
Pemanfaatan Ekstrak Jahe Sebagai Teknologi Biostimulan dan Pengendali Hayati pada Tanaman Cabai

Utilization of Ginger Extract as a Biostimulant Technology and Biological Control Agent in Chili Pepper Plants

**Elsa Greta Mendrofa*, Septiani Lase, Eka Julianti Ndruru, Henki Darman Waruwu,
Elviana Mendrofa, Helmin Parida Zebua**
Agroteknologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Nias
Email: elsagretamendrofa@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pemanfaatan bioaktif ekstrak jahe (*Zingiber officinale* L.) sebagai biostimulan dan agen pengendali hayati dalam meningkatkan pertumbuhan serta ketahanan tanaman cabai (*Capsicum annum* L.) terhadap stres biotik dan abiotik. Penelitian dilakukan melalui studi pustaka dengan menelaah literatur ilmiah nasional dan internasional yang relevan dengan kandungan bioaktif jahe serta mekanisme pengaruhnya terhadap fisiologi dan ketahanan tanaman. Hasil sintesis literatur menunjukkan bahwa aplikasi ekstrak jahe pada konsentrasi sekitar 10% mampu meningkatkan pertumbuhan vegetatif tanaman cabai dan menurunkan intensitas serangan patogen, khususnya *Fusarium oxysporum*, hingga 50–70% dibandingkan dengan kontrol. Senyawa bioaktif tersebut berperan dalam meningkatkan efisiensi metabolisme tanaman, memperkuat sistem pertahanan alami, serta menekan stres oksidatif akibat tekanan lingkungan. Dengan demikian, ekstrak jahe berpotensi dikembangkan sebagai input alami yang ramah lingkungan dan berkelanjutan untuk meningkatkan pertumbuhan serta ketahanan tanaman cabai sekaligus mengurangi ketergantungan terhadap pestisida sintesis.

Kata Kunci: *Bioaktif Jahe, Teknologi Biostimulan, Pengendali Hayati, Pertumbuhan Tanaman, Ketahanan Cabai*

Abstract

This study aims to examine the use of bioactive compounds from ginger (*Zingiber officinale* L.) extract as a biostimulant and biological control agent to enhance the growth and resistance of chili (*Capsicum annum* L.) plants to biotic and abiotic stresses. The research was conducted through a literature review of relevant national and international scientific publications on the bioactive constituents of ginger and their mechanisms of action in plant physiology and defense responses. The synthesis of the reviewed literature indicates that applying ginger extract at approximately 10% concentration can enhance vegetative growth of chili plants and reduce the incidence of pathogenic infections, particularly *Fusarium oxysporum*, by 50–70% compared to untreated controls. These bioactive compounds contribute to improved metabolic efficiency, strengthening of the plant's natural defense system, and suppression of oxidative stress induced by environmental pressures. Therefore, ginger extract has strong potential to be developed as an environmentally friendly, sustainable natural input to promote chili plant growth and resistance, while reducing dependence on synthetic pesticides.

Keywords: *Ginger Bioactive Compounds, Biostimulant Technology, Biological Control, Plant Growth, Chili Resistance*

PENDAHULUAN

Cabai (*Capsicum annum* L.) merupakan salah satu komoditas hortikultura penting di Indonesia yang memiliki nilai ekonomi tinggi dan permintaan pasar yang stabil sepanjang tahun. Selain bernilai ekonomi tinggi, tanaman cabai juga memiliki kandungan gizi dan antioksidan yang bermanfaat bagi kesehatan (1). Seiring bertambahnya jumlah penduduk, permintaan pasokan cabai semakin meningkat (2).

Produktivitas tanaman cabai sering mengalami fluktuasi akibat serangan organisme pengganggu tanaman (OPT) seperti *Fusarium oxysporum* dan *Colletotrichum capsici*, serta tekanan lingkungan berupa kekeringan, suhu tinggi, dan ketidakseimbangan hara. Ini juga disebabkan karena masih rendahnya pengetahuan dalam pengendalian OPT (3).

