



POTENSI PUPUK HAYATI UNTUK MENINGKATKAN HASIL PADI DI LAHAN RAWA

Muhimmatul Husna^{1*}, Tiara Nofrianti¹, Septiana Anggraini¹, Wuri Prameswari¹,
Umi Salamah¹

¹Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Bengkulu, Bengkulu 38121, Indonesia

*Corresponding Author: mhusna@unib.ac.id

ABSTRACT

[POTENTIAL OF BIOFERTILIZERS TO INCREASE RICE YIELD IN SWAMP LANDS] Nutrient unavailability is a major problem in swamp land due to flooded and acidic conditions. The use of biofertilizer, which can increase the availability of nutrients, is a solution to increase rice yields in swamp land. This research aimed to find out the improvement of the rice yield with an application of bacteria in biofertilizers in swampy land. One factor tested was the various doses of bacterial biofertilizer consisting of 1, 2, 3, and 4 g/50 g of paddy seeds, without bacteria as a control, arranged in a randomized block design with 3 replications. Rice seeds were soaked for 24 hours, then drained, and biofertilizer was applied as a seed treatment following the treatment doses. Seeding was carried out in trays measuring 15 cm high for 2 weeks. The inorganic fertilizer was applied at 75% of the recommended dose. The variables observed were plant height, number of tillers, number of productive tillers, percentage of empty grain, weight of 1000 seeds, and grain weight. The data observed were analyzed with an ANOVA at the 5% level and further tested with DMRT at the 5% level. The results showed that the bacteria in biological fertilizer can potentially increase the yield of swamp rice plants. A biofertilizer dosage of 4 g/50 g of seeds gave the highest yield in terms of grain weight per hill and per plot, as well as a weight of 1000 grains with an increase of yield of 14.32% compared to control.

Keyword: *bacteria, paddy grain, swamp land*

ABSTRAK

Unsur hara yang tidak tersedia merupakan masalah utama di lahan rawa karena kondisi yang sering tergenang dan pH yang masam. Penggunaan pupuk hayati yang dapat meningkatkan ketersediaan unsur hara menjadi solusi untuk meningkatkan hasil padi di lahan rawa. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui peningkatan hasil padi dengan aplikasi bakteri dalam pupuk hayati di lahan rawa. Satu faktor yang diuji yaitu dosis pupuk hayati bakteri terdiri 1, 2, 3 dan 4 g/50 g benih, dan tanpa bakteri sebagai kontrol, disusun dalam rancangan acak kelompok dengan 3 ulangan. Benih padi direndam selama 24 jam kemudian ditiriskan dan pupuk hayati diaplikasikan dengan cara *seed treatment* sesuai dengan dosis perlakuan. Penyemaian dilakukan di dalam nampan ukuran tinggi 15 cm selama 2 minggu. Pupuk anorganik yang diberikan sebanyak 75% dosis rekomendasi. Variabel yang diamati adalah tinggi tanaman, jumlah anakan, jumlah anakan produktif, persentase gabah hampa, bobot 1000 biji dan bobot gabah. Data pengamatan dianalisis dengan ANAVA taraf 5% dan diuji lanjut dengan DMRT taraf 5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bakteri dalam pupuk hayati potensial untuk meningkatkan hasil tanaman padi lahan rawa. Dosis pupuk hayati 4 g/50 g benih memberikan hasil tertinggi pada bobot gabah per rumpun dan per petak serta bobot 1000 butir gabah dengan peningkatan sebesar 14.32% dibandingkan kontrol.

Kata kunci: *bakteri, gabah, lahan rawa*

PENDAHULUAN

Padi merupakan komoditi penting bagi masyarakat Indonesia. Indonesia saat ini masih berupaya untuk bisa swasembada beras karena kebutuhan yang tinggi. Namun, luas lahan sawah terus menurun setiap tahun hingga 2,29% dari tahun 2022 sampai tahun 2023 (Badan Pusat Statistik, 2023). Produksi padi pada tahun 2023 juga mengalami penurunan sebanyak 767,98 ribu ton GKG. Untuk memenuhi kebutuhan padi masyarakat, perlu dilakukan peningkatan produksi padi.

