikroskop diperoleh bentuk jamur panjang tanpa sekat sepanjang tubuh (Gambar 3c). Data hasil pengamatan jamur *Rhizoctonia solani* yang telah diperoleh dalam penelitian ini didukung oleh karakteristik jamur *Rhizoctonia solani* dari penelitian Hassan dan Chang, 2021, yang memiliki ciri-ciri sama dengan hasil pada penelitian ini.

Uji Pertumbuhan Jamur

Uji pertumbuhan jamur dilakukan secara *in vitro* dengan metode inokulasi berupa kultur jaringan jamur *Rhizoctonia Solani* dalam media PDA. Pada uji daya tumbuh jamur ini, dilakukan 9 variasi konsentrasi ekstrak lengkuas merah yang ditambahkan sebagai biofungisida pada jamur dan 1 kontrol negatif. Inkubasi jamur dilakukan selama 7 hari dengan suhu 30°C. Diperoleh data pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Data Pertumbuhan Jamur Selama Inkubasi

Pertumbuhan Jamur Selama Inkubasi			
Eksperimen	Variasi Konsentrasi	Volume Ekstrak Lengkuas Merah	Aktivitas
A	Kontrol	1000 µL	Tumbuh
B	20%	600 µL	Tumbuh
C	30%	900 µL	Tumbuh
D	40%	1200 µL	Tumbuh
E	50%	1500 µL	Tidak tumbuh
F	60%	1800 µL	Tidak tumbuh
G	70%	2100 µL	Tidak tumbuh
H	80%	2400 µL	Tidak tumbuh
I	90%	2700 µL	Tidak tumbuh
J	100%	3000 µL	Tidak tumbuh

Berdasarkan hasil pengamatan aktivitas daya tumbuh jamur, diperoleh bahwa jamur hanya tumbuh di eksperimen A sampai D, dengan konsentrasi penambahan ekstrak lengkuas merah dari 20% - 40%. Sedangkan di eksperimen E-J jamur ini tidak tumbuh. Hal ini menyatakan bahwa konsentrasi optimum ekstrak lengkuas merah yang berperan sebagai fungisida penghambat pertumbuhan jamur ini yaitu pada konsentrasi 50%. Pada pengamatan eksperimen A-D populasi jamur meningkat seiring bertambahnya waktu inkubasi. Jamur tumbuh menyebar di sekitar inokulum yang ditanam pada media.

Uji Daya Hambat Jamur

Uji aktivitas daya hambat ekstrak lengkuas merah sebagai fungisida atau anti jamur terhadap pertumbuhan jamur *Rhizoctonia solani* dilakukan melalui metode sumuran dengan beberapa variasi konsentrasi ekstrak lengkuas merah. Prinsip metode ini adalah membuat lubang pada agar yang telah diinokulasi dengan bakteri, kemudian larutan diteteskan pada lubang sumuran yang telah dibuat. Penghambatan pertumbuhan mikroorganisme terlihat adanya zona hambat (wilayah jernih) disekitar lubang sumuran. Hasil dari uji hambat ini berupa terbentuknya suatu area di sekitar media agar yang telah dilubangi (membentuk seperti sumur) yang tidak tumbuh jamur. Pengukuran diameter zona hambat untuk masing-masing konsentrasi disajikan pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Diameter Zona Hambat Ekstrak Lengkuas Merah terhadap jamur *Rhizoctonia solani*

Respon Hambatan Pertumbuhan						
Konsentrasi	I	II	III	Rata-rata (mm)	Hasil (mm)	Respon
20%	20	20	20	20	10	Resisten
30%	30	40	40	36,7	26,7	Sensitif
40%	60	60	60	60	50	Sensitif
50%	70	80	80	76,7	66,7	Sensitif
0 (Kontrol etanol)	20	30	30	26,7	16,7	Sensitif

I,II,III = Pengukuran 1, 2 dan 3

Hasil = (Diameter Rata-rata) – (Diameter Sumuran) dimana diameter sumuran adalah 10 mm

Kategori= Sangat kuat (> 20 mm), Kuat (10-20 mm), Sedang (5-10 mm), dan Lemah (< 5 mm)

Tabel 2 merupakan hasil pengukuran diameter zona hambat yang menunjukkan bahwa ekstrak lengkuas merah mulai dapat menghambat pertumbuhan *Rhizoctonia solani* pada variasi konsentrasi 20% dan menjadi konsentrasi hambat minimum (KHM). Semakin tinggi konsentrasi ekstrak lengkuas, maka semakin tinggi pula daya hambat terhadap pertumbuhan jamur. Hal ini dapat dilihat dari kecenderungan diameter zona hambat yang meningkat seiring peningkatan konsentrasi, yaitu pada konsentrasi 30% (26,7 mm), konsentrasi 40% (50 mm), dan konsentrasi 50% (66,7). Pada penelitian ini etanol sebagai pelarut ekstrak diperlukan sebagai kontrol. Hasil menunjukkan bahwa metanol menghasilkan zona hambat dengan efek rendah namun di atas nilai hambat ekstrak lengkuas pada konsentrasi 20%.