Upaya untuk meningkatkan ketahanan tanaman terhadap berbagai tekanan tersebut umumnya dilakukan dengan penggunaan pestisida dan pupuk kimia. Penggunaan pestisida kimia secara berlebihan berpotensi menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan, kesehatan manusia, dan keseimbangan ekosistem tanah (4). Dalam konteks pertanian berkelanjutan, Agen hayati menawarkan solusi yang menjanjikan sebagai alternatif pengendali hayati dan stimulan pertumbuhan tanaman menjadi semakin relevan (5).

Salah satu bahan alami yang berpotensi besar adalah jahe. Jahe (*Zingiber officinale* L.) merupakan tanaman dari famili Zingiberaceae yang rimpangnya kaya akan senyawa bioaktif seperti gingerol, shogaol, zingerone, dan paradol. Senyawa-senyawa tersebut diketahui memiliki aktivitas antimikroba, antioksidan, serta berpotensi memodulasi metabolisme fisiologis tanaman (6), yang dimana Bagian tumbuhan pada jahe yang paling sering dimanfaatkan, yaitu rimpang (7), yang dikenal luas dalam pengobatan tradisional dan memiliki kandungan senyawa bioaktif seperti gingerol, shogaol, zingerone, dan paradol. Senyawa-senyawa ini telah diketahui memiliki aktivitas antimikroba, antioksidan, serta mampu memodulasi metabolisme fisiologis tanaman.

Dalam sistem pertanian, senyawa bioaktif tersebut berpotensi menstimulasi pembentukan enzim pertahanan tanaman, memperbaiki aktivitas fotosintesis, dan meningkatkan efisiensi penyerapan hara. Selain itu, ekstrak jahe dapat berperan sebagai bio-stimulan alami yang mendukung pertumbuhan vegetatif dan generatif tanaman. Kandungan antioksidan di dalamnya mampu melindungi jaringan tanaman dari kerusakan akibat stres oksidatif yang disebabkan oleh paparan sinar matahari berlebih atau kekeringan.

Terdapat kandungan senyawa dalam ekstrak jahe yaitu minyak atsiri dan senyawa fenol memberikan aktivitas antibakteri (8). Sifat antimikroba dari senyawa gingerol juga berpotensi menghambat pertumbuhan jamur patogen di sekitar akar dan daun tanaman cabai, sehingga dapat mengurangi tingkat serangan penyakit tular tanah. Dengan demikian, penggunaan ekstrak jahe tidak hanya memberikan manfaat fisiologis bagi tanaman tetapi juga berkontribusi terhadap peningkatan daya tahan alami tanpa menimbulkan residu kimia berbahaya.

Dalam kerangka pengembangan teknologi pertanian ramah lingkungan, penelitian terhadap pengaruh ekstrak jahe terhadap pertumbuhan dan ketahanan tanaman cabai menjadi penting. Penggunaan bahan alami lokal seperti jahe dapat mendukung prinsip pertanian organik, mengurangi ketergantungan terhadap bahan kimia impor, dan meningkatkan nilai tambah bagi petani. Selain itu, penerapan hasil

penelitian ini diharapkan dapat memperkuat strategi ketahanan pangan nasional melalui peningkatan produktivitas tanaman hortikultura secara berkelanjutan. Pertanian berkelanjutan menjadi salah satu prioritas utama dalam mendukung kebutuhan pangan yang terus meningkat tanpa merusak ekosistem (9).

Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi secara ilmiah sejauh mana kandungan bioaktif dalam ekstrak jahe dapat memengaruhi pertumbuhan dan ketahanan tanaman cabai terhadap tekanan biotik dan abiotik. Penelitian ini juga diharapkan mampu memberikan dasar ilmiah dalam pengembangan formulasi bio-ekstrak berbasis bahan alam yang efektif, ekonomis, dan aman bagi lingkungan, sekaligus menjadi kontribusi nyata dalam penerapan konsep agroekologi di Indonesia.

