

ARTIKEL

POTENSI BAKTERI ENDOFIT ASAL VEGETASI LAHAN PASCA TAMBANG TIMAH DALAM MENINGKATKAN PERTUMBUHAN BENIH PADI

[*Potency of Endophytic Bacteria Isolated from Vegetation at Post-Tin-Mining Sites to Enhance Rice Seedling Growth*]

Yusi Luky, Pipit Puspita, Alda Oktaviani, Ropalia*

Program Studi Agroteknologi, FPPK, Universitas Bangka Belitung. Jl. Raya Balunijuk, Bangka 33215

ABSTRAK

Bakteri endofit dapat berperan sebagai pemacu pertumbuhan tanaman melalui produksi fitohormon, salah satunya indole-3-acetic acid (IAA). Vegetasi yang tumbuh pada lahan pascatambang timah diduga memiliki asosiasi dengan bakteri endofit yang berkontribusi terhadap kemampuan adaptasinya pada kondisi lingkungan suboptimal. Penelitian ini bertujuan untuk mengisolasi, menapis, dan mengevaluasi potensi bakteri endofit asal akar vegetasi lahan pascatambang timah sebagai penghasil IAA serta pemacu pertumbuhan benih padi. Penelitian dilakukan melalui isolasi bakteri endofit, karakterisasi morfologi koloni, pewarnaan Gram, uji produksi IAA, dan uji pengaruh isolat terhadap pertumbuhan benih padi. Hasil penelitian memperoleh 11 isolat bakteri endofit, terdiri atas 7 isolat dari akar *Eleocharis montevidensis* dan 4 isolat dari akar *Acacia mangium*. Isolat A1 dan A2 asal *A. mangium* menghasilkan IAA tertinggi dibandingkan isolat lainnya. Perlakuan isolat A2 pada benih padi menghasilkan pertumbuhan terbaik pada peubah tinggi tanaman dan panjang akar. Namun, persentase perkecambahan tertinggi diperoleh pada perlakuan isolat R4 asal *E. montevidensis*. Hasil ini menunjukkan bahwa isolat bakteri endofit asal vegetasi lahan pascatambang timah berpotensi sebagai pemacu pertumbuhan bibit padi, meskipun produksi IAA yang tinggi tidak selalu berhubungan dengan peningkatan perkecambahan benih.

Kata kunci: *Acacia mangium*; bakteri endofit akar; *Eleocharis montevidensis*; Indole Acetic Acid; pertumbuhan bibit padi

ABSTRAK

*Endophytic bacteria can promote plant growth by producing phytohormones such as indole-3-acetic acid (IAA). Vegetation on post-tin mining land is hypothesized to be associated with endophytic bacteria, aiding its adaptation to suboptimal environmental conditions. This study aimed to isolate, screen, and assess the potential of endophytic bacteria from the roots of vegetation on post-tin mining land as IAA producers and rice seedling growth promoters. The research involved isolating endophytic bacteria, characterizing colony morphology, performing Gram staining, conducting IAA production assays, and evaluating the effect of isolates on rice seedling growth. The study identified 11 endophytic bacterial isolates, with seven from the roots of *Eleocharis montevidensis* and four from *Acacia mangium*. Isolates A1 and A2 from *A. mangium* exhibited the highest IAA production among the isolates. Treatment with isolate A2 on rice seeds resulted in optimal plant height and root length. However, the highest germination percentage was observed for the R4 isolate of *E. montevidensis*. These findings suggest that endophytic bacterial isolates from vegetation on post-tin mining land have potential as rice seedling growth promoters, although high IAA production does not necessarily correlate with increased seed germination.*

Keywords: *Acacia mangium*; root endophytic bacteria; *Eleocharis montevidensis*; Indole Acetic Acid; rice seedling growth

PENDAHULUAN

Aktivitas pertanian merupakan salah satu aktivitas yang banyak berdampak negatif terhadap lingkungan karena penggunaan senyawa kimia salah satunya adalah pupuk kimia, pestisida dan fitohormon sintesis. Penggunaan senyawa kimia secara terus menerus dapat menimbulkan kerusakan lingkungan (Muzakki, 2019). Bahan-bahan kimia yang digunakan secara berlebihan pada lahan budidaya tanaman akan menyebabkan kerusakan kondisi lingkungan dan kesehatan manusia (Andrea *et al.*, 2021). Upaya yang dapat dilakukan untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah dengan mengurangi penggunaan senyawa kimia dan substitusi dengan mikroba yang memiliki peranan dalam meningkatkan produksi pertanian seperti bakteri endofit yang dapat berperan sebagai biofertilizer dan biostimulan.

Bakteri endofit merupakan bakteri yang seluruh atau sebagian dari siklus hidupnya berada dalam jaringan tumbuhan tanpa menghambat pertumbuhan dan menimbulkan gejala penyakit yang dapat merugikan inangnya (Muhammad *et al.*, 2023). Bakteri endofit dapat berperan membantu pertumbuhan tumbuhan inangnya melalui berbagai mekanisme seperti membantu proses fiksasi nitrogen, pelarut mineral, dan produksi hormon pertumbuhan tanaman (Wibawa and Ningrat, 2025). Salah satu hormon pertumbuhan tanaman yang diproduksi oleh bakteri endofit dalam membantu pertumbuhan tanaman adalah IAA (*Indole Acetic Acid*). IAA merupakan fitohormon auksin dari metabolisme L-triptofan yang paling aktif secara fisiologis (Rini *et al.*, 2020). Auksin dapat merangsang pertumbuhan jaringan, mengatur pembesaran sel dan memicu pemanjangan sel tanaman terutama pada bagian akar (Wardana *et al.*, 2021). Sejauh ini, kajian atau penelitian terkait endofit telah banyak dilakukan dari tanaman yang secara umum tumbuh pada media atau lingkungan yang optimal. Endofit sangat mungkin untuk ditemukan pada tumbuhan atau vegetasi yang hidup di lahan pasca tambang, mengingat tumbuhan dapat beradaptasi dengan baik pada kondisi lingkungan yang ekstrim atau suboptimal dengan keterbatasan unsur hara.

