

ISOLASI DAN KARAKTERISASI BAKTERI PENGHASIL IAA (*INDOLE ACETIC ACID*) DARI RHIZOSFER TANAMAN AKASIA (*Acacia mangium*)

Ika Agus Rini^{1*}, Indah Oktaviani¹, Muhammad Asril¹, Revi Agustin¹, Fina Khaerunissa Frima²

¹Program Studi Biologi, Jurusan Sains, Institut Teknologi Sumatera

²Program Studi Kimia, Jurusan Sains, Institut Teknologi Sumatera

Jl. Terusan Ryacudu, Way Huwi, Kec. Jati Agung, Kabupaten Lampung Selatan, Lampung 35365

*Email korespondensi: ika.rini@bi.itera.ac.id

Abstract. IAA is the most common product of L-tryptophan metabolism which can be produced by some microorganisms. Some microorganisms that have the potential to produce IAA are rhizosphere bacteria in Leguminosae plants, one of which is acacia. *Acacia mangium*, also known as acacia, is a fast growing tree. However, acacia is an invasive plant. Acacia plants have nodules which are the result of a symbiosis of plant roots and bacteria. This symbiosis can affect soil fertility. A lot of potential can be extracted from soil bacteria, especially in the rhizosphere. The purpose of this study was to isolate and identify bacteria in the rhizosphere of acacia plants capable of producing IAA as one of the potential candidates for PGPR (Plant Growth Promoting Rhizobacteria). The methods used include sampling, isolation of IAA-producing bacteria, bacterial purification, identification of bacteria and biochemical tests, making of bacterial growth curves, and testing of phosphate solubilizing bacteria isolates. The rhizosphere isolates obtained 23 bacterial isolates. Based on the results of bacterial identification based on Gram staining, these bacteria entered the genus *Bacillus* and there were 5 bacterial isolates that had the ability to produce IAA and dissolve phosphate so that these bacteria had potential as biological fertilizers.

Keywords: *Acacia*, rhizosfer, bacteria, IAA, biofertilizer.

Abstrak. IAA adalah produk paling umum dari metabolisme L-triptofan yang dapat diproduksi oleh beberapa mikroorganisme. Beberapa mikroorganisme yang memiliki potensi menghasilkan IAA adalah bakteri rhizosfer pada tanaman Leguminosae, salah satunya adalah akasia. *Acacia mangium*, juga dikenal sebagai akasia, adalah pohon yang tumbuh cepat. Namun, akasia adalah tanaman invasif. Tanaman akasia memiliki bintil yang merupakan hasil simbiosis akar tanaman dan bakteri. Simbiosis ini dapat mempengaruhi kesuburan tanah. Banyak potensi yang dapat digali dari bakteri tanah, khususnya di rhizosfer. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengisolasi dan mengidentifikasi bakteri pada rizosfer tanaman akasia yang mampu menghasilkan IAA sebagai salah satu potensi untuk kandidat PGPR (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria*). Metode yang digunakan meliputi pengambilan sampel, isolasi bakteri penghasil IAA, pemurnian bakteri, identifikasi bakteri dan uji biokimia, pembuatan kurva tumbuha bakteri, dan uji isolat bakteri pelarut fosfat. Hasil isolasi bakteri rhizosfer diperoleh sebanyak 10 isolat bakteri yang memiliki karakteristik berbeda secara morfologi. Berdasarkan hasil identifikasi bakteri berdasarkan pewarnaan Gram, bakteri tersebut masuk ke dalam genus *Bacillus* dan terdapat 5 isolat bakteri yang memiliki kemampuan menghasilkan IAA dan melarutkan fosfat sehingga bakteri tersebut memiliki potensi sebagai pupuk hayati.

Kata kunci: *Acacia*, rhizosfer, bacteria, IAA, pupuk hayati.

PENDAHULUAN

Indole Acetic Acid (IAA) merupakan salah satu auksin yang paling aktif secara fisiologis. IAA adalah produk paling umum dari metabolisme L-triptofan dari beberapa mikroorganisme. Produksi auksin oleh bakteri adalah salah satu mekanisme langsung terpenting yang digunakan oleh bakteri pemacu pertumbuhan tanaman (PGPB) untuk kemajuan tanaman secara alami karena auksin adalah metabolit sekunder ramah tanaman yang disintesis secara alami oleh bakteri, dan karenanya meningkatkan pertumbuhan tanaman terkait (Wagi & Ahmed, 2019). IAA merangsang pemanjangan sel memodifikasi

kondisi fisiologis tertentu seperti, peningkatan osmotik sel, meningkatkan permeabilitas air ke dalam sel, penurunan tekanan dinding sel, peningkatan sintesis dinding sel dan menginduksi RXA spesifik dan sintesis protein. IAA juga memiliki kemampuan memicu aktivitas embial, menghambat atau menunda absisi daun, menyebabkan pembungaan dan pembuahan (Zhao, 2010). Beberapa mikroorganisme termasuk dari golongan *Plant Growth-Promoting Rhizobacteria* (PGPR) dapat memproduksi IAA. Produksi IAA merupakan kemampuan utama dari bakteri rhizosfer yang dapat merangsang dan memfasilitasi tanaman dalam proses pertumbuhannya (Mohite, 2013). PGPR

mampu menghasilkan zat pengatur tumbuh atau fitohormon. Kemampuan bakteri untuk menghasilkan zat fitohormon yang merupakan mekanisme penting pada PGPR. Senyawa ini berperan sebagai sinyal dan regulator pertumbuhan pada tanaman seperti IAA, giberelin dan sitokinin (Harca et al., 2014).

