

PENGARUH PUPUK HAYATI *PLANT GROWTH PROMOTING RHIZOBACTERIA* (PGPR) PADA TANAMAN PAKCOY (*Brassica rapa* L.) DAN EKSPLORASI MIKROORGANISME PADA PRODUK MENGGUNAKAN 16S rRNA

*The Effect of Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) on Pakcoy (*Brassica rapa* L.) and Exploration of Microorganisms in Products Using 16S rRNA*

Sawal SM¹, Reza Oktavriana², Shafaat³, Rivaldi⁴, Masrul Aqsha⁵, Suhaeni^{6*}, dan Riski Indradewi⁷

^{1,2,3,4,5,6,7}) Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Cokroaminoto Palopo

^{6*)}suhaenicimba01@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh PGPR terhadap pertumbuhan tanaman pakcoy (*Brassica rapa* L.) serta jenis mikroorganisme yang terdapat pada produk PGPR menggunakan 16S rRNA. Penelitian dilaksanakan pada bulan April sampai Juli 2024. Eksplorasi mikroorganisme dilaksanakan di Laboratorium Genetika Science Indonesia. Pembuatan produk PGPR dilaksanakan di Laboratorium Sel dan Jaringan Fsains UNCP serta pengujian produk pada tanaman pakcoy dilakukan di Lahan Percobaan II Faperta UNCP dengan beberapa parameter yang diamati yakni tinggi tanaman, jumlah daun, lebar daun serta bobot basah tanaman. Berdasarkan eksplorasi mikroorganisme diperoleh 10 jenis bakteri yakni dari family Clostriceae sebanyak 3 jenis, Lactobacilloceae sebanyak 2 jenis, Lacnospiraceae sebanyak 4 jenis dan family acetobacteraceae sebanyak 1 jenis. Berdasarkan hasil pengujian sampel pada tanaman diperoleh hasil yang tidak berpengaruh nyata untuk semua parameter yakni tinggi tanaman, jumlah daun dan bobot basah tanaman.

Kata kunci: isolasi mikroorganisme, pakcoy, PGPR akar bambu, 16S rRNA

ABSTRACT

This research aimed to determine the effect of PGPR on the growth of Pakchoy (*Brassica rapa* L.) and the types of microorganisms found in PGPR products using 16S rRNA. The research was carried out from April to July 2024. Microorganism exploration was carried out at the Indonesian Genetika Science Laboratory. The manufacture of PGPR products was carried out at the UNCP Cell and Tissue Science Laboratory and product testing on plants at the UNCP Faperta Experimental Field II with several parameters observed, namely plant height, number of leaves, leaf width, and plant wet weight. Based on the exploration of microorganisms, 10 types of bacteria were obtained, namely 3 types from the Clostriceae family, 2 types of Lactobacilloceae, 4 types of Lacnospiraceae, and 1 type of the Acetobacteraceae family. Based on the results of testing samples on plants, results were obtained that had no significant effect on all parameters, namely plant height, number of leaves, and plant wet weight.

Keywords: bamboo root PGPR, isolation of microorganisms, pakchoy, 16S rRNA.

PENDAHULUAN

Indonesia terletak di daerah tropis yang memiliki dua musim yakni musim kemarau dan musim penghujan, sehingga memungkinkan untuk mengembangkan berbagai jenis komoditas hortikultura. Laju peningkatan produksi tanaman sayuran di Indonesia berkisar antara 2,4-7,7% setiap tahun (Suwandi, 2009). Diantara berbagai

macam jenis sayuran yang dapat dibudidayakan di Indonesia, pakcoy merupakan salah satu komoditas yang memiliki nilai komersial yang cukup tinggi. Tanaman tersebut banyak digunakan dalam berbagai jenis masakan dan memiliki waktu budidaya yang singkat untuk bisa dipanen yakni 30 hari setelah tanaman, sehingga

memberikan prospek pengembangan tanaman pakcoy.

