

ISOLASI DAN IDENTIFIKASI BAKTERI ENDOFIT PENGHASIL HORMON IAA (INDOLE ACETIC ACID) DARI AKAR TANAMAN MANGROVE *Avicennia marina*

Suci Ramadani Pohan¹, Kartika Manalu², Rizki Amelia Nasution³
Universitas Islam Negeri Sumatera Utara^{1,2,3}
suciramadanipohan28@gmail.com¹

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui genus dan potensi isolat bakteri endofit penghasil hormon IAA dari akar tanaman mangrove di desa Tanjung Rejo kecamatan Percut Sai Tuan. Metode penelitian yang digunakan meliputi isolasi bakteri endofit dengan metode tanaman di media NA (*Nutrient Agar*) lalu dikulturkan ke dalam media NB (*Nutrient Broth*) lalu ditambahkan L-tryptofan dan diinkubasi, kemudian dilakukan identifikasi berdasarkan karakterisasi morfologi, pewarnaan gram dan biokimia. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ditemukan 13 isolat bakteri endofit yang berpotensi menghasilkan hormon IAA berkisar antara 0,047-0,050 ppm yang teridentifikasi sebagai genus *Enterobacter*, *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Azospirillum*, *Micrococcus*. Namun isolat BEAM PA 2 genus *Enterobacter* dan BPAM PE 6 genus *Micrococcus* memiliki nilai tertinggi sebesar 0,050 ppm. Simpulan dari penelitian ini bakteri endofit yang diperoleh secara keseluruhan memiliki kemampuan menghasilkan hormon IAA.

Kata Kunci: Bakteri Endofit, IAA (*Indole Acetic Acid*), Mangrove *Avicennia marina*

ABSTRACT

*This research aims to determine the genus and potential isolates of endophytic bacteria producing IAA hormone from the roots of mangrove plants in Tanjung Rejo village, Percut Sai Tuan subdistrict. The research methods used include isolating endophytic bacteria using the plant method in NA (Nutrient Agar) media then culturing them in NB (Nutrient Broth) media then adding L-tryptophan and incubating, then identification is carried out based on morphological characterization, gram staining and biochemistry. The results of the research showed that 13 isolates of endophytic bacteria were found that had the potential to produce IAA hormones ranging from 0.047-0.050 ppm which were identified as the genus *Enterobacter*, *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Azospirillum*, *Micrococcus*. However, the isolates BEAM PA 2 of the genus *Enterobacter* and BPAM PE 6 of the genus *Micrococcus* had the highest value of 0.050 ppm. The conclusion from this research is that the endophytic bacteria obtained as a whole have the ability to produce the hormone IAA.*

Keywords: *Endophytic Bacteria, IAA (Indole Acetic Acid), Mangrove Avicennia marina*

PENDAHULUAN

Habitat mangrove merupakan salah satu ekosistem vegetasi yang terdapat di pantai tropis dengan substrat berlumpur dan dipengaruhi oleh pasang surut air laut (Situmorang et al., 2021). Mangrove merupakan tumbuhan berbentuk semak dan pohon. Pada waktu pasang, akar-akar dari tumbuhan mangrove ini akan tergenang oleh air dan pada waktu surut akar-akarnya akan terlihat (Mukhlis et al., 2018). Hutan mangrove berfungsi sebagai batas ekosistem antara darat dan laut dan salah satu tempat perkembangbiakan untuk berbagai kelompok mikroorganisme seperti bakteri endofit (Suryani & A'yun, 2022).

Habitat mangrove merupakan salah satu ekosistem vegetasi yang terdapat di pantai tropis dengan substrat berlumpur dan dipengaruhi oleh pasang surut air laut (Situmorang et al., 2021). Mangrove merupakan tumbuhan berbentuk semak dan pohon. Pada waktu pasang, akar-akar dari tumbuhan mangrove ini akan tergenang oleh air dan pada waktu surut akar-akarnya akan terlihat (Mukhlis et al., 2018). Hutan mangrove berfungsi sebagai batas ekosistem antara darat dan laut dan salah satu tempat perkembangbiakan untuk berbagai kelompok mikroorganisme seperti bakteri endofit (Suryani & A'yun, 2022).

Bakteri endofit merupakan mikroba yang hidup di dalam jaringan tumbuhan, akar, batang dan daun tanpa memberi efek negatif pada tumbuhan inangnya (Prihanto et al., 2018). Bakteri endofit dapat ditemukan di hampir semua tumbuhan dan merupakan organisme hidup mikroskopis yang hidup dalam jaringan tumbuhan selama periode tertentu dari siklus hidupnya (Azim et al., 2021). Tumbuhan yang tumbuh di bumi mengandung satu atau lebih mikroba endofit yang terdiri atas bakteri dan jamur (Rollando, 2019).

Bakteri endofit diketahui dapat mengikat hara nitrogen dan melarutkan fosfat sehingga mengurangi penggunaan pupuk buatan, memproduksi fitohormon. Selain itu, bakteri endofit dapat meningkatkan produksi senyawa bioaktif alami. Bakteri endofit hidup di dalam jaringan tanaman yang sehat dan berperan dalam memacu pertumbuhan tanaman dengan menghasilkan senyawa-senyawa zat pengatur tumbuh, seperti hormon IAA (*Indole Acetic Acid*), Ga₃, dan sitokinin (Gusmaini, et al., 2013). Hormon IAA adalah auksin endogen yang berperan dalam pembesaran sel, menghambat pertumbuhan tunas samping, merangsang terjadinya absisi, berperan dalam pembentukan jaringan Xilem dan Floem, dan juga berpengaruh terhadap perkembangan dan perpanjangan akar. Endosimbiosis dilakukan oleh bakteri endofit yang sebelumnya telah membentuk koloni di dalam jaringan tanaman untuk memproduksi hormon IAA (Arifiani et al., 2021).

Avicennia marina merupakan salah satu jenis mangrove yang sering ditemui di daerah pesisir pantai. *Avicennia marina* merupakan jenis tumbuhan pionir yang memiliki kemampuan beradaptasi lebih cepat dari jenis tumbuhan mangrove lainnya, mampu tumbuh dalam berbagai habitat pasang surut bahkan di perairan yang memiliki salinitas yang tinggi sekalipun (Situmorang et al., 2021). Kemampuan tumbuhan untuk hidup dilingkungan dengan kondisi ekstrim seperti salinitas tinggi salah satunya disebabkan adanya simbiosis dengan bakteri endofit yang dapat menghasilkan senyawa-senyawa yang membantu tumbuhan menghadapi kondisi ekstrim (Yanti et al., 2021).