Beberapa spesies bakteri yang berasal dari perakaran dan tanah dapat berperan sebagai pestisida, fungisida, biofertilizer, dan memiliki kemampuan dalam memacu pertumbuhan tanaman (Madigan et al., 2012). Selain memproduksi IAA, bakteri rhizosfer juga mampu melarutkan fosfat dan sebagai agen biokontrol dengan cara menginduksi sistem kekebalan tanaman (Marista et al., 2013).

Akasia mangium (*Acacia mangium*) merupakan tanaman yang dapat tumbuh dengan cepat dan merupakan pohon yang tahan terhadap kondisi tanah alkalin dan miskin hara (Hidayati et al., 2015). *A. mangium* merupakan jenis tanaman pioneer yang tidak memerlukan persyaratan tinggi atau khusus untuk tumbuh. Tanaman ini mampu tumbuh dan beradaptasi dengan baik pada kondisi klimatis yang berbeda dengan habitat aslinya. Akan tetapi banyak faktor lingkungan yang akan mempengaruhi keberhasilan tumbuhnya (Krisnawati et al., 2011). *A. mangium* dapat tumbuh di lahan marginal seperti bekas pertambangan dan termasuk jenis tanaman yang paling cocok ditanaman, hal ini menjadikan mangium tanaman potensial untuk bioremediasi (Robika & Sari, 2019).

A. mangium terbukti bermanfaat dalam sistem agroforestri karena memulihkan dan mempertahankan kesuburan tanah karena kemampuannya dalam mengikat nitrogen. *A. mangium* membentuk simbiosis asosiasi dengan bakteri bintil akar (Perrineau et al., 2012). Terdapat beberapa langkah bakteri bintil akar dapat masuk ke dalam akar, salah satunya melalui epidermis akar dan ada beberapa penelitian yang menyatakan infeksi bakteri yang berhubungan dengan gen *nod* (Bonaldi et al., 2011).

A. mangium diketahui melakukan simbiosis dengan bakteri tanah dari genus *Rhizobium*. Sehingga selain bioremediasi lahan

marginal, potensi mangium dapat dijadikan sebagai sumber bakteri rhizosfer yang dapat digunakan sebagai pupuk hayati. Oleh karena itu dalam penelitian ini dilakukan isolasi dan identifikasi bakteri rhizosfer dari perakaran *A. mangium*. Bakteri rhizosfer yang telah diisolasi dan dikarakterisasi diharapkan memiliki kemampuan dalam menghasilkan IAA dan melarutkan fosfat. Sehingga dalam penelitian ini akan didapatkan bakteri potensial yang dapat menjadi kandidat pupuk hayati. Di Indonesia belum banyak hasil penelitian yang melakukan isolasi dan identifikasi bakteri penghasil IAA dan pelarut fosfat dari rhizosfer *A. mangium*. Oleh sebab itu hasil penelitian ini akan memberikan gambaran baru tentang potensi bakteri rhizosfer perakaran mangium.

METODE

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Biologi Institut Teknologi Sumatera yang dilaksanakan dari bulan Juli – September 2020.

Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel tanah *Acacia* dilakukan pada kedalaman 5-20 cm (Gagelidze et al., 2018) dengan menggunakan spatula yang sudah disterilkan. Tanah yang sudah diambil kemudian dimasukkan ke dalam aluminium steril dan diberi label sesuai dengan jenis sampel dan lokasi pengambilan. Lokasi pengambilan sampel tanah berada di titik koordinat 5°21'26.4"S 105°18 '57.0"E dan 5°21'45.4"S 105°18 '39.9"E yang merupakan lahan penghijauan di kampus ITERA.

Isolasi Bakteri Penghasil IAA

Isolasi bakteri yang berpotensi menghasilkan IAA menggunakan media NB (*Nutrient Broth*) dan ditambah dengan L-triptofan sebanyak 0,1% (Kumari et al., 2018). Sebanyak 10 g tanah dimasukkan ke dalam 100 ml NB + L-triptofan (0,1%) kemudian diinkubasi goyang selama 24 jam dengan kecepatan 120 rpm dalam suhu 30°C.

Kultur pengkayaan tersebut diambil 1 ml lalu dimasukkan ke dalam tabung reaksi yang berisi akuades sebanyak 9 ml (Larosa et al., 2013). Dilakukan pengenceran berseri hingga tingkat

pengenceran 10^{-8} . Setelah dilakukan pengenceran, diambil 0,1 ml dari pengenceran 10^{-4} hingga 10^{-8} kemudian ditumbuhkan pada media *Nutrient Agar* (NA) yang sudah ditambahkan L-triptofan sebanyak 0,1% (Raut et al., 2017). Kemudian dilakukan inkubasi selama 24 jam pada suhu 30°C .

Identifikasi dan Karakterisasi

Semua koloni yang tumbuh dilakukan peremajaan untuk mendapatkan kultur murni. Bakteri yang diremajakan adalah bakteri yang mempunyai karakteristik morfologi yang berbeda antar bakteri lainnya seperti bentuk koloni, warna koloni, tepian koloni, dan elevasi koloni (Cappuchino & Sherman, 2013). Selain itu dilakukan uji biokimia dan identifikasi menggunakan pewarnaan Gram. Uji biokimia yang dilakukan antara lain uji sitrat, katalase, motilitas, TSIA dan hidrolisa pati.