Provinsi Bengkulu pada tahun 2023 memproduksi padi 136,16 ribu ton GKG (Badan Pusat Statistik, 2023) dan memiliki luasan lahan panen seluas 58.663 ha termasuk di dalamnya adalah lahan rawa (BPS Bengkulu, 2023). Lahan suboptimal berupa rawa telah dimanfaatkan untuk menanam padi. Namun perlu dilakukan teknik pengelolaan budidaya padi yang tepat di lahan rawa agar produksi padi dapat maksimum (Sudana, 2005).

Kondisi fisikokimia lahan rawa yang menjadi kendala utama dalam budidaya padi adalah tingginya genangan air dan lamanya waktu terendam (Sudana, 2005). Secara kimia, lahan rawa memiliki Kapasitas Tukar Kation (KTK) sangat tinggi dan basa sangat rendah sehingga menghambat ketersediaan hara (Suriadikarta, 2012). Sifat biologi tanah rawa mudah kehilangan unsur C dan N akibat mineralisasi C dan N-organik (Suriadikarta, 2012).

Ketersediaan unsur hara yang rendah dapat diatasi dengan pemberian pupuk hayati pada lahan rawa. Pupuk hayati telah dikembangkan sejak tahun 2016 pada tanaman padi di lahan rawa karena dapat meningkatkan kesuburan tanah, meningkatkan serapan hara dan hormon tumbuh tanaman (Zhao *et al.*, 2024). Pupuk hayati adalah kelompok mikroba yang dimanfaatkan untuk meningkatkan ketersediaan hara sehingga dapat diserap oleh tanaman (Simanungkalit *et al.*, 2019). Ketika pupuk hayati diaplikasikan pada tanah atau biji, akan menempati rizosfer atau bagian dalam tanaman dan mendorong pertumbuhan melalui peningkatan unsur hara (Bishnoi, 2015)

Mikroba dalam pupuk hayati memiliki kemampuan atau mekanisme memfiksasi nitrogen (N), dan pemanfaatan hara fosfat yang tidak larut. bakteri *Methylobacterium* sp., *Azotobacter* sp., *Bacillus* sp., *Rhizobium* dan *Bradirhizobium japonicum* yang merupakan bakteri yang sering diaplikasikan pada tanaman padi. Bakteri tersebut merupakan jenis bakteri ekstraseluler dan intraseluler dalam berasosiasi dengan tanaman padi (Bishnoi, 2015).

Azotobacter memfiksasi N dengan perolehan penambahan hara N 11.4 kg/ha (Rodrigues *et al.*,

2018). Selain dapat meningkatkan ketersediaan hara dalam tanah, *Bacillus* sp. dapat mensintesis fitohormon auksin berupa Indole 3-Acetic Acid (IAA) yang berfungsi meningkatkan pertumbuhan akar padi (Husna *et al.*, 2019) serta berperan dalam pembentukan akar lateral padi (Ambreetha *et al.*, 2018).

Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa pengaplikasian pupuk hayati pada padi dapat meningkatkan hasil gabah. Pemberian bakteri *Azotobacter* sp. meningkatkan hasil gabah 18% dengan mengurangi penggunaan pupuk urea 20% (Kader *et al.*, 2002). Pemberian pupuk hayati juga meningkatkan hasil padi 11,97% di lahan rawa dibandingkan dengan pemberian pupuk anorganik sesuai rekomendasi (Koesrini *et al.*, 2020).

Peran bakteri dalam peningkatan ketersediaan unsur hara perlu diketahui potensi dan pengaruhnya dalam meningkatkan produksi padi di lahan rawa. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui peningkatan hasil padi melalui aplikasi bakteri dalam pupuk hayati di lahan rawa.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan pada bulan November 2021 - Maret 2022 di lahan rawa lebak dangkal di lahan Percobaan Fakultas Pertanian, Universitas Bengkulu. Penelitian ini dilaksanakan dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL) satu faktor yaitu dosis pupuk hayati dengan 3 ulangan, yaitu, 0 g (tanpa pupuk hayati), 1 g, 2 g, 3 g dan 4 g/50 g benih. Terdapat 15 satuan percobaan dengan ukuran masing-masing petakan 2,5 m x 2,5 m. Jarak tanam yang digunakan adalah 25 cm x 25 cm sehingga terdapat 100 rumpun pada setiap petakan. Bakteri dalam pupuk hayati yang diberikan adalah *Methylobacterium* sp., *Azotobacter* sp., *Bacillus* sp., *Rhizobium* dan *Bradirhizobium japonicum*.