Desa Tanjung Rejo berada di Kecamatan Percut Sei Tuan Kabupaten Deli Serdang. Desa Tanjung Rejo memiliki luas wilayah 19 Km². Penduduk Desa Tanjung Rejo umumnya bekerja sebagai nelayan dan juga petani. Sebagian besar

wilayah desa adalah daerah pesisir sehingga potensi yang paling besar berada di bidang perikanan, kawasan mangrove dan pariwisata (Kecamatan Percut Sei Tuan Dalam Angka, BPS Deli Serdang 2015). Menurut kantor kepala desa Tanjung Rejo tahun 2013, Luas hutan mangrove di Desa Tanjung Rejo, Kecamatan Percut Sei Tuan Kabupaten Deli Serdang sekitar 602.181 ha (Samosir & Restu, 2017).

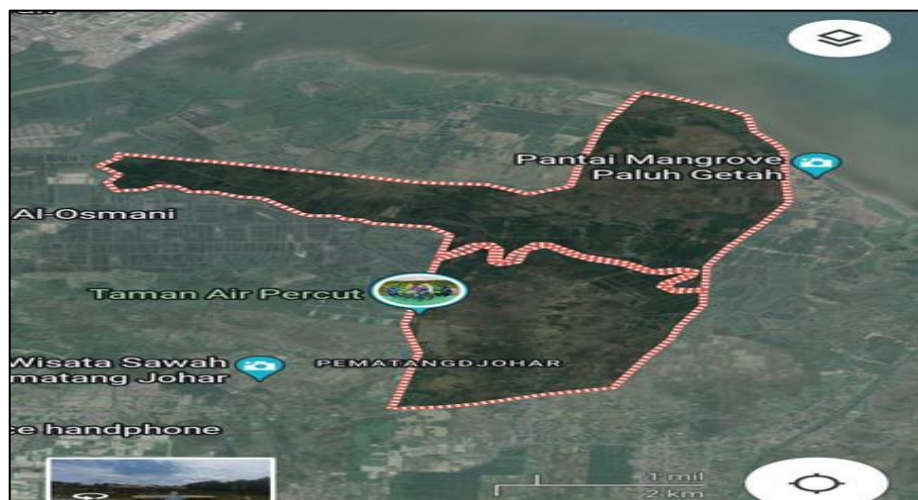
Pada mulanya hampir seluruh Desa Tanjung Rejo terdiri dari kawasan ekosistem hutan mangrove. Akan tetapi dengan pertambahannya jumlah penduduk maka habitat hutan mangrove di Desa Tanjung Rejo semakin berkurang. Kemudian ditambah lagi dengan pengalih fungsian ekosistem mangrove menjadi permukiman dan tambak ikan oleh para penduduk. Biasanya masyarakat Desa Tanjung Rejo tidak menanam langsung mangrove dipantai tersebut, melainkan dari buah yang jatuh ketanah atau ke air akan menjadi bibit pengganti mangrove apabila tumbang atau mati (Harefa et al., 2023). Hutan mangrove di Desa Tanjung Rejo dimanfaatkan oleh pemerintah Desa menjadi wisata mangrove. Pemanfaatan hutan mangrove oleh pemerintah daerah telah dapat dilaksanakan dengan baik untuk membangun ekosistem pesisir dan laut yang berkelanjutan.

Penelitian ini ditujukan untuk menginvestigasi variabel-variabel tersebut pada salah satu pusat pemukiman warga di Sumatera Utara, yaitu Desa Tanjung Rejo, desa kecil yang dikelilingi oleh kawasan ekosistem hutan mangrove. Hasil penelitian ini dapat menjadi pedoman bagi masyarakat dan pengelola ekosistem di sekitar dalam memanfaatkan potensi penghasil Hormon IAA (*Indole Acetic Acid*), pada bakteri endofit dari akar mangrove *Avicennia marina*.

METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan selama 1 bulan yaitu bulan Desember 2023-Januari 2024 di Desa Tanjung Rejo Kecamatan Percut Sei Tuan Sumatera Utara. Proses Isolasi, Identifikasi dan Uji Penghasil Hormon IAA (*Indole Acetic Acid*) dilakukan di laboratorium Mikrobiologi Program Studi Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sumatera Utara Jl. Bioteknologi, No. 1, Unit. 3, FMIPA, Kel. Padang Bulan, Kec. Medan Baru



Gambar. 1. Peta Titik Lokasi Penelitian

Metode Pengumpulan Data

Data diperoleh melalui pengambilan sampel langsung di lokasi penelitian dimana sampel yang akan diambil berupa akar tumbuhan mangrove *Avicennia marina* yang sehat yang terdapat di sekitar pemukiman warga dan yang berada di pesisir pantai Desa Tanjung Rejo Kecamatan Percut Sei Tuan Sumatera Utara. Sampel yang telah di ambil selanjutnya dimasukkan ke dalam Ziploc bag kemudian dimasukkan kedalam Box ice dan di bawa ke laboratorium Mikrobiologi untuk diteliti lebih lanjut. Bahan yang digunakan untuk penelitian adalah akar tanaman mangrove *Avicennia marina*, Nutrient Agar (NA), ketoconazole, Reagen Salkowski, media TSIA, media SCA, media SIM, reagen kovac's, aquadest, Nacl, alcohol 70%, etanol 75 %, krystal Violet, lugol's iodine, safranin, aseton alcohol, Hidrogen Peroksida, dan larutan sodium hipoklorit 5,3 %.

Analisis Data

Analisis data pada penelitian ini dilakukan secara deskriptif, meliputi tampilan data dalam table Karakteristik Morfologi Bakteri Endofit, Hasil Konsentrasi IAA, Hasil Pewarnaan Gram, Hasil Uji Biokimia, dan Hasil Identifikasi Genus Bakteri Endofit Penghasil Hormon IAA

HASIL PENELITIAN

Isolasi Bakteri Endofit dari Akar Mangrove (*Avicennia marina*)

Berdasarkan hasil penelitian didapat 13 isolat bakteri yang diisolasi dari akar mangrove, dimana pada titik 1 diperoleh 6 isolat diberi kode BEAM PA (bakteri endofit akar mangrove pantai) dengan angka 1-6 setelah kode, sedangkan titik 2 diperoleh 7 isolat yang diberi kode BEAM PE (bakteri endofit akar mangrove penduduk) dengan angka 1-7 setelah kode isolat.

Karakterisasi Morfologi Isolat Bakteri

Karakterisasi isolat bakteri bertujuan untuk mengetahui ukuran, bentuk, elevasi, margin dan warna isolat bakteri yang dapat dilihat pada (Tabel 1).