Uji Kemampuan Penghasil IAA

Satu lup koloni bakteri dimasukkan ke dalam 50 ml media NB+L-triptofan 0,1%. Kemudian diinkubasi goyang selama 24 jam dengan kecepatan 120 rpm. Setelah 24 jam, diambil 1 ml inokulum dan dimasukkan ke dalam 100 ml media NB+L-triptofan 0,1% lalu diinkubasi goyang selama 6 hari dengan kecepatan 120 rpm. Uji kemampuan penghasil IAA dilakukan setiap hari dengan mengambil 10 ml inokulum bakteri kemudian disentrifugasi dengan kecepatan 6000 rpm selama 30 menit. Setelah disentrifugasi, diambil 1 ml supernatan dimasukkan pada tabung reaksi yang sudah dilapisi dengan aluminium foil. Ditambahkan 4 ml larutan Salkowski (150 ml H_2SO_4 , 250 ml aquades, 7,5 ml 0,5M $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) dan diinkubasi selama 30 menit pada ruang gelap (Patten & Glick, 2002). Kadar konsentrasi IAA diukur dengan menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 535 nm (Sharma & Rai, 2015). Konsentrasi IAA dihitung melalui perbandingan nilai pengukuran dengan kurva standar.

Uji Pelarutan Fosfat

Uji kemampuan bakteri dalam melarutkan fosfat dilakukan dengan menumbuhkan isolat bakteri yang telah dimurnikan pada media

Pikovskaya padat yang mengandung (10 g $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$, 5 g $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, 0,5 g $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, 0,2 g KCl, 0,1 g $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 0,002 g $\text{MnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 0,002 g $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 0,1 g NaCl, 0,5 g yeast extract, dan 20 g agar yang dilarutkan dalam 1000 ml akuades dengan cara ditotolkan dan diinkubasi selama 7 hari pada suhu 30°C (Asril & Lisafitri, 2020). Pertumbuhan koloni bakteri pelarut fosfat (P) ditandai dengan pembentukan zona bening di sekitar koloni bakteri. Zona bening yang terbentuk di sekitar koloni diukur dan dihitung indeks kelarutan fosfat pada masing-masing koloni dengan persamaan sebagai berikut:

$$IP: \frac{\text{diameter zona bening} - \text{diameter koloni bakteri}}{\text{diameter koloni bakteri}}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil isolasi bakteri rhizosfer dari perakaran *Acasia mangium* didapatkan 10 isolat bakteri yang dapat dikarakterisasi dan dimurnikan (Tabel 1). Sepuluh isolat bakteri tersebut memiliki karakteristik yang berbeda satu sama lain sehingga dilakukan identifikasi dan uji lebih lanjut.

Identifikasi dan Karakterisasi Bakteri

Hasil karakterisasi menunjukkan 5 koloni bakteri memiliki bentuk irregular. Pada pewarnaan Gram semua bakteri memiliki bentuk batang dan menunjukkan warna ungu yang berarti Gram positif. Selain pewarnaan Gram, karakterisasi yang juga dilakukan adalah uji biokimia. Berdasarkan hasil uji sitrat, 8 dari 10 bakteri dapat menggunakan sitrat sebagai sumber karbonnya yaitu pada isolat AM1.4, AM1.5, AM1.6, AM1.7b AM1.7a, AM1.8b, AM1.6a, dan AM2.4c. sedangkan pada isolat AM1.4a dan AM1.7a menunjukkan hasil negatif terhadap metabolisme sitrat. Pada uji motilitas 10 isolat bakteri menunjukkan hasil negatif yang artinya tidak terdapat pergerakan bakteri didalam media SIM (*Sulphide Indole Motility*). Berdasarkan hasil uji hidrolisa pati, terdapat 6 isolat bakteri (AM1.4, AM1.6, AM1.7a, AM1.8b, AM1.4a, dan AM1.7c) dapat membentuk zona bening setelah ditetaskan dengan iodine. Adanya zona bening

di sekeliling isolat yang mengindikasikan isolat bakteri dapat memproduksi enzim amilase sehingga di daerah tersebut terjadi hidrolisis amilum (Cappucino, 1983). Berdasarkan hasil pada uji katalase, sepuluh isolat bakteri menghasilkan gelembung setelah ditetaskan oleh H_2O_2 konsentrasi 3%. Hal ini menunjukkan bahwa isolat tersebut mampu menghasilkan enzim katalase yang dapat memecah hidrogen peroksida (H_2O_2) menjadi air dan oksigen (Huda & Salni, 2012). Berdasarkan hasil yang diperoleh dari uji TSIA, 10 isolat bakteri dapat memfermentasi glukosa yang digunakan sebagai sumber energi. Media TSIA mengandung 3 macam gula yaitu glukosa, laktosa dan sukrosa, sehingga dengan uji TSIA dapat diketahui kemampuan bakteri dalam memfermentasi jenis gula tersebut. Hampir semua organisme membutuhkan glukosa sebagai sumber energi utama dan proses metabolisme, adanya glukosa dalam media dapat meningkatkan produksi dan laju biomassa pertumbuhan bakteri (Arora et al., 2018). Pada 2 isolat bakteri (AM1.4 dan AM1.8b) terdapat endapan berwarna hitam, endapan tersebut menunjukkan bahwa bakteri mampu menghasilkan Hidrogen Sulfida (H_2S). H_2S akan bereaksi dengan fem sitrat sehingga menghasilkan fersous sulfide yang menyebabkan warna hitam pada agar. Tiga isolat bakteri (AM1.5, AM1.7a, dan AM1.7b) terdapat keretakan pada media yang berarti pada ketiga isolat bakteri tersebut memiliki kemampuan dalam menghasilkan gas sehingga menyebabkan media retak dan terangkat (Tabel 2). Isolat bakteri PGPR dari rizosfer kebun karet rakyat memiliki ciri-ciri biokimia yaitu oksidase negatif, uji motilitas positif dan negatif, serta uji fermentasi glukosa negatif dan positif (Wagi & Ahmed, 2019), Gram positif, katalase positif (Kumar et al., 2014). Bakteri dari berbagai genus telah diidentifikasi memiliki kemampuan PGPR, di antaranya genus yang paling dominan adalah adalah *Bacillus* dan *Pseudomonas* spp. (Beneduzi et al., 2012).

