

Potential of Endophytic Bacteria as Biocontrol of *Colletotrichum coffeanum* F.Noack Fungus Causing Anthracnose in Arabica Coffee (*Coffea arabica* L.) in Vitro

Bagus Setiawan¹ & Kabul Warsito^{1*}

¹Program Studi Agroteknologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Pembangunan Panca Budi, Medan, Sumatera Utara, Indonesia;

Article History

Received : July 22th, 2025

Revised : August 12th, 2025

Accepted : August 14th, 2025

*Corresponding Author:

Kabul Warsito, Program Studi Agroteknologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Pembangunan Panca Budi, Medan, Sumatera Utara, Indonesia;

Email:

kabulwarsito@dosen.pancabudi.ac.id

Abstract: Indonesia is the fourth largest coffee producing country in the world. However, Indonesian coffee production has decreased due to disease caused by *Colletotrichum coffeanum* F.Noack. This research aimed to utilize endophytic bacteria as biocontrol to inhibit growth and development of *Colletotrichum coffeanum* F.Noack.. The endophytic bacteria used came from the isolation of Arabica coffee plant stems. The isolation results obtained were 5 isolates with different characteristics. Based on the results of the antagonist test, there are 2 out of 5 endophytic isolates that have the potential to inhibit pathogen growth. The results of the largest inhibition zone were 17,18mm in Sp.BS2 and the results of the smallest inhibition zone were 14,98 mm in Sp.BS5. In the growth rate of endophytic bacteria, the largest value is 351×10^{15} in isolate Sp.BS5 in 48 hours and the smallest value is 8×10^5 in isolate Sp.BS5 in 6 hours. In the IAA (Indole Acetic Acid) test results, the largest value is 66.36 ppm in treatment P1J3 (pH 6.5; 72 hours) and the smallest value is 26.89 ppm in treatment P3J3 (pH 7.5; 72 hours). The results of these values indicate that endophytic bacterial isolates from Arabica coffee plant stems have the potential to inhibit the growth of *Colletotrichum coffeanum* F.Noack.

Keywords: Arabica coffee, *Colletotrichum coffeanum*, Endophytic bacteria.

Pendahuluan

Sektor kopi berperan penting bagi pertumbuhan ekonomi di Indonesia, menjadikannya sebagai sumber mata pencaharian bagi jutaan petani dan pelaku usaha yang bergerak dibidang perkopian. Pada 2016 nilai ekspor kopi Indonesia mencapai 1,01 miliar USD atau 3,94% dari nilai eksportir komoditas perkebunan lainnya, menjadikan Indonesia eksportir kopi terbesar keempat didunia setelah Kolombia, Vietnam dan Brazil (Jamil, 2019). Tahun 2021 sampai 2022, jumlah ekspor kopi Indonesia meningkat sebesar 12,99% dari 387,26 ribu ton menjadi 437,56 ribu ton dan sebesar 33,765%, dari nilai 858,56 juta USD menjadi 1.148,38 juta USD (Ramadhana et al., 2024).

Namun, sektor kopi menghadapi tantangan serius yang mengancam keberlanjutan produksi, khususnya serangan penyakit tanaman seperti antraknosa yang disebabkan oleh jamur *C. coffeanum* F.Noack dan penyakit lainnya seperti

bercak daun, busuk akar, dan hama yang menurunkan produksi kopi sehingga upaya pengendalian penyakit tanaman kopi menjadi sangat penting (Windiawan & Suharso, 2021).

C. coffeanum F.Noack adalah patogen penyebab antraknosa pada tanaman kopi (Mayasari et al., 2022), patogen ini menginfeksi buah kopi saat di lapangan maupun pascapanen (Situmorang et al., 2024). Gejala serangan Jamur *C. coffeanum* F.Noack pada buah kopi ditandai dengan bercak coklat, sehingga menyebabkan buah kering dan membusuk, sehingga mengurangi hasil panen pada musim hujan sebesar 80% dan pada musim kemarau berkisar antara 20-35% (Febriza et al., 2024).

Beberapa upaya telah dilakukan dalam mengendalikan penyakit tanaman kopi dari pengendalian kimiawi yang berpotensi merusak lingkungan menuju pengendalian alami yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan (Ginting et al., 2024a). Salah satu pengendalian yang semakin menarik perhatian adalah

pemanfaatan bakteri endofit dalam pengendalian penyakit tanaman kopi (Suprihanto et al., 2022).