Budidaya tanaman pakcoy membutuhkan hara untuk mendukung pertumbuhan dan hasil produksi tanaman. Pemenuhan kebutuhan hara dapat dilakukan melalui kombinasi pemupukan anorganik dan organik untuk mereduksi penggunaan pupuk anorganik. Pupuk anorganik memiliki kelebihan yakni dapat memenuhi kebutuhan hara tanaman dalam waktu yang relatif singkat, tetapi dapat meninggalkan residu kimia yang menyebabkan dampak kesehatan bagi manusia dan lingkungan berupa pemadatan pada tanah dalam pemakaian jangka panjang (Purbosari et al., 2021). Salah satu teknik budidaya yang ramah lingkungan yakni dengan menggunakan pupuk organik yang mengandung organisme hidup berupa *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR).

PGPR adalah kelompok bakteri menguntungkan yang agresif mengkolonisasi rizosfer. Bakteri rizosfer memiliki manfaat positif sebagai sumber yang potensial untuk ketersediaan nutrisi dalam tanah sehingga dapat memacu pertumbuhan tanaman dan juga meningkatkan efisiensi penggunaan nutrisi (Nandal & Hooda, 2013). Selain itu, PGPR memiliki peran penting untuk mempercepat

pengomposan dan meningkatkan hasil panen. PGPR berperan memacu pertumbuhan tanaman karena kemampuannya menghasilkan hormone tanaman (IAA, sitokinin, etilen, dan asam giberelat), fiksasi nitrogen, pelarut P, pengambilan unsur hara dan air, dan pelarut potasium (Gupta et al., 2015; Zhou et al., 2016). PGPR adalah salah satu agens biokontrol yang telah teruji efektif dan digunakan dalam mengendalikan berbagai patogen tanaman. Mekanisme tidak langsung PGPR dalam meningkatkan kemampuan tanaman untuk mengendalikan patogen berupa produksi protease, kitinase, sianida ataupun antibiotik (Gupta et al., 2015; Zhou et al., 2016).

Berdasarkan manfaat pupuk cair berupa PGPR sehingga produk PGPR berpotensi digunakan sebagai pupuk hayati dan dikembangkan untuk menjadi sebuah produk bioteknologi dalam bidang pertanian (Mwajita et al., 2013). Pemanfaatan lebih luas produk PGPR yang dihasilkan membutuhkan kepastian hasil pengujian berupa dampak produk pada tanaman dan kandungan mikroorganisme pada produk.

Pengujian produk dapat dilakukan dengan pengaplikasian produk secara langsung pada tanaman untuk melihat pengaruhnya terhadap pertumbuhan dan

hasil tanaman. Kandungan mikroorganisme dari produk diidentifikasi dengan mengamati wilayah 16S rRNA. Wilayah 16S rRNA merupakan bagian dari prokariot yang memiliki bagian yang bersifat “terkonservasi” (conserved). Wilayah tersebut memiliki keunggulan yaitu bisa digunakan untuk identifikasi setiap organisme secara spesifik sehingga akan dihasilkan pemetaan mikroorganisme dari produk tersebut. Pendekatan analisis ini tanpa melalui proses kultur untuk identifikasi bakteri dalam suatu komunitas melalui informasi gen dan genom dalam sampel. Materi genetik akan diisolasi secara langsung dari sampel dan akan diamplifikasi menggunakan primer untuk target wilayah 16S rRNA suatu mikroorganisme. Teknik identifikasi ini akan menjadi cara yang cepat dan efektif untuk kegiatan eksplorasi bakteri pada produk PGPR (Akihari & Kolondan, 2020; Matsuo et al., 2021).

METODOLOGI PENELITIAN

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan April – Juli 2024. Pembuatan produk PGPR dilakukan di Laboratorium Sel dan Jaringan Fakultas Sains UNCP dilanjutkan dengan mengaplikasikan pada tanaman yang ditanam pada lahan percobaan II Fakultas Pertanian UNCP. Analisis untuk ekplorasi

mikroorganisme pada produk PGPR melalui PT. Genetika Science Indonesian.

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu bahan untuk membuat PGPR berupa akar bambu, gula pasir, dedak, terasi, kapur dolomit dan air. Bahan selanjutnya yaitu benih pakcoy, DNA genom hasil isolasi, primer, Dream Taq Green PCR, agarose, TAE buffer, dan Etbr.

Adapun alat yang digunakan yaitu kompor, panci, ember bertutup, pengaduk, saringan, selang, toples, pH meter, pacul, *laminar air flow*, sentrifugasi, mesin PCR, elektroforesis, spektrofotometer UV vis, gel doc. Selain itu dibutuhkan juga beberapa perangkat lunak seperti Bioedit serta tool Blastn NCBI.