Tabel 1. Hasil Karakterisasi Morfologi Isolat Bakteri Endofit Dari Akar Mangrove *Avicennia marina*

Kode Isolat	Morfologi Koloni			
	Bentuk	Margin	Elevansi	Warna
BEAM PA 1	Circuler	Entire	Convex	Putih Kekuningan
BEAM PA 2	Ireguler	Undulate	Convex	Putih Kekuningan
BEAM PA 3	Circuler	Entire	Convex	Putih Kekuningan
BEAM PA 4	Ireguler	Lobate	Convex	Putih Kekuningan
BEAM PA 5	Rhizoid	Rhizoid	Flat	Putih Susu
BEAM PA 6	Ireguler	Curled	Flat	Putih Susu
BEAM PE 1	Circuler	Entire	Convex	Putih Kekuningan
BEAM PE 2	Ireguler	Undulate	Convex	Putih Kekuningan
BEAM PE 3	Circuler	Entire	Flat	Putih Susu
BEAM PE 4	Ireguler	Curled	Convex	Putih Kekuningan
BEAM PE 5	Circuler	Entire	Convex	Putih Kekuningan
BEAM PE 6	Ireguler	Curled	Convex	Putih Kekuningan
BEAM PE 7	Circuler	Entire	Convex	Putih Kekuningan

Berdasarkan hasil pengamatan diketahui bahwa 13 isolat memiliki karakterisasi morfologi yang beragam, meskipun terdapat beberapa isolat dengan karakteristik yang sama namun dalam hal ini tidak dapat ditentukan apakah isolat tersebut merupakan isolat yang sama. Menurut Janda et al (2007) dalam Aji & Utami (2017) bahwa perbedaan spesies ditentukan oleh urutan nukleotida dan karakteristik biokimianya.

Kemampuan Bakteri Endofit Dalam Menghasilkan Hormon IAA

Berdasarkan hasil yang diperoleh pada penelitian ini perubahan warna supernatant di dalam suhu ruang menunjukkan adanya perubahan berwarna merah muda. Namun untuk mengetahui kandungan IAA yang terbentuk serta perubahan kandungan IAA waktu inkubasi supernatant maka dilakukan pengukuran IAA dengan menggunakan spektrofotometer UV-Visible.

Tabel 2. Hasil Konsentrasi IAA

Kode Isolat	Nilai Konsentrasi IAA
BEAM PA 1	0,049 ppm
BEAM PA 2	0,050 ppm
BEAM PA 3	0,049 ppm
BEAM PA 4	0,048 ppm
BEAM PA 5	0,047 ppm
BEAM PA 6	0,047 ppm
BEAM PE 1	0,047 ppm
BEAM PE 2	0,049 ppm
BEAM PE 3	0,047 ppm
BEAM PE 4	0,049 ppm
BEAM PE 5	0,049 ppm
BEAM PE 6	0,050 ppm
BEAM PE 7	0,049 ppm

Berdasarkan hasil uji (Tabel 2) menunjukkan bahwa tiga belas isolat memiliki kemampuan menghasilkan hormon IAA dengan nilai konsentrasi IAA yang beragam yaitu 0,047-0,050 ppm, dimana isolat BEAM PA 2 dan BPAM PE 6 memperoleh nilai konsentrasi IAA tertinggi 0,050 ppm.

Pewarnaan Gram

Pewarnaan gram merupakan uji yang dilakukan untuk membedakan bakteri gram positif dan gram negatif dari isolat yang ditemukan. Hasil pewarnaan gram terhadap 13 isolat bakteri endofit dapat dilihat pada (Tabel 3).

Tabel 3. Hasil Pewarnaan Gram Isolat Bakteri Endofit dari Akar Tanaman Mangrove

Kode Isolat	Bentuk	Jenis Gram
BEAM PA 1	Basil	-
BEAM PA 2	Basil	-
BEAM PA 3	Basil	-
BEAM PA 4	Basil	+
BEAM PA 5	Basil	-
BEAM PA 6	Basil	+
BEAM PE 1	Basil	+

BEAM PE 2	Coccus	+
BEAM PE 3	Basil	+
BEAM PE 4	Basil	+
BEAM PE 5	Basil	-
BEAM PE 6	Coccus	+
BEAM PE 7	Coccus	+

Berdasarkan hasil pewarnaan gram diketahui bahwa 10 isolat bentuk basil jenis gram positif dan negatif, sedangkan 3 isolat lainnya bentuk coccus gram positif. Perbedaan jenis gram menunjukkan struktur dinding sel bakteri, dimana pada sekelompok bakteri gram positif memiliki peptidoglikan yang tebal sehingga dapat mempertahankan kristal violet setelah dicuci alkohol.

Uji Biokimia

Uji biokimia bertujuan untuk digunakan dalam mengkarakterisasi isolat bakteri yang ditemukan yang dengan dilakukan beberapa pengujian

Tabel 4. Hasil Uji Biokimia Isolat Bakteri Endofit dari Akar Tanaman Mangrove

Kode Isolat	Sitrat	Motilitas	Indol	Slantt	Butt	EndapanHitam	Gas	Katalase
BEAM PA 1	-	+	-	Merah	Kuning	+	+	+
BEAM PA 2	-	+	-	Merah	Kuning	+	+	+
BEAM PA 3	+	+	+	Kuning	Kuning	+	+	+
BEAM PA 4	-	+	+	Kuning	Kuning	+	+	+
BEAM PA 5	-	+	+	Merah	Kuning	+	+	+
BEAM PA 6	-	+	-	Merah	Kuning	-	+	+
BEAM PE 1	+	+	+	Merah	Kuning	-	+	+
BEAM PE 2	-	+	+	Merah	Kuning	+	+	+
BEAM PE 3	-	+	-	Merah	Kuning	-	-	+
BEAM PE 4	-	+	+	Kuning	Kuning	-	-	+
BEAM PE 5	+	+	+	Merah	Kuning	+	+	+
BEAM PE 6	+	+	+	Merah	Kuning	-	+	+
BEAM PE 7	-	+	+	Merah	Kuning	-	+	+

Berdasarkan hasil uji biokimia (Tabel 4) pada uji sitrat diperoleh hasil 9 isolat negatif, sedangkan 4 isolat lainnya positif yang ditandai dengan perubahan warna media.