Kemampuan Rhizobakter Penghasil IAA

Hasil penelitian menunjukkan bahwa dari 10 isolat bakteri hanya 7 isolat yang

memiliki kemampuan dalam menghasilkan hormon IAA. IAA yang diperoleh dari sampel penelitian merupakan kalibrasi dari absorbansi yang diukur dan dibandingkan dengan absorbansi kurva standard IAA. Produksi IAA mulai terlihat pada hari pertama dan mencapai produksi tertinggi pada hari keempat kecuali pada isolat AM1.7a, AM1.8b dan AM1.7c. Konsentrasi IAA tertinggi mencapai 191,75 (mg/L) dari isolat dengan kode AM2.4c (Gambar 1). Isolat AM2.4c memiliki karakteristik dapat memanfaatkan sitrat sebagai sumber energi, katalase positif dan mampu memfermentasi glukosa, memiliki bentuk batang dan Gram positif. Karakteristik tersebut merupakan karakteristik yang umum ditemui dalam bakteri yang memiliki kemampuan PGPR yaitu salah satunya menghasilkan IAA (Kumar et al., 2014). Pada kurva pertumbuhan bakteri tersebut memasuki fase stasioner dimulai pada hari kedua akan tetapi produksi IAA tertinggi berada di hari keempat (Gambar 2). Kemampuan mikroba dalam menghasilkan IAA dipengaruhi oleh jenis spesies dari mikroorganisme tersebut. Mikroorganisme yang sama tidak dapat menghasilkan kadar IAA yang sama (Wulandari et al., 2020). Diantara beberapa genus bakteri, genus *Bacillus* mampu mensintesis IAA dengan jumlah yang bervariasi dalam medium cair (Kavamura et al., 2013). Tiga dari sepuluh isolat bakteri yang dipilih tidak mampu menghasilkan IAA yaitu pada isolat AM1.4a, AM1.6a dan AM1.7b. Hal ini dikarenakan dalam proses produksi IAA pada bakteri sangat dipengaruhi oleh tingkat pertumbuhan (Agustian et al., 2010). Hormon IAA yang dihasilkan oleh bakteri melimpah pada fase stasioner dan produksi IAA akan meningkat pada kondisi pertumbuhan bakteri yang menurun. Hal ini dikarenakan ketersediaan karbon yang terbatas di dalam media pertumbuhan dan kondisi lingkungan pH asam yang terjadi pada saat fase stasioner (Dewi, 2015).

Pada media pertumbuhan bakteri untuk produksi IAA ditambahkan dengan L-triptofan dengan konsentrasi 0,1%. Penambahan triptofan tersebut pada medium pertumbuhan

merupakan faktor penting bagi isolat untuk melakukan biosintesis IAA. Triptofan merupakan prekursor biosintesis IAA pada bakteri melalui jalur Indole-Pyruvate Acid (IPA) (Zhao, 2010; Mashiguchi et al., 2011). Hormon IAA merupakan zat pengatur tumbuh yang berperan dalam proses pertumbuhan tanaman. IAA yang dihasilkan oleh mikroba yang berada di rizosfer dapat meningkatkan jumlah rambut akar, ukuran, dan jumlah akar adventif tanaman (Ribeiro & Cardoso, 2012). Hormon IAA disintesis sebagai metabolit sekunder yang dihasilkan dalam kondisi pertumbuhan bakteri suboptimal atau saat tersedia prekursor asam amino triptofan. Biosintesis IAA oleh bakteri, dapat ditingkatkan dengan penambahan L-tryptofan sebagai prekursor ke dalam media tumbuh bakteri. Triptofan telah dibuktikan merupakan prekursor fisiologis dalam biosintesis auksin baik pada tanaman maupun mikroorganisme (Li *et al.*, 2018; Nonhebel, 2015). Jalur biosintesis IAA pada bakteri dapat melalui beberapa jalur, salah satunya dapat melalui jalur Indole-3-pyruvate. Pada jalur ini terjadi perubahan triptofan menjadi IpyA oleh aminotransferase. Kemudian IpyA mengalami dekarboksilasi menjadi indole-3-acetaldehyde (IAAId) oleh enzim indole-3-pyruvate decarboxylase (IPDC). Fase terakhir pada jalur biosintesis ini adalah oksidasi IAAId menjadi IAA (Lin et al., 2018).

Kemampuan Melarutkan Fosfat

Hasil penelitian menunjukkan terdapat bakteri yang mampu melarutkan fosfat. Hasil tersebut diperoleh 5 isolat bakteri yang berpotensi melarutkan fosfat. Isolat bakteri yang mampu melarutkan fosfat ditandai dengan terbentuknya zona bening di sekitar koloni bakteri ketika ditumbuhkan pada medium Pikovskaya padat. Uji kemampuan bakteri dalam melarutkan fosfat ditandai dengan terbentuknya zona bening pada sekitar koloni bakteri yang diuji pada media Pikovskaya karena pecahnya $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ yang terdapat pada media