Bakteri endofit adalah bakteri yang berperan penting sebagai antivirus, antipatogen dan antibakteri bagi tanaman. Bakteri ini tumbuh dan berkembang pada jaringan tanaman sehingga bisa dimanfaatkan sebagai agens biologi pengendali penyakit tanaman (Sari et al., 2023). Bakteri endofit juga berperan sebagai fiksasi unsur N, peningkat induksi ketahanan tanamann dan zat pengatur pertumbuhan atau ZPT (Wahyuni et al., 2022). Hal tersebut diperkuat oleh penelitian Warsito et al., (2024a) menjelaskan bahwa bakteri endofit sangat efektif menghambat pertumbuhan penyakit pada tanaman kopi arabika yang disebabkan oleh jamur upas yang diisolasi dari tanah Kabupaten Karo.

Waktu dan tempat

Penelitian dilakukan pada bulan Desember 2024 sampai Juni 2025, di Laboratorium Mikrobiologi Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Pembangunan Panca Budi, Medan.

Alat dan Bahan

Penelitian ini menggunakan isolat bakteri endofit hasil isolasi dari batang tanaman kopi arabika dari Desa Aek Sabaon, Kec. Marancar, Kabupaten Tapanuli Selatan, Sumatera Utara. Alat yang digunakan yaitu spektrofotometer UV-Vis, shaker, tabung reaksi, mikropipet, jarum ose, pinset, timbangan digital, bunsen, incubator, autoklaf, LAF(laminar air flow), dan cawan petri.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu isolat bakteri endofit, Nutrient Agar (NA), Nutrient Broth (pH 6,5; pH 7,0; dan pH 7,5), Potato Dextrose Agar (PDA), NaCl 0,9 %, alkohol 70 %, aquadest steril, kapas, tisu, NaOH, dan Reagen Salkowski.

Metode penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimental dengan metode Rancangan Acak Lengkap (RAL) non Faktorial, untuk menguji kemampuan antagonis isolat bakteri endofit terhadap jamur *C. coffeanum* F.Noack secara in vitro.

Prosedur penelitian

Isolasi bakteri endofit

Isolasi bakteri endofit diperoleh dari batang atau cabang tanaman kopi arabika. Sebelum melakukan isolasi, terlebih dahulu

dilakukan sterilisasi pada batang tanaman kopi dengan direndam ke dalam larutan natrium klorida (NaCl) 0,9% steril, kemudian sampel dibelah dua dalam kondisi steril dan diletakkan pada media NA steril, dan diinkubasi pada suhu ruang untuk mengamati pertumbuhan koloni bakteri.

Karakterisasi bakteri endofit

Karakterisasi dilakukan dengan mengidentifikasi bakteri berdasarkan bentuk, tepi, warna dan elevasi koloni bakteri (Eryah et al., 2023). Sampel bakteri diinokulasi dengan metode gores menggunakan jarum ose pada media NA steril, kemudian diinkubasi dengan suhu 37°C selama 48 jam (Kurniawan et al., 2021) dan diamati morfologi makroskopisnya seperti warna, bentuk, tepi dan ukuran koloni. Isolat bakteri endofit kemudian disimpan sebagai stok kultur murni didalam freezer (Aglinia et al., 2020). Karakterisasi morfologi sel bakteri yang diamati meliputi bentuk sel dan penataan sel (Fitri et al., 2023)

Uji antagonisme

Uji antagonisme *C. coffeanum* F.Noack dengan isolat bakteri endofit dilakukan dengan metode dual culture (Kristianingrum et al., 2024). Isolat *C. coffeanum* F.Noack diletakkan di tengah media PDA steril dengan ukuran 0.5 cm, dan bakteri uji diletakkan pada sisi patogen dengan jarak 1 cm. Pengujian berlangsung selama 14 hari dan pengamatan setiap 2 hari sekali terhadap zona hambatan. Perhitungan persentase hambatan dapat dihitung dengan menggunakan rumus [1].

$$\text{PIRG}(\%) = \frac{R1 - R2}{R1} \times 100\% \quad [1]$$

Keterangan :

PIRG = *Percentacce Inhibition of Radial Growth* (% hambatan)

R1 = Diameter *C. coffeanum* F.Noack tanpa antagonis (kontrol)