Kondisi lingkungan suboptimal pada lahan pascatambang timah mengakibatkan jumlah dan jenis tanaman menjadi sangat terbatas untuk mampu tumbuh dan beradaptasi, salah satunya adalah tanaman pionir. Tumbuhan pionir merupakan salah satu kelompok tumbuhan yang pertama kali tumbuh pada lahan yang telah mengalami kerusakan dan memiliki daya adaptasi yang tinggi terhadap kondisi lingkungan terganggu (Pramuseto *et al.*, 2020). *Acacia mangium* merupakan kelompok leguminosae dengan habitus pohon yang banyak tumbuh di lahan pascatambang timah setelah *Melastoma polyanthum* (Fanni *et al.*, 2022). Selain itu, *Acacia mangium* memiliki daya adaptasi yang baik pada lahan pascatambang timah karena kemampuannya berasosiasi dengan bakteri fiksasi nitrogen (Robika and Sari, 2019). *Eleocharis montevidensis* juga ditemukan di lahan pascatambang timah terutama pada lahan yang agak basah. Tumbuhan famili Cyperaceae termasuk genus *Eleocharis* ini mampu tumbuh pada ekosistem lahan basah tropis yang mengalami fluktuasi hidrologi (Chagas *et al.*, 2012) dan lahan terganggu dan tergenang (USGS 2019). Pertumbuhan tumbuhan pionir pada lahan bekas tambang diduga adanya peranan mikroba yang ada di sekitar perakaran (rizosfer) dan mikroba di dalam jaringan tumbuhan (endofit). Endofit memiliki kelebihan dibandingkan dengan mikroba rizosfer karena hidup di dalam jaringan tanaman sehingga dapat terhindar secara langsung dari tekanan kondisi ekstrim lingkungan seperti cekaman abiotik (suhu tinggi, kelembaban rendah, terbatasnya bahan organik sebagai sumber energi). Hubungan endofit dan tumbuhan dapat dikatakan simbiosis mutualisme, dimana endofit mampu membantu menyediakan fitohormon yang membantu pertumbuhan tumbuhan vegetasi dan tumbuhan memberikan nutrisi bagi endofit.

Adanya kemampuan daya adaptasi tumbuhan vegetasi pada lahan bekas tambang yang mampu hidup di kondisi yang ekstrim diduga ada hubungannya dengan mikroba endofit yang berasosiasi di dalam jaringannya, melihat kelebihan endofit, dan belum optimalnya pemanfaatan potensi dari vegetasi lahan bekas tambang selain sebagai tumbuhan perintis dan tutupan lahan, maka penelitian ini diperlukan untuk mengeksplorasi potensi dari dalam tumbuhan tersebut. Penelitian ini memiliki prospek untuk dikembangkan pada bidang pertanian dalam meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman yang lebih ramah lingkungan dan menuju implementasi pertanian

berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan untuk mengisolasi, menapis, mendapatkan dan menemukan bakteri endofit sebagai penghasil IAA pada vegetasi lahan bekas tambang timah.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Agroteknologi Universitas Bangka Belitung pada bulan Juli hingga September 2022. Penelitian ini merupakan penelitian eksploratif dan eksperimental secara *in vivo* dan *in vitro*.

Isolasi Bakteri Endofit

Isolasi endofit dilakukan pada akar tumbuhan akasia (*Acacia mangium*) pada fase semai dan rumput (*Eleocharis montevidensis*) yang tumbuh di lahan pascatambang timah di Bangka. Tumbuhan sampel dibawa dan diidentifikasi di Laboratorium Agroteknologi Universitas Bangka Belitung. Isolasi bakteri endofit kemudian dilakukan pada bagian akar tumbuhan sampel mengacu pada metode Silva *et al* (2012) yang dimodifikasi. Sampel akar dicuci bersih dengan air mengalir kemudian dipotong 1-2 cm dan ditimbang sebanyak 1 gram. Akar kemudian direndam dalam air mengalir selama 1-2 jam, lalu dikering anginkan. Permukaan akar kemudian disterilisasi bertingkat dengan NaOCl 2% selama 2-3 menit, alkohol 70% selama 1-2 menit kemudian dibilas dengan akuades steril selama 1 menit sampai 3 kali, akar kemudian digerus sampai hancur dengan mortar steril. Setelah digerus, ekstrak akar ditambahkan akuades steril sebanyak 9 mL. Suspensi tersebut dijadikan sebagai pengenceran 10^{-1} dan selanjutnya dilakukan pengenceran berseri hingga pengenceran 10^{-4} . Selanjutnya, sebanyak 100 μ L suspensi pada pengenceran 10^{-2} , 10^{-3} dan 10^{-4} disebar pada media *Tryptic Soy Agar* (TSA) 100% dengan segitiga penyebar, kemudian diinkubasi pada suhu ruang selama 48 jam. Air bilasan terakhir juga disebar sebanyak 100 μ L pada media TSA 100% sebagai kontrol sterilisasi, jika media tidak ditumbuhi bakteri maka proses sterilisasi permukaan berhasil. Koloni tunggal yang tumbuh pada media dimurnikan pada media TSA yang baru untuk diuji selanjutnya.

Karakterisasi Morfologi Koloni

Bakteri hasil isolasi dikarakterisasi secara morfologi makroskopis dan mikroskopis. Karakterisasi makroskopis meliputi bentuk koloni, ukuran koloni, warna koloni, permukaan koloni, elevasi koloni, dan tepi koloni (Maulana *et al.*, 2024). Karakterisasi mikroskopis meliputi kelompok gram dan bentuk sel bakteri (Nuruwe *et al.*, 2020).

Uji Pewarnaan Gram

Pewarnaan gram bakteri dilakukan menggunakan Gram Stain Kit K001-1KT dari HiMedia. Hasil pewarnaan pada sel bakteri diamati di bawah mikroskop binokuler Olympus CX21 untuk mengidentifikasi kelompok bakteri menjadi gram positif atau negatif dan karakterisasi bentuk sel bakteri.

Uji Potensi Produksi IAA

Pengujian produksi IAA dilakukan pada 8 (delapan) isolat sedangkan 3 (tiga) isolat lainnya tidak dapat dilakukan pengujian karena isolat tidak dapat ditumbuhkan kembali. Sebelum pengujian, produksi IAA mengacu pada Lebrazi *et al.* (2020) dimodifikasi pada media kultivasi. Isolat terpilih dibiakan pada media cair *nutrient broth* (NB) HiMedia yang ditambah L-triptofan dan diinkubasi goyang menggunakan rotary shaker Hz-300 dengan kecepatan 100 rpm dalam suhu kamar selama 24 jam. Biakan disentrifuse selama 10 menit dan 10.000 rpm untuk mendapatkan supernatan. Supernatan yang diperoleh dari masing-masing isolat, diambil sebanyak 0,5 mL dengan menggunakan mikropipet dan ditambahkan dengan 2 mL reagen Salkowski (Khumairah *et al.*, 2022). Setelah itu, campuran tersebut diinkubasikan di ruang gelap selama 15 menit lalu dihomogenkan dengan menggunakan vorteks. Larutan yang telah homogen diukur nilai absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis (Thermo Evolution 201/220) dengan panjang gelombang 510 nm (A'Ini,

2013). Pengukuran dilakukan secara duplo. Hasil pengukuran tersebut akan ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik.