Benih padi menggunakan padi Inpara 2 yang diperoleh dari Balai Besar Penelitian Tanaman Padi Persiapan benih yaitu benih direndam selama 24 jam kemudian ditiriskan. Benih diaplikasikan dengan bakteri pupuk hayati sesuai dengan perlakuan yaitu, 0 g, 1 g, 2 g, 3 g dan 4 g/50 g benih dengan teknik *seed treatment*. Penyemaian dilakukan di dalam nampan ukuran 45 cm x 20 cm x 15 cm. Pada nampan diisi media tanam berupa tanah dan pupuk kandang dengan perbandingan 2 : 1. Media disiram sampai mencapai kondisi macak-macak. Setelah berkecambah dan berumur 15 hari, semaian dipindah tanam ke lapangan.

Penelitian menggunakan pupuk dasar dengan 75% dosis rekomendasi yaitu Urea 225 kg/ha, TSP 75 kg/ha dan KCl 75 kg/ha (Permentan No.13 tahun

2022). Pemupukan Urea, TSP dan KCl dilakukan pada saat tanam dan tahap berikutnya pemupukan Urea pada 4 minggu setelah pindah tanam (mspt).

Variabel yang diamati adalah jumlah anakan total, jumlah anakan produktif, persentase gabah isi, bobot 1000 biji, bobot gabah per rumpun dan bobot gabah per petak. Data peubah hasil yang dikumpulkan dianalisis dengan Uji F pada taraf 5%. Peubah hasil yang menunjukkan perbedaan makna pada uji F dilakukan uji beda rata-rata DMRT pada taraf 5% .

HASIL DAN PEMBAHASAN

Benih padi pada persemaian tumbuh dengan baik. Semua perlakuan memiliki nilai kehijauan daun 5 GY 5/6. Rata-rata tinggi bibit padi pada umur 15 hari setelah tanam (hst) berturut-turut 0 g, 1 g, 2 g, 3 g dan 4 g adalah 21,13 cm; 22,43 cm; 22,56 cm; 22 cm dan 23,41 cm. Dosis pupuk hayati memiliki kecenderungan meningkatkan tinggi bibit pada masa persemaian.

Selama penanaman, lahan rawa sering tergenang dengan kedalaman lebih kurang 1 m. Genangan yang lama terjadi pada masa vegetatif padi yaitu masa pembentukan anakan. Kondisi tergenang tidak mempengaruhi keefektifan bakteri, karena bakteri yang digunakan bersifat anaerob. Selain itu, *seed treatment* atau inokulasi bakteri yang diberikan di awal persemaian menjaga akar bakteri berada pada rizosfer padi. Inokulasi bakteri pada benih padi diawal sebelum disemai dapat meningkatkan kemampuan tanaman menyerap unsur hara (O'Callaghan, 2016). Inokulasi bakteri pada benih mempengaruhi populasi bakteri yang selanjutnya akan mempengaruhi keefektifan bakteri pada kondisi tergenang (Doni *et al.*, 2022).

Pemberian pupuk hayati pada padi di lahan rawa memberikan pengaruh tidak nyata untuk variabel pertumbuhan padi namun nyata pada komponen hasil yaitu bobot gabah per rumpun, bobot gabah per petak dan bobot 1000 biji (Tabel 1). Jumlah anakan total dan anakan produktif padi berbeda tidak nyata pada perlakuan dosis pupuk hayati di lahan rawa. Namun terlihat bahwa jumlah anakan produktif pada perlakuan dosis 4 g/50 g benih lebih tinggi dibanding perlakuan lainnya (Gambar 1). Terdapat 19 anakan produktif yang terbentuk pada perlakuan ini sedangkan pada perlakuan lainnya antara 13-15 anakan. Jumlah anakan produktif yang terbentuk menjadi faktor penentu gabah yang dihasilkan.

