KARAKTERISASI MORFOLOGI DAN BIOKIMIA ISOLAT PGPR DARI RUMPUT GAJAH (*Pennisetum purpureum*)

Rahmat Lamadi[1], Maria Massora[1], Rina A. Mogea[1*], Hermawaty Abubakar[1], Rinondon Altje R Mogea[2]

[1]Magister Biologi Program Pascasarjana Universitas Papua
Jl Gn Salju Amban, Manokwari
[2]Fakultas Petanian UNPI Jl Wolter Mongisidi Ling 2 Bahu Manado

* Email korespondensi: r.mogea@unipa.ac.id

Submitted: 16 – 03 – 2026
Revised: 26 – 06 -2026
Accepted: 30 -06 – 2026

ABSTRACT: Intensive and prolonged use of inorganic fertilizers in Indonesia remains predominant among farmers; however, it can lead to soil contamination and reduced fertility over time. Biofertilizers provide a sustainable alternative, with Plant Growth-Promoting Rhizobacteria (PGPR) serving as key components naturally associated with plant roots. This study was conducted to isolate and characterize PGPR from the roots of elephant grass (*Pennisetum purpureum*) collected at Amban Pantai, Manokwari, West Papua. Isolation procedures involved preparing PGPR starters, purifying colonies, and conducting macroscopic and microscopic observations, as well as biochemical tests. Macroscopic analysis revealed six isolates with white colonies; shapes were circular (PGPR 1 and 5) or irregular (others); elevations included convex, raised, flat, and umbonate; margins were undulate or rhizoid; and oxygen requirements ranged from aerobic, obligate aerobic, anaerobic, to facultative anaerobic. Microscopically, all isolates were rod-shaped and motile, with Gram-positive (PGPR 2 and 3) or Gram-variable (PGPR 1, 4, 5, and 6) characteristics. Biochemical assays indicated positive sucrose fermentation (all isolates, though partial in some), lactose and dextrose fermentation (mainly PGPR 1 and 3), gelatin hydrolysis (PGPR 1, 3, and 5), citrate utilization (PGPR 5), MR positivity (all isolates), VP positivity (PGPR 2 and 4), H_2S production (only PGPR 4), negative indole, and absence of gas production. These findings demonstrate significant morphological and metabolic diversity among the isolated PGPR, underscoring their potential as biofertilizer candidates for sustainable agriculture in tropical regions such as West Papua. The characterization analysis confirmed that the isolates are part of the genera *Bacillus* (PGPR 1, 2, 3, 5, 6) and *Enterobacter* (PGPR 4).

Keywords: Biochemical characterization, biofertilizer**,** *Pennisetum purpureum*, bacteria PGPR

PENDAHULUAN

Penggunaan pupuk anorganik memainkan peran utama dalam sistem pertanian Indonesia. Pemanfaatan pupuk anorganik lebih praktis dan mudah diakses. Meskipun demikian, aplikasi pupuk anorganik yang berkepanjangan dapat menyebabkan kontaminasi tanah, sehingga mengurangi kesuburan tanah. Pencemaran tanah merupakan masalah lain yang dapat timbul akibat pemberian pupuk, khususnya pupuk anorganik yang kaya nitrogen (Andriyani *et al*., 2020). Pupuk anorganik dapat digantikan dengan biofertilizer. Asrul dan Aryantha (2021) menyatakan bahwa untuk meningkatkan kesuburan tanah dan pertumbuhan tanaman, biofertilizer dibuat dengan PGPR (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria*).

PGPR mengacu pada studi bakteri saprofit yang tidak berbahaya dan berasal dari rizosfer. Menurut Pena dan

Vargas (2014), bakteri ini hidup di zona akar tanaman dan dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman dengan beberapa cara, seperti memproduksi fitohormon dan meningkatkan asupan nutrisi. Ada sejumlah cara bakteri PGPR dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman. Ini termasuk bertindak sebagai biofertilizer dengan memasok tanaman dengan nutrisi mineral terlarut, bioprotektan dengan mencegah patogen tanah dan stres lingkungan, dan biostimulator dengan merangsang pertumbuhan tanaman (Pambudi *et al*. 2016). PGPR Rhizobakteri dapat ditemukan secara alami pada perakaran tanaman, salah satunya adalah tanaman rumput gajah.