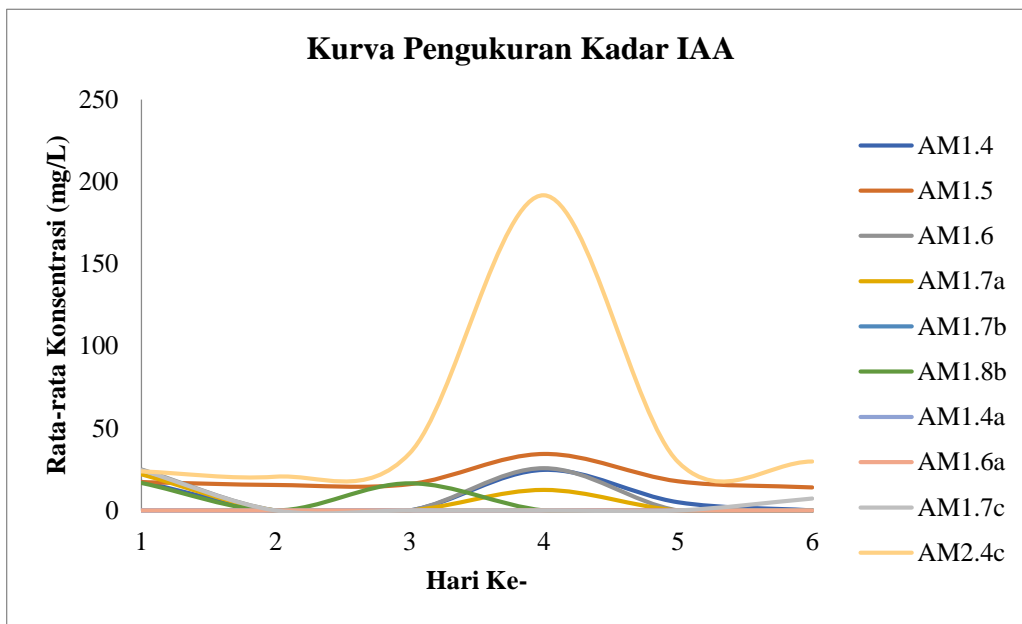
Pikovskaya (Pambudi et al., 2017). Bakteri memiliki kemampuan yang berbeda dalam melarutkan fosfat. Hal ini disebabkan karena setiap mikroba pelarut fosfat menghasilkan jenis dan jumlah asam organik yang berbeda. Asam-asam organik yang dihasilkan mikroorganisme berbeda-beda kualitas dan kuantitasnya dalam membebaskan fosfat. Bakteri pelarut fosfat (PSBs) mengubah P yang tidak tersedia (baik P_i dan P_o) menjadi P yang tersedia untuk memenuhi kebutuhan tanaman melalui perombakan dan penyerapan (Chen & Liu, 2019). Ukuran koloni tidak selalu berpengaruh terhadap terbentuknya zona bening di sekitar koloni tersebut, karena ukuran diameter koloni yang besar tidak selalu menghasilkan diameter zona bening yang besar. Pada prinsipnya luas zona bening dapat menunjukkan kemampuan bakteri dalam melarutkan fosfat akan tetapi tidak dapat menunjukkan jumlah konsentrasi fosfat yang terlarut di dalam medium. Isolat bakteri yang membentuk zona bening lebih cepat dan memiliki nilai Indek Pelarut (IP) yang luas merupakan bakteri pelarut fosfat yang berpotensi sebagai “biofertilizer” dengan cara melarutkan unsur fosfat yang terikat dengan unsur lain seperti Fe, Al, Ca, dan Mg sehingga unsur fosfat menjadi tersedia (Widawati & Suliasih, 2006). Biofertilizer yang terdiri dari konsorsium bakteri yang memiliki kemampuan untuk melarutkan fosfat, melarutkan potasium dan menghasilkan auksin dapat memiliki potensi tinggi untuk peningkatan pertumbuhan dan hasil panen (Leangvutiviroj et al., 2010). Isolat bakteri dengan kode AM1.4 dan AM1.5 merupakan isolat bakteri yang berpotensi menjadi pupuk hayati karena kedua isolat bakteri tersebut lebih cepat membentuk zona bening dibandingkan dengan 5 isolat lainnya yaitu AM1.6, AM1.7a, AM1.8b, AM1.7c, AM2.4c. Meskipun bakteri isolat AM2.4c memiliki kemampuan dalam menghasilkan IAA dengan konsentrasi tertinggi, hal ini perlu dilakukan uji lebih lanjut untuk mengetahui potensi isolat-isolat terpilih.