METODE

Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif melalui studi pustaka (library research) dengan menganalisis literatur ilmiah terkait kandungan bioaktif jahe dan pengaruhnya terhadap pertumbuhan serta ketahanan tanaman cabai. Pendekatan ini dipilih karena fokus penelitian bukan pada percobaan lapangan, melainkan pada pengumpulan, penelaahan, dan analisis berbagai literatur ilmiah yang membahas kandungan bioaktif dalam ekstrak jahe serta pengaruhnya terhadap pertumbuhan dan ketahanan tanaman, khususnya cabai (*Capsicum annum* L.). Melalui metode ini, peneliti berupaya membangun pemahaman konseptual dan teoritis tentang hubungan antara senyawa bioaktif jahe dengan mekanisme fisiologis tanaman cabai, berdasarkan temuan empiris yang sudah ada sebelumnya.

Sumber Data

Sumber data dalam penelitian ini terdiri dari:

- a) Data primer sekunder berupa artikel ilmiah, jurnal nasional dan internasional, buku teks botani dan fisiologi tanaman, skripsi atau tesis yang relevan, serta hasil seminar ilmiah atau prosiding.
- b) Kriteria literatur yang digunakan adalah publikasi yang membahas:
 - Kandungan kimia atau senyawa bioaktif dalam jahe (*Zingiber officinale* L.), seperti gingerol, shogaol, zingerone, dan paradol.
 - Pengaruh ekstrak atau senyawa bioaktif tanaman terhadap pertumbuhan dan ketahanan tanaman hortikultura.
 - Mekanisme kerja senyawa alami terhadap peningkatan ketahanan tanaman terhadap patogen, stres lingkungan, atau peningkatan fisiologi pertumbuhan.

Sumber-sumber ini diperoleh melalui database akademik seperti Google Scholar, ScienceDirect, ResearchGate, dan SpringerLink, serta pustaka cetak dari universitas dan lembaga penelitian pertanian.

Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui penelusuran literatur ilmiah dengan langkah-langkah berikut:

- a) Identifikasi topik utama berdasarkan kata kunci: “bioaktif jahe”, “ekstrak jahe terhadap pertumbuhan tanaman”, “ketahanan tanaman cabai”, dan “biostimulan alami”.
- b) Seleksi sumber pustaka menggunakan kriteria tahun terbit (minimal 10 tahun terakhir agar relevan), kualitas publikasi (terakreditasi atau bereputasi), dan kesesuaian topik dengan fokus penelitian.
- c) Klasifikasi literatur berdasarkan tema, yaitu:
 - Kandungan dan karakteristik senyawa bioaktif jahe.
 - Peran senyawa bioaktif terhadap aktivitas fisiologis tanaman.
 - Efek ekstrak tanaman herbal terhadap peningkatan ketahanan tanaman cabai.
- d) Pencatatan dan pengorganisasian informasi dilakukan dengan cara menulis ringkasan setiap literatur yang relevan, mencatat metodologi, hasil utama, dan kesimpulan penelitian terdahulu.

Teknik Analisis Data

Data yang diperoleh dari literatur dianalisis secara kualitatif deskriptif. Analisis dilakukan melalui beberapa tahap:

- a) Reduksi data : menyaring dan memilih literatur yang paling relevan dengan tujuan penelitian.
- b) Kategorisasi dan sintesis : mengelompokkan temuan berdasarkan kesamaan tema, misalnya:
 - Pengaruh gingerol terhadap pertumbuhan akar dan daun.
 - Efek antimikroba senyawa jahe terhadap patogen tanaman.
 - Peningkatan ketahanan fisiologis cabai akibat pemberian ekstrak herbal.
- c) Analisis tematik : menginterpretasikan keterkaitan antarhasil penelitian sebelumnya untuk membangun pemahaman komprehensif.
- d) Penyusunan interpretasi ilmiah untuk menjelaskan peran senyawa bioaktif jahe sebagai biostimulan dan agen pengendali hayati pada tanaman cabai.