Rancangan Percobaan

Penelitian menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) yang terdiri dari 5 perlakuan dengan 1 sebagai kontrol. Adapun perlakuan yang diberikan yakni P0 (tanpa perlakuan), P1 (PGPR 10 ml/tanaman), P2 (PGPR 10 ml/tanaman), P2 (PGPR 20 ml/tanaman), P3 (PGPR 30 ml/tanaman), P4 (PGPR 40 ml/tanaman), masing-masing perlakuan diulang sebanyak 5 kali dan setiap perlakuan terdiri dari 2 tanaman sehingga diperoleh 50 unit percobaan.

Prosedur Kerja

a. Pembuatan PGPR

Pembuatan PGPR akar bambu yang dilakukan terlebih dahulu yaitu mengumpulkan akar bambu, kemudian akar bambu sebanyak 100 gram direndam dalam 1 liter air selama 3 hari sebagai “Biang PGPR”, setelah 3 hari semua bahan (500 gram gula merah, 100 gram terasi serta dedak sebanyak 1 kg) direbus dalam 20 liter air sampai mendidih kemudian didinginkan, rebusan bahan yang sudah dingin disaring kemudian campur dengan biang PGPR, bahan campuran disimpan dalam wadah tertutup dan diaduk sehari sekali, dan setelah 15 hari PGPR akar bambu siap digunakan (A'yun *et al.*, 2013).

b. Isolasi DNA, Amplifikasi dan Sekuensing

Produk PGPR selanjutnya diambil sebanyak 10 ml untuk disentrifugasi untuk tujuan isolasi DNA genom dari mikroorganisme yang terkandung pada produk dan dilanjutkan dengan melakukan amplifikasi menggunakan primer Universal dari 16 RNA. Amplikon yang di peroleh akan di konfirmasi melalui mesin elektroforesis dan hasilnya akan dicek di gel doc. Setelah pita target diperoleh, produk hasil amplifikasi tersebut selanjutnya dikirim untuk di sekuensing sehingga akan diketahui

urutan basanya. Hasil sekuensing selanjutnya dioptimasi menggunakan perangkat lunak bioedit dan kemudian di blasn di NCBI untuk proses identifikasi (Indradewi *et al.*, 2017; Indradewi *et al.*, 2020; Indradewi, *et al.*, 2023).

c. Pengujian PGPR pada Tanaman

Lahan yang akan digunakan terlebih dahulu dibersihkan dari gulma, di gemburkan serta dilakukan pengecekan pH tanah. Selanjutnya dilakukan penanam pakcoy yang telah memiliki daun 4 sampai 5 helai daun. Bibit pakcoy yang dipilih adalah bibit yang sehat secara morfologi dan memiliki ukuran yang seragam. Pengaplikasian produk pupuk hayati PGPR dilakukan secara langsung pada tanaman yang telah berumur 1 minggu setelah semai dan dilanjutkan pengaplikasian secara langsung dilahan percobaan. Pengaplikasian dilakukan setiap sekali seminggu. Pengaplikasian dilakukan pada saat tanaman berumur 14, 21, 28 dan 35 Hari Setelah Tanam (HST). Aplikasi dilakukan sesuai konsentrasi perlakuan dengan menyiramkan masing-masing 500 ml ke setiap tanaman. Parameter pertumbuhan yang diamati adalah tinggi tanaman, jumlah daun, lebar daun dan bobot basah tanaman. Data pengamatan selanjutnya dianalisis menggunakan analisis sidik ragam (ANOVA).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini telah berhasil produksi PGPR yang merupakan kelompok bakteri rhizosfer yang menguntungkan, yang berperan dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman, kesuburan tanah serta meningkatkan hasil panen. Produk PGPR yang dihasilkan dari penelitian ini menggunakan bahan biang berupa akar bambu yang dicampur dengan gula merah, terasi, dedak, kapur, yang selanjutnya difermentasi selama 15 hari.