Tabel 1. Karakterisasi Morfologi Koloni dan Sel Bakteri

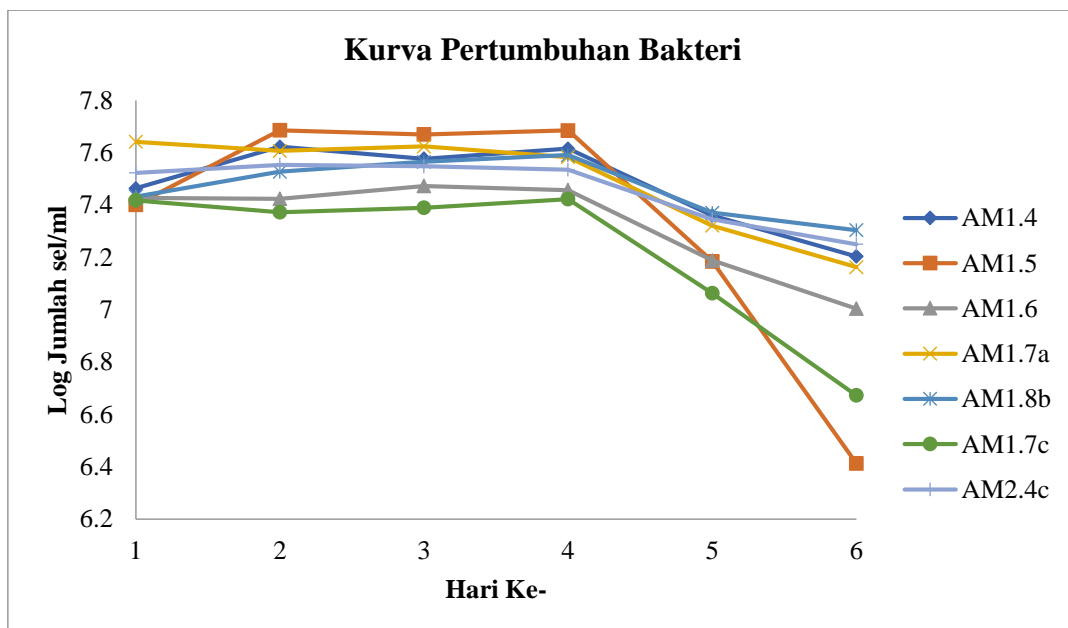
Isolat	Karakterisasi					
	Morfologi Koloni				Gram	Morfologi Sel
	Bentuk	Tepi	Elevasi	Warna		Bentuk
AM1.4	<i>circular</i>	<i>curled</i>	<i>flat</i>	putih kekuningan	+	basil
AM1.4a	<i>rhizoid</i>	<i>filiform</i>	<i>flat</i>	putih susu	+	basil
AM2.4c	<i>circular</i>	<i>entire</i>	<i>raised</i>	ungu tua	+	basil
AM1.5	<i>irregular</i>	<i>undulate</i>	<i>raised</i>	bening kebiruan	+	basil
AM1.6	<i>irregular</i>	<i>entire</i>	<i>raised</i>	putih susu	+	basil
AM1.6a	<i>rhizoid</i>	<i>filiform</i>	<i>raised</i>	putih kekuningan	+	basil
AM1.7a	<i>irregular</i>	<i>undulate</i>	<i>raised</i>	putih	+	basil
AM1.7b	<i>circular</i>	<i>entire</i>	<i>raised</i>	kuning bening	+	basil
AM1.7c	<i>irregular</i>	<i>filiform</i>	<i>raised</i>	putih susu	+	basil
AM1.8b	<i>irregular</i>	<i>undulate</i>	<i>raised</i>	putih	+	basil

Tabel 2. Hasil Uji Biokimia Bakteri

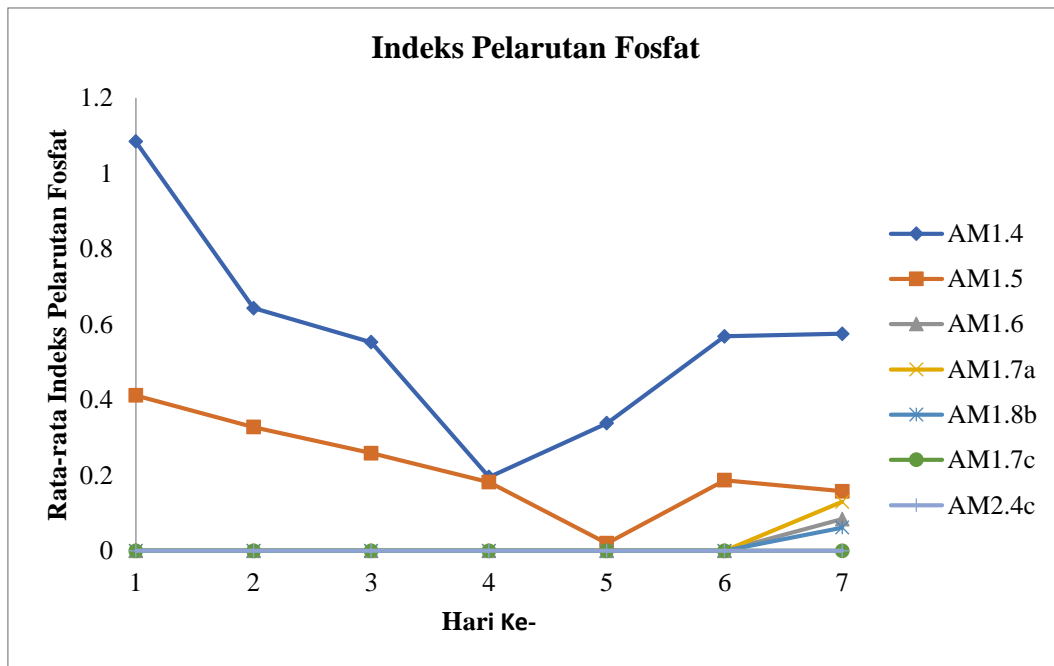
Isolat	Uji TSIA								
	Sitrat	Motilitas	Hidrolisa Pati	Katalase	Glukosa	Sukrosa	Laktosa	Endapan	Keretakan
AM1.4	+	-	+	+	+	-	-	+	-
AM1.4a	-	-	+	+	+	-	-	-	-
AM2.4c	+	-	-	+	+	-	-	-	-
AM1.5	+	-	-	+	+	-	-	-	+
AM1.6	+	-	+	+	+	-	-	-	-
AM1.6a	+	-	-	+	+	-	-	-	-
AM1.7a	-	-	+	+	+	-	-	-	+
AM1.7b	+	-	-	+	+	-	-	-	+
AM1.7c	+	-	+	+	+	-	-	-	-
AM1.8b	+	-	+	+	+	-	-	+	-



Gambar 1. Kurva hasil pengukuran hormon IAA



Gambar 2. Kurva pertumbuhan bakteri rizosfer perakaran Acacia mangium.



Gambar 3. Kurva indeks pelarutan fosfat bakteri rizosfer perakaran Acacia mangium.