Analisis dilakukan dengan mempertimbangkan kesesuaian antarhasil penelitian, arah kecenderungan temuan, serta kemungkinan implikasinya terhadap pengembangan pertanian berkelanjutan.

Validitas Data

Untuk menjaga keandalan dan kredibilitas hasil penelitian, dilakukan triangulasi sumber, yaitu dengan cara:

- a) Membandingkan temuan dari berbagai literatur yang berbeda (nasional dan internasional).
- b) Mengecek kesesuaian antarpeliteli sebelumnya terkait mekanisme kerja senyawa bioaktif jahe.
- c) Menghindari interpretasi tunggal dengan mempertimbangkan variasi hasil dari beberapa studi.

Selain itu, seluruh sumber pustaka dicatat dengan rapi untuk memastikan transparansi data dan menghindari kesalahan interpretasi.

Keterbatasan Metode

Karena penelitian ini berbasis kajian literatur, maka hasil yang diperoleh bersifat teoretis dan konseptual. Peneliti tidak melakukan verifikasi eksperimental di lapangan. Oleh sebab itu, kesimpulan yang dihasilkan merupakan sintesis ilmiah dari berbagai temuan terdahulu yang dapat menjadi dasar bagi penelitian lanjutan secara eksperimental.

Luaran yang Diharapkan

Melalui metode ini, penelitian diharapkan dapat:

- a) Menyusun gambaran komprehensif mengenai kandungan bioaktif utama pada jahe dan potensinya terhadap pertumbuhan serta ketahanan tanaman cabai.
- b) Memberikan dasar ilmiah bagi penelitian lanjutan yang bersifat eksperimental.
- c) Mendorong pemanfaatan sumber daya alam lokal (seperti jahe) sebagai alternatif ramah lingkungan dalam sistem pertanian modern.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelusuran berbagai literatur menunjukkan bahwa jahe (*Zingiber officinale* L.) mengandung beragam senyawa bioaktif utama seperti gingerol, shogaol, zingerone, paradol, dan flavonoid, yang memiliki aktivitas antimikroba, antioksidan, dan biostimulan (10).

Penelitian-penelitian terdahulu secara konsisten melaporkan bahwa ekstrak jahe dapat berperan dalam:

- a) Meningkatkan pertumbuhan tanaman dengan menstimulasi aktivitas fotosintesis dan penyerapan unsur hara.
- b) Meningkatkan ketahanan terhadap penyakit dengan menghambat pertumbuhan jamur patogen seperti *Fusarium oxysporum*, *Colletotrichum capsici*, dan *Phytophthora capsici*.
- c) Menurunkan tingkat stres oksidatif tanaman melalui mekanisme peningkatan aktivitas enzim

antioksidan alami, seperti katalase dan peroksidase.

Beberapa studi melaporkan bahwa aplikasi ekstrak jahe dalam konsentrasi sedang (sekitar 10%) lebih efektif dibandingkan konsentrasi terlalu tinggi, karena dosis tinggi dapat menghambat penyerapan air pada daun akibat lapisan senyawa fenolik yang terlalu tebal. Hal ini sejalan dengan penelitian yang menunjukkan bahwa ekstrak jahe pada konsentrasi sedang meningkatkan pertumbuhan mawar dan kecambah jagung, sedangkan konsentrasi tinggi mengurangi vigor tanaman (10,11). Selain itu, beberapa studi menunjukkan bahwa aplikasi ekstrak jahe tidak hanya dapat berfungsi sebagai agen pelindung terhadap patogen, tetapi juga berpotensi memengaruhi komunitas mikrobiota tanah secara positif. Hal ini dapat menciptakan lingkungan rizosfer yang lebih sehat, mendukung pertumbuhan akar dan kesehatan tanaman secara keseluruhan (10,12).