PGPR yang digunakan dalam pemupukan dapat berasal dari akar rumput gajah. Hal ini dapat terjadi karena rumput gajah memiliki daya tahan ekstrim, Bahkan di lingkungan rendah nutrisi, tanaman ini dapat tumbuh subur. Fenomena ini disebabkan oleh keberadaan bakteri saprofit yang berada di zona akar. Maulina *et al*. (2015) menunjukkan bahwa rhizobacteria yang diekstrak dari akar rumput gajah (*Pennisetum purpureum*) dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman padi. Proses ini menunjukkan kapasitas rhizobacteria untuk mensintesis hormon pertumbuhan asam indol asetat (IAA), dan terdapat beraneka ragam jenis bakteri pada rhizosfer rumput gajah dan tiap jenis bakteri umumnya memiliki pengaruh berbeda sehingga perlu untuk mengetahui jenis bakteri Tujuan penelitian untuk mengisolasi dan karakterisasi bakteri PGPR yang dapat dikultur asal tanaman rumput gajah dari Amban Pantai, Kecamatan Manokwari Barat, Kabupaten Manokwari, Papua Barat.

METODE PENELITIAN

Pengambilan Data

Isolasi sampel dilakukan pada bulan Desember 2024 sampai dengan Januari 2025. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Mikrobiologi, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, UNIPA.

Pembuatan Stater PGPR

Ambil akar rumput gajah yang masih hidup dan bilas akarnya dengan air sampai bersih serta timbang akarnya sebanyak 200 gram. Akar tersebut ditumbuk dengan mortar hingga pecah dan getah dari akar keluar. Rebus air hingga mendidih kurang lebih satu liter dan dinginkan di suhu ruang, lalu masukkan air yang telah dingin dan akar yang telah ditumbuk ke dalam toples dan tutup rapat. Simpan pada suhu ruang selama 72 jam untuk memperoleh isolat PGPR. Hal ini berhasil bila muncul gas di air, maka isolatnya berhasil dibiakan.

Pengembangbiakan Stater PGPR

Rebus air sebanyak 10 liter dan tambahkan semua bahan, yaitu gula pasir (300 gr), dedak (300 gr), terasi (200 gr), dan kapur sirih (100 gr). Bahannya direbus dan diaduk supaya tidak mengendap. Angkat dan dinginkan pada suhu ruang, kemudian disaring dan diperas. Selanjutnya, air rebusan yang telah disaring kemudian dimasukkan ke dalam toples. Setelah itu, sebanyak 1 gelas biang PGPR disaring dan dicampurkan dengan air rebusan sambil diaduk, dan toples ditutup dengan rapat. Selanjutnya, didiamkan/fermentasikan selama satu

minggu dan simpan pada suhu ruang. Setelah satu minggu, PGPR siap untuk uji lanjut.

Isolasi Bakteri dari PGPR

Diambil 1 mL isolat PGPR dan dilarutkan ke dalam 9 mL larutan fisiologis berisi NaCl 0.85% lalu dihomogenisasi. Campuran larutan yang telah diencerkan 10^{-1} diambil 1 mL, lalu dilarutkan ke dalam 9 mL larutan fisiologi NaCl yang lain, kemudian divorteks, dan disebut sebagai larutan pengenceran 10^{-2}. Prosedur ini diulang sampai tingkat pengenceran 10^{-6}. Diteteskan 0,1 mL suspensi dari setiap pengenceran 10^{-3}, 10^{-4}, 10^{-5}, dan 10^{-6} ke dalam media NA melalui metode spread plate, lalu dikulturkan pada suhu ruangan selama 48 jam. Enam koloni bakteri dipilih berdasarkan ciri-ciri makroskopisnya, yaitu bentuk, warna, bentuk tepi dan bentuk permukaan koloni. Koloni tersebut yang berhasil tumbuh di medium NA.