R2 = Diameter *C. coffeanum* F.Noack dengan antagonis

Laju pertumbuhan sel bakteri endofit

Laju pertumbuhan bakteri endofit dilakukan dengan metode pengenceran. Pengujian dilakukan dengan cara mengambil 1 ose stok kultur bakteri pada media NA dan dimasukkan ke dalam media NB steril sebanyak 25 ml dan dihomogenkan dengan shaker pada

range kecepatan putar sebesar 200 rpm selama 6, 12, 18, 24, 36 dan 48 jam. Selanjutnya, suspensi bakteri disetarakan kekeruhannya dengan skala larutan McFarland's 0,5. Pengujian dilakukan dengan mengambil 1 mL suspensi bakteri dan dimasukkan ke dalam 9 mL aquadest steril lalu di vortex (nilai pengenceran 10^{-5}).

Mikropipet digunakan untuk memindahkan sampel sebanyak 1 mL suspensi dari tabung kultur 1 ke tabung kultur 2 yang berisi 9 ml aquadest steril lalu di vortex (nilai pengenceran 10^{-7}). Suspensi pada tabung kultur 2 diambil sebanyak 1 mL lalu dimasukkan ke tabung kultur 3 yang berisi aquadest steril lalu divortex (nilai pengenceran 10^{-9}). Proses ini dilanjutkan sampai diperoleh nilai pengenceran 10^{-15} . Dari pengenceran 10^{-15} masing-masing diambil 0,01 mL dan ditanamkan ke media NA steril melalui metode pour plate. Hasil inokulasi kemudian diinkubasi dengan suhu 37°C selama

24 jam dengan posisi terbalik. Setelah itu, jumlah sel bakteri dihitung menggunakan rumus [2] sebagai berikut:

$$\frac{\text{CFU}}{\text{ml}} = \text{JK} \times \text{FP} \times 10 \quad [2]$$

Keterangan :

JK = Jumlah koloni bakteri endofit

FP = Nilai faktor pengenceran

Hasil dan Pembahasan

Karakterisasi bakteri endofit

Karakterisasi morfologi dilakukan secara makroskopik yaitu dengan mengamati koloni bakteri secara langsung. Hasil karakterisasi bakteri endofit yang diperoleh tertera pada Tabel 1 berikut :

Tabel 1. Keragaman morfologi bakteri endofit dari batang tanaman kopi arabika

Isolat	Morfologi Koloni				Morfologi Sel	
	Bentuk	Tepi	Elevasi	Warna	Bentuk	Penataan
Sp.BS1	Filamentous	Filamentous	Convex	White	Coccus	Mono
Sp.BS2	Filamentous	Filamentous	Convex	Yellowish	Coccus	Diplo
Sp.BS3	Filamentous	Filamentous	Flat	White	Coccus	Strepto
Sp.BS4	Spindle	Undulate	Flat	White	Coccus	Strepto
Sp.BS5	Circular	Entire	Flat	Cream	Coccus	Mono

Berdasarkan Tabel 1, diketahui bahwa setiap isolat memiliki karakteristik yang beragam dari segi morfologi, warna dan bentuk. Isolat Sp.BS1 memiliki bentuk filamentous, tepi filamentous, elevasi convex, dan koloni berwarna putih. Isolat Sp.BS2 memiliki bentuk filamentous, tepi filamentous, elevasi convex, dan koloni berwarna kekuningan. Isolat Sp.BS3 memiliki bentuk filamentous, tepi filamentous, elevasi flat, dan koloni berwarna putih terang. Isolat Sp.BS4 memiliki bentuk spindle, tepi undulate, elevasi flat, dan koloni berwarna putih dan Isolat Sp.BS5 memiliki bentuk circular, tepi entire, elevasi flat, dan koloni berwarna cream .

Faktor penyimpanan stok kultur bisa mempengaruhi pertumbuhan bakteri. Semakin lama waktu penyimpanan pada kultur stok, nutrisi dalam media akan berkurang sehingga bakteri meresponnya dengan menghentikan semua aktivitas metabolisme dan pertumbuhan. Selain itu, karakteristik koloni dapat berubah apabila terjadi kontaminasi pada kultur stok. Mutasi pada bakteri juga dapat menyebabkan perubahan dalam morfologi koloni dan sifat gram. Untuk menjaga kemurnian isolat, kultur

harus disimpan dengan benar dalam kondisi yang tepat, yaitu suhu dan media yang sesuai (Auliya et al., 2024).