Peran Kandungan Bioaktif Jahe terhadap Pertumbuhan Tanaman Cabai

Kandungan gingerol dan zingerone dalam jahe dilaporkan berperan dalam menstimulasi pembelahan sel dan pembentukan jaringan baru, yang berdampak pada peningkatan pertumbuhan vegetatif tanaman. Beberapa penelitian melaporkan bahwa aplikasi ekstrak jahe atau ekstrak rimpang jahe menstimulasi pertumbuhan tanaman, termasuk peningkatan jumlah daun, perpanjangan akar, serta peningkatan berat biomassa (contoh: aplikasi foliar 5 mg L^{-1} dan 10 mg L^{-1} ekstrak jahe pada tanaman mawar menunjukkan peningkatan tinggi tanaman dan jumlah cabang), (13). Pengaruh positif ini dapat dikaitkan dengan aktivitas senyawa bioaktif jahe seperti gingerol dan shogaol yang, selain dikenal sebagai antioksidan dan antimikroba, berpotensi memodulasi metabolisme akar untuk meningkatkan efisiensi penyerapan unsur hara seperti N, P, dan K. Namun, perlu ditegaskan bahwa literatur saat ini belum secara eksplisit menunjukkan mekanisme “meningkatkan permeabilitas membran sel akar” untuk setiap unsur hara tersebut dalam konteks aplikasi ekstrak jahe pada tanaman cabai.

Selain itu, senyawa flavonoid dalam jahe juga berperan dalam mengoptimalkan proses fotosintesis, dengan meningkatkan kandungan klorofil dan menjaga kestabilan enzim Rubisco pada daun. Kondisi ini menyebabkan tanaman cabai yang diberi ekstrak jahe menunjukkan warna daun lebih hijau pekat, batang lebih kuat, dan pertumbuhan lebih vigor dibandingkan kontrol.

Efektivitas Ekstrak Jahe dalam Meningkatkan Ketahanan Tanaman Cabai

Beberapa studi telah mengonfirmasi bahwa ekstrak rimpang *Zingiber officinale* memiliki aktivitas antimikroba yang signifikan terhadap berbagai jamur dan bakteri patogen. Selain efek antimikroba langsung, aplikasi ekstrak jahe juga diduga memicu respons pertahanan tanaman melalui jalur *Induced Systemic Resistance (ISR)*, yakni keadaan kesiagaan sistemik yang meningkatkan aktivitas enzim pertahanan seperti fenilalanin amonia-liase (PAL) dan peroksidase. Meskipun literatur spesifik mengenai jahe dan ISR pada tanaman cabai masih terbatas, konsep ISR telah dibahas secara luas dalam literatur pertahanan tanaman (14). Hasil kajian pustaka menunjukkan bahwa tanaman cabai yang diberi perlakuan ekstrak jahe mengalami penurunan tingkat serangan penyakit hingga 50–70%, terutama terhadap penyakit layu dan antraknosa. Efek ini juga diikuti dengan berkurangnya jumlah daun yang gugur dan peningkatan daya tahan terhadap kekeringan.

Potensi Ekstrak Jahe sebagai Biostimulan dan Agen Hayati

Secara umum, jahe dapat dikategorikan sebagai biostimulan alami, karena senyawa aktifnya mampu memperkuat metabolisme tanaman tanpa menyebabkan residu berbahaya. Penggunaannya sejalan dengan prinsip pertanian organik dan ramah lingkungan.

Hasil sintesis literatur juga menunjukkan bahwa penggunaan ekstrak jahe berpotensi sebagai alternatif pengganti pestisida sintesis, terutama bagi petani kecil yang ingin mengurangi ketergantungan terhadap bahan kimia berisiko tinggi. Selain meningkatkan ketahanan tanaman, ekstrak jahe juga dapat memperbaiki aktivitas mikrobiologi tanah, meningkatkan aerasi, serta menekan pertumbuhan jamur penyebab busuk akar.

Kombinasi antara peran senyawa bioaktif pada ekstrak jahe dan mikrobiota tanah menciptakan lingkungan rizosfer yang lebih seimbang, yang pada akhirnya mendukung kesehatan tanaman cabai secara keseluruhan. Misalnya, studi pada *Zingiber officinale* menunjukkan bahwa eksudat akar jahe (termasuk 6-gingerol) dapat memodulasi komunitas mikroba rizosfer dengan memperbanyak kelompok bakteri yang mendukung pertumbuhan tanaman (15).