Peremajaan Bakteri PGPR

Koloni bakteri yang terpilih ditanam dalam media NA dengan metode *streak zig-zag*, kemudian diberi label hingga diperoleh isolat bakteri.

Pewarnaan Sifat Gram dan Observasi Karakter Makroskopis

Isolat bakteri PGPR yang diperoleh dianalisis sifat Gramnya melalui uji pewarnaan Gram dengan kristal violet, Lugol, alkohol, dan safranin. Pengamatan dilakukan di bawah mikroskop dengan memperhatikan warna serta bentuk bakteri. Observasi makroskopis mencakup warna, bentuk, tepi, dan elevasi dari koloni tersebut.

Uji Biokimia Bakteri PGPR

Pengujian biokimia dilakukan untuk meminimalisasi kesalahan, mengingat beberapa spesies memiliki sifat yang sangat mirip. Beberapa uji biokimia yang dilakukan meliputi:

1. Uji SIM (Sulfida Indole Motilitas)

Medium ini digunakan untuk mendiferensiasikan keluarga Enterobacteriaceae melalui pemanfaatan asam amino sebagai sumber energi. Asam amino triptofan adalah komponen protein yang mudah dipakai oleh mikroorganisme. Ketika asam amino diuraikan oleh enzim triptofanase, dihasilkan indol, asam piruvat, dan amonia. Hasil positif ditandai setelah penambahan reagen Kovac atau Erlich yang mengandung p-dimetilaminobenzaldehida enghasilkan senyawa para-aminobenzaldehida yang tidak larut dalam air dan menghasilkan warna merah pada permukaan media.

2. Uji MR (Methyl Red)

Uji ini bertujuan untuk melihat tingkat keasaman yang tinggi karena bertumbuhnya bakteri dalam media MR-VP. Prinsip pengujian ini adalah untuk mendeteksi derajat keasaman di mana selama proses fermentasi, bakteri tersebut dapat mereduksi pH berisi 0,5% glukosa sampai pH 5,0. Hasil positif ditandai ketika indikator metil merah menunjukkan perubahan warna merah, sedangkan hasil negatif ditunjukkan oleh warna kuning (Presscot, et al., 2002).

3. Uji VP (Voges-Proskaeuer)

Uji VP menentukan fermentasi mikroorganisme yang menghasilkan 2,3-butanonadiol. Ketika bakteri memfermentasi karbohidrat menjadi 2,3-butanadiol sebagai metabolit pokok, penumpukan dapat terjadi di media

pertumbuhan. Uji VP untuk mendeteksi adanya asetoin (asetil metil karbinol) ditambahkan indikator KOH 40% dan 5% larutan alfa-naftol. Asetoin merupakan suatu senyawa perantara dalam sintesis 2,3-butanadiol. Hasil positif ditunjukkan dengan adanya perubahan warna media menjadi merah, sedangkan hasil negatif ditandai dengan perubahan menjadi kuning.

4. Uji Sitrat

Uji sitrat dilakukan untuk mengidentifikasi kemampuan mikroba dalam menggunakan sitrat sebagai sumber karbon dan energi. Uji sitrat memanfaatkan media sintetik SCA di mana natrium sitrat merupakan sumber karbon tunggal. Jika natrium sitrat dapat terurai, maka amonium hidrogen fosfat juga akan terdegradasi, menyebabkan pelepasan NH3 yang membuat media menjadi alkalis. Indikator bromtimol biru dapat berubah dari hijau ke biru (Irianto, 2006).

5. Uji Motilitas

Uji ini digunakan untuk melihat kemampuan bakteri bergerak yang dipengaruhi oleh adanya flagela. Bakteri diinokulasi menggunakan ose lurus ke dalam media SIM; jika hasilnya positif yaitu ada persebaran disekitar tusukan ose lurus dan menunjukkan sifat motil.

