

Uji Kemampuan Isolat Rizobakteri *Indigenous* Perakaran Bawang Merah (*Allium ascalonicum* L.) sebagai *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR)
(Capability Test of Indigenous Rhizobacteria Isolates from Red Onion (*Allium ascalonicum* L.) Roots as PGPR)

Nurachidan¹, Halimursyadah¹, Rika Husna^{1*}

¹Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Syiah Kuala

*Corresponding author: rikahusna@usk.ac.id

Abstrak. Rizosfer tanaman bawang merah sebagai wilayah dengan aktivitas mikroorganisme tinggi berperan penting dalam mendukung pertumbuhan dan kesehatan tanaman. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi potensi isolat rizobakteri *indigenous* dari rizosfer tanaman bawang merah (*Allium ascalonicum* L.) di Kecamatan Glumpang Baro, Kabupaten Pidie, sebagai agen PGPR. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Ilmu dan Teknologi Benih serta Laboratorium Genetika dan Pemuliaan Tanaman, Fakultas Pertanian Universitas Syiah Kuala pada bulan Desember 2024 sampai April 2025, menggunakan metode deskriptif kualitatif dan kuantitatif yang terdiri dari 20 isolat rizobakteri. Hasil penelitian menunjukkan terdapat 7 isolat menghasilkan hormon IAA dengan konsentrasi tinggi dan 13 isolat dengan konsentrasi sedang. Kemampuan isolat memfiksasi nitrogen dijumpai pada perlakuan GB 4/2, GB 5/4, dan GB 6/4 dengan jumlah produksi fiksasi N (+++).

Kata kunci: Bawang Merah, Rizobakteri Indigenous, PGPR.

Abstract. The rhizosphere of red onion plants, as a region with high microbial activity, plays an important role in supporting plant growth and health. This study aimed to evaluate the potential of indigenous rhizobacteria isolates from the rhizosphere of red onion plants (*Allium ascalonicum* L.) in Glumpang Baro District, Pidie Regency, as PGPR agents. The research was conducted at the Seed Science and Technology Laboratory and the Plant Genetics and Breeding Laboratory, Faculty of Agriculture, Syiah Kuala University, from December 2024 to April 2025, using qualitative and quantitative descriptive methods on 20 rhizobacteria isolates. The results indicated that 7 isolates produced IAA hormone at high concentrations and 13 isolates at moderate concentrations. The nitrogen-fixing ability of isolates was observed in treatments GB 4/2, GB 5/4, and GB 6/4 with nitrogen fixation production (+++).

Keywords: Red Onion, Indigenous Rhizobacteria, PGPR.

PENDAHULUAN

Pertanian merupakan sektor yang berperan penting dalam memenuhi kebutuhan pangan. Namun, penggunaan pupuk kimia secara berlebihan dalam budidaya tanaman termasuk bawang merah dapat menimbulkan dampak negatif terhadap kesuburan tanah dan lingkungan (Damanik et al., 2011). Pemanfaatan mikroorganisme tanaman, khususnya rizobakteri *indigenous* yang hidup secara alami di sekitar akar tanaman (*rizosfer*) merupakan salah satu pendekatan ekologis yang berpotensi meningkatkan produktivitas tanaman (Anggraini, 2020).

Bakteri dari kelompok *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) memiliki kemampuan untuk mendukung pertumbuhan dan kesehatan tanaman, termasuk meningkatkan produktivitas tanaman. Beberapa mekanisme PGPR untuk mendukung pertumbuhan dan kesehatan tanaman termasuk meningkatkan produksi hormon pertumbuhan, meningkatkan pengambilan unsur hara oleh tanaman, meningkatkan toleransi tanaman terhadap cekaman abiotik, dan melindungi tanaman dari fitopatogen (Kalam et al., 2017).

Selain meningkatkan ketersediaan nutrisi, PGPR juga dapat menghasilkan hormon tanaman seperti auksin IAA (*indole acetic acid*), sitokinin, dan giberelin. PGPR juga berperan sebagai agen pelindung tanaman dari serangan patogen dan menghasilkan senyawa antibiotik yang dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme penyebab penyakit, seperti jamur dan bakteri patogen. Selain itu, PGPR mampu bersaing dengan patogen dalam hal mendapatkan nutrisi dan ruang di rizosfer, sehingga populasi patogen menjadi terkendali. Dengan demikian, penggunaan PGPR dapat mengurangi kebutuhan akan pestisida kimia yang berpotensi mencemari lingkungan dan merusak keseimbangan ekosistem tanah (Mayerni, 2019).

