

**Analisis Karakteristik dan Uji Bioaktivitas Bakteri Rizosfer  
PGPR (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria*) Isolat Kalasey**

*(Characteristic Analysis and Bioactivity Tests of PGPR (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria*)  
Rhizosphere Bacteria Isolates from Kalasey)*

**Stephen C Lengkong\***, Parluhutan Siahaan, Agustina Monalisa Tangapo

Program Studi Biologi, Jurusan Biologi FMIPA UNSRAT Manado, Indonesia 95115

\*Email korespondensi: 18101102027@student.unsrat.ac.id

(Article History: Received July 16, 2022; Revised July 28, 2022; Accepted August 20, 2022)

**ABSTRAK**

Pupuk organik cair PGPR Desa Kalasey, Minahasa, Sulawesi Utara telah dimanfaatkan untuk budidaya tanaman hortikultura. Data tentang jenis-jenis bakteri dan kemampuan aktivitas bakteri dalam memacu pertumbuhan tanaman di daerah lokal belum pernah terpublikasi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik dan menguji bioaktivitas dari isolat-isolat bakteri terkait. Metode dilakukan dengan mengisolasi, mengidentifikasi, dan melakukan pengujian produksi IAA, pengujian pelarutan fosfat, dan pengujian fiksasi nitrogen. Hasil penelitian menunjukkan terdapatnya 9 isolat bakteri. Produksi IAA berkisar antara 13,22-39,52 mg/L. Indeks solubilisasi dalam pelarutan fosfat berkisar 1,0-2,9. Fiksasi nitrogen menunjukkan 4 isolat positif pada media Ashby. Pengamatan mikroskopis menunjukkan 8 isolat termasuk bakteri Gram negatif dan 1 isolat termasuk bakteri Gram positif. Bentuk-bentuk bakteri bervariasi dari bulat, batang, bulat berantai, dan batang lurus berantai. Kesimpulannya, bakteri tanah daerah lokal yang diisolasi merupakan bakteri-bakteri tanah dengan karakteristik yang beragam dan memiliki kemampuan aktivitas yang berpotensi baik dalam pengembangan pupuk PGPR lokal.

Kata kunci: Bakteri Tanah; Bioaktivitas; Rizosfer; Pemacu Pertumbuhan

**ABSTRACT**

PGPR fertilizer in Kalasey North Sulawesi has been used for horticultural crop cultivation. Data on the types of bacteria and the ability of bacterial activity to stimulate plant growth in local areas have never been published. This study aims to analyze the characteristics and to test the bioactivity of the bacterial isolates Kalasey. The method is carried out by isolating, identifying, and testing IAA production, phosphate dissolution, and nitrogen fixation of bacteria isolates. The results showed that there were 9 bacterial isolates by characteristic macroscopic colony. IAA production ranged between 13.22-39.52 mg/L. The solubilization index in dissolving phosphate ranges from 1.0-2.9. Nitrogen fixation showed 4 isolates were positive on Ashby media. Microscopic observation showed 8 isolates were gram negative and 1 isolate was gram positive. The shapes of bacteria vary from round, rod, circular chain, and straight chain rod. In conclusion, local soil bacteria isolated are soil bacteria with varied characteristics and have potential activity capabilities in the development of local PGPR fertilizers.

Keywords: Soil Bacteria; Bioactivity; Rhizosphere; Growth Promoting

**PENDAHULUAN**

Kualitas hasil produksi berkorelasi positif dengan kenaikan produktivitas tanaman. Salah satu faktor penting untuk meningkatkan pertumbuhan, perkembangan, hingga produksi tanaman, yaitu dengan pemupukan (Supartha *et al.* 2012). Permintaan pupuk kimiawi (anorganik)

bersubsidi di Provinsi Sulawesi Utara cukup tinggi (Pupuk Indonesia 2020). Pupuk kimia dapat menyediakan unsur hara yang dapat diserap langsung oleh tanaman, tapi di sisi lain, unsur hara tersebut akan cepat hilang. Efek jangka panjang dari penggunaan pupuk kimia justru mengurangi tingkat kesuburan tanah (Hadisuwito 2012).

Alternatif pengganti pupuk kimiawi yaitu dengan menggunakan pupuk organik cair *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR). PGPR merupakan bakteri-bakteri tanah pada daerah perakaran tanaman (rizosfer) yang menyediakan unsur hara untuk pertumbuhan tanaman, perkembangan tanaman, dan perlindungan tanaman terhadap patogen tertentu (Walida *et al.* 2016). Beberapa peran dari PGPR diantaranya yaitu mensintesis zat pengatur tumbuh seperti IAA (*Indol-3-acetic acid*) dan dapat berperan sebagai penyedia hara nitrogen (N) dan fosfor (P) (Gamalero dan Glick 2011). Sagay *et al.* (2020) dan Ollo *et al.* (2019) melaporkan bahwa aplikasi PGPR murni atau kombinasi PGPR dengan pupuk lain pada tanaman hortikultura dapat meningkatkan produktivitasnya secara signifikan.

