

## Efficacy and Antifungal Mechanism of Root Exudate *Kaempferia galanga* Against *Colletotrichum capsici*

Andri Purniawan<sup>1,3</sup>, Suwandi Suwandi<sup>\*1,2</sup>, Rahmad Fadli<sup>2</sup>, Berta Apriliani<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Graduate Program of Crop Sciences, Universitas Sriwijaya, Palembang, Indonesia;

<sup>2</sup>Department of Plant Protection, Universitas Sriwijaya, Ogan Ilir, Indonesia;

<sup>3</sup>Animal, Fish, and Plant Quarantine Centers, South Sumatra, Indonesia;

### Article History

Received : March 17<sup>th</sup>, 2026

Revised : April 21<sup>th</sup>, 2026

Accepted : May 02<sup>th</sup>, 2026

\*Corresponding Author:

**Suwandi Suwandi**, Graduate  
Program of Crop Sciences,

Universitas Sriwijaya,

Palembang, Indonesia;

Email: [suwandi@fp.unsri.ac.id](mailto:suwandi@fp.unsri.ac.id)

**Abstract:** *Colletotrichum capsici* causes anthracnose in chili plants, which can drastically impair productivity and fruit quality. Pesticide-based pest control is often ineffective, necessitating a more environmentally friendly option. The purpose of this study is to investigate the suppressive microbiome capability of *Kaempferia galanga* rhizome exudate in preventing *C. capsici* growth. The microbiome is obtained by enrichment with a pathogenic inoculum and the addition of chitin. In vitro, antifungal activity was assessed by monitoring the percentage of colony inhibition, changes in hyphal shape, and measuring electrical conductivity (EC) as a sign of cell membrane damage. According to research findings, the suppressive microbiome can restrict the establishment of pathogenic colonies while also inducing the creation of chlamydospores in response to stress. The inclusion of chitin resulted in the strongest antifungal activity and elevated the EC value to 320.67  $\mu\text{S cm}^{-1}$ , indicating electrolyte leakage from cell membrane disruption. These findings suggest that the microbiome from *K. galanga* rhizome exudate has the potential to act as a biological control agent for anthracnose in chili peppers. More research is required to discover the important microorganisms and bioactive chemicals involved in antifungal processes.

**Keywords:** Antraknosa; Biological control; Chitin amendment; Suppressing microbiome; *Colletotrichum capsici*.

### Pendahuluan

Tanaman cabai (*Capsicum* spp.) merupakan komoditas hortikultura penting yang memiliki nilai ekonomi tinggi dan banyak dibudidayakan di wilayah tropis (Rezaul Karim et al., 2021). Namun, produktivitas cabai sering mengalami penurunan akibat serangan penyakit, terutama antraknosa yang disebabkan oleh *Colletotrichum* spp. (Mariana et al., 2021). Penyakit ini dilaporkan mampu menurunkan hasil panen sebesar 45 - 60% (Yanty et al., 2024), bahkan pada kondisi serangan berat dapat menurunkan produksi hingga 90% (Sari dan Kasiandari, 2021). Selain menurunkan kuantitas, infeksi juga berdampak pada kualitas buah sehingga menurunkan nilai jual (Kim et al., 2025). Upaya pengendalian penyakit ini

masih menjadi tantangan karena patogen memiliki kemampuan adaptasi yang tinggi (Zakaria, 2025), kisaran inang luas (Usman et al., 2026), serta dapat menginfeksi tanaman pada seluruh fase pertumbuhan (Peralta-Ruiz et al., 2023).

Pengendalian hayati menjadi alternatif yang semakin dikembangkan karena lebih ramah lingkungan dibandingkan pestisida kimia (Sam-on et al., 2024). Salah satu pendekatan yang potensial adalah pemanfaatan mikrobioma rizosfer yang mampu menekan patogen melalui mekanisme kompetisi, produksi senyawa antagonis, serta aktivitas pertahanan tanaman (Yin et al., 2021). Eksudat akar tanaman berperan penting dalam membentuk komunitas mikroba rizosfer melalui senyawa metabolit yang dilepaskan ke lingkungan (Yulianti et al.,

2017). Tanaman rimpang seperti kencur (*Kaempferia galanga*) diketahui menghasilkan eksudat yang dapat memodulasi komunitas mikroba dan berkontribusi dalam penghambatan patogen tanah, seperti yang dilaporkan pada *Ganoderma boninense* (Karlina et al., 2024, 2025; Suwandi et al., 2022; Suwandi et al., 2023) dan *Rigidoporus microporus* (Yulianti et al., 2017).