Berdasarkan hasil uji pengamatan karakterisasi morfologi bakteri, pewarnaan gram, biokimia dan berpedoman pada buku Bergey's Manual of

Determinative Bacteriology, maka 13 isolat bakteri endofit penghasil hormon IAA dari akar tanaman mangrove diperoleh genus :

Tabel 5 Hasil Identifikasi Genus Bakteri Endofit Penghasil Hormin IAA

Kode Isolat	Genus
BEAM PA 1	<i>Enterobacter</i>
BEAM PA 2	<i>Enterobacter</i>
BEAM PA 3	<i>Pseudomonas</i>
BEAM PA 4	<i>Bacillus</i>
BEAM PA 5	<i>Pseudomonas</i>
BEAM PA 6	<i>Bacillus</i>
BEAM PE 1	<i>Bacillus</i>
BEAM PE 2	<i>Micrococcus</i>
BEAM PE 3	<i>Bacillus</i>
BEAM PE 4	<i>Bacillus</i>
BEAM PE 5	<i>Azospirillum</i>
BEAM PE 6	<i>Micrococcus</i>
BEAM PE 7	<i>Micrococcus</i>

PEMBAHASAN

Isolasi Bakteri Endofit dari Akar Mangrove (*Avicennia marina*)

Menurut Pitasari & Ali (2018) akar merupakan tempat bakteri endofit paling banyak tumbuh dibandingkan dengan bagian jaringan tanaman lainnya, hal tersebut karena bakteri endofit menggunakan enzim untuk masuk ke ruang antar sel melalui korteks akar. Selain itu Nuruwe et al (2020) menyebutkan bahwa bakteri endofit juga dapat masuk ke dalam tanaman pada saat penyerapan air dan unsur hara oleh akar. Tiga belas isolat yang didapat memiliki jumlah yang lebih banyak dibandingkan dengan penelitian Yanti et al (2021) yang memperoleh 7 isolat bakteri endofit dari akar napas tanaman mangrove. Penelitian yang dilakukan Suryani & A'yun (2022) hanya mendapatkan 1 isolat bakteri endofit dari akar tanaman mangrove. Perbedaan jumlah isolat yang diperoleh diakibatkan karena adanya beberapa faktor seperti teknik mengisolasi, waktu pengambilan sampel, struktur tanah, jenis tanaman, habitat, umur tanaman, tipe jaringan dan lingkungan (Marwan et al., 2011).

Karakterisasi Morfologi Isolat Bakteri

Morfologi koloni bakteri yang ditemukan disesuaikan dengan pernyataan Capucinno and Sherman (1987) dalam Sabdaningsih et al (2013) menyebutkan bahwa bakteri umumnya memiliki bentuk, elevasi dan margin yang bermacam-macam. Bentuk koloni terdiri atas circular, rhizoid, irregular, filamentous, spindel dengan elevasi flat, raised, convex, pulvinate, umbonate dan margin yang terdiri atas entire, undulate, lobate, curled, rhizoid, filamentous. Menurut Janda et al (2007) dalam Aji & Utami (2017) bahwa perbedaan spesies ditentukan oleh urutan nukleotida dan karakteristik biokimianya.

Kemampuan Bakteri Endofit Dalam Menghasilkan Hormon IAA

Hormon IAA merupakan produk utama metabolisme L-triptofan pada beberapa mikroorganisme, termasuk rhizobia dan endofit. Triptofan berasal dari eksudat akar atau sel-sel yang rusak. Auksin disintesis dari asam amino dengan

prekursor triptofan dan dibantu enzim IAA oksidase, hasilnya adalah IAN (Indolaseto nitril), TpyA (Asam Indol piruvat) dan IAAlD (Indol asetat dehid) yaitu suatu substansi yang mirip dengan auksin namun mempunyai aktivitas yang lebih kecil. Melalui reaksi deaminasi, dekarboksilasi, dan reaksi hidrolisis triptofan dapat berubah menjadi IAA. Reaksi deaminasi mengubah triptofan menjadi TpyA dengan bantuan enzim multispesifik aminotransferase yang dilanjutkan dengan reaksi dekarboksilasi secara enzimatik yaitu mengubah TpyA menjadi IAAlD dan reaksi hidrolisis IAAlD menjadi IAA dengan bantuan enzim IAAlD oksidase (Handayani et al., 2013).

Bakteri yang mampu menghasilkan hormon IAA akan berwarna merah saat ditetesi reagen salkowsky, karena adanya interaksi antara IAA dan Fe membentuk senyawa kompleks $[Fe_2(OH)_2(IA)_4]$. Supernatant yang berwarna merah muda mengindikasikan adanya kandungan IAA yang terbentuk, sedangkan jika warna tidak berubah tidak mengandung IAA atau hanya mengandung sedikit IAA Marwati et al (2017). Hasil yang diperoleh pada penelitian ini memiliki nilai rendah dibandingkan dengan penelitian sebelumnya, yaitu pada penelitian Fatimah et al (2022) menunjukkan bahwa 12 isolat dari tanaman mangrove di pantai Kutang Lamongan menghasilkan IAA dengan konsentrasi 2,0-9,3 ppm. Adanya perbedaan bakteri dalam menghasilkan IAA dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti kondisi lingkungan, laju pertumbuhan, sumber nitrogen dan ketersediaan asam amino (Yurnaliza et al., 2018). Menurut Ardiana & Advinda (2022) asam amino tryptophan adalah komponen asam amino yang terdapat pada protein, sehingga digunakan oleh mikroorganisme dan jika dihidrolisis enzim triptofamase menghasilkan indol dan asam piruvat.

Pewarnaan Gram

Perbedaan jenis gram menunjukkan struktur dinding sel bakteri, dimana pada sekelompok bakteri gram positif memiliki peptidoglikan yang tebal sehingga dapat mempertahankan kristal violet setelah dicuci alkohol. Sedangkan gram negatif memiliki lipid yang tebal dibandingkan dengan peptidoglikan pada dinding selnya, sehingga tidak dapat mempertahankan kristal violet setelah dicuci dengan alkohol dan hanya menyerap warna terakhir yaitu safranin (Sarjono et al., 2020).

Uji Biokimia

Menurut Husna et al (2018) bakteri menggunakan sitrat sebagai satu-satunya sumber karbon menyebabkan asam sitrat pada media akan berkurang, sehingga pH meningkat dan media berubah menjadi biru.

Uji motilitas bertujuan untuk mengetahui bakteri dapat bersifat motil (bergerak) maupun non motil (tidak bergerak) (Kosasi et al., 2019). Hasil yang didapat keseluruhan isolat bersifat positif yang ditandai dengan adanya sebaran disekitar bekas tusukan. Menurut Anggara & Lisdiana (2012) bakteri dapat bergerak karena adanya flagel yang merupakan salah satu struktur utama diluar sel bakteri yang menyebabkan terjadinya pergerakan atau motilitas pada sel bakteri, sehingga bakteri dapat menyebar ke berbagai arah pada media.