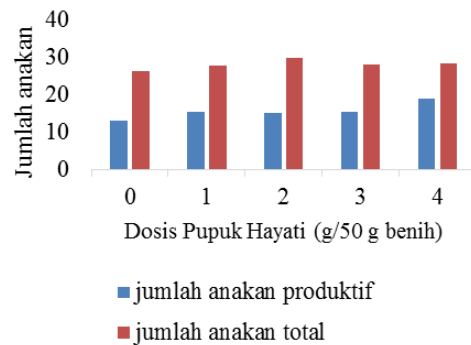
Pemberian dosis pupuk hayati 4 g/50 g benih memberikan hasil tertinggi pada bobot gabah per rumpun, bobot gabah per petak dan bobot 1000 biji (Gambar 2, Gambar 3 dan Gambar 4). Sedangkan pemberian tanpa pupuk hayati hingga pemberian pada dosis 3 g/50 g benih berbeda tidak nyata. Hal

ini berarti bahwa peningkatan hasil padi di lahan rawa pada aplikasi pupuk hayati pada dosis 4 g/50 g benih.

Tabel 1. Nilai F hitung peubah hasil pada perlakuan dosis pupuk hayati di lahan rawa

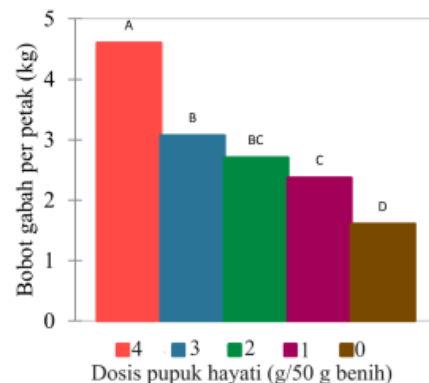
Variabel	F-Hitung	SD
	Perlakuan	
Jumlah anakan produktif	3,11 ns	2,69
Jumlah anakan total	0,9 ns	4,76
Bobot gabah per rumpun	4,17 *	316,37
Bobot gabah per petak	42,309 *	1,05
Bobot 1000 biji	9,69 *	2,57
Persentase gabah isi	2,04 ns	12,74
Indeks panen	1,43 ns	0,1

Keterangan : * = berpengaruh nyata, ns = berpengaruh tidak nyata pada uji F taraf 5%; SD = simpangan baku



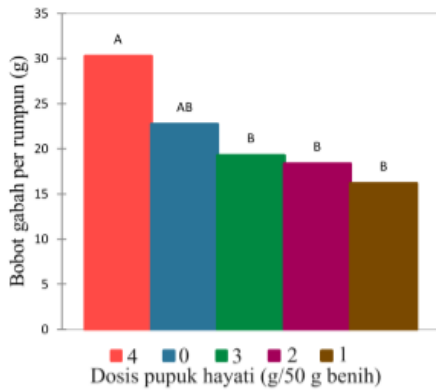
Gambar 1. Jumlah anakan produktif dan anakan total padi pada perlakuan pemberian pupuk hayati di lahan rawa

Keragaan bobot 1000 butir gabah diperoleh rata-rata 28,6 g. hasil yang diperoleh ini lebih tinggi dari pada deskripsi varietas yang mencapai 25,66 g (Romdon *et al.*, 2014). Pemberian dosis 4 g/50 g benih menghasilkan bobot 1000 butir gabah terbesar rata-rata 32,58 g dan terendah rata-rata 25,96 g yang dihasilkan oleh perlakuan tanpa pupuk hayati.