Pembuatan Kurva Standar IAA

Pembuatan kurva standar IAA dilakukan dengan menyiapkan larutan stok IAA 100 ppm. Sebanyak 10 mg serbuk IAA (Sigma) ditimbang secara analitik, kemudian dilarutkan terlebih dahulu dalam beberapa tetes etanol absolut hingga larut sempurna. Larutan dipindahkan ke dalam labu ukur 100 mL dan ditambahkan akuades hingga volume mencapai 100 mL. Larutan stok IAA 100 ppm digunakan untuk membuat deret standar larutan IAA 0, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, dan 100 ppm (Gang *et al.*, 2020) dengan menggunakan rumus pengenceran $C_1V_1 = C_2V_2$ (konsentrasi awal x volume awal = konsentrasi akhir x volume akhir). Deret standar dibuat dengan mengambil larutan stok IAA 100 ppm masing-masing sebanyak 0; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; dan 10 mL, kemudian setiap larutan ditepatkan volumenya menjadi 10 mL menggunakan akuades. Setiap konsentrasi dihomogenkan menggunakan vorteks. Selanjutnya penambahan 2 mL reagen Salkowski ke dalam 0,5 mL larutan IAA berbagai konsentrasi dan dilakukan secara duplo. Campuran diinkubasi selama 15 menit dalam ruang gelap lalu dihomogenkan dengan vorteks. Setelah itu dilakukan pengukuran nilai absorbansi menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang 510 nm (A'Ini, 2013).

Uji *In Vivo* dan *In vitro* pada Benih Padi

Pengujian *in vivo* dilakukan terhadap benih padi yang mengalami dormansi menggunakan metode RAL dengan 8 perlakuan (8 isolat bakteri) dan 1 kontrol (akuades steril) dan diulang 3 kali. Setiap unit percobaan memiliki 10 tanaman sampel.

Pengujian *in vitro* dilakukan untuk mengukur persentase perkecambahan benih, pengujian menggunakan metode Uji Kertas Digulung Didirikan dalam Plastik (UKDdp). Sebanyak 50 benih yang telah direndam isolat bakteri selama 12 jam diletakkan pada kertas merang yang telah dilembabkan dalam akuades steril. Setiap perlakuan diulang tiga kali. Sterilisasi permukaan benih sebelum perlakuan suspensi isolat mengacu pada suhu terbaik yaitu 60 °C selama 10 menit untuk serelia (Kim *et al.*, 2022) dengan modifikasi suhu diturunkan dan waktu perendaman lebih lama agar tidak mengganggu perkecambahan. Benih direndam dalam air hangat pada suhu 55°C selama 20 menit. Kemudian benih dikering anginkan. Benih direndam pada suspensi isolat bakteri selama 12 jam (Amruta *et al.*, 2019). Benih ditanam pada media campuran tanah (*topsoil*) dan kompos steril pada bak semai dan ditempatkan pada tempat terlindungi dari hujan. Setiap lubang ditanam dengan 1 benih. Pengamatan dilakukan 4 minggu setelah tanam. Tahapan ini diperoleh kandidat isolat terbaik dalam memacu pertumbuhan tanaman pada fase bibit.

Analisis data

Data nilai absorbansi IAA dan data uji *in vivo* dan *in vitro* dianalisis menggunakan analisis sidik ragam (uji F) dengan taraf kepercayaan 95%. Jika hasil uji F berpengaruh nyata maka dilanjutkan dengan uji rerata BNT dengan taraf kepercayaan 95%. Data nilai absorpsi juga dianalisis rerata menggunakan excel untuk dibuat grafik dan persamaan liniernya. Data eksploratif (data hasil isolasi dan karakterisasi) merupakan data kualitatif sehingga data disajikan secara deskriptif.

HASIL

Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Endofit

Hasil isolasi yang dilakukan pada dua jenis tanaman yang diambil di lahan pasca tambang diisolasi sebanyak 11 isolat bakteri endofit yaitu 7 isolat (R1-R7) dari sampel *Eleocharis montevidensis* dan 4 isolat (A1-A4) dari sampel *Acacia mangium* (Tabel 1).

Tabel 1. Hasil Isolasi dan Karakterisasi Morfologi Koloni Bakteri (*Results of Isolation and Morphological Characterization of Bacterial Colonies*).

Isolat (Isolate)	Morfologi Koloni(Motphology of Colony)							
	Bentuk (Shape)	Ukuran (Size)	Warna (Color)	Permukaan (Surface)	Elevasi (Elevation)	Tepi koloni (Edge)	Konsistensi (Consistency)	Optik (Optic)
R1	<i>Irregular</i>	<i>Moderat</i>	Putih	<i>Dull</i>	<i>Plate</i>	<i>Undulate</i>	<i>Dried</i>	<i>Opaque</i>
R2	<i>Circular</i>	<i>Moderat</i>	Putih	<i>Smooth</i>	<i>Raised</i>	<i>Entire</i>	<i>Dried</i>	<i>Opaque</i>
R3	<i>Circular</i>	<i>Moderat</i>	Krem	<i>Smooth</i>	<i>Raised</i>	<i>Entire</i>	<i>Dried</i>	<i>Opaque</i>
R4	<i>Circular</i>	<i>Small</i>	Krem	<i>Smooth</i>	<i>Raised</i>	<i>Entire</i>	<i>Dried</i>	<i>Translucent</i>
R5	<i>Circular</i>	<i>Small</i>	Krem	<i>Smooth</i>	<i>Raised</i>	<i>Entire</i>	<i>Dried</i>	<i>Translucent</i>
R6	<i>Circular</i>	<i>Small</i>	Krem	<i>Smooth</i>	<i>Raised</i>	<i>Entire</i>	<i>Dried</i>	<i>Translucent</i>
R7	<i>Circular</i>	<i>Small</i>	Krem	<i>Smooth</i>	<i>Raised</i>	<i>Entire</i>	<i>Dried</i>	<i>Translucent</i>
A1	<i>Circular</i>	<i>Moderat</i>	Krem	<i>Smooth</i>	<i>Raised</i>	<i>Entire</i>	<i>Dried</i>	<i>Iridescent</i>
A2	<i>Circular</i>	<i>Moderat</i>	Krem	<i>Smooth</i>	<i>Raised</i>	<i>Entire</i>	<i>Dried</i>	<i>Iridencent</i>
A3	<i>Circular</i>	<i>Moderat</i>	Krem	<i>Smooth</i>	<i>Raised</i>	<i>Entire</i>	<i>Dried</i>	<i>Opaque</i>
A4	<i>Circular</i>	<i>Moderat</i>	Krem	<i>Smooth</i>	<i>Raised</i>	<i>Entire</i>	<i>Dried</i>	<i>Opaque</i>