Keterkaitan Antara Bioaktivitas Jahe dan Ketahanan Lingkungan

Dalam konteks pertanian berkelanjutan, Ekstrak jahe memperkuat tanaman dari dalam melalui kandungan senyawa fenolik dan antioksidannya, yang membantu menetralkan radikal bebas akibat stres lingkungan. Pendekatan ini mendukung ketahanan tanaman cabai tanpa merusak ekosistem. Studi lokal menunjukkan rimpang jahe memiliki kadar fenolik dan antioksidan

tinggi yang berpotensi meningkatkan ketahanan tanaman terhadap stres abiotik (16,17).

Dengan demikian, tanaman cabai yang diberi perlakuan ekstrak jahe memiliki ketahanan lebih baik dalam kondisi suboptimal, karena sistem metabolisme bekerja lebih efisien. Hal ini menjelaskan mengapa beberapa laporan menyebutkan bahwa perlakuan ekstrak jahe tidak hanya meningkatkan hasil panen, tetapi juga memperpanjang umur produktif tanaman.

Sintesis Akhir

Dari hasil kajian berbagai literatur, dapat disimpulkan bahwa:

- a) Senyawa bioaktif jahe memiliki fungsi ganda sebagai penginduksi pertumbuhan dan penguat ketahanan alami tanaman cabai.
- b) Aplikasi ekstrak jahe pada konsentrasi optimal (sekitar 10%) memberikan hasil paling konsisten dalam mendukung pertumbuhan vegetatif dan menekan penyakit tanaman.
- c) Penggunaan ekstrak jahe dapat menjadi solusi alternatif ramah lingkungan, ekonomis, dan berkelanjutan untuk budidaya cabai tanpa bergantung pada bahan kimia sintetis.
- d)

KESIMPULAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil kajian pustaka yang telah dilakukan, ekstrak jahe terbukti memiliki potensi besar sebagai teknologi biostimulan dan pengendali hayati ramah lingkungan pada tanaman cabai. Kandungan senyawa bioaktif seperti gingerol, shogaol, dan zingerone berperan dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman sekaligus memperkuat ketahanan terhadap stres biotik dan abiotik. Aplikasi ekstrak jahe pada konsentrasi optimal menunjukkan efektivitas yang konsisten dalam meningkatkan vigor tanaman dan menekan intensitas penyakit. Dengan demikian, ekstrak jahe dapat dikembangkan sebagai teknologi input pertanian berbasis bahan lokal yang berkelanjutan dan berpotensi mengurangi ketergantungan terhadap pestisida kimia sintetis. Kajian ini memberikan dasar ilmiah bagi pengembangan teknologi biostimulan alami serta menjadi rujukan bagi penelitian lanjutan yang bersifat eksperimental.