Penelitian Sari et al (2020) menunjukkan bahwa aplikasi rizobakteri seperti *Bacillus pumilus* dan *Pseudomonas geniculata* dapat mengurangi penggunaan pestisida kimia dengan meningkatkan ketahanan tanaman terhadap penyakit, seperti hawar daun bakteri pada bawang merah, serta mempercepat pertumbuhan tanaman. Annura et al (2021) menunjukkan bahwa rizobakteri seperti *Pseudomonas* dan *Bacillus* tidak hanya mampu menetralkan logam berat tetapi juga dapat menghasilkan senyawa antimikroba yang menghambat pertumbuhan patogen dan mengurangi kerusakan akibat patogen *lycopersici* pada tanaman tomat, serta meningkatkan serapan hara dan sintesis hormon tumbuhan, termasuk auksin dan giberelin, yang berfungsi dalam meningkatkan pertumbuhan dan perkembangan tanaman.

METODE PENELITIAN

Tempat dan waktu Penelitian

Penelitian ini telah dilaksanakan di Laboratorium Ilmu dan Teknologi Benih, Departemen Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Syiah Kuala, Darussalam Banda Aceh dan Laboratorium Genetika dan Pemuliaan Tanaman, Departemen Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Syiah Kuala, Darussalam Banda Aceh. Penelitian ini dimulai dari bulan Desember 2024 sampai April 2025.

Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi *laminar air flow*, autoklaf, vortex, spektrofotometer, centrifuge, cawan petri, erlenmeyer, tabung reaksi, jarum ose, pipet ukur, lampu bunsen, timbangan analitik, hot plate, botol suspensi, pinset, rak tabung, spatula, mancis, gelas ukur, ayakan tanah berukuran 8 mesh, alat tulis, dan kamera handphone, sampel tanah, NA (Nutrient Agar), PDA (Potato Dextrose Agar), SPA (Sucrose Peptone Agar), serta bahan kimia dan pereaksi seperti Reagen Salkowski, asam amino triptofan, FeCl, agar, glukosa, alkohol 70%, kapas, plastik tahan panas, plastic wrap, *aluminium foil*, handscoon nonmedik, masker, karet gelang, kertas label, tisu, spiritus, aquadest, dan kertas saring millipore.

Pelaksanaan Penelitian

Pengambilan Sampel Tanah

Sampel tanah diambil secara komposit pada kedalaman 0-25 cm dari 4 penjuru mata angin di rizosfer tanaman bawang merah Kecamatan Glumpang Baroe, Kabupaten Pidie, sampel tanah yang diambil sebanyak 1 kg kemudian dikering anginkan pada suhu ruang (28-30 °C) selama 2 minggu.

3.4.2 Sterilisasi Alat

Alat yang digunakan disterilkan yaitu spatula, cawan petri, *erlenmeyer*, dan tabung reaksi. Semua alat dicuci bersih dengan menggunakan sabun cuci piring, kemudian ditiriskan hingga kering. Setelah semua sudah kering, alat-alat tersebut dibungkus menggunakan *aluminium foil*. Setelah itu, semua alat dimasukkan ke dalam *autoclave* pada suhu 121°C selama 1 jam 30 menit.

3.4.3 Isolasi Rizobakteri

Isolasi rizobakteri dilakukan dengan metode pengenceran berseri sampai 10^{-8} . Proses isolasi rizobakteri dilakukan dengan pengambilan sampel tanah sebanyak 100 gram yang telah dikeringkan kemudian diayak dengan ayakan tanah berukuran 8 mesh. Langkah selanjutnya diambil sampel tanah sebanyak 1 gram kemudian dimasukkan ke tabung reaksi yang berisi 9 ml aquadest steril, kemudian kocok selama 3 menit menggunakan *vortex mixer* maka hasil diperoleh pengenceran 10^{-1} . Selanjutnya dipindahkan 1 ml suspensi tabung pertama ke dalam suspensi 9 ml aquadest steril kemudian kocok kembali sehingga diperoleh Tingkat pengenceran 10^{-2} dan dilakukan hal yang sama hingga diperoleh pengenceran sampai 10^{-8} .

Proses Pembuatan Media

Media NA (*Nutrient Agar*)

Media NA (*Nutrient Agar*) yang digunakan dalam isolasi rizobakteri. Pembuatan media NA digunakan 20 g bubuk Nutrient Agar dan dilarutkan dalam 1 liter aquadest. Kemudian dihomogenkan menggunakan spatula dan dipanaskan di atas *hot plate* hingga semua bahan larut. Setelah larutan homogen, selanjutnya media disterilkan dengan *autoclave* pada suhu 121°C selama 30 menit untuk memastikan tidak ada kontaminasi mikroba (Afifah, 2023).