Karakteristik morfologi koloni isolat bakteri endofit yang ditemukan beberapa ada yang memiliki kesamaan, dari 11 isolat terdapat enam kelompok karakter koloni yang berbeda. Isolat yang memiliki kesamaan morfologi koloni adalah isolat R4, R5, R6, dan R7; isolat A1 dan A2; serta isolat A3 dan A4. Isolat yang diperoleh menunjukkan bentuk koloni yang didominasi bentuk *circular* (beraturan) dan hanya satu isolat dengan bentuk *irregular* (tidak beraturan). Ukuran koloni yang didapat relatif bervariasi, 7 diantaranya memiliki ukuran moderat dan sisanya berukuran *small* (kecil). Warna koloni bakteri didominasi oleh warna putih dan hanya 2 isolat yang memiliki warna putih. Koloni bakteri umumnya memiliki permukaan *smooth* (halus), dan hanya satu isolat yang memiliki permukaan *dull* (kusam). Elevasi koloni didominasi oleh bentuk *raised* (menonjol) dan hanya satu isolat dengan elevasi *flat* (datar). Tepi yang bervariasi dengan bentuk *undulate* (tepi bergelombang) dan *entire* (tepi teratur). Isolat bakteri endofit yang didapat semuanya memiliki konsistensi *dry* (kering). *Opacity* yang bervariasi yakni *opaque* (tidak tembus cahaya atau buram), *translucent* (agak tembus cahaya) dan *iridencent* (berkilau atau memiliki pantulan warna-warni seperti pelangi ketika terkena cahaya) (Tabel 1).

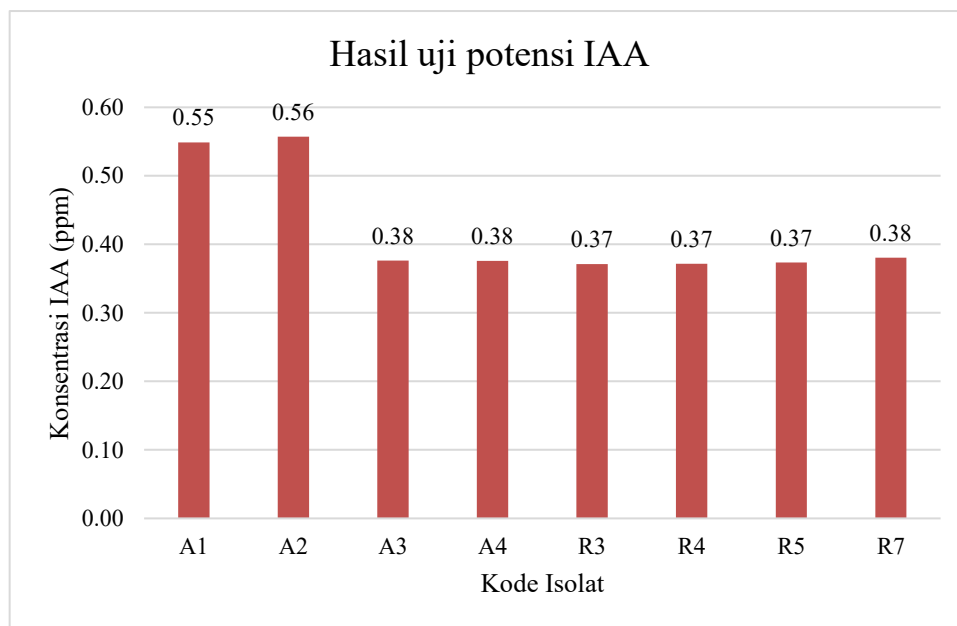
Bakteri endofit yang diperoleh terbagi menjadi enam kelompok gram positif dan lima isolat yang gram negatif. Bentuk sel bakteri didominasi oleh bentuk basil dengan satu isolat berbentuk kokus. Kelompok sel bakteri yang didapat juga didominasi oleh kelompok tunggal dan hanya 3 sel dengan kelompok sel duplo (Tabel 2). Jika dilihat dari karakter morfologi koloni pada Tabel 1 dan morfologi sel bakteri pada Tabel 2 maka kelompok bakteri endofit yang ditemukan 10 isolat dengan karakter morfologi yang berbeda, sedangkan isolat yang memiliki kesamaan karakter morfologi koloni dan sel adalah isolat R6 dan R7.

Tabel 2. Hasil Pewarnaan Gram dan Morfologi Sel Bakteri (*The result of Gram Staining and Bacterial Cell Morphology*).

Isolat (Isolate)	Asal Akar (Origin of Roots)	Gram	Bentuk sel (Cell Shape)	Kelompok sel (Cell groups)
R1	<i>E. montevidensis</i>	+	Basil	Tunggal
R2	<i>E. montevidensis</i>	+	Basil	Tunggal
R3	<i>E. montevidensis</i>	+	Basil	Diplo
R4	<i>E. montevidensis</i>	+	Basil	Diplo
R5	<i>E. montevidensis</i>	+	Coccus	Tunggal
R6	<i>E. montevidensis</i>	-	Basil	Tunggal
R7	<i>E. montevidensis</i>	-	Basil	Tunggal
A1	<i>A. mangium</i>	-	Basil	Tunggal
A2	<i>A. mangium</i>	-	Basil	Diplo
A3	<i>A. mangium</i>	-	Basil	Tunggal
A4	<i>A. mangium</i>	+	Basil	Tunggal

Potensi Produksi IAA

Potensi IAA yang dihasilkan oleh bakteri endofit bervariasi berdasarkan jenis tanaman asalnya, seperti terlihat pada grafik di bawah ini:



Gambar 1. Konsentrasi IAA bakteri endofit asal akar rumput *E. montevidensis* dan *A. mangium* di lahan pasca tambang timah (*Auxin concentration of endophytic bacteria from the roots of *E. montevidensis* and *A. mangium* in post-tin mining land*).