Berbagai penelitian telah melaporkan efektivitas agen hayati tunggal dalam menekan pertumbuhan *Colletotrichum* spp.. Tasrif et al. (2024) menunjukkan bahwa *Trichoderma viride* mampu menghambat pertumbuhan *C. capsici* hingga 71% secara *in vitro*, sedangkan Zhong et al. (2025) melaporkan *Bacillus velezensis* memiliki efisiensi antagonistik mencapai 88,73%. Namun, pendekatan berbasis isolat tunggal tersebut masih memiliki keterbatasan dalam menciptakan sistem pengendalian yang stabil dan konsisten di lapangan (Tasrif et al., 2024). Selain itu, hingga saat ini masih terbatas penelitian yang mengeksplorasi pembentukan komunitas mikroba supresif melalui seleksi ekologis menggunakan eksudat akar yang diperkaya dengan patogen dan kitin sebagai substrat selektif (Andargie et al., 2023; Pasche et al., 2025). Kondisi ini menunjukkan adanya kesenjangan penelitian dalam pengembangan strategi pengendalian hayati berbasis mikrobioma yang lebih kompleks dan adaptif.

Berdasarkan kesenjangan tersebut, penelitian ini menawarkan pendekatan baru melalui pembentukan mikrobioma supresif dari eksudat rimpang kencur yang diperkaya dengan inokulum *Colletotrichum* spp. (Ehau-Taumaunu dan Hockett, 2023; Wen et al., 2023), dan kitin (Fan et al., 2022; Inderbitzin et al., 2018). Penambahan kitin diharapkan dapat menstimulasi pertumbuhan mikroorganisme kitinolitik yang menghasilkan enzim kitinase untuk mendegradasi dinding sel patogen (Fan et al., 2022). Pendekatan ini merupakan strategi inovatif dalam mengoptimalkan interaksi mikrobioma untuk meningkatkan aktivitas antagonistik terhadap patogen. Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi efektivitas mikrobioma supresif dari eksudat akar kencur dalam menekan pertumbuhan *Colletotrichum* spp. serta mengkaji mekanisme antifungal yang terlibat. Hasil penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi dalam pengembangan

pengendalian hayati yang lebih stabil, berkelanjutan, dan ramah lingkungan.

## Bahan dan Metode

### Patogen dan pengumpulan eksudat akar

Buah cabai keriting merah yang terinfeksi antraknosa dan rimpang kencur dikumpulkan dari pasar lokal di Palembang, Sumatera Selatan. Cendawan penyebab antraknosa diisolasi dari jaringan buah yang bergejala dan dimurnikan pada media MEA (*Malt Extract Agar*). Isolat yang diperoleh kemudian diidentifikasi berdasarkan karakter morfologi koloni dan konidia. Dua rimpang kencur ditanam pada media cocopeat hingga berumur 2 bulan (Karlina et al., 2025). Pembiakan mencakup pembenaman bahan pengaya (CG (tiga kultur miselium *Colletotrichum* spp., larutan gula 2 g/L) dan CGK (tiga kultur miselium *Colletotrichum* spp., kitin 2,5 g, larutan gula 2 g/L) pada tanaman kencur. Setelah 7 hari pembenaman, dilakukan pengambilan air fermentasi dengan penyiraman 2 L larutan gula dan diareasi menggunakan aerator selama 24 jam. Penelitian ini menggunakan RAL (Rancangan Acak Lengkap) 3 jenis kultur filtrat (CG, CGK, M0) dengan 3 kali ulangan dan 1 kontrol. Budidaya kencur dilakukan di rumah kaca, dan ekstraksi eksudat akar dilakukan di Laboratorium Fitopatologi, Departemen Perlindungan Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya, Indonesia.