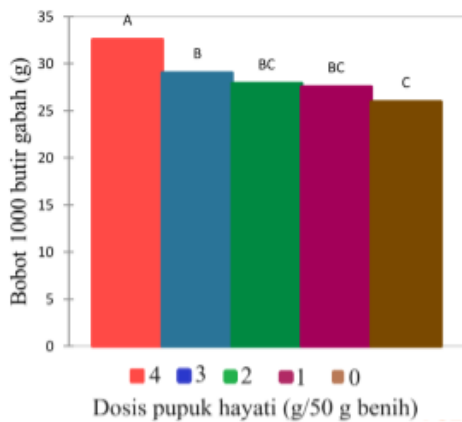


Gambar 2. Bobot gabah per petak pada berbagai dosis pupuk hayati

POTENSI PUPUK HAYATI



Gambar 3. Bobot gabah per rumpun pada berbagai dosis pupuk hayati



Gambar 4. Bobot 1000 biji pada berbagai dosis pupuk hayati

Ketersediaan hara P pada lahan rawa dipengaruhi oleh peran bakteri yang diaplikasikan pada lahan rawa. Berdasarkan hasil uji kimia tanah awal dan setelah aplikasi pupuk hayati, ketersediaan P pada tanah meningkat (Tabel 2). Kondisi lahan rawa yang tergenang dengan pemberian dosis pupuk 4 g/50 g benih dapat meningkatkan hasil padi dibandingkan dengan tanpa pupuk hayati. Peran bakteri dalam pupuk hayati sebagai teknologi yang ramah lingkungan dalam peningkatan produktivitas tanaman. Mikroba dapat meningkatkan ketersediaan hara, fitohormon, dan berperan dalam toleransi tanaman pada kondisi cekaman (Kumar *et al.*, 2022).

Banyak jenis bakteri di rizosfer padi yang bermanfaat di antaranya *Bacillus* dan *Azotobacter* (jenis bakteri yang diaplikasikan) sebagai aplikasi *System of Rice Intensification* (Doni *et al.*, 2022). Adapun bakteri dalam pupuk hayati ini memiliki peran masing-masing dalam meningkatkan kesuburan tanah dan kesediaan hara tanah bagi tanaman padi. Bakteri *Bacillus* sp. dan *Azotobacter* memiliki ke-

mampuan meningkatkan reduksi etilen di akar padi dan mensintesis fitohormon IAA (Husna *et al.*, 2019 ; Alam *et al.*, 2001) sehingga dapat meningkatkan serapan hara bagi tanaman. *Bacillus* dapat melarutkan fosfat dengan indeks pelarut fosfat 2,6 (Husna *et al.*, 2019). Indeks pelarut fosfat diperoleh dari perbandingan diameter koloni dengan diameter zona bening yang terbentuk sebagai tanpa pelarutan fosfat oleh bakteri. Kemampuan untuk menghasilkan IAA dikaitkan dengan peningkatan aktivitas pelarutan fosfat oleh rhizobakteri dan penambahan L-triptofan ke media pertumbuhan dapat meningkatkan aktivitas pelarutan P yang mampu menghasilkan IAA (Kumar *et al.*, 2022). *Methylobacterium* merupakan bakteri yang dapat hidup pada jaringan meristem tanaman khususnya di batang padi yang terlibat dalam pemacu pertumbuhan tanaman (Jinal *et al.*, 2020). Beberapa hasil penelitian juga menunjukkan kenaikan hasil gabah karena pengaruh pemberian pupuk hayati. Hasil penelitian (Sulakhudin & Hatta, 2020) di daerah rawa Kalimantan Barat dengan pemberian pupuk hayati yang sama dengan penelitian ini menghasilkan peningkatan hasil gabah sebanyak 63% dengan efektivitas pupuk hayati 17%. Pemberian pupuk hayati meningkatkan hasil gabah pada sawah tergenang (Banayo *et al.*, 2012). Sebanyak 10^7 cfu/mL konsorsium bakteri yang diberikan di lahan rawa dapat meningkatkan bobot gabah padi (Fitri & Gofar, 2010).