Pembuatan Media PDA (*Potato Dextrose Agar*)

Pembuatan media PDA, menggunakan 200 g kentang, 20 g *dextrose*, 15 g agar, dan 1 liter aquadest. Pembuatan ekstrak kentang dilakukan dengan merebus potongan kentang di dalam 500 ml aquadest selama 1 jam, lalu saring untuk memisahkan ekstrak kentang. Dextrose dan agar di campurkan ke dalam ekstrak sambil diaduk, disesuaikan volume dengan aquadest hingga mencapai 1 liter. Media disterilkan pada suhu 121°C selama 30 menit menggunakan *autoclave*. Setelah larutan media mendingin, media dituang ke dalam cawan petri steril dan biarkan mengeras (Jamilatun et al., 2020).

Peremajaan Isolat Rizobakteri

Isolat rizobakteri diremajakan di dalam *Laminar Air Flow Cabinet* (LAFC) dengan cara menggoreskan isolat rizobakteri dengan menggunakan jarum ose pada media PDA yang telah dibuat sebelumnya. Isolat rizobakteri yang telah diremajakan akan diinkubasi selama 2 x 24 jam hingga koloni rizobakteri tumbuh dan dapat digunakan untuk pembuatan suspensi isolat rizobakteri sebagai pengujian lebih lanjut.

Pembuatan Suspensi Isolat Rizobakteri

Isolat rizobakteri yang telah tumbuh pada media PDA 2x24 jam dibuat dalam bentuk suspensi ke dalam aquadest steril 100 ml dengan cara diambil dengan perlahan koloni rizobakteri tanpa mengenai media pertumbuhan. Selanjutnya bakteri dipindahkan ke dalam botol kultur yang berisi aquadest steril sebanyak 100 ml kemudian tutup dengan plastik tahan panas dan bakteri siap dilakukan pengujian lebih lanjut.

Parameter Pengamatan

Kemampuan Isolat Rizobakteri Memproduksi IAA (*Indole Acetic Acid*)

Kemampuan masing-masing isolat rizobakteri untuk memproduksi IAA dianalisis dengan metode Glickman and Dessaux, (1995). Isolat rizobakteri ditumbuhkan selama 24 jam dalam medium SPA (*Sucrose Peptone Agar*) tanpa agar untuk memacu sintesis auksin. Masing-masing media ditambahkan asam *amino triptofan* 0.5 g/l. Kultur bakteri disentrifugasi dengan kecepatan 10.000 rpm selama 10 menit, supernatan (hasil sentrifugasi) dipisahkan dari endapan bakteri dengan menggunakan kertas saring *millipore* (0.2 mm) dan dianalisis kandungan IAA-nya. Kandungan IAA dideteksi dengan menggunakan pereaksi reagent salkowski. Reagent salkowski (1 ml) dan filtrat kultur bakteri (1 ml) ditambahkan ke dalam tabung tabung reaksi dengan volume 2 ml dan dicampurkan, diinkubasi dalam ruang gelap pada suhu 26°C selama 30 menit. Setelah periode inkubasi, larutan dianalisis menggunakan *spektrofotometer* dengan panjang gelombang 530 nm. Panjang gelombang ini dipilih karena warna yang dibuat oleh interaksi antara reagen salkowski dan IAA. Konsentrasi IAA dihitung dengan menggunakan kurva standar IAA (Ratnaningsih, 2018).

Kemampuan Rizobakteri Memfiksasi Nitrogen (N)