6. Uji Produksi H_2S

H_2S dihasilkan oleh sejumlah spesies mikroba melalui penguraian asam amino bersulfur seperti lisin dan metionin, serta melalui reduksi senyawa belerang anorganik seperti tiosulfat, sulfit, dan sulfat. H_2S dapat dilihat dengan penambahan garam logam berat ke dalam medium. H_2S bereaksi dengan senyawa-senyawa ini membentuk logam sulfat berwarna hitam (Presscot,et al., 2002).

7. Uji Fermentasi Karbohidrat

Uji TSIA untuk mendeteksi keberadaan H_2S, fermentasi glukosa, serta pembentukan gas. Media ini mengandung tiga jenis gula (glukosa, laktosa, dan sukrosa), indikator merah fenol, serta $FeSO_4$ yang berfungsi menunjukkan terbentuknya H_2S. Pengujian H_2S bertujuan mengidentifikasi enzim desulfurase bakteri yang mampu menguraikan asam amino sistein menjadi asam disulfida (H_2S). Sistein sendiri merupakan asam amino yang mengandung sulfur dan tidak selalu terdapat dalam semua protein. Dalam kondisi anaerob, sistein mula-mula dipecah menjadi dua molekul sistein, kemudian diuraikan lebih lanjut menjadi H_2S, amonia, asam asetat, dan asam format. Sedangkan pada kondisi aerob, sistein mengalami proses disimilasi yang juga menghasilkan H_2S (Jawetz et al., 1978). Asam amino, selain glukosa, dapat difermentasi oleh bakteri—terutama bakteri anaerob fakultatif. Bakteri ini menghidrolisis protein menjadi asam amino, yang kemudian difermentasi menghasilkan berbagai senyawa, terutama asam organik seperti asam asetat, piruvat, dan propionat (Fardiaz, 1992). Produk dekomposisi asam amino dapat menghasilkan senyawa berbau tidak sedap, misalnya indol, H_2S, amonia, dan metil sulfida (Brock *et al*., 2014). TSIA sebagai media mengandung $FeSO_4$, di mana H_2S bereaksi dengan ion Fe^{2+} membentuk endapan hitam FeS (feros sulfida) (Lay, 1994).

Fermentasi glukosa, laktosa, atau sukrosa serta produksi gas dari glukosa dapat diamati melalui media TSIA.

Adanya rongga pada bagian bawah agar menunjukkan pembentukan gas. Warna merah pada agar menandakan reaksi basa, sedangkan warna kuning menunjukkan reaksi asam. Kombinasi warna tertentu menandakan jenis gula yang difermentasi:

- Permukaan merah dan dasar kuning → fermentasi glukosa saja, tanpa fermentasi laktosa maupun sukrosa.
- Permukaan dan dasar kuning → fermentasi glukosa, laktosa, dan sukrosa.
- Permukaan kuning dan dasar merah → fermentasi laktosa dan sukrosa.
- Permukaan dan dasar merah → tidak ada fermentasi ketiga gula (Fardiaz, 1992).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Isolasi dan Pemurnian Bakteri Endofit PGPR

Isolasi akar PGPR dilakukan dengan ditimbang sebanyak satu ml dan diencerkan pada 9 mL NaCl 0.85% sampai pengenceran 10^{-6}. Setiap suspensi pengenceran diinokulasikan sejumlah 100 µL ke media NA steril. Media lalu diinkubasi pada suhu 30–35 °C sepanjang satu atau dua hari.

Hasil isolasi sampel PGPR diperoleh enam isolat yang bersumber dari suspensi pengenceran dan tumbuh koloni bakteri PGPR.

Karakterisasi isolat meliputi morfologi, pewarnaan Gram dan uji biokimia. Berdasarkan hasil pengamatan makroskopik, koloni bakteri PGPR akar rumput gajah memiliki bentuk koloni berbeda, yaitu Irregular (PGPR1 dan PGPR5) dan *Circular* (PGPR2, PGPR3, PGPR4 dan PGPR6). Sedangkan bentuk Margin *undulate* (PGPR1, PGPR3, PGPR4) dan *Rhizoid* (PGPR2, PGPR5 dan PGPR6), serta elevasi convex (PGPR1, PGPR5 dan PGPR6), raised (PGPR2), flat (PGPR3), umbonate (PGPR4) dan convex (PGPR5 dan PGPR6) dengan warna yang putih.