Zona hambat terbentuk akibat adanya senyawa metabolit sekunder dari golongan fenol yang memiliki sifat antijamur. Senyawa antijamur ini bekerja dengan merusak dinding sel, mengubah permeabilitas membran, mengganggu sintesis protein, dan menghambat aktivitas enzim. Secara spesifik, senyawa metabolit sekunder mulai menghambat pertumbuhan jamur dengan merusak dinding sel yang terdiri dari glukukan, kitin, dan glikoprotein. Kerusakan pada dinding sel ini menyebabkan gangguan pada fungsi permeabilitas selektif, transportasi aktif, dan pengendalian susunan protein dalam sel jamur, yang akhirnya mengakibatkan kehilangan bentuk dan lisis pada sel jamur. Selain itu, senyawa fenol dapat membentuk kompleks dengan protein yang larut, protein ekstraseluler, dan dinding sel, sehingga mengganggu integritas membran sel jamur.

Pengolahan Data Statistika

Uji normalitas

Uji normalitas dilakukan dengan metode liliefors dengan probabilitas 0.10. Hasil uji normalitas pada data aktivitas daya hambat jamur menunjukkan bahwa $L\text{-Hitung} (0,283) < L\text{-Tabel} (0,284)$. Sehingga dinyatakan bahwa data aktivitas daya hambat ekstrak lengkuas merah pada jamur *Rhizoctonia Solani* pada tanaman selada berdistribusi normal.

Uji Homogenitas

Uji homogenitas dengan probabilitas 0.10 menunjukkan hasil $F\text{-Hitung} (6,76) > F\text{-Tabel} (5,39)$. Hal ini menyatakan bahwa data aktivitas daya hambat ekstrak lengkuas merah pada jamur *Rhizoctonia Solani* pada tanaman selada tidak bersifat homogen.

Uji ANOVA one-way

Uji ANOVA one-way ini dilakukan untuk membuktikan H_0 tidak adanya pengaruh perlakuan dan H_1 adanya pengaruh perlakuan. Uji ANOVA one-way dengan probabilitas 0.10 menunjukkan hasil $F\text{ hitung} (112,67) > F\text{ tabel} (2,94)$. Karena nilai F hitung lebih besar dari F tabel, H_0 ditolak dan H_1 diterima, rata rata sampel berbeda secara signifikan. Hal ini menyatakan bahwa data aktivitas daya hambat ekstrak lengkuas merah berpengaruh pada pertumbuhan jamur *Rhizoctonia Solani* pada tanaman selada.

Uji Tukey

Uji tukey digunakan untuk mengetahui perbedaan mana yang signifikan dari hasil uji ANOVA dengan membandingkan rata-rata tiap kelompok secara berpasangan. Uji ini merupakan uji lanjutan yang dilakukan ketika didapatkan H_0 ditolak pada uji ANOVA. Perbedaan dianggap signifikan jika skor statistik lebih besar dari nilai T . Melalui uji tukey dengan tingkat signifikansi 5% didapatkan nilai T adalah sebesar 10,677. Hasil uji tukey menunjukkan bahwa terdapat perbedaan signifikan antara keempat variasi konsentrasi.

Aspek *Green Chemistry* dalam Pemanfaatan Ekstrak Lengkuas Merah sebagai Fungisida

Adanya terobosan baru berupa fungisida dari rimpang lengkuas merah, dapat menyongsong penggunaan fungisida yang lebih ramah lingkungan dan memiliki kadar bahaya yang rendah. Fungisida ini akan dapat digunakan pada tanaman semusim yang banyak ditanam oleh petani di Indonesia. Penerapan fungisida dari rimpang lengkuas merah sebagai biofungisida sejalan dengan konsep *Green Chemistry*.

Penerapan fungisida dari rimpang lengkuas merah sebagai biofungisida tidak hanya menawarkan alternatif yang lebih ramah lingkungan, tetapi juga dapat memperkuat ketahanan tanaman terhadap berbagai patogen dengan cara yang lebih alami. Selain mengurangi ketergantungan pada bahan kimia sintetis yang berpotensi merusak ekosistem, biofungisida ini dapat mengurangi risiko pencemaran tanah dan air. Implementasi fungisida ini dalam praktek pertanian dapat meningkatkan kesehatan tanah dan mendukung keberlanjutan pertanian di Indonesia, yang pada gilirannya dapat meningkatkan produktivitas dan kesejahteraan petani. Dengan begitu, penggunaan biofungisida dari lengkuas merah merupakan langkah maju dalam menerapkan prinsip *Green Chemistry*, serta mempromosikan pertanian yang lebih berkelanjutan dan efisien.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan mengenai efektivitas ekstrak rimpang lengkuas merah (*Alpinia purpurata* K.Schum) sebagai fungisida alami terhadap jamur *Rhizoctonia solani* pada tanaman selada, dapat disimpulkan bahwa, ekstrak rimpang lengkuas merah terbukti efektif dalam menghambat pertumbuhan jamur *Rhizoctonia solani*, dengan konsentrasi optimum penghambatan terjadi pada konsentrasi 40%. Pada konsentrasi tersebut, ekstrak mampu menekan pertumbuhan jamur secara signifikan. Ekstrak lengkuas merah mengandung senyawa bioaktif, terutama sineol dan eugenol, yang berperan sebagai agen antijamur dengan cara merusak dinding sel jamur dan mengganggu permeabilitas membran sel. Penggunaan fungisida alami dari rimpang lengkuas merah dapat menjadi alternatif yang lebih ramah lingkungan dibandingkan fungisida kimia sintetis, sejalan dengan konsep *Green Chemistry* yang mendukung pertanian berkelanjutan dan aman bagi lingkungan.