Uji indol dilakukan untuk melihat kemampuan kemampuan bakteri dalam memecahkan senyawa indol dari asam amino triptofan (Sari et al., 2019). Hasil yang diperoleh 4 isolat negatif, sedangkan 9 isolat positif yang ditandai dengan

terbentuknya cincin berwarna merah terang pada permukaan media di dalam tabung setelah penambahan kovac's reagent.

Uji TSIA (Triple Sugar Iron Agar) dilakukan untuk mengetahui kemampuan bakteri dalam memfermentasi glukosa, sukrosa dan laktosa yang terkandung pada media. Pada uji TSIA warna kuning pada bagian slant dan butt bersifat menunjukkan terjadinya fermentasi glukosa, sukrosa dan laktosa. Warna merah pada bagian slant dan kuning pada bagian butt tabung menunjukkan terjadinya fermentasi glukosa tetapi tidak laktosa dan sukrosa. Sedangkan warna merah pada bagian slant dan butt menunjukkan bahwa glukosa, laktosa dan sukrosa tidak dapat difermentasi. Jika terjadinya pembentukan H_2S maka dasar media akan berwarna hitam, namun jika terbentuk gas media akan terangkat (Kosasi et al., 2019). Berdasarkan hasil yang diperoleh bahwa 10 isolat berwarna merah bagian slant dan butt bagian bawah, sedangkan 3 isolat lain berwarna kuning pada bagian slant dan butt. Didapatkan juga 7 isolat positif endapan hitam sedangkan 6 negatif. Selain itu diperoleh 11 isolat positif gas dan 2 isolat lainnya negatif.

Uji katalase bertujuan untuk mengidentifikasi bakteri dalam menghasilkan enzim katalase yang dapat menguraikan H_2O_2 (hidrogen peroksida) yang bersifat toksik, menjadi H_2O (dihidrogen monoksida) dan O_2 (oksigen) yang tidak bersifat toksik (Pulungan & Tumangger, 2018). Hasil yang diperoleh bahwa seluruh isolat menunjukkan hasil positif dimana isolat tersebut menghasilkan enzim katalase yang dapat menguraikan H_2O_2 ditandai dengan gelembung oksigen.

Enterobacter

Isolat BEAM PA 1 dan BEAM PA 2 teridentifikasi bakteri *Enterobacter* yang merupakan kelompok Enterobacteriaceae suku Eubacteriineae dan dapat hidup sebagai endofit pada tanaman seperti *Enterobacter cloacae*, *Enterobacter ludwigii*. *Enterobacter* bersifat gram negatif basil, katalase positif, menghasilkan gas, tidak membentuk indol, koloni berbentuk bulat, fakultatif anaerob, bersifat motil atau non motil namun pada strain bakteri motil mempunyai flagella peritrik. *Enterobacter* dapat memberikan efek menguntungkan bagi pertumbuhan tanaman karena kemampuannya menghasilkan hormon IAA. Hal ini telah diuji oleh Muhassonah (2017) di dalam penelitiannya bahwa bakteri endofit yang diisolasi dari rimpang temulawak (*Curcuma xanthorrhiza* Roxb.) spesies *Enterobacter cloacae* mampu menghasilkan hormon IAA dan dapat memberikan pengaruh terhadap pertumbuhan panjang akar serta tinggi tanaman jagung manis.

Pseudomonas

Isolat BEAM PA 3 dan BEAM PA 5 identifikasi bakteri *Pseudomonas* yang termasuk gram negatif berbentuk basil, fakultatif aerob, motil dengan flagel polar, nonfermentatif, tumbuh pada suhu $4^{\circ}C$ atau dibawah $43^{\circ}C$ dan memiliki habitat di tanah, air hingga tanaman dengan cara mengkoloni dan beradaptasi dengan baik pada akar tanaman, menggunakan eksudat akar untuk mensintesis metabolit sekunder yang mampu menghambat pertumbuhan dan aktivitas patogen (Rahmadian et al., 2018). Selain itu *Pseudomonas* diketahui dapat menghasilkan hormon IAA seperti *Pseudomonas putida*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Pseudomonas fluorescens*, *Pseudomonas azotoformans*, *Pseudomonas stutzeri*, dan *Pseudomonas protegens*. Hal ini telah diuji oleh

Istiqomah et al., (2017), isolat *Pseudomonas fluorescens* memiliki kemampuan menghasilkan hormon IAA dan dapat memberikan efek peningkatan bobot akar dan panjang akar tanaman tomat.

Bacillus

Isolat BEAM PA 4, BEAM PA 6, BEAM PE 1, BEAM PE 3, BEAM PE 4 teridentifikasi sebagai genus *Bacillus* yang merupakan bakteri gram positif dengan bentuk sel basil atau batang, dapat ditemukan di alam seperti tanah, air dan tanaman. Memiliki flagel untuk bergerak, katalase positif, bersifat aerob maupun anaerob, dapat menghasilkan enzim ekstraseluler yang mampu menghidrolisis protein dan polisakarida kompleks pada beberapa jenis. Berdasarkan morfologinya *Bacillus* memiliki bentuk koloni bermacam-macam dengan tepi koloni yang bervariasi namun umumnya tidak rata, memiliki ukuran yang beragam dan memiliki warna koloni yang pada umumnya putih hingga kekuningan. *Bacillus* dapat memproduksi AIA tanpa penambahan Ltriptofan pada media, sehingga kemungkinan bakteri tersebut juga dapat menghasilkan AIA melalui jalur tryptophan independent dengan menggunakan asam amino aromatik lain. Beberapa *Bacillus* yang diketahui hidup sebagai endofit pada tanaman dan mampu menghasilkan AIA di antaranya yaitu *Bacillus cereus*, *Bacillus amyloliquenfaciens*, *Bacillus subtilis* LK14, *Bacillus megaterium*, *Bacillus aryabhatai* MF693121.1.

Azospirillum

Isolat BEAM PE 5 teridentifikasi sebagai *Azospirillum* yang digolongkan ke dalam kelompok bakteri gram negatif dengan bentuk oval, bulat dan beberapa spesies ada yang berbentuk batang. Ciri khas *Azospirillum* yaitu memiliki alat gerak berupa flagel, bersifat aerob, tumbuh optimal pada suhu 20- 30°C pada pH 7,0-7,5. Karakteristik morfologi koloni *Azospirillum* yaitu berbentuk convex, smooth, putih, dan moist. *Azospirillum* merupakan bakteri penambat N dengan karakteristik hidup secara aerob (Roni & Lindawati, 2018). Bakteri yang diisolasi dari akar mangrove tanaman dapat ditemukan sebanyak 86% bakteri mampu menghasilkan auksin. Kemampuan bakteri dalam menambat N₂ diduga juga mampu menghasilkan IAA dengan kadar yang lebih tinggi. Hal ini karena jenis-jenis bakteri diazotrof seperti *Rhizobium*, *Azotobacter*, *Azospirillum* mampu menghasilkan IAA dengan atau tanpa kehadiran precursor TRP. Pemberian triptofan dalam konsentrasi yang berbeda memberi pengaruh terhadap produksi IAA dan berbanding lurus dengan kadar triptofan yang ditambahkan. Triptofan berperan sebagai prekursor IAA, walaupun tanpa IAA bakteri juga punya kemampuan menghasilkan IAA.