Hasil uji IAA terhadap 8 (delapan) isolat bakteri endofit menunjukkan bahwa 2 isolat yang berasal dari sampel tanaman akasia (isolat A1 dan A2) memiliki nilai IAA yang lebih tinggi dibanding isolat lainnya (Gambar 1). Tiga isolat (R1, R2, dan R7) tidak dapat dilakukan pengujian karena isolat tidak dapat tumbuh saat dikulturkan kembali.

Perlakuan Bakteri Endofit secara *In Vitro* dan *In Vivo*

Perlakuan bakteri endofit dilakukan pada benih tanaman padi yang telah mengalami dormansi, dilakukan dengan 2 metode yaitu *in vitro* untuk mengamati persentase perkecambahan benih dan *in vivo* untuk melihat pertumbuhan bibit. Hasil pengamatan pengaruh perlakuan bakteri endofit pada benih padi menunjukkan bahwa perlakuan bakteri endofit isolat berpengaruh nyata terhadap variabel persentase perkecambahan, tinggi tanaman, dan panjang akar bibit padi, namun tidak signifikan terhadap jumlah daun bibit padi. Persentase perkecambahan tertinggi terdapat pada perlakuan isolat bakteri R4 (47,33%) berbeda nyata terhadap kontrol atau tanpa perlakuan bakteri endofit (38,66%), sedangkan persentase perkecambahan terendah dengan perlakuan isolat A2 (30,66%) yang lebih rendah dibanding kontrol. Akan tetapi, perlakuan isolat A2 mempengaruhi pertumbuhan bibit padi paling baik dengan variabel tinggi tanaman dan panjang akar bibit padi paling tinggi dan berbeda nyata dengan kontrol (Tabel 3).

Tabel 3. Hasil analisis rerata potensi isolat bakteri endofit terhadap bibit padi umur 7 hari setelah perlakuan (*The analysis potential Analysis results of the average potential of endophytic bacterial isolates on 7-day-old rice seedlings after treatment*).

Isolat (Isolate)	Perkecambah (Sprout) (%)	Tinggi Tanaman (Plant Height) (cm)	Jumlah Daun (Number of Leaves) (helai)	Panjang akar (Root Length) (cm)
Kontrol	38,66 ^{abc}	19,43 ^{ab}	7,71 ^a	2,17 ^{bcd}
R2	39,33 ^{abc}	15,56 ^c	8,48 ^a	2,20 ^{bcd}
R3	45,33 ^{ab}	16,00 ^c	6,98 ^a	2,11 ^{cd}
R4	47,33 ^a	17,60 ^{bc}	6,91 ^a	2,08 ^{cd}
R5	45,33 ^{ab}	21,03 ^a	8,85 ^a	2,46 ^{abc}
A1	43,33 ^{abc}	21,16 ^a	7,61 ^a	2,00 ^d
A2	30,66 ^c	22,00 ^a	9,45 ^a	2,71 ^a
A3	43,33 ^{abc}	19,10 ^{ab}	6,76 ^a	2,26 ^{bcd}
A4	37,33 ^{abc}	21,20 ^a	8,78 ^a	2,61 ^{ab}

Keterangan (*Remarks*): angka yang diikuti oleh huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan adanya beda nyata pada uji BNT dengan $\alpha=5\%$ (*the number followed by different letters in the same column shows a significant difference in the BNT test with $\alpha=5\%$*).

PEMBAHASAN

Pengelompokkan bakteri secara morfologi sel menggunakan pewarnaan Gram berdasarkan dinding sel dan permeabilitas membran. Bakteri gram negatif mengalami kehilangan warna (*decolorize*) akibat aktivitas pewarnaan gram yang merusak permukaan sel. Bakteri Gram negatif memiliki dinding sel yang lebih tipis sedangkan Gram positif memiliki dinding sel dengan peptidoglikan yang lebih tebal, sehingga dapat mempertahankan zat warna kristal violet lebih baik (Harmileni *et al.*, 2023; Rusli *et al.*, 2024).

Bakteri endofit yang diperoleh relatif lebih banyak kelompok gram positif dan berbentuk basil. Kondisi lahan bekas tambang timah yang miskin bahan organik dan nutrisi, mengalami gangguan struktur tanah, serta potensi cekaman logam berat akan menyeleksi bakteri yang tahan terhadap cekaman lingkungan. Bakteri Gram positif dari kelompok *Bacillus* sering ditemukan pada lahan tanah atau lahan tambang yang mengandung logam (Alotaibi *et al.*, 2021). Bakteri Gram memiliki dinding sel dengan peptidoglikan yang lebih tebal sehingga kemampuan toleransi lingkungan lebih baik (Priyadarshane and Das, 2021). Selain itu, bakteri Gram positif seperti *Bacillus* juga mampu membentuk endospora, sehingga dapat bertahan pada kondisi ekstrem seperti kekeringan, suhu tinggi, radiasi, dan keterbatasan nutrisi (Cho and Chung, 2020). Dengan demikian, dominasi bakteri Gram positif pada isolat endofit akar vegetasi lahan pasca tambang timah diduga

berkaitan dengan tekanan seleksi lingkungan tambang yang miskin hara, masam, kering, dan potensi mengandung logam berat.

Pengujian aktivitas IAA pada isolat bakteri endofit menunjukkan adanya 2 isolat yang berasal dari tanaman akasia memiliki nilai IAA yang lebih tinggi dibanding isolat lainnya. Kedua isolat ini merupakan gram negatif dan berbentuk basil. Genus *Achromobacter*, *Burkholderia*, *Enterobacter*, *Pseudomonas*, *Pantoea*, dan *Rhizobium*, bakteri Gram negatif berbentuk basil yang sering dilaporkan sebagai bakteri endofit yang dominan pada banyak tanaman inang (Negi *et al.*, 2024). Selain itu, bakteri Gram negatif berbentuk basil seperti *Pseudomonas*, *Pantoea*, *Enterobacter*, *Rhizobium*, dan *Klebsiella* juga sering dilaporkan sebagai bakteri penghasil IAA karena banyak anggota kelompok ini mempunyai jalur biosintesis IAA berbasis triptofan yang mendukung produksi IAA mikroba (Duca *et al.*, 2014; Tian *et al.*, 2017; Tufail *et al.*, 2022; Feng *et al.*, 2024).