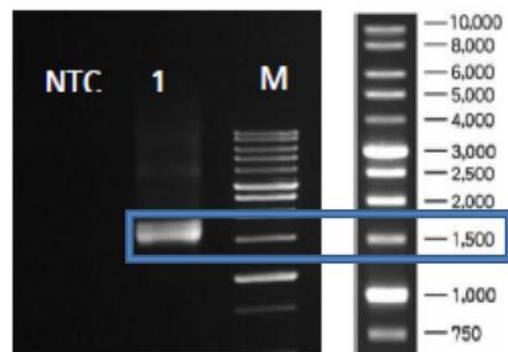
Produk PGPR dari penelitian ini telah berhasil di aplikasi pada tanaman Pakcoy dan telah berhasil dilakukan eksplorasi bakteri yang ada dalam produk menggunakan wilayah 16S rRNA.

1. Eksplorasi Bakteri Menggunakan 16s rRNA

Eksplorasi mikroba pada produk PGPR yang dihasilkan pada penelitian ini telah berhasil dilakukan melalui identifikasi tingkat molekuler dengan teknik PCR (*polymerase chain reaction*) dengan pengamatan wilayah 16s ribosomal RNA (rRNA). Wilayah tersebut telah berhasil diamplifikasi menggunakan primer universal. Hasil amplifikasi yang diperoleh memiliki ukuran pita mencapai 1500 BP (Gambar 1). Produk PCR hasil amplifikasi selanjutnya disekuensing menggunakan

nanopore sequencing untuk mengetahui urutan basa dari produk PCR tersebut (Matsuo et al., 2021).

Hasil sekuensing selanjutnya dianalisis dan diblastn untuk melihat perbandingan suatu sekuens nukleotida yang dimiliki dengan nukleotida yang ada di data Base NCBI.

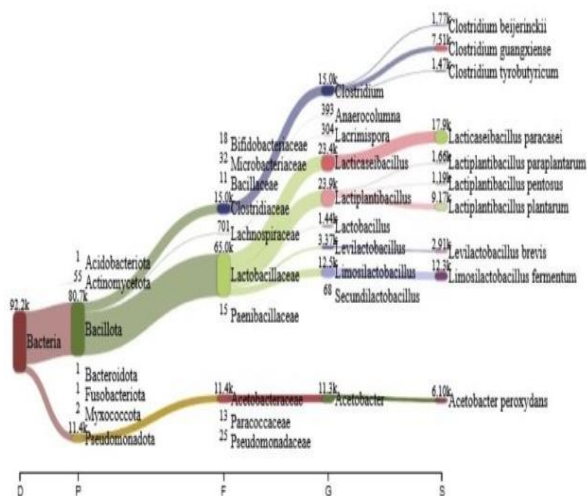


Gambar 1. Hasil Amplifikasi wilayah 16s RNA. Ntc : Negatif Kontrol, 1: Produk Pcr (2 µl Produk PCR di elektroforesis menggunakan agarose 1%), M: Marker

Hasil Sekuensing dari wilayah 16s RNA menggunakan Nanopore Sequencing telah teridentifikasi mikroba yang ada pada produk PGPR yang digunakan pada penelitian ini. Berdasarkan hasil tersebut, terdapat beberapa mikroorganisme target pada PGPR yang diproduksi berupa *Acetobacter*, *Bacillus*, *Pseudomonas* dan sebagainya. Wilayah 16s RNA telah menjadi pilihan yang efisien untuk klasifikasi taksonomi dengan kombinasi

pembacaan panjang urutan sekuen (Langille et al., 2013; Johnson et al., 2019).

Distribusi mikroba yang teridentifikasi dari produk PGPR pada level taksa yang berbeda-beda ditampilkan dalam bentuk diagram *Sankey* (gambar 2.)



Gambar 2. Diagram Sankey menggambarkan distribusi bakteri pada level taksa yang berbeda-beda (D: Domain, P: Phlum, F: Family, G: Genus, dan S: Spesies)

Dari diagram diatas diperoleh 10 jenis bakteri yang memiliki kekerabatan dekat yakni dari family Clostriceae sebanyak 3 jenis (*Clostridium beijerinckii*, *Clostridium guangxiense* dan *Clostridium tyrobutyricum*), Lactobacilloceae sebanyak 2 jenis (*Levilactobacillus brevis* dan *Limosilactobacillus fermentum*, Lacnospiraceae sebanyak 4 jenis (*Lacticaseibacillus paracasei*, *Lactiplantibacillus paraplantarum*, *Lactiplantibacillus pentosus* dan

Lactiplantibacillus plantarum dan family Acetobacteraceae sebanyak 1 jenis yaitu *Acetobacter peroxydans*.