Pengujian kemampuan memfiksasi N menggunakan media yang terdiri dari 25 g $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 0,01 g $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 0,01 g $\text{NaMoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 0,01 g $\text{MnSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, 0,01 g CaCl_2 , 0,01 g K_2HPO_4 dalam 5 ml buffer NaCl dan 17 g agar. Isolat murni umur 48 jam, digoreskan atau ditumbuhkan pada media tersebut kemudian dilanjutkan dengan inkubasi pada suhu ruang selama 4 hari, selanjutnya mengamati pertumbuhan bakteri yang tumbuh. Indikator isolat yang mampu memfiksasi N ditandai dengan pertumbuhan isolat dalam media tanpa N melalui perubahan tingkat kekeruhan media cair. Media yang tidak keruh menunjukkan isolat yang diuji tidak memfiksasi nitrogen (-), sedikit keruh (++) dan sangat keruh (+++) (Sutariati et al., 2014).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengamatan terhadap isolat rizobakteri dari rizosfer bawang merah di Gampong Glumpang Baroe menunjukkan bahwa setiap isolat memiliki kemampuan yang berbeda dalam menghasilkan hormon IAA, memfiksasi nitrogen, melarutkan fosfat dan kalium, serta menghasilkan senyawa siderofor. Selain itu, isolat-isolat ini juga menunjukkan aktivitas enzim ACC-Deaminase dan kemampuan memproduksi HCN. Berdasarkan karakteristik tersebut, dapat ditentukan isolat yang berpotensi menjadi agen PGPR (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria*).

Tabel 1. Hasil kemampuan isolat rizobakteri dalam memproduksi kandungan IAA (*Indole Acetic Acid*)

Kode isolat	IAA		
	Nilai Absorban ($\lambda=530$ nm)	Konsentrasi IAA (ppm) ($y=0,018x-0,001$)	Kategori
GB 4/1	0,319	17,78	Sedang
GB 4/2	0,185	10,33	Sedang
GB 4/3	0,317	17,67	Sedang
GB 4/4	0,218	12,17	Sedang
GB 4/5	0,362	20,17	Tinggi
GB 4/6	0,326	18,17	Sedang

GB 5/1	0,354	19,72	Sedang
GB 5/2	0,397	22,11	Tinggi
GB 5/3	0,321	17,89	Sedang
GB 5/4	0,458	25,50	Tinggi
GB 6/1	0,524	29,17	Tinggi
GB 6/2	0,28	15,61	Sedang
GB 6/3	0,312	17,39	Sedang
GB 6/4	0,281	15,67	Sedang
GB 7/1	0,302	16,83	Sedang
GB 7/2	0,223	12,44	Sedang
GB 7/3	0,49	27,28	Tinggi
GB 8/1	0,294	16,39	Sedang
GB 8/2	0,451	25,11	Tinggi
GB 8/3	0,442	24,61	Tinggi

Keterangan : - Untuk produksi IAA : konsentrasi 10 ppm (rendah), konsentrasi 10-20 ppm (sedang) dan konsentrasi >20 ppm (tinggi) Sumber : Widyawati, (2008).

Menurut Widyawati, (2008) isolat rizobakteri dikategorikan lemah dalam menghasilkan IAA apabila konsentrasi IAA yang dihasilkan kurang dari 10 ppm, isolat dikategorikan sedang apabila mampu menghasilkan konsentrasi 10-20 ppm dan isolat rizobakteri dikategorikan tinggi apabila konsentrasi yang dihasilkan lebih besar dari 20 ppm.

Menurut Huda et al. (2014), isolat rizobakteri yang mampu menghasilkan IAA dapat diamati dengan mengubah warna supernatan setelah ditetesi reagent salkowski, dari kekuningan menjadi merah muda (gambar 1). Ini disebabkan oleh pembentukan kompleks antara *indole acetic acid* (IAA) dan FeCl_3 dan HClO_4 , yang merupakan senyawa penyusun reagent salkowski.



(a)



(b)

Gambar 1. Pengujian isolat rizobakteri memproduksi hormon IAA, (a.) sebelum penambahan reagent Salkowski (b) sesudah penambahan reagent salkowski

Pereaksi salkowski ini menunjukkan kemampuan bakteri untuk memetabolisme L-triptofan menjadi hormon IAA. Menurut Larosa et al. (2013), rizobakteri dapat meningkatkan jumlah akar lateral dan rambut akar, meningkatkan penyerapan hara dalam tanah. Jumlah triptofan yang dihasilkan rizobakteri dalam akar tanaman menunjukkan kemampuan bakteri untuk menghasilkan hormon IAA. Hal ini karena substrat utama untuk pembentukan hormon IAA adalah hara.

Precursor biosintesis IAA pada bakteri melalui jalur asam *Indole-Pyruvate* (IPA), triptofan berfungsi (Mashiguchi et al., 2011). Hormon IAA disintesis sebagai metabolit sekunder dalam kondisi pertumbuhan bakteri yang tidak ideal atau ketika prekursor asam amino triptofan tersedia. Biosintesis IAA bakteri dapat ditingkatkan dengan menambah L-

tryptofan sebagai prekursor ke dalam media tumbuh bakteri (Li et al., 2018). Jalur Indole-3-pyruvate adalah salah satu dari banyak jalur biosintesis IAA yang dapat ditemukan pada bakteri. Enzim *indole-3-pyruvat decarboxyase* (IPDC) mengubah IpyA menjadi *indole-3-acetaldehyde* (IAAId) setelah aminotransferase mengubah triptofan menjadi IpyA. Jalur biosintesis ini berakhir dengan oksidasi IAAId menjadi IAA (Lin et al., 2018).