### Efek antijamur eksudat akar terhadap pertumbuhan *Colletotrichum* spp.

Potongan miselium *Colletotrichum* spp. berdiameter 5 mm berumur 5 hari diinokulasikan pada media MEA. Kultur filtrat dari fermentasi pembiakan di tanaman kencur sebanyak 20 µl diteteskan pada empat sisi cawan petri, serta kontrol tanpa perlakuan (Karlina et al., 2025). Kultur diinokubasi pada suhu inkubator (27°C) tanpa pencahayaan. Pertumbuhan koloni diamati setiap hari hingga hari ke-5. Luas koloni *Colletotrichum* spp. yang terhambat oleh mikrobioma supresif hasil kultur filtrat dibandingkan dengan luas koloni kontrol menggunakan aplikasi ImageJ versi 1.54k (the National Institutes of Health). Nilai persentase hambatan pertumbuhan *Colletotrichum* spp. dihitung dengan menggunakan rumus (Pereira-

Bazurdo *et al.*, 2025), (panjang pertumbuhan radial jamur pada cawan kontrol dikurangi panjang pertumbuhan radial jamur pada cawan perlakuan dibagi dengan panjang pertumbuhan radial jamur pada cawan kontrol) dikali 100%.

### Morfologi mikroskopis dan pengukuran nilai *Electrical Conductivity*

Pengamatan miselium secara mikroskopis dilakukan dengan mengambil koloni *Colletotrichum* spp. berdiameter 5 mm yang terhambat pada media uji, kemudian letakkan pada kaca *preparate* dan ditutup dengan *cover glass*. *Preparate* diinkubasi dalam cawan petri yang berisi tisu lembab pada suhu inkubator (27°C) tanpa pencahayaan. Setelah 5 hari, diamati menggunakan mikroskop cahaya untuk melihat kerusakan dinding sel miselium *Colletotrichum* spp. akibat aktivitas kitinase komunitas mikroba supresif (Karlina *et al.*, 2024).

Prosedur pengukuran nilai EC dilakukan dengan memotong media kultur menjadi empat

bagian, kemudian merendamnya dalam 10 mL aquades selama satu jam. Air rendaman tersebut kemudian diteteskan pada sensor EC meter Horiba Laquatwin EC22. Analisis data menggunakan *software* Excel dan R 4.1.2. Beda nyata antar perlakuan diuji dengan uji BNJ pada taraf 5%.

### Hasil dan Pembahasan

#### Antraknosa cabai

Buah cabai yang terinfeksi *C. capsici* teridentifikasi melalui karakter diagnostik berupa acervulus yang dilengkapi seta, sedangkan konidia berbentuk flacet atau menyerupai bulan sabit dengan ujung sedikit meruncing pada pengamatan mikroskop *stereobinocular* 40x (Gambar 1). Gejala khas antraknosa pada buah cabai berupa lesi nekrotik berwarna coklat keabu-abuan hingga kehitaman dengan bentuk bulat tidak teratur hingga memanjang (de Silva *et al.*, 2019).



**Gambar 1.** Antraknosa pada buah cabai oleh *C. capsici*. a) gejala pada buah, b) acervulus, dan c) konidia.

#### Efek antijamur eksudat akar terhadap pertumbuhan *C. capsici*.

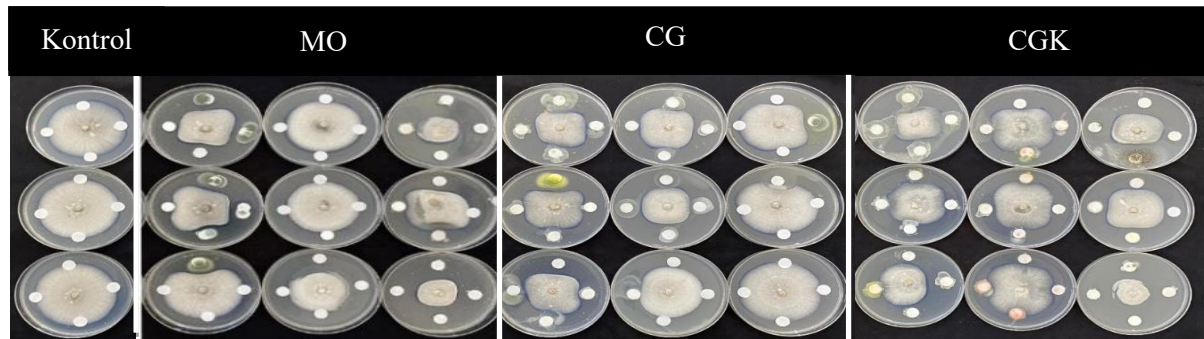
Pengujian *in vitro* mikrobioma rizosfer rimpang kencur yang dipicu oleh *C. capsici* menunjukkan adanya penghambatan pertumbuhan, meskipun perbedaannya tidak signifikan antar perlakuan. Peningkatan daya hambat pada perlakuan dengan kitin menunjukkan kecenderungan aktivitas antagonistik yang lebih tinggi terhadap *C. capsici*. Terbentuknya zona hambat antara perlakuan dan koloni patogen menunjukkan adanya aktivitas antagonistik. Semakin besar zona hambat yang terbentuk menunjukkan tingkat antagonistik yang lebih tinggi (Gambar 2). Perlakuan dengan kitin menunjukkan tingkat penghambatan lebih tinggi