Tabel 2. Kondisi kimia tanah sebelum aplikasi dan setelah aplikasi pupuk hayati pada dosis 4 g/50 g benih

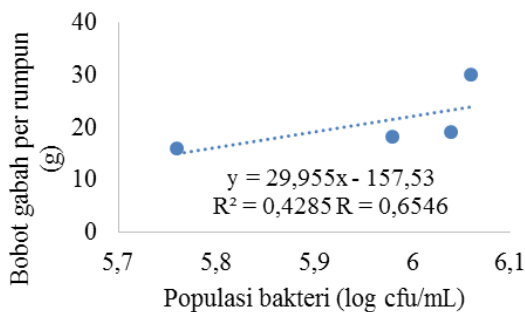
Perlakuan	N (%)	P (ppm)	K (ppm)	C organik (%)	pH
Tanah awal	0,2	4,64	0,23	2,7	4,5
Tanah akhir	0,38	9,03	0,25	3,84	5,01

Efektifnya pupuk hayati yang diberikan dapat ditandai dengan peningkatan populasi bakteri di lahan rawa. Hasil uji populasi bakteri pada tanah diakhir penelitian menunjukkan bahwa terdapat peningkatan jumlah populasi bakteri seiring dengan banyak dosis pupuk hayati yang diberikan (Tabel 3). Populasi mikroba tanah menjadi indikator pertanian ramah lingkungan dan sebagai indeks kualitas tanah. Aktivitas biokimia dalam tanah akan semakin tinggi seiring dengan penambahan jumlah populasi mikroba (Saraswati, 2014).

Tabel 3. Populasi bakteri di tanah rawa setelah pemberian pupuk hayati

Perlakuan	Populasi bakteri (cfu/mL)
0 g/50 g benih	1.54×10^5
1 g/50 g benih	5.76×10^5
2 g/50 g benih	9.58×10^5
3 g/50 g benih	1.11×10^6
4 g/50 g benih	1.15×10^6

Korelasi *Pearson* antara populasi bakteri dan bobot gabah per rumpun menunjukkan nilai positif dan linear dengan nilai 0.65 (Gambar 5). Semakin tinggi populasi bakteri, hasil gabah perumpun juga semakin tinggi. Penggunaan dosis pupuk hayati hingga 4 g/50g benih masih berpotensi ditingkatkan untuk memperoleh hasil yang maksimal.



Gambar 5. Hubungan populasi bakteri dan bobot gabah per rumpun

KESIMPULAN

Berdasarkan pada hasil gabah yang diperoleh, pemberian bakteri dalam pupuk hayati di lahan rawa potensial untuk diberikan guna meningkatkan hasil gabah. Pada dosis 4 g/50 g benih memberikan hasil tertinggi pada bobot gabah per rumpun dan per petak serta bobot 1000 butir gabah.

SANWACANA

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Fakultas Pertanian Universitas Bengkulu yang telah mendanai penelitian ini melalui skema penelitian pembinaan tahun 2022

DAFTAR PUSTAKA

Alam, S. M., Cui, Z. J., Yamagishi, T. & Ishii, R. (2001). Grain yield and related physiological

characteristics of rice plants (*Oryza sativa* L.) Inoculated with free-living rhizobacteria. *Plant Production Science*, 4(2), 126–130. DOI: <https://doi.org/10.1626/pps.4.126>.

Ambreetha, S., Chinnadurai, C., Marimuthu, P. & Balachandar, D. (2018). Plant-associated *Bacillus* modulates the expression of auxin-responsive genes of rice and modifies the root architecture. *Rhizosphere*, 57–66. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2017.12.001>.

Badan Pusat Statistik. (2023). Luas Panen dan Produksi Padi di Indonesia 2023 (Angka Sementara). *Badan Pusat Statistik*, 2023(68), 1–8.

BPS, P. B. (2023). Provinsi Bengkulu Dalam Angka Tahun 2023. *BPS*, 1–29.

Banayo, N. P. M., Cruz, P. C. S., Aguilar, E. A., Badayos, R. B. & Haefele, S. M. (2012). Evaluation of biofertilizers in irrigated rice: Effects on grain yield at different fertilizer rates. *Agriculture (Switzerland)*, 2(1), 73–86. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture2010073>.

Bishnoi, U. (2015). PGPR Interaction: An Eco-friendly Approach Promoting the Sustainable Agriculture System. In *Advances in Botanical Research*, (75). Elsevier Ltd. DOI: <https://doi.org/10.1016/bs.abr.2015.09.006>.

Doni, F., Suhaimi, N. S. M., Mispan, M. S., Fathurahman, F., Marzuki, B. M., Kusmoro, J. & Uphoff, N. (2022). Microbial contributions for rice production: from conventional crop management to the use of ‘Omics’ Technologies. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(2). DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms23020737>.