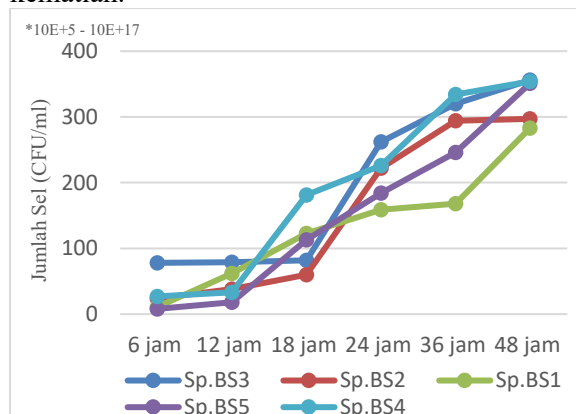
Laju pertumbuhan bakteri endofit

Laju pertumbuhan bakteri endofit diperoleh dengan perhitungan nilai absorbansi yang dihasilkan pada saat fermentasi bakteri pada media NB. Adapun nilai rata-rata absorbansi bakteri tertera pada Tabel 2. Berdasarkan Tabel 2, diketahui bahwa fase lag bakteri Sp.BS3 dan Sp.BS2 terjadi dijam ke 0 – 18, dengan jumlah rata-rata sel Sp.BS3 dari 78 menjadi 82 sel dan Sp.BS2 dari 24 menjadi 60 sel. Sedangkan fase lag pada bakteri Sp.BS1, Sp.BS5 dan Sp.BS4 terjadi dijam ke 0 – 12, dengan jumlah rata-rata bakteri Sp.BS1 dari 11 menjadi 62 sel, Sp.BS5 dari 8 menjadi 18 sel dan Sp.BS4 dari 27 menjadi 33 sel. Jumlah pertumbuhan sel bakteri yang mendarat menunjukkan bahwa pertumbuhan bakteri sedikit atau belum terjadi peningkatan bakteri karena bakteri beradaptasi pada lingkungan baru seperti pH, suhu, dan nutrisi (Sadikin et al., 2021).

Tabel 2. Keragaman laju pertumbuhan bakteri endofit dari batang kopi arabika

Isolat	Jumlah Sel (CFU/ml)					
	6 jam	12 jam	18 jam	24 jam	36 jam	48 jam
Sp.BS3	78×10^5	79×10^7	82×10^9	262×10^{11}	320×10^{13}	250×10^{15}
Sp.BS2	24×10^5	38×10^7	60×10^9	222×10^{11}	294×10^{13}	297×10^{15}
Sp.BS1	11×10^5	62×10^7	123×10^9	159×10^{11}	168×10^{13}	80×10^{15}
Sp.BS5	8×10^5	18×10^7	113×10^9	184×10^{11}	246×10^{13}	351×10^{15}
Sp.BS4	27×10^5	33×10^7	181×10^9	226×10^{11}	334×10^{13}	328×10^{15}

Fase eksponen bakteri Sp.BS2 terjadi dijam ke 18 – 48 dengan rata-rata bakteri 60 menjadi 297 sel dan Sp.BS4 terjadi di jam ke 12 – 48 dengan rata-rata bakteri 18 menjadi 351 menunjukkan pertumbuhan eksponensial yang cepat. Sedangkan pada Sp.BS5, Sp.BS3 terjadi di jam 12 – 36 dan Sp.BS1 terjadi dijam 18 – 36, dan setelah itu pertumbuhan ketiga bakteri ini mulai menurun yang menunjukkan penurunan populasi bakteri pada jam ke 48 atau disebut fase kematian.