Kemampuan bakteri rizosfer tersebut bisa saja berbeda-beda tergantung pada kondisi abiotik dan biotik tempat bakteri rizosfer itu berasal sehingga setiap lokasi memiliki bakteri dengan sifat yang unik (Agustiyani *et al.* 2017; Sudewi 2020). Karakteristik yang spesifik dari bakteri PGPR isolat tiap daerah memiliki potensi untuk dihasilkannya produk pupuk hayati lokal yang khas.

Balai Perlindungan dan Pengujian Mutu Tanaman Pangan dan Hortikultura (BPPMTPH) telah mengembangkan produk pupuk cair bakteri PGPR di desa Kalasey, kecamatan Pineleng, kabupaten Minahasa, Sulawesi Utara. Namun, data spesies-spesies dan bioaktivitas dari bakteri PGPR daerah tersebut belum pernah terpublikasi. Berdasarkan hal tersebut, analisis karakteristik dan uji bioaktivitas bakteri rizosfer PGPR isolat lokal sangat diperlukan.

## METODE

### Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dari bulan Desember 2021 - Februari 2022, untuk eksplorasi sampel dilaksanakan di Desa Kalasey, sedangkan pengujian dan analisis sampel dilaksanakan di Laboratorium

Lanjut, Sublab Bioteknologi Jurusan Biologi FMIPA Unsrat Manado.

### Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini, yaitu cawan petri, tabung reaksi, inkubator, api bunsen, jarum ose, erlenmeyer, autoklaf, sentrifuge, spektrofotometer uv-vis, neraca analitik, batang kaca L, tabung reaksi, mikropipet, tips biru, *hot plate*, tabung sentrifuge, cawan petri disposabel. Bahan yang digunakan pada penelitian ini, yaitu sampel tanah perakaran tanaman bambu, reagen *Salkowski*, IAA murni, L-triptofan, medium *Ashby's Mannitol Agar*, medium *Tryptic Soy Broth* (TSB), agar, tri-kalsium fosfat, media *Pikovskaya*, NaCl 0.9%, Alkohol 75%, dan Alkohol 95%.

### Eksplorasi dan Isolasi Bakteri Rizosfer

Pengambilan sampel tanah dan juga bahan untuk pembuatan PGPR dilakukan di desa Kalasey II. Sampel yang digunakan adalah sampel tanah dari daerah perakaran tanaman bambu. Tanah yang diambil berada pada kedalaman 10-15 cm. Sampel tanah PGPR diencerkan dengan metode dilusi berseri dari  $10^{-1}$ - $10^{-5}$ , kemudian diambil 0,1 ml setiap pengenceran untuk disebarkan pada medium TSA dan diinkubasi pada suhu ruang selama  $\pm 24$  jam. Koloni yang berbeda diamati pada karakteristik makroskopisnya, seperti ukuran koloni, bentuk koloni, elevasi koloni, tepian koloni, warna koloni, dan permukaan koloni, kemudian dipisahkan dan dimurnikan.

### Uji Bioaktivitas Isolat

Uji produksi IAA dilakukan dengan metode spektrofotometri, yaitu dengan membuat acuan kurva standar dari IAA murni 1 mL + reagen *Salkowski* 2 mL dengan konsentrasi 10 ppm – 100 ppm, yang diukur nilai absorbansinya pada spektrofotometer pada panjang gelombang 530 nm dan dimasukkan nilainya pada persamaan regresi. Nilai tersebut dianalisis dengan nilai absorbansi dari tiap supernatan isolat bakteri 1 mL + reagen *Salkowski* 2 mL pada panjang gelombang yang sama (Tangapo 2020).

Uji pelarutan fosfat dilakukan dengan menumbuhkan bakteri pada media *Pikovskaya* dengan penambahan tri-kalsium fosfat sebagai sumber fosfat, kemudian diinkubasi pada suhu  $28 \pm 2^\circ\text{C}$  selama 7 hari. Indeks solubilisasi dihitung berdasarkan rasio diameter zona solubilisasi/diameter koloni menggunakan penggaris (Walida *et al.* 2019).

Uji fiksasi nitrogen dilakukan secara kualitatif dengan menumbuhkan bakteri uji medium Ashby's Mannitol Agar, kemudian diinkubasi selama 7 hari pada suhu  $28^\circ\text{C}$ . Indikasi positif pada medium Ashby's ditunjukkan dengan adanya pertumbuhan isolat pada medium (Vionita *et al.* 2013).