2. Pengaruh PGPR pada Tanaman Pakcoy Tinggi Tanaman

Tabel 1 menunjukkan bahwa rata-rata tinggi tanaman pakcoy mengalami peningkatan pada umur 7, 14, 21, 28 dan 35 HST. Berdasarkan hasil analisis sidik ragam diperoleh hasil perlakuan tidak berpengaruh pada parameter tinggi tanaman. Nilai rata-rata tinggi tanaman terbaik pada P0 dengan nilai 9,12 cm pada umur 35 HST. Media tanam yang digunakan dalam penelitian terdiri dari campuran tanah, arang sekam serta pupuk kompos. Pupuk kompos kaya akan unsur hara N, P dan K yang dibutuhkan tanaman.

Tabel 1. Rata-rata tinggi tanaman pakcoy

Perlakuan	Pengamatan ke- (HST)				
	7	14	21	28	35
P0	1,9	6,1	7,64	8,54	9,12
P1	1,85	5,41	6,55	7,75	8,74
P2	1,95	6,01	7,19	8,31	8,88
P3	1,65	5,79	6,65	7,5	7,79
P4	2,15	5,81	6,7	7,49	8,29

Sumber: Data primer setelah diolah, (2024)

Menurut Manulang et al, (2014) dalam Rahmat et al., (2021), tanaman membutuhkan unsur hara makro dalam jumlah yang banyak yakni N, P, dan K dapat mendukung peningkatan produksi tanaman pakcoy. Nitrogen dalam jumlah

yang cukup dapat mendorong pertumbuhan dan pemanjangan sel tanaman. Hal ini sejalan dengan pendapat Nasution (2014) yang menyatakan bahwa terjadinya pertumbuhan tinggi tanaman karena adanya peristiwa pembelahan dan perpanjangan sel yang didominasi pada ujung pucuk tanaman. Peran PGPR yaitu meningkatkan penyerapan dan pemanfaatan unsur N oleh tanaman.

Jumlah Daun

Berdasarkan hasil analisis sidik ragam diperoleh hasil tidak berpengaruh nyata pada parameter jumlah daun (tabel 2). Perlakuan terbaik pada P0 dengan nilai rata-rata 6,2 helai.

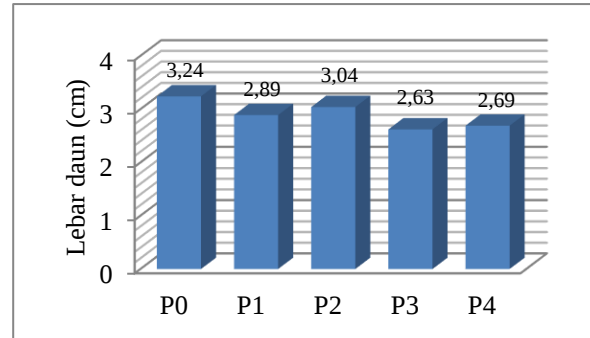
Tabel 2. Rata-rata jumlah daun tanaman pakcoy

Perlakuan	Pengamatan ke-(HST)				
	7	14	21	28	35
P0	4,7	4,5	4,5	5,3	6,2
P1	4,5	4,4	4,2	5,2	5,5
P2	4,7	4,3	4,1	5,5	5,2
P3	4,7	4,2	4	4,8	4,9
P4	4,5	4,2	4,2	5,1	4,9

Sumber: Data primer setelah diolah, (2024)

Daun adalah salah satu organ penting tanaman. Daun digunakan tanaman sebagai tempat berlangsungnya fotosintesis. Menurut Fauzi dan Puspitawati (2017) unsur hara N berperan penting dalam pembentukan zat hijau daun atau klorofil yang sangat dibutuhkan pada saat proses fotosintesis.