Gambar 1. Grafik laju pertumbuhan bakteri endofit dari batang kopi arabika

Pengukuran laju pertumbuhan isolat bakteri endofit Sp.BS1, Sp.BS2, Sp.BS3, Sp.BS4 dan Sp.BS5 dilakukan untuk menghasilkan grafik pertumbuhan bakteri untuk menentukan fase-fase pertumbuhan bakteri endofit. Pada **Gambar 1**, menunjukkan grafik laju pertumbuhan bakteri yang meningkat atau bakteri mengalami fase eksponen yang meningkat, hal tersebut karena jumlah sel bakteri telah dinyatakan dengan rumus satuan *Colony Farming Units* (CFU). Pertumbuhan bakteri di fase adaptasi atau lag, dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti kondisi fisiologis maupun morfologis bakteri, media pertumbuhan bakteri dan jumlah sel inokulasi (Setianah et al., 2021). Fase lag biasanya terjadi di awal setelah sel diinokulasikan pada media yang baru (Mata, 2021). Dan di fase stationer bakteri memproduksi senyawa metabolit sekunder sebagai upaya untuk bertahan hidup (A'yun & Nugraheni, 2023).

Laju pertumbuhan jamur *C. coffeanum* F.Noack

Jamur *C. coffeanum* F.Noack mengalami pertumbuhan yang signifikan sebagaimana yang tertera pada Tabel 3.

Tabel 3. Statistik laju pertumbuhan jamur *C. coffeanum* F.Noack

Pengamatan hari ke -	Diameter
2	15,4 mm.
4	24,3 mm.
6	25,8 mm.
8	39,5 mm.
10	42,6 mm.
12	42,8 mm.
14	42,8 mm.

Uji antagonis bakteri endofit dari batang kopi arabika terhadap jamur *C. coffeanum* F.Noack

Uji antagonis menghasilkan beberapa isolat yang menunjukkan zona penghambatan terhadap jamur *C. coffeanum* F.Noack. Penghambatan yang terbentuk antara bakteri endofit terhadap *C. coffeanum* F.Noack ditunjukkan dengan adanya zona bening di sekitar media cawan petri. Besaran diameter zona hambat bakteri bisa dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. zona hambat bakteri endofit terhadap patogen *C. coffeanum* F.Noack setelah uji antagonis

Spesies	Zona hambat (mm)
Sp. BS1	0
Sp. BS2	17,18
Sp. BS3	0
Sp. BS4	0
Sp. BS5	14,98

Hasil uji antagonis pada Tabel 4, menunjukkan sebanyak 2 isolat yaitu Sp.BS2 dan Sp.BS5 yang efektif menghambat pertumbuhan patogen *C. coffeanum* F.Noack dengan menghasilkan zona bening. Kemampuan bakteri dalam menghasilkan zona hambat pada uji antagonisme disebabkan oleh enzim kitinase yang mampu mendegradasi kitin sebagai bentuk

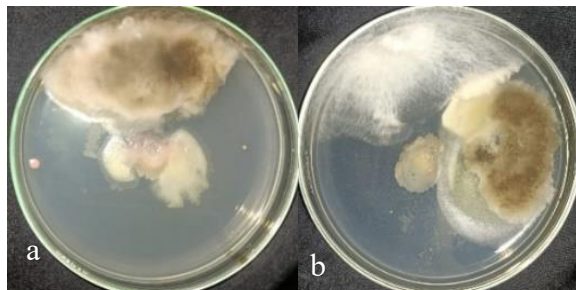
pertahanan bakteri terhadap patogen dan bakteri jahat (Oktafiyanto et al., 2018). Hal tersebut sesuai pada hasil penelitian Linggi et al., (2023) mengenai uji antagonisme bakteri endofit terhadap bakteri busuk lunak. Nilai diameter terbesar zona hambat bakteri endofit terhadap jamur *C. coffeanum* F.Noack yaitu 17,18 mm pada isolat Sp.BS2 dan yang terkecil yaitu 14,98 mm pada isolat Sp.BS5, sehingga keduanya tergolong kuat.

Tabel 5. Hasil uji DMRT diameter zona hambat pada uji antagonis bakteri endofit dengan jamur *C. coffeanum* F.Noack

Perlakuan	Rerata
Sp.BS1	-
Sp.BS2	17,18 ^a
Sp.BS3	-
Sp.BS4	-
Sp.BS5	14,98 ^a

Keterangan : Hasil analisis ragam berdasarkan uji lanjut DMRT dengan taraf 5%, angka bernotasi huruf yang sama pada kolom yang berbeda menunjukkan tidak berbeda nyata.