SIMPULAN

Hasil isolasi bakteri tanah yang menempel pada perakaran akasia diperoleh 10 isolat bakteri dan terdapat 7 isolat yang mampu menghasilkan IAA. Konsentrasi IAA tertinggi dihasilkan oleh isolat AM2.4c dengan waktu produksi tertinggi berapa di hari keempat pada fase stasioner. Lima dari tujuh isolat bakteri memiliki kemampuan dalam melarutkan fosfat meskipun memiliki indeks pelarutan yang tergolong rendah. Dalam hal ini perlu dilakukan uji lebih lanjut untuk mengetahui potensi dari bakteri rizosfer perakaran *A. mangium*. Aktivitas terbaik dari isolat bakteri tersebut perlu dilakukan identifikasi secara molekuler untuk mengetahui spesies yang potensial. Dilihat dari potensi bakteri pada penelitian ini dapat menjadi data pendahuluan dalam mencari potensi bakteri sebagai *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) namun memerlukan uji lanjut menggunakan tumbuhan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada hibah RISTEK BRIN skema Penelitian Dosen Pemula (PDP DIKTI).

DAFTAR PUSTAKA

- Agustian, A., Nuriyani, N., Maira, L., & Emalinda, O. (2010). Rhizobakteria Penghasil Fitohormon IAA Pada Rhizosfir Tumbuhan Semak Karamunting, Titonia, dan Tanaman Pangan. *Jurnal Solum*, 7(1), 49. <https://doi.org/10.25077/js.7.1.49-60.2010>
- Arora, P., Shukla, V., & Singh, G. (2018). Exploring the Role of Glucose in Optimizing In-Vitro Growth of Bacterial Isolates under Aluminium Stressed Conditions. *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci*, 7(05), 3219–3223.
- Asril, M., & Lisafitri, Y. (2020). Isolasi Bakteri Pelarut Fosfat Genus Pseudomonas dari Tanah Masam Bekas Areal Perkebunan Karet di Kawasan Institut Teknologi Sumatera. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 21(1), 40–48. <https://doi.org/10.29122/jtl.v21i1.3743>
- Beneduzi, A., Ambrosini, A., & Passaglia, L. M. P. (2012). Plant Growth-Promoting Rhizobacteria (PGPR): Their potential as Antagonists and Biocontrol Agents. In *Genetics and Molecular Biology*. <https://doi.org/10.1590/S1415-47572012000600020>
- Bonaldi, K., Gargani, D., Prin, Y., Fardoux, J., Gully, D., Nouwen, N., Goormachtig, S., &

- Giraud, E. (2011). Nodulation of *Aeschynomene afraspera* and *A. indica* by photosynthetic *Bradyrhizobium sp.* strain ORS285: The Nod-dependent versus the Nod-independent symbiotic interaction. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 24(11), 1359–1371. <https://doi.org/10.1094/MPMI-04-11-0093>
- Cappucino, J.G. (1983). *Microbiology: A Laboratory Manual*. Addison Wesley Publishing Company.
- Cappuchino, G. J., & Sherman, N. (2013). *Manual Laboratorium Mikrobiologi Edisi 8*. In *Food Microbiology*.
- Chen, Q., & Liu, S. (2019). Identification and Characterization of the Phosphate-Solubilizing Bacterium *Pantoea sp.* S32 in Reclamation Soil in Shanxi, China. *Frontiers in Microbiology*, 10(2171), 1–12. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.02171>
- Dewi, T. K. (2015). Karakterisasi mikroba perakaran (PGPR) agen penting pendukung pupuk organik hayati. *Pros Sem Nas Masy Biodiv Indon*, 1(2), 289–295. <https://doi.org/10.13057/psnmbi/m010220>
- Gagelidze, N. A., Amiranashvili, L. L., Sadunishvili, T. A., Kvesitadze, G. I., Urushadze, T. F., & Kvrivishvili, T. O. (2018). Bacterial composition of different types of soils of Georgia. *Annals of Agrarian Science*, 16(1), 17–21. <https://doi.org/10.1016/j.aasci.2017.08.006>
- Harca, N. N.; Mubarik, N. R.; Wahyudi, A. T. (2014). Isolation and Identification of Nitrogen Fixing and Indole Acetic Acid Producing Bacteria from Oil Plantation in Jambi, Indonesia. *Journal of International Environmental Application and Science*, 9(4), 546–553. <http://www.jieas.com/volumes/vol141-4/abs14-v9-i4-12.pdf>
- Hidayati, N., Faridah, E., & Sumardi, S. (2015). Peran Mikoriza Pada Semai Beberapa Sumber Benih Mangium (*Acacia mangium* Willd.) Yang Tumbuh Pada Tanah Kering. *Jurnal Pemuliaan Tanaman Hutan*, 9(1), 13–29. <https://doi.org/10.20886/jpth.2015.9.1.13-15>
- Huda, C., & Salni, M. (2012). Penapisan Aktivitas Antibakteri dari Bakteri yang Berasosiasi dengan Karang Lunak *Sarcophyton sp.* *Maspuri Journal*, 4(1), 69–76.
- Kavamura, V. N., Santos, S. N., Silva, J. L. da, Parma, M. M., Ávila, L. A., Visconti, A., Zucchi, T. D., Taketani, R. G., Andreote, F. D., & Melo, I. S. de. (2013). Screening of Brazilian cacti rhizobacteria for plant growth promotion under drought. *Microbiological Research*, 168(4), 183–191. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2012.12.002>
- Krisnawati, M.H., K., & M., K. (2011). *Acacia mangium* Willd.: ekologi, silvikultur dan produktivitas. In *Acacia mangium Willd.: ekologi, silvikultur dan produktivitas*. <https://doi.org/10.17528/cifor/003479>
- Kumar, A., Maurya, B. R., & Raghuvanshi, R. (2014). Isolation and characterization of PGPR and their effect on growth, yield and nutrient content in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2014.08.003>
- Kumari, P., Meena, M., & Upadhyay, R. S. (2018). Characterization of Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) Isolated from the Rhizosphere of *Vigna radiata* (mung bean). *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 16, 155–162. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2018.07.029>
- Larosa, S. F., Kusdiyantini, E., Raharjo, B., & Sarjiya, A. (2013). Kemampuan Isolat Bakteri Penghasil Indole Acetic Acid (IAA) Dari Tanah Gambut Sampit Kalimantan Tengah. *Jurnal Biologi*, 2(3), 41–54.
- Leaungvutiviroj, C., Ruangphisarn, P., Hansanimitkul, P., Shinkawa, H., & Sasaki, K. (2010). Development of a new biofertilizer with a high capacity for N₂ fixation, phosphate and potassium solubilization and auxin production. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry*, 74(5), 1098–1101. <https://doi.org/10.1271/bbb.90898>
- Li, M., Guo, R., Yu, F., Chen, X., Zhao, H., Li, H., & Wu, J. (2018). Indole-3-acetic acid biosynthesis pathways in the plant-beneficial bacterium *Arthrobacter pascens* zz21. *International Journal of Molecular Sciences*, 19(2), 443. <https://doi.org/10.3390/ijms19020443>
- Lin, H. R., Shu, H. Y., & Lin, G. H. (2018). Biological Roles of Indole-3-Acetic Acid in *Acinetobacter baumannii*. *Microbiological Research*, 216, 30–39. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2018.08.004>