Micrococcus

Isolat BEAM PE 2, BEAM PE 6 dan BEAM PE 7 teridentifikasi sebagai *Micrococcus* yang mana hasil didapat sesuai dengan Holt et al., (1994) *Micrococcus* sel bulat dengan sifat gram positif, non motil namun beberapa motil, bersifat aerob, katalase positif yang dapat menguraikan hidrogen peroksida menjadi dihidrogen monoksida dan oksigen, menggunakan sitrat sebagai sumber karbon. Bakteri *Micrococcus* dapat meningkatkan ketersediaan fosfat dalam tanah dengan menghasilkan jenis-jenis kompleks hidroksida seperti Al-, Fe-, Ca-, Mn-, Mg-,

berikatan fosfat. Selain itu juga *Micrococcus* mampu memacu pertumbuhan tanaman (Marista et al., 2013).

SIMPULAN

Dari hasil penelitian isolasi dan identifikasi bakteri endofit penghasil hormon IAA (*Indole Acetic Acid*) dari akar tanaman mangrove *Avicennia marina* di Desa Tanjung Rejo Kecamatan Percut Sei Tuan Sumatera Utara dapat disimpulkan bahwa: Pada akar tanaman mangrove ditemukan adanya 13 isolat bakteri endofit yang berpotensi menghasilkan hormon IAA berkisar antara 0,047-0,050 ppm dari akar tanaman mangrove, namun isolat BEAM PA 2 dan BPAM PE 6 memiliki nilai tertinggi sebesar 0,050 ppm. Hasil identifikasi terhadap 13 isolat bakteri penghasil hormon IAA teridentifikasi genus *Enterobacter*, *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Azospirillum*, *Micrococcus*.

DAFTAR PUSTAKA

- A'ini, Z. F. (2015). Isolasi dan Identifikasi Bakteri Penghasil IAA (Indole-3-Acetic Acid) dari Tanah dan Air di Situgunung, Sukabumi. *Faktor Exacta*, 6(3), 231-240. <https://doi.org/10.37637/ab.v3i2.619>
- Aji, O. R., & Utami, L. B. (2017). Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Endofit Tanaman Tomat Cherry (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*) dalam Kemampuannya Menghasilkan Hormon Asam Indol Asetat (AIA). *Gontor AGROTECH Science Journal*, 3(1), 55. <http://dx.doi.org/10.21082/blpn.v27n1.2021.p21-28>
- Anggara, B. S., & Lisdiana, L. (2012). Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Endofit Penghasil Hormon *Indole Acetic Acid* dari Akar Tanaman Ubi Jalar. *Lentera Bio*, 3(3), 160–167. <http://ejournal.unesa.ac.id/index.php/lenterabio>
- Arifiani, R. N., & Lisdiana, L. (2021). Potensi Isolat Bakteri Endofit pada Akar Tanaman Jagung (*Zea mays*) sebagai Penghasil Hormon *Indole Acetic Acid*. *LenteraBio: Berkala Ilmiah Biologi*, 10(3), 285-291. <http://dx.doi.org/10.26740/lenterabio.v10n3.p285-291>
- Asra, R., Ririn, A. S., & Mariana, S., (2020). *Fitohormon Tumbuhan*. Jakarta : UKI Press
- Azim, M., Shiono, Y., & Ariefita, N. R. (2021). Eksplorasi Jamur Endofit dari Tanaman Kerinyu (*Cromolaena odorata* L.) Dampak Stres Lingkungan serta Aktivitas Anti Bakteri dan Anti Jamurnya. *Spin Jurnal Kimia & Pendidikan Kimia*, 3(1), 1-11. <https://doi.org/10.20414/spin.v3i1.3108>
- Baderan, W. (2016). *Hutan Mangrove dan Pemanfataannya*. Sleman: Deepublish
- Castro, R. A., Dourado, M. N., Almeida, J. R. D., Lacava, P. T., Nave, A., Melo, I. S. D., & Quecine, M. C. (2018). Mangrove Endophyte Promotes Reforestation Tree (*Acacia polyphylla*) Growth. *Brazilian journal of microbiology*, 49, 59- 66. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bjm.2017.04.002>
- Djamaluddin, R. (2018). *Mangrove: Biologi, Ekologi, Rehabilitasi, dan Konservasi*. Manado: Unsrat Press
- Erfin, N. S., & Malesi, L. (2016). Identifikasi Bakteri *Azospirillum* dan *Azotobacter* pada Rhizosfer Asal Komba-Komba (*Chromolaena odorata*). *JITRO*, 3(2), 30-38. <https://dx.doi.org/10.33772/jitro.v3i2.1684>
- Fatimah, F., Fadilah, L. A. R., Izzatul Millah, A., Nurhariyati, T., Irawan, B.,