dibandingkan perlakuan tanpa kitin, yaitu sebesar 12,72% dan 4,48% lebih tinggi dibandingkan eksudat rimpang kencur murni (Gambar 3a). Hasil ini sejalan dengan laporan Fan *et al.* (2022) dan Inderbitzin *et al.* (2018) yang menunjukkan bahwa penambahan kitin dan residu tanaman dapat memodifikasi komunitas mikroba tanah, meningkatkan keberadaan mikroorganisme, memperbaiki sifat kimia tanah termasuk pH tanah, serta menekan pertumbuhan mikroorganisme patogen.

Peningkatan daya hambat diduga berkaitan dengan peranannya sebagai substrat bagi mikroorganisme kitinolitik yang mampu menghasilkan enzim kitinase. Enzim tersebut dapat mendegradasi komponen kitin pada dinding sel cendawan patogen, sehingga

menghambat pertumbuhan koloni *C. capsici*. penambahan kitin juga diduga menstimulasi komunitas mikroorganisme kitinolitik di rizosfer yang menghasilkan enzim kitinase, sehingga berkontribusi terhadap penekanan pertumbuhan patogen. Aktivitas antifungal enzim kitinase

tersebut juga dilaporkan pada bakteri tanah *Streptomyces* yang mampu menghambat pertumbuhan berbagai macam cendawan melalui degradasi kitin pada dinding sel cendawan (Ekundayo *et al.*, 2022).

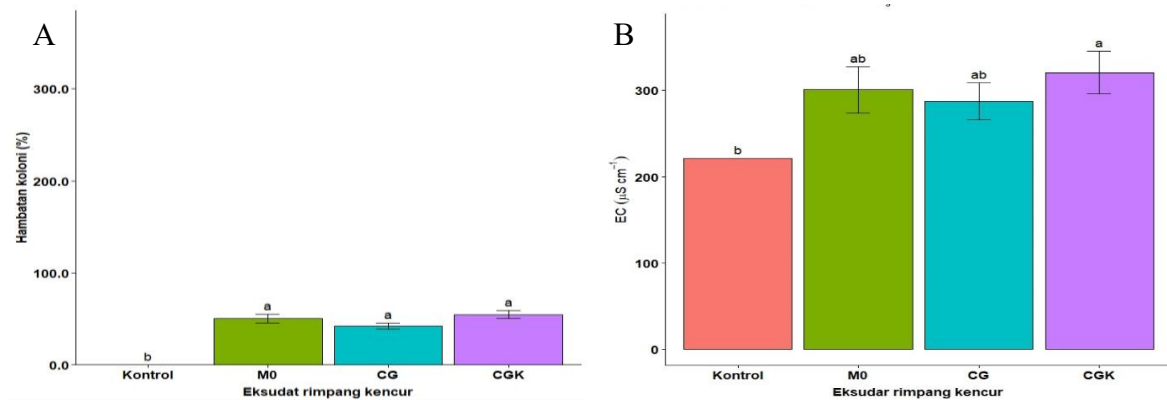


Gambar 2. Hambatan koloni *C. capsici* secara *in vitro*.