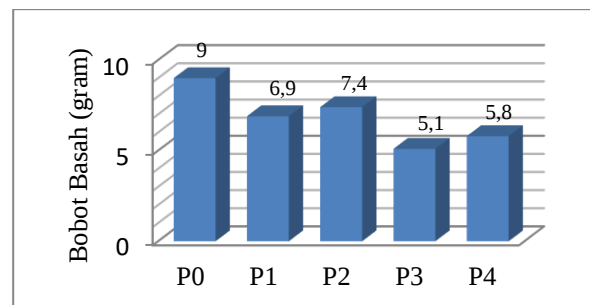
Lebar Daun



Gambar 3. Diagram rata-rata lebar daun tanaman pakcoy dengan pemberian PGPR

Diagram pada gambar 3 menunjukkan hasil analisis sidik ragam dimana diperoleh hasil tidak berpengaruh nyata pada parameter lebar daun. Perlakuan terbaik pada P0 dengan nilai rata-rata 3,24 cm. Tanaman yang mendapat suplai N yang cukup akan membentuk helai daun yang luas dengan kandungan klorofil yang tinggi, Klorofil yang digunakan dalam proses fotosintesis akan menghasilkan asimilat dalam jumlah yang cukup untuk menopang pertumbuhan vegetatif tanaman.

Bobot Basah Tanaman



Gambar 4. Diagram rata-rata bobot basah tanaman pakcoy dengan pemberian PGPR.

Gambar 4 menunjukkan bahwa P0 memberikan hasil rata-rata paling tinggi yaitu 9 gram. berdasarkan hasil analisis sidik ragam diperoleh hasil yang tidak berpengaruh nyata pada bobot basah tanaman. Suhwayono (2011) dalam Rahmat (2021) menyatakan asam humat hasil fermentasi bahan organik dapat mempercepat pembelahan sel sehingga mampu menstimulasi pertumbuhan akar, merangsang pertumbuhan tanaman dan meningkatkan berat tanaman. Sejalan dengan hal tersebut, Nurshanti (2010) menyatakan bahwa semakin tinggi tanaman maka semakin berat juga bobot tanaman. Unsur N yang sesuai dengan kebutuhan, akan menjadikan tanaman tumbuh dengan baik. Semakin besar tinggi tanaman, jumlah daun dan lebar daun maka berat basah tanaman semakin meningkat.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa PGPR mempengaruhi pertumbuhan tanaman Pakcoy (*Brassica rapa* L). Namun dari hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa PGPR tidak berpengaruh nyata terhadap semua parameter yang diamati. Eksplorasi mikroorganisme menggunakan wilayah 16s RNA telah berhasil teridentifikasi mikroba dari sampel PGPR. Adapun mikroorganisme

target pada PGPR yang diproduksi berupa *Acetobacter*, *Bacillus*, *Pseudomonas* dan sebagainya. Sebanyak 10 spesies bakteri yang memiliki kekerabatan yaitu *Clostridium beijerinckii*, *Clostridium guangxiense*, *Clostridium tyrobutyricum*, *Levilactobacillus brevis*, *Limosilactobacillus fermentum*, *Lacticaseibacillus paracasei*, *Lactiplantibacillus paraplantarum*, *Lactiplantibacillus pentosus*, *Lactiplantibacillus plantarum* dan *Acetobacter peroxydans*

DAFTAR PUSTAKA

- A'yun, K.Q., Hadiastono, T & Martosudiro, M. (2013). Pengaruh penggunaan PGPR (*plant growth promoting rhizobacteria*) terhadap intensitas TMV (*Tobacco Mosaic Virus*), pertumbuhan, dan produksi pada tanaman cabai rawit (*Capsicum frutescens* L.) *Jurnal HPT*. Vol. 1(1).
- Fatma, N.D. (2010). Pertumbuhan dan produksi tanaman sawi (*Brassica juncea* L) dengan tiga varietas berbeda. *Jurnal Agronobis*. Vol. 2(4): 7-10.
- Gupta, G., Parihar, S. S., Ahirwar, N. K., Snehi, S. K., & Singh, V. (2015). Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR): current and future prospects for development of sustainable agriculture. *Journal of Microbial & Biochemical Technology*. Vol. 07(02): 96–102. <https://doi.org/10.4172/19485948.100018>
8. Diakses tanggal 17 Februari 2024.
- Indradewi, R., Saksono, B., & Miftahudin. (2017). *Isolasi, Cloning dan Ekspresi Gen DPE dari Agrobacterium tumefaciens sebagai Gen Penyandi Enzim DPEase*. Repositori IPB. <http://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/91476>.