### Pewarnaan Gram dan Analisis Karakteristik Analisis Bakteri Rizosfer

Pewarnaan gram menggunakan metode dari Waluyo (2010). Analisis karakteristis mikroskopis dilakukan dengan buku *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology 9th Edition* dan beberapa referensi jurnal untuk menentukan genus maupun spesies bakteri rizosfer PGPR isolat Kalasey (Wulandari *et al.* 2019).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

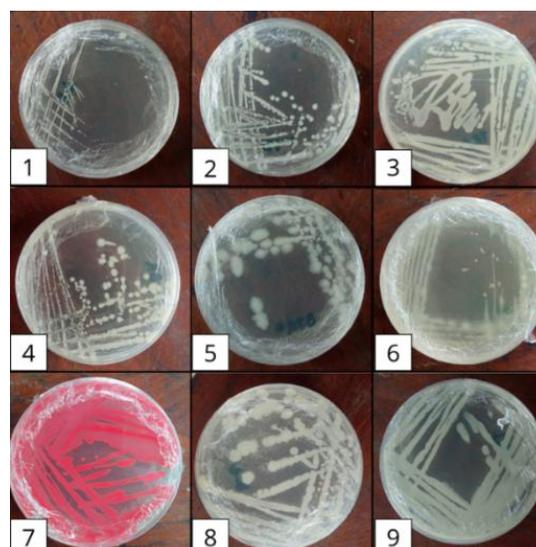
### Populasi Bakteri Tanah

Populasi bakteri pada perakaran tanaman bambu Desa Kalasey berjumlah  $1,8 \times 10^5$  CFU/ml (*Colony Forming Unit*), yang

artinya populasi bakteri tersebut berada dalam kategori populasi bakteri tanah pada umumnya (Napitupulu 2018). Prihastuti (2011) melaporkan bahwa populasi bakteri dapat dipengaruhi oleh faktor eksternal, seperti kelembaban, kesehatan akar tanaman asosiasi, suhu, aerasi, kandungan bahan anorganik, jenis tanah, dan tekstur tanah. Selain itu, populasi bakteri juga dipengaruhi oleh perhitungan koloni bakteri pada pengenceran bakteri. Menurut Nugroho (2020), koloni-koloni bakteri yang terlihat menyatu pada kultur campuran dapat dihitung sebagai satu koloni bakteri. Syarat tersebut akan mempengaruhi jumlah koloni bakteri yang terhitung jika 1 koloni yang terbentuk cukup besar sehingga akan mempengaruhi perhitungan populasi bakteri.

### Karakteristik Makroskopis Koloni Isolat Bakteri Rizosfer

Hasil isolasi bakteri rizosfer daerah Kalasey didapatkan 9 isolat yang dibedakan berdasarkan karakteristik makroskopis. Jumlah isolat yang berbeda dapat tergantung pada daerah dan jenis perakaran tanaman yang diambil. Sulistiyani (2011) melaporkan bahwa isolat bakteri tanah dari Teluk Kodek Lombok Barat berjumlah 14 isolat, sedangkan Hidayat (2017) melaporkan bahwa hasil eksplorasi bakteri tanah pada rizosfer 6 jenis bambu didapati 12 isolat.



Gambar 1. Bakteri hasil purifikasi

Ket: isolat PCEK(1), CFE(2), CFE2(3), CFE3(4), IFW(5), IFE(6), CFEM(7), CFW(8), FFF(9)

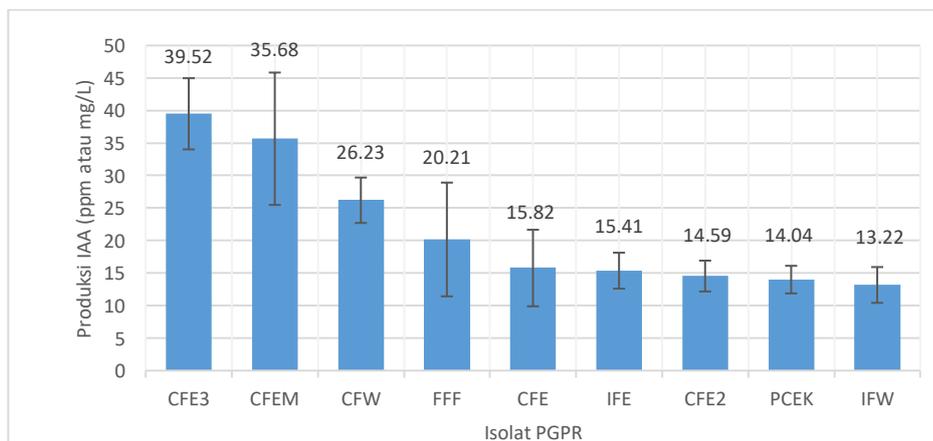
Karakteristik makroskopis dari kesembilan isolat yang tumbuh pada media TSA bervariasi dari bentuk, elevasi, warna, dan tepian koloni (Gambar 1). Koloni makroskopis tiap isolat didominasi oleh bentuk melingkar tapi ada juga yang berbentuk tidak beraturan (irregular). Elevasi dari tiap koloni, ada yang cembung, ada sedikit cembung, dan ada yang rata. Warna koloni tiap isolat ada yang berwarna putih, krem, kuning kecokelatan, dan merah. Tepian koloni isolat bakteri didominasi oleh tepian yang rata dan sebagian kecil isolat bergelombang. Ukuran koloni bervariasi ada yang cukup besar, sehingga menyulitkan dalam pemisahan koloni tunggal dan ada koloni yang cukup kecil.