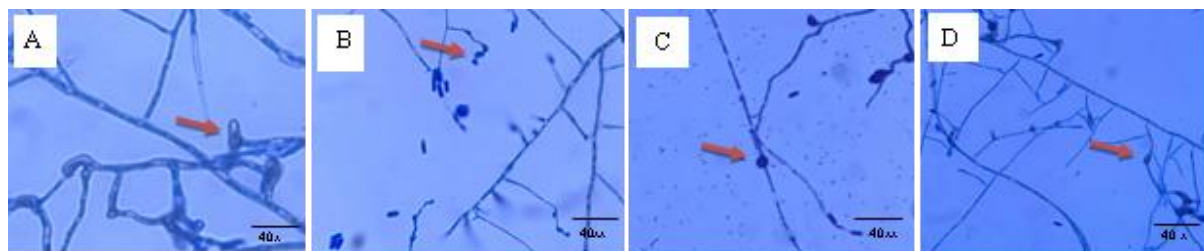
### Morfologi mikroskopis dan pengukuran nilai *Electrical Conductivity*

Daya hambat perlakuan dengan kitin pada *C. capsici*, tercermin dari peningkatan nilai EC dibandingkan dengan perlakuan lainnya (Gambar 3b). Analisis statistik menunjukkan bahwa perlakuan memberikan perbedaan yang

signifikan terhadap nilai EC ( $p < 0,05$ ). Hal ini mengindikasikan adanya kebocoran elektrolit akibat kerusakan membran sel. Pengamatan mikroskopis juga menunjukkan perubahan morfologi patogen yang stres dengan terbentuknya klamidiospora sebagai struktur bertahan hidup (Gambar 4).



Gambar 3. Pengujian *in vitro* mikrobioma supresif rimpang kencur terhadap antraknosa cabai. a) persentase hambatan koloni dan b) nilai EC.



Gambar 4. Klamidiospora dan kerusakan membrane sel *C. capsici* pada a) kontrol, b) MO, c) CG, dan d) CGK.

Karlina et al. (2024) melaporkan pada *Ganoderma boninense*, bahwa peningkatan nilai EC mencerminkan kerusakan membran dan kebocoran isi intraseluler akibat tekanan pertumbuhan. Sementara itu, Yuan et al. (2024) menunjukkan bahwa aktivitas kitinase dari mikrobioma antagonis dapat merusak membran sel *C. gloeosporioides*, sehingga meningkatkan konduktivitas listrik ekstraseluler. Kedua studi tersebut juga mengamati perubahan morfologi pada hifa berupa sel yang memendek, mengerut, terpelintir, menebal dan berbentuk tidak beraturan akibat tekanan pertumbuhan oleh mikrobioma antagonis.

## Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa mikrobioma supresif dari eksudat rimpang kencur berpotensi menekan pertumbuhan *C. capsica*, penyebab antraknosa pada cabai. Penambahan kitin meningkatkan aktivitas antagonistik dan nilai EC yang mengindikasikan kerusakan membran sel patogen. Temuan ini menegaskan peran stimulasi mikroorganisme kitinolitik sebagai pendekatan pengendalian hayati yang berpotensi dan lebih ramah lingkungan dalam pengelolaan penyakit antraknosa pada cabai.

## Ucapan Terima Kasih

Terima kasih penulis sampaikan kepada semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan artikel ini.

## Referensi

Andargie, Y. E., Lee, G. D., Jeong, M., Tagele, S. B., & Shin, J. H. (2023). Deciphering key factors in pathogen-suppressive microbiome assembly in the rhizosphere. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1301698. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1301698>

de Silva, D. D., Groenewald, J. Z., Crous, P. W., Ades, P. K., Nasruddin, A., Mongkolporn, O., & Taylor, P. W. J. (2019). Identification, prevalence and pathogenicity of *Colletotrichum* species causing anthracnose of *Capsicum annuum* in Asia. *IMA Fungus*, 10(1), 8. [y

Ehau-Taumaunu, H., & Hockett, K. L. \(2023\). Passaging phyllosphere microbial communities develop suppression towards bacterial speck disease in tomato. \*Phytobiomes Journal\*, 7\(2\), 233–243. <https://doi.org/10.1094/PBIOMES-05-22-0030-FI>