Menurut Waskito *et al.* (2022), bakteri endofit dapat menghasilkan hormon pertumbuhan seperti auksin, etilen dan sitokinin sehingga dapat membantu pertumbuhan tanaman. Berdasarkan hasil uji aktivitas IAA, didapat bahwa setiap isolat menunjukkan konsentrasi yang berbeda. Hasil tersebut terjadi karena perbedaan setiap isolat bakteri dalam mengolah triptofan menjadi IAA. Menurut (Nofiyanti and Rahayu, 2023), perbedaan isolat bakteri endofit dalam menghasilkan hormon IAA dipengaruhi oleh perbedaan urutan genom yang dimiliki oleh masing-masing isolat, sehingga ketersediaan enzim triptofan untuk biosintesis IAA juga berbeda hal ini mengakibatkan konsentrasi IAA yang dihasilkan juga berbeda. Ketersediaan IAA sangat penting dalam pertumbuhan dan perkembangan tanaman, sehingga bakteri endofit yang mensintesis hormon tersebut dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman (Zulfah and Susilawati, 2021).

Indole Acetic Acid (IAA) merupakan kelompok fitohormon yang berperan penting dalam regulasi pertumbuhan tanaman seperti organogenesis, proses pemanjangan, respon selular, pembelahan, diferensiasi dan regulasi gen (Al Banna & Arifuddin, 2021). Sampel tanaman yang digunakan yakni *A. mangium* dan rumput *E. montevidensis* dapat bertahan pada lahan bekas tambang karena adanya peran bakteri pemacu pertumbuhan yang menghasilkan IAA. Menurut Pramita *et al.* (2018) hormon auksin diproduksi di dalam jaringan yang aktif membelah atau jaringan meristem. Titik tumbuh meristem primer terletak pada ujung akar dan ujung batang sehingga akar dan batang mampu tumbuh memanjang (Ramadhini *et al.*, 2021).

Pengujian pengaruh perlakuan isolat terhadap benih padi yang sudah mengalami dormansi menunjukkan tidak adanya pengaruh terhadap jumlah daun yang nyata, hal ini dapat diduga bahwa jumlah daun bibit terlebih pada fase awal pertumbuhan belum terlihat karena masih pembentukan daun dari hipokotilnya. Pengamatan ini dilakukan pada 7 hari setelah perlakuan. Perkecambahan terbaik pada perlakuan isolat bakteri endofit R4 (47,33%) yang berbeda nyata dengan isolat A2 (30,66%) dan tidak berbeda nyata dengan isolat lainnya. Kandungan IAA tertinggi terdapat pada isolat bakteri endofit A2 dan berbeda nyata terhadap isolat R4. Tinggi tanaman dan panjang akar terbaik terdapat pada perlakuan isolat bakteri endofit A2. Fenomena ini menunjukkan bahwa fase perkecambahan dan pertumbuhan bibit setelah berkecambah dikendalikan oleh proses fisiologis yang berbeda. Kadar IAA yang terlalu tinggi pada fase perkecambahan dapat menunda pecahnya kulit benih dan protrusi radikula karena IAA dapat meningkatkan sinyal ABA serta menurunkan rasio GA/ABA, padahal GA diperlukan untuk mendorong perkecambahan sedangkan ABA cenderung mempertahankan dormansi (Shuai *et al.*, 2017). Sebaliknya, IAA justru berperan kuat dalam pemanjangan sel, pembelahan sel, pembentukan akar lateral, dan perubahan arsitektur akar setelah benih berkecambah, sehingga bibit menunjukkan pertumbuhan akar (variabel panjang akar) dan tajuk (variabel tinggi tanaman) yang lebih baik (Etesami and Glick, 2024). Menurut Havizah *et al.* (2025), keberadaan bakteri endofit penghasil IAA yang berperan dalam merangsang pembelahan dan pemanjangan sel dapat memacu pertumbuhan vegetatif salah satunya adalah pemanjangan akar. Pemberian perlakuan bakteri endofit asal kayu burung, ketapang hutan dan kayu marsegu efektif meningkatkan pertumbuhan vegetatif dan produksi tanaman padi (Nawawi *et al.*, 2025). Hasil penelitian (Maulidia *et al.*, 2024) juga menunjukkan adanya pengaruh bakteri endofit meningkatkan viabilitas dan vigor benih tomat. Pradana *et al.* (2022) juga melaporkan hal yang sama, bakteri endofit yang telah diformulasikan dengan beberapa bahan alami dapat memacu pertumbuhan.

KESIMPULAN

Terdapat dua isolat bakteri endofit yang mampu menghasilkan IAA tertinggi yaitu isolat A1 dan A2 yang berasal dari akar *A. mangium*. Isolat A2 juga mampu memacu pertumbuhan akar dan tinggi tanaman tertinggi pada bibit padi. Perkecambahan benih padi terbaik terdapat pada perlakuan isolat R4 (asal akar rumput *E. montevidensis*) dan terendah pada isolat A2. Diduga kandungan IAA yang lebih tinggi dapat menghambat perkecambahan benih padi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih disampaikan kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia, Direktorat Jenderal Pembelajaran dan Kemahasiswaan Republik Indonesia melalui PKM-RE dan Universitas Bangka Belitung yang telah mendanai penelitian ini. Terimakasih juga diucapkan kepada Dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing dalam kegiatan penelitian.

KONTRIBUSI PENULIS

YL: mengumpulkan serta mengolah data penelitian dan menyiapkan draft manuskrip; PP: melakukan pengumpulan pustaka dan menyiapkan draft manuskrip; AO: melakukan editing draft manuskrip; dan R: melakukan pengarah dan desain kegiatan serta penyelarasan akhir manuskrip.