- Ni'matuzahroh, N., Affandi, M., Rini Nur Izza Zuhri, A., Watamtin Widhiya, E., Salsabila, S., & Asrifah Ramly, Z. (2022). Ability Test of IAA (Indole-3-Acetic Acid) Hormone-Producing Endophytic Bacteria from Lamongan Mangrove. *Jurnal Riset Biologi dan Aplikasinya*, 4(1), 42–50. <http://dx.doi.org/10.26740/jrba.v4n1.p42-50>
- Firdausi, A. (2018). Isolasi Bakteri Rhizosfer Penghasil IAA (Indole Acetic Acid) dari Tegakan Hutan Rakyat Suren. *Skripsi*. Universitas Hasanuddin Makassar.
- Handayani, W., Munir, M., & Hidayati, I. (2013). Pengelompokan Isolat Bakteri Penghasil Hormon IAA (*Indole Acetic Acid*) dari Tanah Rizosfer Bawang Merah (*Allium cepa*) di Nganjuk dengan Variasi Wilayah yang Berbeda. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699. <https://doi.org/10.24252/PSB.V6I1.15787>
- Harefa, M. S., Butar-Butar, E. L., Tampubolon, F., & Tambunan, G. (2023). Analisis Kerusakan dan Dampak yang Ditimbulkan Bagi Lingkungan Pantai Mangrove Paluh Merbau. *Journal of Laguna Geography*, 2(1). <https://doi.org/10.52562/joulage.v2i1.613>
- Herlina, L. (2016). Kajian Bakteri Endofit Penghasil IAA untuk Pertumbuhan Tanaman. *Jurnal Saintekno*, 14(1). <https://doi.org/10.15294/saintekno.v14i1.7616>
- Holt, G., Krig, N. R., Sneath, P., Staley, J., & Williams, S. (1994). *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*, (7th ed.). Philadelphia USA: Lipincott Williams Company
- Husna, A., Yuliani, & Lisdiana, L. (2018). Identifikasi Bakteri Endofit Isolat B2 dan B3 dari Akar Tanaman Ubi Jalar (*Ipomoea batatas* L.) var. Papua patippi Berdasarkan Karakter Fenotipik. *LenteraBio*, 7(1), 76–82. <http://ejournal.unesa.ac.id/index.php/lenterabio>
- Isnaeni, D., & Rahmawati, R. (2016). Isolasi dan Karakterisasi Mikrosimbion dari Spons *Callyspongia Vaginalis* dan Uji Daya Hambat Terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Salmonella thypi*. *Jurnal Farmasi*, 13(2), 8-19.
- Ismail, Y. S., Yulvizar, C., & Putriani. (2017). Isolasi, Karakterisasi Dan Uji Aktivitas Antimikroba Bakteri Asam Laktat Dari Fermentasi Biji Kakao (*Theobroma cacao* L.). *Bioleuser*, 1(2), 45–53.
- Janda, J., Michael, M., & Sharon, L. A. (2007). 16S rRNA Gene Sequencing for Bacterial Identification in the Diagnostic Laboratory: Pluses, Perils, and Pitfalls. *Journal of Clinical Microbiology*, 45(9), 2761-2764. <https://doi.org/10.1128/jcm.01228-07>
- Kementerian Agama RI. (2019). *Al-Qur'an dan Terjemahannya*. Jakarta: Lajnah Pentasihan Mushaf Al-Qur'an
- Marista, E., Khotimah, S., & Linda, R. (2013). Bakteri Pelarut Fosfat Hasil Isolasi dari Tiga Jenis Tanah Rizosfer Tanaman Pisang Nipah (*Musa paradisiaca* var. nipah) di Kota Singkawang. *Protobiont*, 2(2), 93–101. <https://dx.doi.org/10.26418/protobiont.v2i2.2749>
- Marwan, H., Sinaga, M. S., Giyanto, & Nawangsih, A. A. (2011). Isolasi dan Seleksi Bakteri Endofit untuk Pengendalian Penyakit Darah pada Tanaman Pisang. *Jurnal HPT Tropica*, 11(2), 113–121. <https://doi.org/10.23960/J.HPTT.211113-121>
- Marwati, I., Fibriarti, L. bernadeta, Zul, D., Roza, R. M., Martina, A., & Linda, T.

- M. (2017). Seleksi Isolat Aktinomisetes Asal Tanah Gambut Desa Rimbo Panjang Kabupaten Kampar dalam Menghasilkan Hormon IAA (*Indole Acetic Acid*). *Jurnal Riau Biologia*, 2(1), 47–54.
- Mukhlis, D. K., Rozirwan, R., & Hendri, M. (2018). Isolasi dan Aktivitas Antibakteri Jamur Endofit pada Mangrove *Rhizophora apiculata* dari Kawasan Mangrove Tanjung Api-Api Kabupaten Banyuasin Sumatera Selatan. *Maspari Journal: Marine Science Research*, 10(2), 151-160. <https://doi.org/10.56064/jps.v23i3.661>
- Muhassonah, R. (2017). Potensi Bakteri Endofit Rimpang Temulawak (*Curcuma xanthorrhiza* Roxb.) dalam Menambat N₂ di Udara dan Menghasilkan Hormon IAA (INDOLE-3-ACETIC ACID) Serta Pengaruhnya Terhadap Pertumbuhan Tanaman Jagung Manis (*Zea mays saccharata* Sturt.). *Skripsi*. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
- Nurhikmah, N. (2017). Isolasi dan Skreening Bakteri Endofit Penghasil Enzim Fitase dari Tanaman Jagung (*Zea mays*). *Skripsi*. Universitas Islam Negeri Alauddin Makasar
- Nuruwe, C. D., Matinahoru, J. M., & Hadijah, M. H. (2020). Isolasi dan Identifikasi Bakteri Endofit Beberapa Jenis Pohon Berhabitat Basah. *Jurnal Budidaya Pertanian*, 16(1), 65–70. <http://dx.doi.org/10.30598/jbdp.2020.16.1.65>
- Oktaviani, E., Ariana T. L., & Ferniah, R. S. (2020). Karakter Rhizobakteri Pelarut Fosfat Potensial dari Rhizosfer Tumbuhan Mangrove Teluk Awur Kabupaten Jepara Secara Mikrobiologi. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 18(1), 58-66. <https://doi.org/10.14710/jil.18.1.58-66>
- Pitasari, A., & Ali, M. (2018). Isolasi dan Uji Anatagonis Bakteri endofit dari Tanaman Bawang Merah (*Allium ascalonicum* L.) Terhadap Jamur *Alternaria porri* Ellis Cif. *Jurnal JOM Faperta*, 5(1), 1–12. <http://dx.doi.org/10.30598/a.v8i2.1009>
- Posangi, J., & Bara, R. A. (2014). Analisis Aktivitas dari Jamur Endofit yang terdapat dalam Tumbuhan Bakau *Avicennia marina* di Tasik Ria Minahasa. *Jurnal Pesisir dan Laut Tropis*, 2(1), 30-38. <https://dx.doi.org/10.35800/jplt.2.1.2014.7345>
- Prihanto, A. A., Firdaus, M., & Nurdiani, R. (2011). Endophytic Fungi Isolated from Mangrove (*Rhizophora mucronata*) and Its Antibacterial Activity on *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*. *Journal of Food Science and Engineering*, 1, 386-389.
- Prihanto, A. & Pradameswari, P. (2018). Isolasi dan Identifikasi Bakteri Endofit Mangrove *Sonneratia Alba* Penghasil Enzim Gelatinase dari Pantai Sendang Biru Malang. *Indonesian Journal of Halal*, 2(2). <http://dx.doi.org/10.14710/halal.v1i1.3114>
- Pulungan, A. S. S., & Tumangger, D. E. (2018). Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Endofit Penghasil Enzim Katalase dari Daun Buasbuas (*Premna pubescens blume*). *Jurnal BIOLINK (Jurnal Biologi Lingkungan, Industri, Kesehatan)*, 5(1), 72–80. <http://dx.doi.org/10.31289/biolink.v5i1.1665>
- Puspitasari, F. D., Shovitri, M., & Kuswyasari, N. D. (2012). Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Aerob Proteolitik Dari Tangki Septik. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 1(1), E1-E4.
- Rachman, F., Yunita, S., Manik, M. M., Girsang, O. B., Safitri, E., Sabri, T. M., &