Ekundayo, F. O., Folorunsho, A. E., Ibisani, T. A., & Olabanji, O. B. \(2022\). Antifungal activity of chitinase produced by \*Streptomyces\* species isolated from grassland soils in Futa Area, Akure. \*Bulletin of the National Research Centre\*, 46\(1\), 95. <https://doi.org/10.1186/s42269-022-00782-4>

Fan, Y., Liu, J., Liu, Z., Hu, X., Yu, Z., Li, Y., Chen, X., Li, L., Jin, J., & Wang, G. \(2022\). Chitin amendments eliminate the negative impacts of continuous cropping obstacles on soil properties and microbial assemblage. \*Frontiers in Plant Science\*, 13, 1067618. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1067618>

Inderbitzin, P., Ward, J., Barbella, A., Solares, N., Izyumin, D., Burman, P., Chellemi, D. O., & Subbarao, K. V. \(2018\). Soil microbiomes associated with verticillium wilt-suppressive broccoli and chitin amendments are enriched with potential biocontrol agents. \*Phytopathology\*, 108\(1\), 31–43. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-07-17-0242-R>

Karlina, L., Suwandi, S., Fadli, R., Muslim, A., Hamidson, H., & Irsan, C. \(2025\). Metabolomic profiling and antifungal potential of turmeric \(\*Curcuma longa\*\) root exudate against \*Ganoderma boninense\*. \*Biodiversitas\*, 26\(7\), 3600–3609. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d260746>

Karlina, L., Suwandi, S., Muslim, A., Damiri, N., Rohim, A. M., & Negara, Z. P. \(2024\). Antifungal activity of turmeric rhizome extract against \*Ganoderma boninense\*. \*Journal of Scientific Agriculture\*, 8, 88–91. <https://doi.org/10.25081/jsa.2024.v8.9292>

Kim, H. I., Yoon, J. Y., & Ju, H. J. \(2025\). Diagnosis anthracnose of chili pepper using convolutional neural networks based deep learning models. \*Plant Pathology Journal\*, 41\(1\), 100–111. <https://doi.org/10.5423/PPJ.OA.11.2024.0>](https://doi.org/10.1186/s43008-019-0001-</a></p></div><div data-bbox=)