REFERENSI

- A'ini, Z.F. 2013. Isolasi dan identifikasi bakteri penghasil IAA (indole-3-acetid acid) dari tanah dan air di Situgunung, Sukabumi. *Faktor Exacta*, 6(3), pp.231–240.
- Al Banna, M. Z. A., Arifuddin, W. 2021. Potensi bakteri asal bambu dalam memproduksi asam indolasetat (IAA). *Jurnal Ilmu dan Teknologi Pertanian*. 5(1), pp.72–80.
- Alotaibi, B.S., Khan, M., Shamim, S. 2021. Unraveling the underlying heavy metal detoxification mechanisms of *bacillus* species, *Microorganisms*, 9(8), p.1628.
- Amruta, N., Prasanna Kumar, M. K., Kandikattu, H. K., Sarika, G., Puneeth, M. E., Ranjitha, H. P., Vishwanath, K., Manjunatha, C., Pramesh, D., Mahesh, H. B., Narayanaswamy, S. 2019. Bio-priming of rice seeds with novel bacterial strains, for management of seedborne *Magnaporthe oryzae* L. *Plant Physiology Reports*, 24(4), pp.507–520.
- Andrea, R., Aliyah, I., Yudana, G. 2021. Studi kesesuaian lahan pertanian sawah organik (Studi kasus: Desa Gempol, Kabupaten Klaten). *Region : Jurnal Pembangunan Wilayah dan Perencanaan Partisipatif*, 16(2), pp.333-347.
- Chagas, G.G., Freesz, G.M.D.A., Suzuki, M.S. 2012. Temporal variations in the primary productivity of *Eleocharis acutangula* (Cyperaceae) in a tropical wetland environment. *Revista Brasileira de Botanica*, 35(3), pp. 295–298.
- Cho, W.I., Chung, M.S. 2020. Bacillus spores: a review of their properties and inactivation processing technologies. *Food Science and Biotechnology*, 29(11), pp.1447–1461.
- Duca, D., Lorr, J., Patten, C.L., Rose, D., Glick, B.R. 2014. Indole-3-acetic acid in plant-microbe interactions. *Antonie van Leeuwenhoek*, 106(1), pp.85–125.
- Etesami, H., Glick, B.R. 2024. Bacterial indole-3-acetic acid: A key regulator for plant growth, plant-microbe interactions, and agricultural adaptive resilience. *Microbiological Research*, 281, p.127602.
- Fanni, A., Satjapradja, O., Setyaningsih, L. 2022. Potensi kesesuaian jenis tanaman pada areal lahan pascatambang timah (studi kasus di Kecamatan Sungai Selan Kabupaten Bangka Tengah Provinsi Bangka Belitung). *Jurnal Nusa Sylva*, 22(1), pp.6–16.
- Feng, Y., Tian, B., Xiong, J., Lin, G., Cheng, L., Zhang, T., Lin, B., Ke, Z., Li, X. 2024. Exploring IAA biosynthesis and plant growth promotion mechanism for tomato root endophytes with incomplete IAA synthesis pathways. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 11, p.187. <https://doi.org/10.1186/s40538-024-00712-8>

- Gang, S., Sharma, S., Saraf, M., Buck, M., Schumacher, J. 2019. Analysis of indole-3-acetic acid (IAA) production in *Klebsiella* by LC-MS/MS and the Salkowski method. *Bio-protocol*, 9(9), p.e3230. <https://doi.org/10.21769/BioProtoc.3230>
- Harmileni, H., Saragih, G., Hidayani, T. R., Mirnandaulia, M. 2023. Aktivitas antibakteri bakteri endofit daun kelapa sawit (*Elaeis guineensis*) terhadap *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*. *Jurnal Prima Medika Sains*, 5(1), pp.42–47.
- Havizah, I. N., Zulkifli, L., Rasmi, D. A. C., Sedijani, P. 2025. Isolation and identification of endophytic bacteria producing IAA and phosphate solubilizers from mangrove roots in the Bagek Kembar Sekotong Area and in vitro testing on the germination of *Vigna radiata* L. *Jurnal Biologi Tropis*, 25(4b), pp.619–631. <https://doi.org/10.29303/jbt.v25i4b.10069>
- Khumairah, F.H., Setiawati, M.R., Fitriatin, B.N., Simarmata, T., Alfaraj, S., Ansari, M.J., Enshasy, H.A.E., Sayyed, R.Z., Najafi, S. 2022. Halotolerant Plant Growth-Promoting Rhizobacteria Isolated From Saline Soil Improve Nitrogen Fixation and Alleviate Salt Stress in Rice Plants. *Front Microbiol*, 13, p.905210.
- Kim, M., Shim, C., Lee, J., Wangchuk, C. 2022. Hot Water Treatment as Seed Disinfection Techniques for Organic and Eco-Friendly Environmental Agricultural Crop Cultivation. *Agriculture*, 12(8), p.1081. <https://doi.org/10.3390/agriculture12081081>
- Lebrazi, S., Niehaus, K., Bednarz, H., Fadil, M., Chraibi, M., Fikri-Benbrahim, K. 2020. Screening and optimization of indole-3-acetic acid production and phosphate solubilization by rhizobacterial strains isolated from *Acacia cyanophylla* root nodules and their effects on its plant growth. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*, 18, p.71. <https://doi.org/10.1186/s43141-020-00090-2>
- Maulana, M., Safriani, S. R., Ritaqwin, Z. 2024. Morfologi koloni bakteri endofit dari akar tanaman kopi arabika. *Science Tech Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi*, 10(2), pp.90-95.
- Maulidia, V., Jalil, M., Junita, D., Sumeinika, F. L., Chairuddin, Agustinur. 2024. Pengaruh beberapa spesies bakteri endofit terhadap viabilitas dan vigor benih tomat. *Agrotekma: Jurnal Agroteknologi Dan Ilmu Pertanian*, 8(1), pp.7–16. <https://doi.org/10.31289/agr.v8i1.9536>
- Muhammad, S. S., Avianto, Y., Anindita, N. S., Nugraheni, I. A. 2023. Potensi bakteri endofit dari tanaman cabai dan batang ketimun sebagai agen biokontrol terhadap jamur *Fusarium* sp. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian Dan Pengabdian Kepada Masyarakat LPPM Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta*, 1, pp.338–345.
- Muzakki, A. 2019. Menjaga kelestarian tanah: (respon fiqh terhadap penggunaan bahan-bahan kimia dan pupuk kandang dalam pertanian). *Jurnal Pendidikan&Keislaman*, 6(2), pp.138–154.
- Nawawi, M., Matinahoru, J. and Hadijah, M. 2025. Pengaruh bakteri endofit asal pohon berhabitat basah terhadap pertumbuhan dan produktivitas padi sawah (*Oryza sativa*),” *MARSEGU: Jurnal Sains dan Teknologi*, 2(5), pp.301–315.
- Negi, R., Sharma, B., Kumar, S., Chaubey, K. K., Kaur, T., Devi, R., Yadav, A., Kour, D., Yadav, A. N. 2024. Plant endophytes: Unveiling hidden applications toward agro-environment sustainability. *Folia Microbiologica*, 69(1), pp.181–206. <https://doi.org/10.1007/s12223-023-01092-6>
- Nofiyanti, S.S., Rahayu, S.W. 2023. Isolasi bakteri endofit akar tanaman bawang merah (*Allium cepa* L.) sebagai penghasil hormon indole-3-acetic acid (IAA). *LenteraBio*, 12(2), pp.162–171.
- Nuruwe, C. D., Matinahoru, J. M., and Hadijah, M. H. 2020. Isolasi dan identifikasi bakteri endofit beberapa jenis pohon berhabitat basah. *Jurnal Budidaya Pertanian*, 16(1), pp.65-70.
- Pradana, A. P., Mardhiana, Suriana, Adiwena, M., Yousif, A. I. A. 2022. Formula bakteri endofit untuk meningkatkan pertumbuhan bibit jagung pada tanah masam podsolik merah-kuning. *Jurnal Ilmiah Inovasi*, 22(1), pp.30–41. <https://doi.org/10.25047/jii.v22i1.3091>
- Pramita, Y., Wandansari, N. R., Salim, A., Laksono, A. 2018. *Aplikasi pupuk organik dan zat pengatur tumbuh dalam peningkatan produktivitas tanah dan tanaman*. In *Pembangunan pertanian dan peran pendidikan tinggi agribisnis: Peluang dan tantangan di era industri 4.0* (pp. 673–684). UPT Penerbitan Universitas Jember.