Bakteri tunggal dapat memberikan efek menguntungkan pada tanaman, tapi konsorsium dua jenis mikroba ataupun lebih yang berinteraksi menunjukkan sifat sinergis. Hal itu terjadi karena pada faktanya ada banyak spesies yang dapat melakukan berbagai tugas dalam ekosistem di daerah rizosfer. Mekanisme yang dihasilkan dari mikroba contohnya pada bakteri PGPR,

*Trichoderma*, dan kelompok jamur mikoriza dapat memberikan keuntungan bagi tanaman seperti meningkatkan ketersediaan nutrisi, modulasi fitohormon, biokontrol, serta toleransi cekaman biotik dan abiotik (Santoyo *et al.* 2021).

### Hasil Produksi IAA (Indol-Acetic Acid)

Produksi IAA dari 9 isolat bakteri berada pada kisaran konsentrasi 13,22 - 39,52 mg/L. Hasil analisis menunjukkan bahwa isolat CFE3 menghasilkan IAA tertinggi dengan konsentrasi IAA 39,52 mg/L sedangkan isolat IFW memproduksi IAA terendah dengan konsentrasi IAA 13,22 mg/L, tapi konsentrasi tersebut tidak terlalu berbeda jauh dengan isolat yang lain (Gambar 2). Produksi IAA oleh bakteri PGPR cukup variatif, Tangapo (2020) melaporkan bahwa produksi IAA pada 21 isolat bakteri endofit dan rizosfer ubi cilembu berada pada kisaran 0,96 – 115,63 mg/L. Jumadi *et al.* (2015) melaporkan bahwa 6 isolat bakteri penambat nitrogen dari tanaman padi dan tanaman jagung kabupaten Takalar memproduksi hormon IAA yang berkisar 7,35 – 38,35 ppm.



Gambar 2. Diagram produksi IAA isolat bakteri Kalasey

Beberapa bakteri memiliki jalur yang berbeda dalam biosintesis IAA, melalui analisis metagenomik bakteri rizosfer pada asosiasinya dengan akar menunjukkan bahwa jalur IAM dan TAM merupakan jalur yang paling umum digunakan untuk memproduksi IAA dan kemungkinan besar memiliki kemampuan yang cukup kuat

dibandingkan kolonisasi bakteri pada lingkungan yang lain (Zhang *et al.* 2019). Meskipun data korelasi antara perbedaan jalur biosintesis dan produksi IAA masih belum banyak dilaporkan, tapi berbagai penelitian sudah membuktikan bahwa tanaman perlu menghasilkan lebih banyak triptofan untuk menginduksi pembentukan

indol bagi mayoritas bakteri rizosfer (Gilbert *et al.* 2018).

Waktu inkubasi juga mempengaruhi produksi IAA. Pada fase stasioner, hormon IAA akan lebih banyak diproduksi karena ketersediaan karbon yang semakin sedikit dan kondisi lingkungan yang semakin asam (Patil *et al.* 2011). Sukmadewi *et al.* (2015) melaporkan inkubasi bakteri pada media TSB (Tryptic Soy Broth) selama 72 jam menghasilkan hormon IAA tertinggi dibandingkan 0 jam dan 48 jam.

### Hasil Uji Pelarutan Fosfat

Hasil pengamatan menunjukkan 8 dari 9 bakteri yang telah diisolasi memiliki kemampuan dalam melarutkan trikalsium fosfat ( $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ) yang ada di medium Pikovskaya, dan isolat tersebut dapat membentuk zona solubilisasi dengan rata-rata zona solubilisasi berkisar 0 mm – 4,83 mm. Nilai indeks setiap bakteri berada pada kisaran 1,0 – 2,9. Isolat CFEM menunjukkan indeks pelarutan fosfat hingga mencapai nilai 2,9. Isolat IFW menjadi isolat dengan indeks pelarutan fosfat terendah dengan nilai 1,0 (Gambar 3).