- Madigan, Michael T.; Martinko, John M.; Bender, Kelly S.; Buckley, Daniel H.; Stahl, D. A. (2012). Brock Biology of Microorganisms Thirteenth Edition. In *Instrumentos Familiares*.
- 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.
- Mashiguchi, K., Tanaka, K., Sakai, T., Sugawara, S., Kawaide, H., Natsume, M., Hanada, A., Yaeno, T., Shirasu, K., Yao, H., McSteen, P., Zhao, Y., Hayashi, K. I., Kamiya, Y., & Kasahara, H. (2011). The Main Auxin Biosynthesis Pathway in Arabidopsis. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 108(45), 18512–18517. <https://doi.org/10.1073/pnas.1108434108>
- Mohite, B. (2013). Isolation and Characterization of Indole Acetic Acid (IAA) Producing Bacteria from Rhizospheric Soil and Its Effect on Plant Growth. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 13(3), 638–649. <https://doi.org/10.4067/S0718-95162013005000051>
- Nonhebel, H. M. (2015). Tryptophan-Independent Indole-3-Acetic Acid Synthesis: Critical Evaluation of The Evidence. *Plant Physiology*, 169(2), 1001–1005. <https://doi.org/10.1104/pp.15.01091>
- Pambudi, A., Susanti, S., & Priambodo, T. W. (2017). Isolasi Dan Karakterisasi Bakteri Tanah Sawah Di Desa Sukawali Dan Desa Belimbing, Kabupaten Tangerang. *Al-Kauniah: Jurnal Biologi*, 10(2), 105–113. <https://doi.org/10.15408/kauniah.v10i2.4907>
- Patten, C. L., & Glick, B. R. (2002). Role of *Pseudomonas putida* Indoleacetic Acid in Development of The Host Plant Root System. *Applied and Environmental Microbiology*, 68(8), 3795–3801. <https://doi.org/10.1128/AEM.68.8.3795-3801.2002>
- Perrineau, M. M., Galiana, A., De Faria, S. M., Bena, G., Duponnois, R., Reddell, P., & Prin, Y. (2012). Monoxenic Nodulation Process of *Acacia mangium* (Mimosoideae, Phyllodineae) by *Bradyrhizobium* sp. *Symbiosis*, 56, 87–95. <https://doi.org/10.1007/s13199-012-0163-5>
- Raut, V., Shaikh, I., Naphade, B., Prashar, K., & Adhapure, N. (2017). Plant Growth Promotion Using Microbial IAA Producers in Conjunction with Azolla: A Novel Approach. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 4(1), 1–11. <https://doi.org/10.1186/S40538-016-0083-3>
- Ribeiro, C. M., & Cardoso, E. J. B. N. (2012). Isolation, Selection and Characterization of Root-Associated Growth Promoting Bacteria in Brazil Pine (*Araucaria angustifolia*). *Microbiological Research*, 167(2), 69–78. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2011.03.003>
- 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>
- Sharma, T., & Rai, N. (2015). Isolation of Plant Hormone (Indole-3-Acetic Acid) Producing Rhizobacteria and Study on Their Effects on Tomato (*Lycopersicum esculentum*) Seedling. *International Journal of PharmTech Research*, 7(1), 99–107.
- Wagi, S., & Ahmed, A. (2019). *Bacillus* spp.: Potent Microfactories of Bacterial IAA. *PeerJ*, 7, e7258. <https://doi.org/10.7717/peerj.7258>
- Widawati, S., & Suliasih. (2006). Populasi Bakteri Pelarut Fosfat (BPF) di Cikaniki, Gunung Botol, dan Ciptarasa, serta Kemampuannya Melarutkan P Terikat di Media Pikovskaya Padat. *Biodiversitas*, 7(2), 109–113. <https://biodiversitas.mipa.uns.ac.id/D/D0702/D070203.pdf>
- Wulandari, N., Irfan, M., & Saragih, R. (2020). Isolasi dan Karakterisasi *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* dari Rizosfer Kebun Karet Rakyat. *Dinamika Pertanian*, 35(3), 57–64. [https://doi.org/10.25299/dp.2019.vol35\(3\).4565](https://doi.org/10.25299/dp.2019.vol35(3).4565)
- Zhao, Y. (2010). Auxin biosynthesis and its role in plant development. *Annual Review of Plant Biology*, 61, 49–64. <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-042809-112308>