Selanjutnya isolat dikultur pada media NB yang akan digunakan pada tahap uji kebutuhan oksigen. Empat bakteri isolat merupakan bakteri anaerob fakultatif yaitu isolat PGPR3, PGPR4, PGPR5 dan PGPR6. Isolat PGPR 1 merupakan bakteri aerob fakultatif dan 2 aerob obligat.

Pengamatan Mikroskopis

Pewarnaan Gram dilakukan untuk melihat profil struktur dinding sel dan jenis Gram isolat bakteri PGPR dari akar rumput gajah. Dalam pewarnaan Gram, dilihat karakter isolat dari perbedaan struktur dinding sel pada bakteri Gram positif dan negatif. Dari hasil uji pewarnaan dan profil sel pada Tabel 1.

Tabel 1 Pengamatan Mikroskopis Isolat Bakteri PGPR

No	Kode Isolat	Pewarnaan Gram	Bentuk Sel
1	PGPR1	v	Batang
2	PGPR2	+	Batang
3	PGPR3	+	Batang
4	PGPR4	v	Batang
5	PGPR5	v	Batang
6	PGPR6	v	Batang

Keterangan: (+) : Gram Positif ; (v) Gram Variabel

Tabel 2 Uji Biokimia

No	Uji Biokimia	Isolat					
		1	2	3	4	5	6
1	Sukrosa	+	-	+	-	-	-
2	Laktosa	+	-	-	-	-	-
3	Dekstrosa	+	-	-	-	-	-
4	Gelatin	+	-	+	-	+	-
5	Indole	-	-	-	-	-	-
6	H2S	-	-	-	-	+	-
7	Gas	-	-	-	-	-	-
8	Motil	+	+	+	+	+	+
9	Sitrat	-	-	-	-	-	-
10	MR	+	+	+	+	+	+
11	VP	-	+	-	+	-	-

Keterangan: Hasil Positif (+), Hasil Negatif (-).

Tabel 1. menunjukkan hasil uji pewarnaan Gram yang dilakukan. Isolat yang didapat adalah Gram positif (2 dan 3) dan Gram variabel (PGPR 1, PGPR 4, PGPR 5 dan PGPR 6) dengan bentuk sel batang. Isolat bakteri Gram positif terlihat berwarna ungu sebab mempunyai susunan peptidoglikan yang tebal sehingga zat warna kristal violet tidak luntur dan dapat dipertahankan.

Uji Biokimia

Pengujian biokimia bakteri adalah proses untuk mengidentifikasi dan menentukan kultur murni bakteri yang diperoleh dari isolasi berdasarkan ciri-ciri fisiologisnya (Harrigan & McCance, 1976). Pengujian ini dibuat untuk menegaskan bahwa bakteri yang diteliti sesuai dengan yang diharapkan. Uji ini meliputi pengujian *Methyl Red Voges-Proskauer* (MR-VP), *Triple Sugar Iron Agar* (TSIA), *Simmons Citrate Agar* (SCA), motilitas, indol, katalase, urease dan gelatin. Hasil uji biokimia pada Tabel 2 di atas.

1. Uji TSIA

Pada proses fermentasi substrat seperti glukosa, laktosa atau sukrosa serta pembentukan gas dari glukosa, bisa dilihat adanya gelembung di bawah agar medium TSIA. Jika agar berwarna merah itu berarti reaksi basa terjadi, sementara