- 178
- Mariana, M., Liestiany, E., Cholis, F. R., & Hasbi, N. S. (2021). Penyakit antraknosa cabai oleh *Colletotrichum* sp. di lahan rawa Kalimantan Selatan. *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia*, 23(1), 30–36. <https://doi.org/10.31186/jipi.23.1.30-36>
- Pasche, J. M., Sawlani, R., Buttrós, V. H., Desaegeer, J., Garrett, K. A., & Martins, S. J. (2025). Underground guardians: how collagen and chitin amendments shape soil microbiome structure and function for *Meloidogyne enterolobii* control. *Microbiome*, 13(1), 141. <https://doi.org/10.1186/s40168-025-02132-8>
- Peralta-Ruiz, Y., Rossi, C., Grande-Tovar, C. D., & Chaves-López, C. (2023). Green management of postharvest anthracnose caused by *Colletotrichum gloeosporioides*. *Journal of Fungi*, 9(6), 623. <https://doi.org/10.3390/jof9060623>
- Pereira-Bazurdo, A. N., Cadavid-Restrepo, G. E., Arango-Isaza, R. E., & Moreno-Herrera, C. X. (2025). Assessment of microbial antagonistic activity and quorum sensing signal molecule (cyclopeptides-DKPs and N-acyl homoserine lactones) detection in bacterial strains obtained from avocado thrips (Thysanoptera: Thripidae). *Biotechnology Reports*, 45, e00866. <https://doi.org/10.1016/j.btre.2024.e00866>
- Rezaul Karim, K. M., Rafii, M. Y., Misran, A. B., Ismail, M. F. Bin, Harun, A. R., Khan, M. M. H., & Chowdhury, M. F. N. (2021). Current and prospective strategies in the varietal improvement of chilli (*Capsicum annuum* L.) specially heterosis breeding. *Agronomy*, 11(11), 1–15. <https://doi.org/10.3390/agronomy11112217>
- Sam-on, M. F. S., Mustafa, S., Yusof, M. T., Mohd Hashim, A., & Ku Aizuddin, K. N. A. (2024). Exploring the global trends of *Bacillus*, *Trichoderma* and entomopathogenic fungi for pathogen and pest control in chili cultivation. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 31(8), 104046. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2024.104046>
- Sari, N., & Kasiamdari, R. S. (2021). Identifikasi dan uji patogenesisitas *Colletotrichum* spp. dari cabai merah (*Capsicum annuum*): Kasus di Kricaan, Magelang, Jawa Tengah. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 26(2), 243–250. <https://doi.org/10.18343/jipi.26.2.243>
- Suwandi, S., Munandar, R. P., Suparman, S., Irsan, C., & Muslim, A. (2023). Mixed planting with rhizomatous plants interferes with *Ganoderma* disease in oil palm. *Journal of Oil Palm Research*, 35(2), 354–364. <https://doi.org/10.21894/jopr.2022.0043>
- Suwandi, S., Rahmadhani, T. P., Suparman, S., Irsan, C., & Muslim, A. (2022). Allelopathic potential of root exudates from perennial herbaceous plants against *Ganoderma boninense*. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 976(1), 012053. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/976/1/012053>
- Tasrif, A., Yuliar, Y., Sulistyowati, D., Krisnawati, E., Adirianto, B., & Sugiharti, D. (2024). Potential antagonists *Trichoderma viride* as biofungicide, plant spacing, and agricultural lime application to suppress anthracnose on chili. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*, 28(1), 46–57. <https://doi.org/10.22146/jpti.87342>
- Usman, H. M., Hussain, M. D., Karim, M. M., Nizamani, M. M., Mubeen, M., Hussain, S., Kamran, A., Wang, Y., & Liu, F.-Q. (2026). *Colletotrichum*: a versatile fungal genus with diverse infection strategies, host interactions, and management challenges. *Phytopathology Research*, 8(1), 6. <https://doi.org/10.1186/s42483-025-00391-9>
- Wen, T., Ding, Z., Thomashow, L. S., Hale, L., Yang, S., Xie, P., Liu, X., Wang, H., Shen, Q., & Yuan, J. (2023). Deciphering the mechanism of fungal pathogen-induced disease-suppressive soil. *New Phytologist*, 238(6), 2634–2650. <https://doi.org/10.1111/nph.18886>
- Yanty, D. P., Trizelia, T., Darnetty, D., & Trisno, J. (2024). Ability of *Beauveria bassiana* to suppress *Colletotrichum truncatum* and increase the growth of chili plants (*Capsicum annuum*). *Jurnal Proteksi Tanaman (Journal of Plant Protection)*, 8(1), 42–52.

- 
- <https://doi.org/10.25077/jpt.8.1.42-52.2024>
- Yin, C., Casa Vargas, J. M., Schlatter, D. C., Hagerty, C. H., Hulbert, S. H., & Paulitz, T. C. (2021). Rhizosphere community selection reveals bacteria associated with reduced root disease. *Microbiome*, 9(1), 86. <https://doi.org/10.1186/s40168-020-00997-5>
- Yuan, T., Hua, Y., Zhang, D., Yang, C., Lai, Y., Li, M., Ding, S., Li, S., & Chen, Y. (2024). Efficacy and antifungal mechanism of rosemary essential oil against *Colletotrichum gloeosporioides*. *Forests*, 15(2), 377. <https://doi.org/10.3390/f15020377>
- Yulianti, S., Suwandi, S., & Nurhayati, N. (2017). Kemampuan tumbuhan tera dalam menekan potensi inokulum *Rigidoporus microporus*. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*, 13(3), 81–88. <https://doi.org/10.14692/jfi.13.3.81>
- Zakaria, L. (2025). Plant pathogenic and endophytic *Colletotrichum fructicola*. *Microorganisms*, 13(7), 1465. <https://doi.org/10.3390/microorganisms13071465>
- Zhong, J., Liu, Q., Li, X., Zhang, Z., & Zhu, J. (2025). Biocontrol ability and possible mechanism of *Bacillus velezensis* LQ-03 against *Colletotrichum scovillei*, the pathogen of anthracnose on chili pepper. *Pest Management Science*, 81(10), 6102–6116. <https://doi.org/10.1002/ps.8930>