Tabel 1. Diameter zona solubilisasi, diameter koloni, dan rasio indeks isolat pada uji pelarutan fosfat

Kode Isolat	Rataan $\pm$ Standar Deviasi		Rasio Indeks
	Diameter Solubilisasi (mm)	Diameter Koloni (mm)	
CFEM	4,83 $\pm$ 1,15	2,67 $\pm$ 0,29	2,9
CFE2	1,83 $\pm$ 0,76	3,83 $\pm$ 1,26	1,5
IFE	2,50 $\pm$ 0,50	5,00 $\pm$ 1,32	1,5
CFE3	2,33 $\pm$ 0,28	4,33 $\pm$ 0,58	1,5
FFF	1,67 $\pm$ 0,29	4,83 $\pm$ 0,76	1,4
CFW	1,50 $\pm$ 0,87	3,83 $\pm$ 0,76	1,4
PCEK	1,33 $\pm$ 0,58	5,83 $\pm$ 1,89	1,2
CFE	1,00 $\pm$ 0,00	4,83 $\pm$ 0,76	1,2
IFW	-	3,83 $\pm$ 0,76	1,0



Gambar 3. Perbandingan kemampuan dihasilkannya zona solubilisasi isolat CFEM yang positif dalam solubilisasi (kiri) dan isolat IFW yang negatif dalam solubilisasi (kanan).

Perbedaan kemampuan isolat dalam melarutkan kalsium fosfat disebabkan oleh jenis bakteri yang berfungsi spesifik pada beberapa jenis fosfat anorganik. Pada penelitian Nugraha *et al.* (2019) yang mengisolasi 15 bakteri tanah menunjukkan variasi dalam pelarutan fosfat, contohnya ada yang efisien dalam melarutkan besi

fosfat, ada yang efisien dalam melarutkan aluminium fosfat, dan juga ada yang efisien dalam melarutkan kalsium fosfat. Beberapa bakteri juga memiliki kemampuan pelarutan yang bervariasi pada kation pengikat fosfat. Wenjie *et al.* (2020) melaporkan bahwa 18 bakteri pelarut fosfat menunjukkan efisiensi pelarutan fosfat yang optimal pada

Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>) dibandingkan AlPO<sub>4</sub>, FePO<sub>4</sub>, dan fitat.

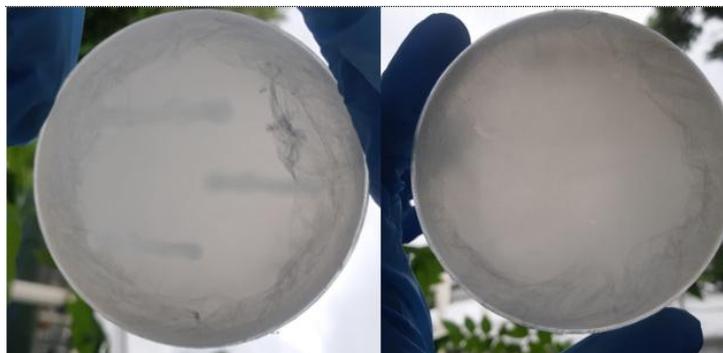
Kemampuan bakteri pelarut fosfat untuk mengubah fosfat tak larut dipengaruhi oleh kekayaan nutrisi dalam tanah, status fisiologis organisme, dan pertumbuhan organisme (Alori *et al.* 2017). Bakteri tanah yang berada pada kondisi lingkungan ekstrim, seperti pada tanah dengan defisiensi hara, tanah salin-basa, atau tanah dari lingkungan suhu ekstrim cenderung memiliki kemampuan pelarutan fosfat yang lebih tinggi dibandingkan dengan bakteri pada kondisi tanah yang lebih moderat (Zhu *et al.* 2011).

Isolat yang memiliki kemampuan dalam melarutkan fosfat mendapatkan sumber karbon, yaitu glukosa dari media Pikovskaya. Bakteri akan mengeksresikan enzim dan asam organik yang membantu dalam pelepasan ion fosfat dan pengikatan kalsium. Menurut Zulaika *et al.* (2012), pelarutan fosfat oleh bakteri *Bacillus* akan menghasilkan asam organik yang dapat menyebabkan penurunan pH medium sehingga dapat terjadi pelepasan ion fosfat pada trikalsium fosfat, menurut Chen *et al.* (2006), pelepasan ion fosfat dapat terjadi karena kemampuan dari bakteri yang mengikat kation utama pada trikalsium fosfat yaitu kalsium (Ca) pada gugus

karboksil yang berikatan dengan fosfat, melalui aktivitas tersebut akan memberikan indikasi solubilisasi pada sekitaran koloni bakteri.