Mekanisme penghambatan bakteri terhadap patogen yaitu dengan cara menghasilkan antibiotik, toksin, kompetisi ruang dan nutrisi (Ginting et al., 2024b). Senyawa antibiotik dari bakteri endofit yang terdapat pada bakteri endofit mampu membunuh patogen yang berada pada tanaman. Daerah bening yang terbentuk di sekitar bakteri indofit, menjelaskan bahwa bakteri tersebut efektif dalam menghambat pertumbuhan patogen (Warsito et al., 2024b). Ada beberapa hal yang berdampak terhadap terbentuknya zona bening uji antagonis seperti konsentrasi mikroba, metode ekstraksi, kandungan senyawa aktif dalam bahan antimikroba, waktu dan suhu inkubasi, serta faktor lain seperti pH dan jenis medium yang digunakan.



Gambar 2. Uji antagonis bakteri endofit terhadap jamur *C. coffeanum* F.Noack. setelah 14 hari (a) Sp.BS2 dan (b) Sp.BS5.

Potensi bakteri endofit dalam menghasilkan IAA (*Indole Acetic Acid*)

Bakteri endofit yang menghasilkan IAA difermentasi dalam larutan Nutrient Broth (pH 6,5; 7,0 dan 7,5) dan dilakukan pengamatan perubahan warna isolat setelah ditambahkan larutan Reagen Salkowski sebanyak 1 mL pada masing-masing supernatan. Keragaman nilai hasil uji IAA bakteri endofit tertera pada Tabel 6 berikut :

Tabel 6. Hasil uji IAA (*Indole Acetic Acid*) pada bakteri endofit

Perlakuan	PPM (µg/mL)
P1J1	52,68
P1J3	66,36
P2J2	45,84
P3J1	32,15
P3J3	26,89

Setelah pengujian kuantitatif, diperoleh kadar IAA yang beraneka ragam di setiap perlakuan pada hari pertama, kedua dan ketiga. Pada uji kuantitatif nilai terkecil 26,89 ppm pada perlakuan p3j3 (pH 7,5; 72 jam) dan nilai terbesar 66,36 ppm pada perlakuan p1j3 (pH 6,5; 72 iam) yang menunjukkan peningkatan yang signifikan. Pengukuran nilai konsentrasi IAA dapat ditulis dengan satuan ppm (Mogea et al., 2022).

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, disimpulkan bahwa bakteri endofit yang berhasil diisolasi dari batang tanaman kopi arabika (*C. arabica* L.) sebanyak 5 isolat bakteri endofit. Hasil uji antagonis menunjukkan terdapat 2 isolat bakteri endofit yaitu Sp.BS2 dan Sp.BS5 yang efektif menghambat pertumbuhan patogen *C. coffeanum* F.Noack dengan rerata luas zona hambatan terbesar 17,18 mm dan zona hambatan terkecil 14,98 mm. Nilai laju pertumbuhan bakteri endofit terbesar yaitu 351×10^{15} pada isolat Sp.BS5 di 48 jam dan nilai terkecil yaitu 8×10^5 pada isolat Sp.BS5 di 6 jam dan hasil uji IAA (*Indole Acetic Acid*) terbesar yaitu 66,36 ppm pada perlakuan P1J3 (pH 6,5; 72 iam) dan nilai terkecil 26,89 ppm pada perlakuan P3J3 (pH 7,5; 72 jam).

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih penulis ucapkan kepada semua pihak yang terlibat dalam penelitian ini.