warna kuning mengindikasikan reaksi asam. Jika bagian atas tabung berwarna merah dan bagian bawah kuning, ini menunjukkan bahwa glukosa telah difermentasi, tetapi laktosa dan sukrosa tidak. Apabila pada atas atau bawah tabung berwarna kuning, menunjukkan bahwa glukosa, laktosa dan sukrosa telah difermentasi. Bila bagian atas tabung berwarna kuning dan bagian bawah merah, menunjukkan bahwa hanya laktosa dan sukrosa yang difermentasi. Apabila bagian atas dan bawah berwarna merah, hal ini berarti tidak ada dari ketiga gula yang difermentasi (Fardiaz, 1992). Hasil penelitian ini pada uji glukosa, isolate yang menunjukkan hasil positif adalah 1 dan 3, sedangkan isolate 2, 4, 5, dan 6 negatif. Pengujian sukrosa dan laktosa diperoleh isolat positif, yaitu PGPR 1, sedangkan isolat lainnya negatif. Ada satu isolat yang memproduksi senyawa H_2S, yaitu isolat 5.

2. Uji Gelatin

Dalam pengujian ini dikatakan positif bila setelah dimasukkan ke dalam lemari es selama 30 menit, media gelatin tetap cair. Hasil isolat bakteri yang positif uji gelatinase adalah 1, 3, dan 5, sedangkan yang lainnya negatif. Semakin cair media gelatin, semakin tinggi aktivitas enzim gelatinase. Hal ini terjadi karena pemotongan dan perubahan struktur polimer gelatin dan pemecahan molekul H_2O menjadi kation hidrogen (H^+) sehingga media gelatin kehilangan kemampuannya dalam menahan air. Sedangkan jika tidak terjadi pemotongan struktur polimer gelatin dan pemecahan molekul H_2O, media tetap mampu menahan air. Di mana aktivitas enzim gelatinase dapat dijadikan sebagai gambaran kemampuan isolat bakteri dalam menghidrolisis gelatin.

3. Uji SIM

Media ini berfungsi dalam menyeleksi kelompok famili Enterobacteriaceae yang memanfaatkan asam amino sebagai sumber energi. Triptofan merupakan salah satu asam amino penyusun protein yang dapat dimanfaatkan secara langsung oleh mikroorganisme. Ketika triptofan dihidrolisis oleh enzim triptofanase, dihasilkan indol, asam piruvat, dan amonia. Setelah penambahan reagen, pada uji indole tidak terjadi degradasi triptofan menjadi indol pada semua isolat. Sedangkan untuk uji motilitas, semua isolat motil.

4. Uji *Simmon Citrate Agar* (SCA)

Uji sitrat dibuat agar diketahui apakah bakteri tersebut dapat memanfaatkan sitrat sebagai sumber energi dan karbon. Uji ini memakai media *Simmon Citrate Agar* (SCA), yang merupakan media sintetik dengan natrium sitrat sebagai sumber karbon. Jika natrium sitrat terurai, maka amonium hidrofosfat akan terurai dan membebaskan NH_3 yang membuat media menjadi basa. Indikator bromtimol biru akan mengalami perubahan warna dari hijau ke biru (Irianto, 2006). Dari hasil penelitian diperoleh bahwa isolat 5 positif karena menggunakan sitrat.

5. Uji MR-VP

Dalam mengetahui tingkat keasaman yang tinggi karena pertumbuhan bakteri tertentu di media MR-VP. Pada dasarnya, mengukur nilai keasaman selama tahap fermentasi bakteri lain yang menyebabkan penurunan pH media yang berisi 0,5%

glukosa yang mencapai pH 5,0. Hal ini menjadikan indikator metal merah berubah menjadi merah yang berarti tandanya positif, sementara negatif ditunjukkan dengan warnanya kuning (Presscot, et al., 2002). Berdasarkan penelitian, hasil uji MR adalah positif bagi semua isolat.

Uji Voges-Proskauer dipakai untuk menemukan mikroba yang melakukan fermentasi dan menghasilkan 2,3-butanadiol. Bila bakteri mengubah karbohidrat menjadi 2,3-butanonadiol sebagai produk utama, akan terjadi penumpukan di media pertumbuhan. Dalam uji VP, dimasukkan indikator, yaitu KOH 40% dan 5% larutan alfa-naftol, sehingga bisa memastikan adanya asetoin (asetil metil karbinol) yang merupakan senyawa awal dalam pembentukan 2,3-butanadiol. Jika terdapat asetoin, akan ada perubahan warna media jadi merah. Hasil dianggap positif bila media berubah menjadi merah, yang menandakan keadaannya asam, dan negatif jika berubah menjadi kuning, menandakan keadaannya basa. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa uji VP positif untuk sampel 2 dan 4.