### Hasil Uji Fiksasi Nitrogen

Pada media *Ashby's Mannitol Agar* menunjukkan 4 dari 9 isolat bakteri mampu tumbuh pada media tersebut (Gambar 4 dan Tabel 2). Beberapa isolat bakteri menunjukkan hasil yang persentase positifnya relatif lebih sedikit daripada persentase negatifnya dalam fiksasi nitrogen pada medium uji kualitatif. Menurut laporan dari Tarigan *et al.* (2013) pengujian secara kualitatif pada 8 isolat bakteri perkebunan kedelai menggunakan media JNMF<sub>B</sub> (*James Nitrogen Malate Bromthymol Blue*) semi padat, terdapat 3 isolat yang menghasilkan pelikel yang cukup tebal. Pada pengujian media lainnya juga mengindikasikan hasil yang persentasenya lebih sedikit. Islam *et al.* (2015) melaporkan bahwa 18 isolat bakteri diazotrof non-simbiotik yang diperoleh dari kebun kelapa sawit, masing-masing mampu tumbuh pada media NFB cair dan media *Ashby's Mannitol Broth* sebagai indikator, dari hasil tersebut sebanyak 3 isolat memiliki potensi tinggi dalam memfiksasi nitrogen.



Gambar 4. Perbandingan isolat yang positif tumbuh (CFE3) bagian kiri dan negatif tumbuh (PCEK) bagian kanan pada medium *ashby's mannitol agar*.

Tabel 2. Uji fiksasi nitrogen menggunakan media ashby's manitol agar

Isolat	Reaksi (Ulangan)		
	1	2	3
CFE	+	+	+
CFE2	-	-	-
CFE3	+	+	+
CFEM	-	+	+
CFW	+	+	+
IFE	-	-	-
IFW	-	-	-
FFF	-	-	-
PCEK	-	-	-

Ket: tanda positif (+): tumbuh, tanda negatif (-): tidak tumbuh

Kesimpulan yang didapatkan dari berbagai penelitian yang telah disebutkan diatas menunjukkan potensi yang cukup baik pada isolat-isolat bakteri yang didapat, mungkin karena pengujian yang dilakukan bersifat kualitatif maka dengan mengamati adanya indikasi fiksasi nitrogen, berapa banyak pun isolat yang didapat akan menghasilkan kesimpulan yang sama (potensi baik). Untuk kondisi seperti ini, penelitian ini juga akan menganggap potensi baik dalam fiksasi nitrogen dari isolat bakteri yang telah didapat. Efisiensi fiksasi nitrogen pada bakteri pemfiksasi nitrogen non-simbiotik dapat bervariasi karena beberapa faktor termasuk variabilitas lingkungan, kondisi tanaman, perbedaan genotipe, dan aspek teknis yang terkait

dengan metode yang digunakan untuk memperkirakan efisiensi fiksasi nitrogen (Ladha *et al.* 2016).

#### Karakteristik Mikroskopis dan Spesies-Spesies Bakteri Isolat Kalasey

Pada pengamatan mikroskopis, didapatkan hasil pewarnaan gram didominasi oleh gram negatif yang berjumlah 8 isolat dengan kode PCEK, CFE, IFW, IFE, CFEM, FFF, CFE3, dan CFE2, sedangkan gram positif hanya 1 isolat dengan kode CFW (Holt, 1994). Selain itu, bentuk bakteri yang diperoleh didominasi oleh bentuk bulat tunggal, dan sebagian berbentuk batang (Tabel 3).

Tabel 3. Karakteristik Mikroskopis Bakteri PGPR

Kode Isolat	Bentuk Bakteri	Gram	Kelompok Bakteri Teridentifikasi
PCEK	Batang Lurus Panjang	(-)	<i>Flavobacterium</i> sp.
CFE	Bulat tunggal	(-)	<i>Acetobacter</i> sp. 1
CFE2	Bulat Tunggal	(-)	<i>Paracoccus</i> sp. 1
CFE3	Bulat Tunggal	(-)	<i>Acetobacter</i> sp. 2
IFW	Batang berantai pendek	(-)	Enterobacteriaceae
IFE	Bulat tunggal	(-)	<i>Paracoccus</i> sp. 2.
CFEM	Batang berantai pendek	(-)	<i>Serratia marcescens</i>
CFW	Bulat/Batang berantai pendek	+	<i>Arthrobacter</i> sp.
FFF	Batang Tunggal	(-)	<i>Erwinia</i> sp

Ket: (-): Gram negatif, (+): Gram positif

Hardiansyah *et al.* (2020) pada percobaannya dalam penentuan Gram isolat bakteri PGPR menggunakan KOH 3% mendapati bahwa semua isolat merupakan bakteri tanah Gram negatif berbentuk batang dan bulat. Suharmulyono (2019) melaporkan bahwa hasil eksplorasi PGPR di kawasan agroforestri di UB forest terdapat 61% atau 33 dari 54 isolat bakteri yang bersifat Gram negatif sisanya merupakan Gram positif.