Referensi

- Aglinia, M., Pujiyanto, S., & Wijanarka, W. (2020). Isolasi Bakteri Endofit Bangle (*Zingiber cassumunar* Roxb.) dan Uji Antibakteri Supernatan Crude Metabolit Sekunder Isolat Potensial terhadap *Staphylococcus aureus*. *Jurnal Akademika Biologi*, 9(1), 23–31. <https://doi.org/https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/biologi/article/view/27742>
- Auliya, Z., Nugraheni, I. A., Anindita, N. S., & Syarifah, S. M. (2024). Kemampuan antagonis bakteri endofit dari tanaman ciplukan terhadap patogen *Xanthomonas oryzae* Penyebab hawar daun bakteri pada padi secara in vitro. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian Dan Pengabdian Kepada Masyarakat*, 2, 1535–1545.
- A'yun, S. Q., & Nugraheni, I. A. (2023). Optimasi aktivitas antibakteri metabolit sekunder dari bakteri endofit asal tanaman ciplukan (*Physalis angulata* L.). *Prosiding Seminar Nasional Penelitian Dan Pengabdian Kepada Masyarakat LPPM*, 1, 327–337.
- Eryah, H. P., Telnoni, S. P., & Costa, Y. D. (2023). Isolasi dan Identifikasi Bakteri Penyakit Hawar Daun di Desa Naibonat Kecamatan Kupang Timur, Kabupaten Kupang Nusa Tenggara Timur. *Flobamora Biological Journal*, 2(1), 8–17. <https://doi.org/https://ejurnal-unisap.ac.id/index.php/flobijo/article/view/74>
- Febriza, S., Hakim, L., & Susanna, S. (2024). Keefektifan *Trichoderma asperellum* dari Sumber Berbeda Terhadap *Colletotrichum* sp. Penyebab Penyakit Antraknosa Pada Tomat. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 9(2), 270–281. <https://doi.org/10.17969/jimfp.v9i2.27668>
- Fitri, E., Widiyanti, F., & Yulia, E. (2023). Kejadian dan Uji Hipersensitivitas Bakteri yang Berasosiasi dengan Penyakit Busuk Batang Jagung di Sumbawa Nusa Tenggara Barat. *Agrikultura*, 34(2), 210–217. <https://doi.org/10.24198/agrikultura.v34i2.48717>
- Ginting, T. Y., Setiawan, A., Aziz, M. F. A., & Aezad, M. H. (2024). Pengaruh Penggunaan Tanaman Refugia Terhadap Keanekaragaman Arthropoda pada Budidaya Tanaman Bawang Merah. *Prosiding Seminar Dan Bimbingan Teknis Pertanian Politeknik Negeri Jember*, 420–430. <https://doi.org/10.25047/agropross.2024.755>
- Ginting, T. Y., Warsito, K., & Siregar, W. S. B. (2024). *Pestisida Nabati Ekstrak Daun Mahoni Dan Sirsak Untuk Pengendalian Hama Spodoptera exigua (Lepidoptera: Noctuidiae) Pada Tanaman Bawang Merah (Allium ascalonicum L.)*. Tahta Media Group.
- Jamil, A. S. (2019). Daya Saing Perdagangan Kopi Indonesia di Pasar Global. *Agriekonomika*, 8(1), 26–35. <https://doi.org/10.21107/agriekonomika.v8i1.4924>
- Kristianingrum, S. A., Setiawan, A. W., & Jayanti, R. M. (2024). Potensi Bakteri Endofit dari Tanaman Jahe Sebagai Agens Pengandali Hayati. *Bioscientist : Jurnal Ilmiah Biologi*, 12(2), 1749–1760. <https://doi.org/10.33394/bioscientist.v12i2.12263>
- Kurniawan, S. E., Mahyarudin, M., & Rialita, A. (2021). Aktivitas antibakteri isolat bakteri endofit daun pegagan (*Centella asiatica*) terhadap *Staphylococcus aureus*. *Bioma : Jurnal Ilmiah Biologi*, 10(1), 14–29. <https://doi.org/10.26877/bioma.v10i1.7140>
- Linggi, M. I. A., Tri Joko, T., & Widada, J. (2023). Potensi dan Keragaman Bakteri Endofit sebagai Agens Pemacu Pertumbuhan dan Biokontrol Anggrek. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 28(4), 677–684. <https://doi.org/10.18343/jipi.28.4.675>
- Mata, M. H. (2021). Akumulasi α -Tokoferol pada Organ Tanaman dan Kultur Suspensi Sel *Jatropha gossypifolia* Linn dari Nusa Tenggara Timur. *Jurnal Saintek Lahan Kering*, 4(1), 12–15. <https://doi.org/10.32938/slk.v4i1.1411>
- Mayasari, D. A., Sastrahidayat, I. R., & Djauhari, S. (2022). Eksplorasi Jamur Filoplane Pada Daun Tanaman Pedang-Pedangan (*Sansevieria trifasciata*) Dan Uji Kemampuan Antagonismenya Terhadap Penyakit Antraknosa (*Colletotrichum sansevieriae*). *Jurnal Hama Dan Penyakit Tumbuhan*, 10(3), 141–147. <https://doi.org/10.21776/ub.jurnalhpt.2022.010.3.4>