Tabel 2. Hasil kemampuan isolat rizobakteri dalam memfiksasi Nitrogen

Kode Isolat	Fiksasi Nitrogen (N)	Kategori
GB 4/1	++	Tinggi
GB 4/2	+++	Sangat Tinggi
GB 4/3	+	Sedang
GB 4/4	-	Rendah
GB 4/5	++	Tinggi
GB 4/6	+	Sedang
GB 5/1	+	Sedang
GB 5/2	++	Tinggi
GB 5/3	-	Rendah
GB 5/4	+++	Sangat Tinggi
GB 6/1	+	Sedang
GB 6/2	+	Sedang
GB 6/3	+	Sedang
GB 6/4	+++	Sangat Tinggi
GB 7/1	+	Sedang
GB 7/2	-	Rendah
GB 7/3	+	Sedang
GB 8/1	-	Rendah
GB 8/2	+	Sedang
GB 8/3	+	Sedang

Keterangan : Fiksasi Nitrogen : (-) tidak keruh, (+) sedikit keruh, (++) keruh dan (+++) sangat keruh

Sumber: (Sutariati et al., 2020; Haerani et al., 2021).

Kemampuan rizobakteri untuk memfiksasi nitrogen ditentukan oleh tingkat kekeruhan media uji. Tabel 2 menunjukkan nilai tingkat kekeruhan media dari tingkat rendah sampai sangat tinggi dari beberapa isolate rhizobakteri. Semakin keruh media, lebih baik kemampuan rizobakteri untuk memfiksasi nitrogen (Sutariati et al., 2020; Haerani et al., 2021).



(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 2. Pengamatan perubahan kekeruhan media uji fiksasi N, (a) media uji tidak keruh, (b) media sedikit keruh, (c) media keruh dan (d) media sangat keruh

Menurut Oktaviani and Maghfoer (2018), rizobakteri yang mengkolonisasi akar memiliki kemampuan untuk memfiksasi nitrogen diatmosfir menjadi bentuk yang dapat digunakan tanaman. Keberadaan senyawa sodium molibdat ($\text{NaMoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), yang berfungsi untuk meningkatkan fiksasi nitrogen, menyebabkan tingkat kekeruhan pada media uji. Bakteri pengikat nitrogen mengubah senyawa nitrogen atmosferik (N_2) menjadi bentuk yang dapat diserap tanaman (NH_4^+) dengan bantuan enzim nitrogenase (Soumare et al., 2020). Enzim nitrogenase, yang terdiri dari dua bagian protein, Fe-Mo dan Fe-S, mengkatalisis reduksi N_2 dan mengubah N_2 menjadi amonia (NH_3), yang dapat digunakan tanaman (Adnyana, 2012).

Kebutuhan unsur N berperan penting bagi tanaman budidaya, kekurangan unsur N dapat mengganggu pertumbuhan tanaman yang dapat mengakibatkan tanaman menjadi kerdil, dan mengurangi produksi hormon bagi tanaman (Subardja et al., 2017). Bakteri pengikat nitrogen dapat mengurangi penggunaan pupuk sintetis dalam sistem pertanian konvensional (Widiyawati et al. 2014).

KESIMPULAN

Isolat rizobakteri *indigenous* asal rizosfer bawang merah (*Alium ascalanicum* L.) memiliki kemampuan sebagai agen PGPR (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria*). Terdapat 7 isolat rizobakteri yang mempunyai kemampuan memproduksi senyawa IAA dengan konsentrasi tinggi yaitu GB 4/5, GB 5/2, GB 5/4, GB 6/1, GB 7/3, GB 8/2 dan GB 8/3 dan 13 isolat lainnya mempunyai kemampuan memproduksi IAA dengan konsentrasi sedang. Pada pengujian Fiksasi N diperoleh bahwa isolat yang memiliki tingkat kekeruhan yang sangat tinggi diberikan kode (+++) yaitu terdapat pada isolat GB 4/2, GB 5/4 dan GB 6/4.