### KESIMPULAN

Karakteristik makroskopis koloni bakteri rizosfer isolat Kalasey bervariasi dari bentuk, elevasi, tepian, dan warna koloni. Genus yang dapat diidentifikasi, yaitu *Acetobacter* sp., *Arthrobacter* sp., *Erwinia* sp., *Flavobacterium* sp., *Paracoccus* sp., *Serratia marcescens* dan kelompok bakteri famili Enterobacteriaceae. Selain itu, kemampuan bioaktivitas produksi IAA, pelarutan fosfat, fiksasi nitrogen dari isolat bakteri Kalasey memiliki potensi yang cukup baik dalam pengembangan pupuk PGPR.

### DAFTAR PUSTAKA

Alori ET, Glick BR, dan Olubukola OB (2017) Microbial phosphorus solubilization and its potential for use in sustainable agriculture. *Frontier Microbiology* 2(8): 971.

Agustiyani D, Laili N, dan Dewi TK (2017) Karakterisasi fisiologi dan uji aktivitas PGPR (*plant growth promoting rhizobacteria*) beberapa isolat bakteri dari Tual, Maluku Tenggara pada media spesifik ashby. *Prosiding Seminar Nasional, LIPI, Jakarta, Indonesia*. pp. 589-599.

Chen TP, Rekha PD, Arun AB, Shen FT, Lai WA, dan Young CC (2006) Phosphate solubilizing bacteria from subtropical soil and their tricalcium phosphate solubilizing abilities. *Applied Soil Ecology* 34(1): 33-41.

Gamalero E dan Glick BR (2011) Mechanisms used by plant growth-promoting bacteria. Dalam: Maheshwari, M. K (ed) *Bacteria in agrobiolgy: plant nutrient management*. Springer-Verlang, Berlin Heidelberg.

Gilbert S, Xu J, Acosta K, Poulev A, Lebeis S, dan Lam E (2018) Bacterial production of indole related compounds reveals their role in association between duckweeds and endophytes. *Frontier in Chemistry* 6(265): 1-14.

Hadisuwito S (2012) *Membuat pupuk organik cair*. PT. Agro Media Pustaka, Jakarta.

Hardiansyah MY, Musa Y, dan Jaya AM (2020) Identifikasi plant growth promoting rhizobacteria pada rizosfer bambu duri dengan gram KOH 3%. *Agrotechnology Research Journal* 4(1): 41-46.

Hidayat I (2017) Eksplorasi dan identifikasi bakteri penambat nitrogen pada rizosfer berbagai jenis bambu sebagai plant growth promoting rhizobacteria (PGPR). *Skripsi. Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin, Makassar*.

Holt JG (ed) (1994) *Bergey's manual of determinative bacteriology*. William dan Wilkins, Philadelphia.

Islam H, Nelvia N, dan Zul D (2019) Isolasi dan uji potensi bakteri diazotrof non simbiotik asal tanah kebun kelapa sawit dengan aplikasi tandan kosong dan limbah cair pabrik kelapa sawit. *Jurnal Agroteknologi* 9(2): 35-40.

Jumadi O, Liawati, dan Hartono. (2015). Produksi zat pengatur tumbuh IAA (*indole acetic acid*) dan kemampuan pelarutan fosfat pada isolat bakteri