- Mogea, R. A., La Halim Putri, W. I. C., & Abubakar, H. (2022). Isolasi Bakteri Penghasil Indole Acetic Acid pada Tanaman Hortikultura di Perkebunan Prafi SP 1, Manokwari. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 27(1), 1–6. <https://doi.org/10.18343/jipi.27.1.1>
- Oktafiyanto, M. F., Munif, A., & Mutaqin, K. H. (2018). Aktivitas Antagonis Bakteri Endofit Asal Mangrove terhadap *Ralstonia solanacearum* dan *Meloidogyne* spp. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*, 14(1), 23–29. <https://doi.org/10.14692/jfi.14.1.23>
- Ramadhana, A. W. S., Aulia, A. D., & Ulum, T. (2024). Keunggulan Komparatif Ekspor Kopi di Indonesia. *Journal of Economics, Business, Accounting and Management*, 2(1), 110–123. <https://doi.org/10.61476/095w2813>
- Sadikin, N. A. N., Bintari, S. H., Widiatningrum, T., & Dewi, P. (2021). Isolasi, Karakterisasi, dan Uji Aktivitas Antibakteri dari Bakteri Endofit Daun Kelor (*Moringa oleifera*). *Life Science*, 10(2), 109–119. <https://doi.org/10.15294/lifesci.v10i2.54441>
- Sari, W. E., Darmawi, D., Zamzami, R. S., Vanda, H., Nurliana, N., Etriwati, E., & Amanda, L. (2023). Isolasi Bakteri Endofit Balakacida (*Chromolaena odorata*) Asal Banda Aceh dan Uji Aktivitas Antimikroba terhadap Bakteri Patogen *Pasteurella multocida* dan *Bacillus subtilis*. *Bioscientist: Jurnal Ilmiah Biologi*, 11(1), 364–374. <https://doi.org/10.33394/bioscientist.v11i1.8041>
- Setianah, H., Nugraheni, I. A., & Wibowo, D. S. (2021). Aktivitas Antibakteri Isolat Bakteri Endofit Asal Daun Ciplukan (*Physalis angulata* L.) Terhadap Bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*. *JHeS (Journal of Health Studies)*, 5(1), 50–61. <https://doi.org/10.31101/jhes.1485>
- Situmorang, D. N. A., Hendrival, H., Usnawiyah, U., Latifah, L., Putri, N. P., Munauwar, M. M., & Baidhawi, B. (2024). Patogenisitas Cendawan *Colletotrichum musae* dan *Colletotrichum gloeosporioides* Penyebab Penyakit Antraknosa dan Ketahanan Buah Beberapa Kultivar Pisang. *Jurnal AGROSAINS Dan TEKNOLOGI*, 9(1), 36–43. <https://doi.org/10.24853/jat.9.1.36-43>
- Suprihanto, S., Awaludin, I., Fadhil, M., & Zulfikor, M. A. Z. (2022). Analisis Kinerja ResNet-50 dalam Klasifikasi Penyakit pada Daun Kopi Robusta. *Jurnal Informatika*, 9(2), 116–122. <https://doi.org/10.31294/inf.v9i1.13049>
- Wahyuni, S., Noviani, N., & Handayani, L. (2022). Seleksi Uji Antagonis Bakteri Dan Jamur Endofit Dari Patogen Tanaman Karet. *Biology Education Science & Technology*, 5(2), 524–539. <https://doi.org/10.30743/best.v5i2.6384>
- Warsito, K., Asmaq, N., Irawan, I., & Taupik, M. (2024a). Isolation and Antagonist Test of Arabica Coffee Endophyte Bacteria (*Coffea Arabica* L.) in Inhibiting Upas Fungus Growth (*Corticium Salmonicolor* B.Et. Br.). *International Conferance Of Digital Sciences And Engineering Technology*, 1(1), 186–190. <https://doi.org/https://proceeding.pancabudi.ac.id/index.php/ICDSET/article/view/179>
- Warsito, K., Asmaq, N., Irawan, I., & Taupik, M. (2024b). *Pengendali Hayati Jamur Upas Pada Tanaman Kopi*. CV. Raskha Media Group.
- Windiawan, R., & Suharso, A. (2021). Identifikasi Penyakit pada Daun Kopi Menggunakan Metode Deep Learning VGG16. *Jurnal Keilmuan Dan Aplikasi Teknik Informatika*, 13(2), 9–16. <https://doi.org/https://doi.org/10.35891/exploit.v13i2.2689>