WA berkontribusi dalam merancang penelitian. WA, IF, KQ, dan SA melakukan pekerjaan laboratorium, menganalisis data, dan menulis naskah. MI berkontribusi dengan membimbing proses penulisan jurnal. Semua penulis membaca dan menyetujui versi final naskah.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada berbagai pihak yang berkontribusi pada penelitian ini yaitu Bapak Iqbal Musthapa selaku dosen pembimbing kelompok riset dan kepada Pihak Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Pendidikan Indonesia yang telah memberikan dana penelitian.

DAFTAR REFERENSI

- Aggeli, F., Ziogas, I., Gziki, D., Fragkogeorgi, G. A., & Tjamos, S. E. (2020). Novel biocontrol agents against *Rhizoctonia solani* and *Sclerotinia sclerotiorum* in lettuce. *BioControl*, 65, 763-773. <https://doi.org/10.1007/s10526-020-10043-w>
- Ahmad, A., Riaz, S., Farooq, R., Ahmed, M., & Hussain, N. (2023). *Alpinia Officinarum* (Galangal): A beneficial plant. *Journal of Medical Public Health*, 4, 1057.
- Aisy, D. U. R., Adawiyah, R., Rozaliyani, A., Estuningtyas, A., & Fadilah, F. (2023). The antifungal activities of *Syzygium aromaticum* and *Alpinia purpurata* extracts against *Candida krusei*: Bioactivity tests, molecular modeling, and toxicity tests. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention*, 24(10), 3403. <https://doi.org/10.31557/APJCP.2023.24.10.3403>
- Andi, N. I. (2023). Uji efektivitas kombinasi ekstrak lengkuas merah (*Alpinia purpurata* K. Schum) dan lengkuas putih (*Alpinia galanga* L. Wild) terhadap pertumbuhan *Candida albicans*. *Fito Medicine: Journal of Pharmacy and Sciences*.
- Fenibo, E. O., Ijoma, G. N., Nurmahome, W., & Matambo, T. (2022). The potential and green chemistry attributes of biopesticides for sustainable agriculture. *Sustainability*, 14(21), 14417. <https://doi.org/10.3390/su142114417>
- Haryati, N. A., & Erwin, C. S. (2015). Uji toksisitas dan aktivitas antibakteri ekstrak daun merah (*Syzygium mytilifolium* Walp) terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. *Jurnal Kimia Mulawarman*, 13(1), 35-39.
- Hassan, O., & Chang, T. (2021). First report of damping-off of ovate-leaf atractylodes caused by *Rhizoctonia solani* AG-5 in South Korea. *Mycobiology*, 49, 1-4. <https://doi.org/10.1080/12298093.2021.1873900>
- Marliana, E., & Saleh, C. (2011). Uji fitokimia dan aktivitas antibakteri ekstrak kasar etanol, fraksi heksana, etil asetat, dan metanol dari buah labu air (*Lagenaria siceraria* (Moliana) Standl). *Jurnal Kimia Mulawarman*, 8(2), 63-69.
- Meyer, V., Schmidt, B., Pohl, C., Cerimi, K., Schubert, B., Weber, B., ... & Volpato, A. (2020). Mind the fungi. In *Universitätsverlag der Technischen Universität Berlin*, p. 151. <https://doi.org/10.14279/depositonce-10350>

- Molika, M., Kanjanamaneesathian, M., & Mongkol, R. (2019). Efficacy of ethanolic extracts of galangal (*Alpinia galanga*) in inhibiting the mycelial growth of *Fusarium sacchari* and *Curvularia lunata* and their phytotoxicity on pak choi (*Brassica rapa* var. *chinensis*). In *International Symposium on Botanical Gardens and Landscapes*, 1298, 391-396. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2020.1298.54>
- Nurkanti, M., Halimah, M., Silfister, Y., & Suganda, H. (2020). Potensi ekstrak lengkuas (*Alpinia purpurata* K. Schum) sebagai fungisida terhadap jamur *Alternaria* sp. pada tanaman jeruk. *Biotropic: The Journal of Tropical Biology*, 4(2), 111-118. <https://doi.org/10.29080/biotropic.2020.4.2.111-118>
- Rialita, T., Radiani, H., & Alfiah, D. (2019). Antimicrobial activity of the combination of red galangal (*Alpinia purpurata* K. Schum) and cinnamon (*Cinnamomum burmanii*) essential oils on *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus* bacteria. *Journal of Physics: Conference Series*, 1217(1), 012132. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1217/1/012132>