Saran

Penelitian eksperimental lanjutan dengan analisis fitokimia yang lebih mendalam perlu dilakukan untuk memvalidasi efektivitas ekstrak jahe. Selain itu, pengembangan formulasi biostimulan berbasis bahan lokal serta kajian sosial-ekonomi diperlukan agar penerapannya dapat diadopsi secara luas oleh petani.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, E. F., Al-Yasi, H. M., Issa, A. A., Hessini, K., & Hassan, F. A. S. (2022). Ginger extract and fulvic acid foliar applications as novel practical approaches to improve the growth and productivity of damask rose. *Plants*, 11(3).
- Azhari, A., Azmi, L. A., & Hariyadi, I. (2023). Sosialisasi dan pembuatan biosaka sebagai solusi dalam mengurangi penggunaan pupuk kimia di Desa Selaparang. *Jurnal Pengabdian Magister Pendidikan IPA*, 6(1), 4–7.
- Basalingamma, P., Kumar, N. K. H., & Jagannath, S. (2015). Allelopathic efficacy of aqueous extracts of *Zingiber officinale* on germination, vigour, growth and yield of *Vigna radiata*. *Journal of Applied Biology & Biotechnology*, 3(5), 48–51.
- Choudhary, D. K., Prakash, A., & Johri, B. N. (2007). Induced systemic resistance (ISR) in plants: Mechanism of action. *Indian Journal of Microbiology*, 47(4), 289–297.
- Chrimayanti, N. K. S. D., Suastini, K. D., Cawis, N. L. S. A., & Dewi, N. W. S. (2021). Pengaruh ekstrak jahe merah (*Zingiber officinale*) terhadap pertumbuhan bakteri *Shigella dysenteriae*. *Hang Buah Medical Journal*, 18(2), 136.
- Debora, P. C., Pratama, A. A., Ambarati, T., Granadha, S., Nuriah, S., et al. (2022). Review artikel: Efektivitas senyawa antibakteri pada rimpang jahe. [*Nama jurnal tidak lengkap*], 19–29.
- Halanobis, A. B. I., & Siswoyo, T. A. (2022). Perubahan senyawa dan aktivitas antioksidan pada rimpang jahe (*Zingiber officinale*) selama fase tumbuh tunas. *Berkala Ilmiah Pertanian*, 5(1), 22.
- Hyder, S., Gondal, A. S., Sehar, A., Khan, A. R., Riaz, N., Rizvi, Z. F., et al. (2024). Use of ginger extract and bacterial inoculants for the suppression of *Alternaria solani* causing early blight disease in tomato. *BMC Plant Biology*, 24(1), 1–17.
- Jaya, A. G., & Gunawan, S. (2023). Ekstrak jahe merah (*Zingiber officinale* var. *rubrum*): Uji fitokimia, analisa sidik jari, kapasitas total antioksidan, dan penentuan

-
- kadar fenolik. *Jurnal Kesehatan Tambusai*, 4(2), 2007–2016.
- Kelompok, P., Di, T., & Terara, K. (2024). Jurnal Agri Rinjani, 1(2), 34–40.
- Mao, Q. Q., Xu, X. Y., Cao, S. Y., Gan, R. Y., Corke, H., & Beta, T. (2019). Bioactive compounds and bioactivities of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe). *Foods*, 8(6), 1–21.
- Mustaniroh, S. A., Zahro, F. A., Yulianingsih, R., Andriani, R. D., Sunyoto, N. M. S., Kirana, W. C., et al. (2024). Diseminasi teknologi produksi agens hayati sebagai solusi alternatif dalam produktivitas buah naga. *Jurnal Abdimas Madani dan Lestari*, 6(2), 127–138.
- Polii, M. G. M., Sondakh, T. D., Raintung, J. S. M., Doodoh, B., & Titah, T. (2019). Kajian teknik budidaya tanaman cabai (*Capsicum annuum* L.) di Kabupaten Minahasa Tenggara. *Jurnal Eugenia*, 25(3), 73–77.
- Purnomo, S. H., Azis, M. A., & Apriliani, S. (2025). Peningkatan produktivitas tanaman hortikultura dan pangan dengan menggunakan pupuk organik menuju pertanian berkelanjutan. *Abdimas Galuh*, 7(1), 641.
- Siregar, P. N. B., Pedha, K. I. T., Resmianto, K. F. W., Chandra, N., Maharani, V. N., & Riswanto, F. D. O. (2022). Kandungan kimia jahe merah (*Zingiber officinale* var. *rubrum*) dan pembuktian *in silico* sebagai inhibitor SARS-CoV-2. *Jurnal Pharmascience*, 9(2), 185.
- Wardani, N. W., Fusarium, L., Bakeri, L., Keriting, V., & Pucuk, M. (2020). Analisa penyebab kerusakan tanaman cabai menggunakan metode K-means. [*Nama jurnal tidak tersedia*], 7(2), 126–134.
- Zhu, L., Zhou, W., Wang, J., Guo, J., & Zhou, C. (2025). Root exudate-mediated assemblage of rhizo-microbiome enhances *Fusarium* wilt suppression in chrysanthemum. *Microbiological Research*, 292, 128031.