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengisolasi enam bakteri PGPR dari akar rumput gajah dengan variasi morfologi koloni, sifat aerob/anaerob, serta karakteristik mikroskopis berupa bentuk batang dengan hasil Gram positif maupun Gram variabel. Uji biokimia menunjukkan adanya perbedaan kemampuan fermentasi, produksi enzim, serta metabolisme antarisolat, misalnya fermentasi sukrosa hanya pada isolat 1 dan 3, produksi H_2S pada isolat 4, serta variasi hasil uji MR-VP. Seluruh isolat bersifat motil. Keragaman morfologi dan metabolik ini mengindikasikan potensi PGPR untuk diteliti lebih lanjut sebagai biofertilizer untuk mendukung pertanian berkelanjutan di Papua Barat. Berdasarkan karakter biokimia, mayoritas isolat (PGPR 1, 2, 3, 5, 6) diduga dekat dengan genus Bacillus sp., sedangkan satu isolat (PGPR 4) lebih dekat dengan genus Enterobacter sp..

DAFTAR PUSTAKA

Andriyani, D., Juliansyah, H., dan Sari, C. P. M., 2020. Peningkatan Produktivitas Lahan dan Pendapatan Petani Melalui Penggunaan Pupuk Organik di Desa Blang Gurah Kecamatan Kuta Makmur Kabupaten Aceh Utara. Jurnal Ekonomi Pertanian Uninal. 3(2):1-7

Asrul dan Aryantha, I.N. P., 2021. Isolasi dan Identifikasi Bakteri Penambat Nitrogen Untuk Pembuatan Biofertilizer. Jurnal Viabel Pertanian 15(1):16-23

Brooks, G.F., Butel, J.S., Ornston, L.N., 2014, Jawetz, Melnick & Adelberg Mikrobiologi Kedokteran (terj.), Penerbit Buku Kedokteran EGC, Jakarta.

Fardiaz, S. (1992). Mikrobiologi Pangan 1. PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.

Harrigan. W. F., and M. E. McCance. 1976. Laboratory Methods In Food And Dairy Microbiology.," Lab. Methods Food Dairy Microbiol, Accessed: Nov. 29, 2020. [Online]. Available: https://www.cabdirect.org/cabdirect/ abstract/19760430809.

Irianto, K., 2006, Mikrobiologi Menguak Dunia Mikroorganisme, jilid 1,

Yrama Widya, Bandung.

Jawetz, E., J. L. Melnick, and E. A. Adelberg. 1978. Review of medical microbiology (A concise medical library for practitioner and student)", 13th ed edition. Lange Medical Publications,

Maulina, NMI.,K. Khalimi., GNAS. Wirya., DN. Suprata. 2015. Potensi Rhizobacteria yang Diisolasi dari Rizosfer Tanaman Graminae Non-Padi Untuk Memacu Pertumbuhan Bibit Padi. Jurnal Agri. Sci. And Biortechnol, 14(1):1-8

Pambudi, A., Noriko, N., dan Sari, E. P., 2016. Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Tanah Sawah di Kecamatan Medan Satria dan Bekasi Utara, Kota Bekasi, Jawa Barat. Jurnal Al-Azhar Indonesia Seri Sains dan Teknologi. 3(4):187-195.

Pena, C. D., dan Vargas, V. M., L., 2014. Biotic Interactions in the Rhizosphere: A Diverse Cooperative Enterprise for Plant Productivity. Plant Physiology. 166: 701-719

Prescott, L. M., Harley, J. P., & Klein, D. A. 2002. Microbiology (5th ed.). The McGraw-Hill Companies.

Lay BW. 1994. Analisis Mikroorganisme di Laboratorium. Jakarta. Raja Grafindo Persada.