Fitri, S. N. A. & Gofar, N. (2010). Increasing of rice yield by using growth promoting Endophytic Bacteria from swamp land. *Jurnal TANAH TROPIKA (Journal of Tropical Soils)*, 15(3), 271–276. DOI: <https://doi.org/10.5400/jts.2010.15.3.271>.

Husna, M., Sugiyanta & Pratiwi, E. (2019). Kemampuan konsorsium *Bacillus* pada pupuk hayati dalam memfiksasi N₂, melarutkan fosfat dan mensintesis fitohormon Indole 3-Acetic-Acid the ability of *Bacillus* consortium to fix N₂, solubilize phosphate and synthesize Indole-3-Acetic Acid fitohormone. *Jurnal Tanah dan Iklim*, 43(2), 117–125.

Jinal, H. N., Amaesan, N. & Sankaranarayanan, A. (2020). Methylobacterium. *Beneficial Microbes in Agro-Ecology: Bacteria and Fungi*, 1976, 509–519. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-823414-3.00024-1>.

- Kader, M. A., Mian, M. H. & Hoque, M. S. (2002). Effects of *Azotobacter* inoculant on the yield and nitrogen uptake by Wheat. *Journal of Biological Sciences*, 2(4), 259–261. DOI: <https://doi.org/10.3923/jbs.2002.259.261>.
- Koesrini, Saleh, M. & Hidayat, A. R. (2020). Peningkatan produktivitas padi melalui ameliorasi dan pemberian pupuk hayati di lahan rawa pasang surut tipe B. *Jurnal Pertanian Agros*, 22(2), 186–194.
- Kumar, S., Diksha, Sindhu, S. S. & Kumar, R. (2022). Biofertilizers: An ecofriendly technology for nutrient recycling and environmental sustainability. *Current Research in Microbial Sciences*, 3, 100094. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.crmicr.2021.100094>.
- O’Callaghan, M. (2016). Microbial inoculation of seed for improved crop performance: issues and opportunities. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 100(13), 5729–5746. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00253-016-7590-9>.
- Rodrigues, M. Â., Ladeira, L. C. & Arrobas, M. (2018). Azotobacter-enriched organic manures to increase nitrogen fixation and crop productivity. *European Journal of Agronomy*, 93, 88–94. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2018.01.002>.
- Romdon, A. S., Kurniyati, E., Bahri, S. & Pramono, J. (2014). Kumpulan Deskripsi Varietas Padi. *Angewandte Chemie International Edition*, 6 (11), 951–952., 2013–2015.
- Saraswati, R. (2014). Inovasi Teknologi Pupuk Hayati Mendukung Pembangunan Pertanian Bioindustri.
- Simanungkalit, RDM, Suriadikarta, DA, Saraswati, R., Setyorini, D. & Hartatik, W. (2006). (2019). Pupuk 2: Pupuk Organik dan Pupuk Hayati. *Litbang Pertanian*, 245.
- Sudana, W. (2005). Potensi dan prospek lahan rawa. *Analisis Kebijakan Pertanian*, 3(2), 141–151.
- Sulakhdin & Hatta, M. (2020). Biofertilizer application of paddy field on tidal swampy areas in West Kalimantan. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 499(1). DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/499/1/012022>.
- Suriadikarta, D. A. (2012). Teknologi pengelolaan lahan rawa berkelanjutan : Studi Kasus Kawasan EX PLG Kalimantan Tengah. *Sumberdaya Lahan*, 6(1), 45–54.
- Watanabe, I., & Roger, P. A. (1984). Nitrogen fixation in wetland rice field. *Current Development in Biological Nitrogen Fixation*, 237–276.
- Zhao, G., Zhu, X., Zheng, G., Meng, G., Dong, Z., Baek, J. H., Jeon, C. O., Yao, Y., Xuan, Y. H., Zhang, J. & Jia, B. (2024). Development of biofertilizers for sustainable agriculture over four decades (1980–2022). *Geography and Sustainability*, 5(1), 19–28. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geosus.2023.09.006>.