DAFTAR PUSTAKA

- Adnyana, G.M. 2012. Mekanisme penambatan nitrogen udara oleh bakteri *Rhizobium* menginspirasi perkembangan teknologi pemupukan organik yang ramah lingkungan. *Argotop* 2:145-149.
- Anggraini, S. 2020. Potensi Rizobakteri sebagai Biofertilizer dalam Memacu Pertumbuhan Mentimun (*Cucumis sativus* L.). *Jurnal Agrohitia*, 5(2), 155–167.
- Annura, R.P., Syamsuddin, and Halimursyadah. 2021. Karakterisasi Rizobakteri sebagai Agens Biokontrol serta Uji In Vitro terhadap Patogen *Fusarium oxysporum* f.sp.*lycopersici* (Sacc.) Tanaman Tomat (*Solanum lycopersicum*) dan Perannya Sebagai Pemacu Pertumbuhan Tanaman. *Jurnal Agrista*, 25(2), pp.11-23.

- Glick, B.R. 1995. The enhancement of plant growth by free living bacteria. *Can. J. Microbiol.* 4:109-117.
- Haerani, N., Syam'un, E., Rasyid, B., and Haring, F. 2021. Isolation and characterization of n-fixing and iaa producing rhizobacteria from two rice field agro-ecosystems in south sulawesi, Indonesia. *Biodiversitas*, 22(5), 2497–2503.
- Huda, K., Anto, B. and Budi, R., 2014. Bioprospeksi Rhizobakteri Penghasil IAA (*Indole Acetic Acid*) dari Tanaman Jagung (*Zea Mays* L.) di Area Pertanian Semi Organik Desa Batur Kecamatan Getasan Kabupaten Semarang. *Jurnal Biologi*. 3(3), pp. 42-52.
- Jamilatun, M., Azzahra, N., and Aminah, A. 2020. Perbandingan Pertumbuhan *Aspergillus fumigatus* pada Media Instan Modifikasi Carrot Sucrose Agar dan Potato Dextrose Agar. *Jurnal Mikologi Indonesia*, 4(1), pp.168–174.
- Kalam, S., Das, S. N., Basu, A., and Podile, A. R. 2017. Population densities of indigenous Acidobacteria change in the presence of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) in rhizosphere. *Journal of Basic Microbiology*. 57(5): 376–385.
- Li, M., Guo, R., Yu, F., Chen, X., Zhao, H., Li, H., and 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.
- 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., and 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), pp.18512–18517.
- Oktaviani, T.J., and M.D. Maghfoer, 2018. Respon pertumbuhan dan hasil tanaman pakcoy (*Brassica rapa* L.) terhadap aplikasi EM dan PGPR. *Jurnal Produksi Tanaman*, 6(8), pp.1974–1981.
- Ratnaningsih, H.R. 2018. Rhizobateria Penghasil IAA Dan ACC Deaminase Asal Tanaman Nanas dan Peranannya dalam Memacu Pertumbuhan Tanaman [*Tesis*]. Bogor: Sekolah Pasca Sarjana IPB.
- Sari, H. P., Warnita, and Dwipa, I. 2020. Peran Isolat Rhizobakteria Dan Zat Penghambat Tumbuh Dalam Pembentukan Dan Pertumbuhan Akar Tanaman Kentang. *Ekasakti Jurnal Penelitian & Pengabdian*, 1(1), pp.85-96.
- Soumare, A., Diedhiou, A. G., Thuita, M. and Hafidi, M., 2020. Exploiting Biological Nitrogen Fixation : A Route. *Plants*, pp.1–22.
- Sutariati, G. A. K., Rahni, N. M., Madiki, A., Mudi, L., Guyasa, I. M., and Zahrma. 2020. Characterization of endophytic-rhizobacteria from areca nut rhizosphere to dissolve phosphates, nitrogen fixation of iaa hormone synthesis. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 23(3), pp. 240 -247.
- Sutariati, G. A. K., Rakian, T. C., Agustina, Sopacua, N., Mudi, L., and Haq, M. 2014. Kajian Potensi Rizobakteri Pemacu Pertumbuhan Tanaman Yang Diisolasi Dari Rizosfer Padi Sehat. *Jurnal Agroteknos*, 4(2), pp.71–77.
- Wijayanti, K. S., 2018. Pemanfaatan Rizobakteria untuk Mengendalikan Nematoda Puru Akar (*Meloidogune* spp.) pada Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.). *Buletin Tanaman Tembakau, Serat dan Minyak Industri*. 10(2), pp. 90-99.