- Pramuseto, J., Marlina, L., & Zuhri, R. 2020. Identifikasi tumbuhan pionir di area bekas tambang biji besi Desa Pulau Layang, Kecamatan Batang Masumai. *Biocolony: Jurnal Pendidikan Biologi dan Biosains*, 3(2), 1–31.
- Priyadarshane, M., Das, S. 2021. Biosorption and removal of toxic heavy metals by metal tolerating bacteria for bioremediation of metal contamination: A comprehensive review. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 9(1), p.104686.
- Ramadhini, R.N., Manalu, A.I., Ruwaida, I.P., Isrianto, P.L., Pangabea, N.H., Wilujeng, S., Erdiandini, I., Purba, S.R.F., Sutrisno, E., Hulu, I.L., Purwanti, S., Utomo, B., and Surjaningsih, D.R.,. 2021. *Anatomi Tumbuhan*. Edisi 1, Yayasan Kima Menulis. Medan
- Rini, I. A., Oktaviani, I., Asril, M., Agustin, R., Frima, F. K. 2020. Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Penghasil IAA (*Indole Acetic Acid*) Dari Rhizosfer Tanaman Akasia (*Acacia mangium*). *Agro Bali: Agricultural Journal*, 3(2), pp.210-219.
- Robika, R., Sari, E. 2019. Pertumbuhan dan kadar klorofil daun *Acacia mangium* pada lahan bekas tambang timah di Pulau Bangka. *Ekotonia: Jurnal Penelitian Biologi, Botani, Zoologi dan Mikrobiologi*, 4(1), 7–11. <https://doi.org/10.33019/ekotonia.v4i1.1009>
- Rusli, N. A., Wahyuningsih, S., Irwan, Farid, N. 2024. Isolasi dan uji aktivitas antibakteri dari bakteri endofit daun matoa (*Pometia pinnata* J.R. & G. Forst.) terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. *Jurnal Mandala Pharmacoon Indonesia*, 10(2), pp.562–572. <https://doi.org/10.35311/jmpi.v10i2.590>
- Shuai, H., Meng, Y., Luo, X., Chen, F., Zhou, W., Dai, Y., Qi, Y., Du, J., Yang, F., Liu, J., et al. 2017. Exogenous auxin represses soybean seed germination through decreasing the gibberellin/abscisic acid (GA/ABA) ratio. *Scientific Reports*, 7, p.12620
- Silva, H. S. A., Tozzi, J. P. L., Terrasan, C. R. F., Bettiol, W. 2012. Endophytic microorganisms from coffee tissues as plant growth promoters and biocontrol agents of coffee leaf rust. *Biological Control*, 63(1), pp.62–67. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2012.06.005>
- Tian, B., Zhang, C., Ye, Y., Wen, J., Wu, Y., Wang, H., Li, H., Cai, S., Cai, W., Cheng, Z., et al. 2017. Beneficial traits of bacterial endophytes belonging to the core communities of the tomato root microbiome. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 247(2), pp.149–156. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.06.041>
- Tufail, M.A., Ayyub, M., Irfan, M., Shakoar, A., Chibani, C.M., Schmitz, R.A. 2022. Endophytic bacteria perform better than endophytic fungi in improving plant growth under drought stress: A meta-comparison spanning 12 years (2010–2021). *Physiologia Plantarum*, 174(6), p.e13806. <https://doi.org/10.1111/ppl.13806>
- USGS Wetland Plant Identification. 2019. *Eleocharis montevidensis*. Available at: <https://warcapps.usgs.gov/PlantID/Species/Details/2908> (Accessed: 4 June 2019).
- Wardana, S.T., Juswardi, Rama, N.L.A. 2021. Respons pertumbuhan rimpang Jahe Merah (*Zingiber officinale* Var. Rubrum) pada perendaman auksin dan PGPR (Plant Growth Promoting Rhizobacteria),” *Sriwijaya Bioscientia: Jurnal Ilmu Biologi*, 2(2), pp.53–58.
- Waskito, H., Purwanti, E. W., Sa’diyyah, I., Budianto, B. 2022. Pengaruh interval pemberian konsorsium bakteri endofit dan jenis pupuk kandang terhadap pertumbuhan dan produksi jagung manis. *Jurnal Triton*, 13(1), pp.37–42. <https://doi.org/10.47687/jt.v13i1.226>
- Wibawa, E.S., Ningrat, A. 2025. Peran bakteri endofit dalam peningkatan ketahanan pangan berbasis pertanian organik. *Journal of New Trends in Sciences*, 3(2), pp.11–23. <https://doi.org/10.59031/jnts.v3i2.752>
- Zulfah, N., Susilawati, I.O. 2021. Endophytic bacteria as Indole Acetic Acid (IAA) producer and biocontrol agents in plants. *Bioma*, 16(2), pp.60–67. [https://doi.org/10.21009/Bioma16\(2\).3](https://doi.org/10.21009/Bioma16(2).3)