- Juliandi, J. (2023). Pembangunan Ekosistem Laut Berkelanjutan Melalui Keterlibatan Warga dalam Pengelolaan Hutan Mangrove di Desa Tanjung Rejo. *Jurnal Kewarganegaraan*, 20(1), 40-52. <https://doi.org/10.55606/juprit.v2i3.1976>
- Radjasa, O. K., Salasia, S. I. O., Sabdono, A., Weise, J., Imhoff, J. F., Lammler, C., & Risk, M. J. (2007). Antibacterial Activity of Marine Bacterium *Pseudomonas* sp. Associated with Soft Coral *Sinularia polydactyla* against *Streptococcus equi* Subsp. *zooepidemicus*. *Int. J. Pharmacol.*, 3(2), 170-174. <https://doi.org/10.3923/IJP.2007.170.174>
- Rahmadian, C. A., Ismai, I., Abrar, M., Erina, Rastina, & Fahrma, Y. (2018). Isolasi dan Identifikasi Bakteri *Pseudomonas* sp pada Ikan Labuhan Haji Aceh Selatan. *Jurnal Jimvet*, 2(4), 493–502. <https://doi.org/10.3923/ijp.2024.455.471>
- Rollando. (2019). Senyawa Antibakteri dari Fungi Endofit. Jawa Timur Jawa Timur: CV. Seribu Bintang
- Roni., N. G. K & Lindawati, S. A. (2018). Kajian Partial Bakteri Penambat Nitrogen Non Simbiotik Asal Rhizosfer Tanaman Gamal Sebagai Plant Growth Promoting Pada Lahan Sistem Tiga Strata Pecatu. *Jurnal pastura*, 7(20), 78- 82
- Rosyid, N. U. (2020). *Fitoremediasi Mangrove*. Bogor: Guepedia
- Sabdaningsih, A., Budiharjo, A., & Kusdiyantini, E. (2013). Isolasi dan Karakterisasi Morfologi Koloni Bakteri Asosiasi Alga Merah (Rhodophyta) dari Perairan Kutuh Bali. *Jurnal Akademika Biologi*, 2(2), 11–17.
- Saibi, N., & Tolangara, A. R. (2017). Dekomposisi Serasah *Avicennia lanata* pada Berbagai Tingkat Kedalaman Tanah. *Techno: Jurnal Penelitian*, 6(01), 56-63. <http://dx.doi.org/10.33387/tk.v6i01.556>
- Samosir, D. D., & Restu, R. (2020) Analisis Manfaat Hutan Mangrove di Desa Tanjung Rejo Kecamatan Percut Sei Tuan Kabupaten Deli Serdang Sumatera Utara. *Tunas Geografi*, 6(1), 1-15. <http://dx.doi.org/10.24114/tgeo.v6i1.8344>
- Sari, D. P., Rahmawati, & P. W. E. R. (2019). Deteksi dan Identifikasi Genera Bakteri Coliform Hasil Isolasi dari Minuman Lidah Buaya. *Jurnal labmed*, 3(1), 29–35.
- Sarjono, P. R., Mahardika, H. D. R., Mulyani, N. S., Ngadiwiyana, Prasetyawibowo, N. B. A., & Ismiyanto, I. (2020). Aktivitas Antidiabetes Metabolit Sekunder Bakteri Endofit Asal Kulit Kayu Manis. *Jurnal Penelitian Sainstek*, 25(2), 143–156. <http://dx.doi.org/10.21831/jps.v25i2.32892>
- Setyawan, A., & Harpeni, H. (2021). Isolasi dan Penapisan Bakteri Termofilik Pemecah Alumunium dan Protein dari Sumber Air Panas Way Panas Kalianda Lampung Selatan. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 26(3), 161-168. <http://dx.doi.org/10.31258/jpk.26.3.161-168>
- Shivas, R. G., & Beasley, D. (2005). *Management of Plant Pathogen Collections*. Australia: Department of Agriculture, Fisheries and Forestry
- Situmorang, D. A. G., Rozirwan, R., & Hendri, M. (2021). Isolasi dan Aktivitas Antibakteri Jamur Endofit pada Mangrove *Avicennia marina* dari Pulau Payung Kabupaten Banyuasin Sumatera Selatan. *Jurnal Penelitian Sains*,

- 21(3), 163–167. <http://dx.doi.org/10.56064/jps.v23i3.661>
- Suriaman, E. (2010). Potensi Bakteri Endofit dari Akar Tanaman Kentang (*Solanum tuberosum*) dalam Memfiksasi N₂ di Udara dan Menghasilkan Hormon IAA (Indol Acetic Acid) secara In Vitro. *Doctoral Dissertation*. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- Suryani, S., & A'yun, Q. (2022). Isolasi Bakteri Endofit dari Mangrove *Sonneratia Alba* Asal Pondok 2 Pantai Harapan Jaya Muara Gembong, Bekasi. *BIO- SAINS: Jurnal Ilmiah Biologi*, 1(2), 12–18. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.23564679>
- Wardiatno, Y., Yulianda, F., Rusmana, I., & Bengen, D. G. (2021). *Metode dan Analisis Studi Ekosistem Mangrove*. Bandung: PT Penerbit IPB Press
- Yanti, D., Rahmawati, & Kurniatuhadi, R. (2021). Karakteristik Morfologis dan Fisiologis Bakteri Endofit dari Akar Napas Tumbuhan *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh di Mempawah Mangrove Park (Mmp). *Jurnal Biologica Samudra*, 3(2), 166–183. <https://dx.doi.org/10.33059/jbs.v3i2.4220>
- Yurnaliza, S. M. W., & Priyani, N. (2018). Peran Bakteri Endofit Penghasil IAA (*Indole Acetic Acid*) Terseleksi Terhadap Pertumbuhan Padi (*Oryza sativa* L.). *Prosiding Seminar Nasional Biologi FMIPA USU*, 219–228.
- Zinniel D. K., Lambrecht, P., Harris, N. B., Feng, Z., Kuczmariski, D., Higley, P., Ishimaru, C. A., Arunakumari, A., Barletta, R. G., & Vidaver, A. K. (2002). Isolation and Characterization of Endophytic Colonizing Bacteria from Agronomic Crops and Prairie Plants. *Appl. Environ. Microbiol*, 68(5), 2198–2208. <https://doi.org/10.1128/aem.68.5.2198-2208.2002>