- Indradewi, R., Saksono, B., & Damayanti, S. (2020). Teknik design primer untuk tujuan kloning gen dari *Agrobacterium tumefaciens*. *Perbal: Jurnal Pertanian Berkelanjutan*. Vol.10(3).<https://doi.org/10.30605/perbal.v10i3.2090>.
- Indradewi, R., Suhaeni, & Sacita, A.S. (2023). Identifikasi keberadaan patogen *Phytophthora* sp. menjadi langkah awal seleksi pohon alpukat sebagai sumber entris di Desa Cakaruddu, Sulawesi Selatan. *Perbal: Jurnal Pertanian Berkelanjutan*. Vol. 12(1). doi: <https://doi.org/10.30605/perbal.v12i1.3176>
- Johnson, J.S., Spakowicz, D.J., Hong, B.Y., Petersen, L.M., Demkowicz, P., Chen, L., et al. (2019). Evaluation of 16S rRNA gene sequencing for species and strain-level microbiome analysis. *Nat Commun*. Vol. 10(1): 5029. 1029-1037. doi: 10.32734/jaet.v2i3.745.
- Langille, M.G., Zaneveld, J., Caporaso, J.G., McDonald, D., Knights, D., & Reyes, J.A. (2013). Predictive functional profiling of microbial communities using 16S rRNA marker gene sequences. *Nat Biotechnol*. Vol. 31(9): 814–821.
- Matsuo, Y. Komiya, S. Yasumizu, Y. Yasuoka, Y. Mizushima K. Takagi, T. Kryukov, K. Fukuda, A. Morimoto, Y. Naito, Y. Okada, H. Bono, H. Nakagawa, & S. Hirota K. (2021). Full-length 16S rRNA gene amplicon analysis of human gut microbiota using MinION™ nanopore sequencing confers species-level resolution. *BMC Microbiology*. Vol. 21(1): 35. doi: 10.1186/s12866-021-02094-5.
- Mwajita, M. R., Murage, H., Tani, A., & Kahangi, E. M. (2013). Evaluation of rhizosphere, rhizoplane and phyllosphere bacteria and fungi isolated from rice in Kenya for plant growth promoters. *SpringerPlus*. Vol. 2(1). <https://doi.org/10.1186/2193-1801-2-606>.
- Nandal, M., & Hooda, R. (2013). Research article plant growth promoting rhizobacteria : A review article. *International Journal of Current Research*. Vol. 5(12): 3863–3871.
- Nasution F. J., Mawarni, L., & Meiriani. (2014). Aplikasi pupuk organik padat dan cair dari kulit pisang kepok untuk pertumbuhan dan produksi sawi (*Brassica juncea* L.). *Jurnal Online Agroteknologi*. Vol. 2(3):
- Pratiwi, P.P., Hadi, S., Zuchrotus, S., & Putrie, U.N. (2021). Peningkatan kesadaran lingkungan dan kesehatan masyarakat desa somongari melalui edukasi dampak pupuk dan pestisida anorganik. *Agrokreatif Jurnal Ilmiah Pengabdian kepada Masyarakat*. Vol. 7(2): 131-137.
- Rahmat, R., Azis, H.A., & Sendi, B. (2021). Pengaruh pemberian Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) akar bambu pada pertumbuhan dan produksi tanaman pakcoy (*Brassica rapa* L.). *Jurnal Agristem*. Vol 17(1): 19-24.
- Rifqi, F.A. & Puspitawati, M.D. (2017). Pemanfaatan kompos kulit durian untuk mengurangi dosis pupuk N anorganik pada produksi tanaman sawi hijau (*Brassica juncea*). *Jurnal Agrotrop*. Vol. 7(1): 22 – 30.
- Suwandi. (2009). *Menakar Kebutuhan Hara Tanaman dalam Pengembangan Inovasi Budidaya Sayuran Berkelanjutan*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Zhou, D., Huang, X. F., Chaparro, J. M., Badri, D. V., Manter, D. K., Vivanco, J.M., & Guo, J. (2016). Root and bacterial secretions regulate the interaction between plants and PGPR leading to distinct plant growth promotion effects. *Plant and Soil*. Vol. 401(1–2): 259272. <https://doi.org/10.1007/s11104015-2743-7>. Diakses tanggal 17 Februari 2024.