- penambat nitrogen asal kabupaten takalar. *Jurnal Bionature*, 16(1): 43-48.
- Ladha JK, Tirol-Padre A, Reddy CK, Cassman KG, Verma S, Powlson DS, van Kessel C, Richter DB, Chakraborty D, dan Pathak H (2016) Global nitrogen budgets in cereals: a 50-year assessment for maize, rice and wheat production systems. *Science Report*, 6: 1-6.
- Napitupulu RJ (2018) *Perhitungan koloni bakteri*.  
<http://www.pusdik.kkp.go.id/elearning/index.php/modul/read/181219014718>  
 perhitungan-c-koloni-c-bakteri. Diakses pada tanggal 26 Maret 2022
- Nugraha GBA, Wandri R, dan Asmono D (2019) Solubilisasi fosfat anorganik oleh *Burkholderia* spp. pada rizosfer kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) di tanah mineral masam. *Jurnal Lahan Suboptimal: Journal of Suboptimal Lands* 8(1): 86–93.
- Ollo L, Siahaan P, dan Kolondam B (2019) Uji penggunaan PGPR (*plant growth-promoting rhizobacteria*) terhadap pertumbuhan vegetatif tanaman cabai merah (*Capsicum annum* L.). *Jurnal MIPA Unsrat Online* 8(3): 150-155.
- Patil NB, Gajbhiye M, Ahiwale SS, Gunjal AB, Balasaheb P, dan Kapadnis BP (2011) Optimization of indole 3-acetic acid (IAA) production by *Acetobacter diazotrophicus* II isolated from sugarcane. *International Journal Environmental Science* 2(1): 295-302
- Pupuk Indonesia. (2020). Penyaluran pupuk bersubsidi tahun 2020. <https://www.pupuk-indonesia.com/id/penyaluran>. Diakses 2 Oktober 2021.
- Sagay K, Siahaan P, dan Mambu, S (2020) Respon pertumbuhan vegetatif sawi hijau (*Brassica rapa* L. var. Tosakan) akibat pemberian PGPR (*plant growth promoting rhizobacteria*) yang dikombinasikan dengan pupuk kompos dan NPK. *Jurnal Bios Logos* 10(2): 79-85.
- Santoyo G, Guzmán-Guzmán P, Parra-Cota FI, de los Santos-Villalobod S, Orozco-Mosqueda DC dan Glick BR (2021) Plant growth stimulation by microbial consortia. *Agronomy* 11(219): 1-24.
- Sudewi (2020). PGPR (*plant growth promotion rhizobacteria*) asal padi lokal aromatik Sulawesi Tengah: karakterisasi dan potensinya untuk memacu pertumbuhan dan produktivitas padi. Disertasi. Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Suharmulyono R (2019) Eksplorasi plant promoting rhizobacteria (PGPR) pada kawasan agroforestri di UB Forest. Tesis. Universitas Brawijaya, Malang.
- Sulistiyani TR (2011) Keanekaragaman bakteri tanah dari Teluk Kodek Area, Pamenan Lombok Barat. *Biosfera* 28(3): 183-189.
- Supartha INY, Wijana G, dan Adnyana GM (2012) Aplikasi jenis pupuk organik pada tanaman padi sistem pertanian organik. *E-Jurnal Agroekoteknologi Tropika (Journal of Tropical Agroecotechnology)* 1(2): 98–106.
- Sukmadewi DKT, Suharjono, dan Antonius S (2015) Uji potensi bakteri penghasil hormon IAA (*indole acetic acid*) dari tanah rizosfer cengkeh (*Syzigium aromaticum* L.). *Jurnal Biotropika* 3(2): 91-94/
- Tangapo, A.M. (2020). Potensi bakteri endofit ubi jalar (*Ipomoea batatas* L.) dalam menghasilkan hormon *indol acetic acid* (IAA) dengan penambahan l-triptofan. *Jurnal Bios Logos* 10(1), 21-26.

- Tarigan RS (2013) Seleksi bakteri penambat nitrogen dan penghasil hormon IAA (indole acetic acid) dari rizosfer tanah perkebunan kedelai (*Glycine max* L.). *Saintia Biologi* 1(2): 42-48.
- Vionita Y, Rahayu YS, dan Lisdiana L 2015 Potensi isolat bakteri endofit dari akar tanaman ubi jalar (*Ipomoea batatas*) dalam penambatan fiksasi nitrogen. *Lenterabio*, 4(2), 124–130.
- Walida H, Harahap FS, Hasibuan M, dan Yanti FF (2019) Isolasi dan identifikasi bakteri penghasil IAA dan pelarut fosfat dari rizosfer tanaman kelapa sawit. *Biolink (Jurnal Biologi Lingkungan Industri Kesehatan)* 6(1), 1-7.
- Walida H, Putri A, dan Juliani BP (2016) Daya kecambah benih sawi (*Brassica juncea*. L.) dan cabai rawit (*Capsicum frutescens* L.) dengan aplikasi pupuk hayati PGPR (*plant growth promoting rhizobacteria*). *Jurnal Agroplasma (STIPER) Labuhan Batu* 3(2): 1-6.
- Waluyo L (2010) Teknik Metode Dasar Mikrobiologi. UMM Press, Malang.
- Wenjie W, Qin Y, Wu H, Zuo W, He H, Tan J, Wang Y, dan He D (2020) Isolation and characterization of phosphorus solubilizing bacteria with multiple phosphorus sources utilizing capability and their potential for lead immobilization in soil. *Frontier Microbiology* 11: 1-15.
- Wulandari N, Irfan M, dan Saragih R (2019) Isolasi dan karakterisasi plant growth promoting rhizobacteria dari rizosfer kebun karet rakyat. *Jurnal Dinamika Pertanian* 3: 57-64.
- Zhang P, Jin T, Kumar Sahu S, Xu J, Shi Q, Liu H, dan Wang Y (2019) The distribution of tryptophan-dependent indole-3-acetic acid synthesis pathways in bacteria unraveled by large-scale genomic analysis. *Molecules (Basel, Switzerland)* 24(7): 1-14.
- Zhu F, Qu L, Hong X, dan Sun X (2011) Isolation and characterization of a phosphate solubilizing halophilic bacterium *Kushneria* sp. YCWA18 from Daqiao Saltern on the Coast of Yellow Sea of China. *Evidence-Based Complementary Alternative Medicine* 2011: 1-6.