

## **PENGARUH MEDIA PEMBAWA PUPUK HAYATI BAKTERI PELARUT FOSFAT TERHADAP KEBERADAAN BAKTERI ENDOGEN DAN BAKTERI RHIZOSFER TANAMAN JAGUNG**

**Yun Sondang, Khazy Anty, Ramond Siregar**

Jurusan Budi Daya Tanaman Pangan, Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh  
Jl. Raya Negara Km. 7 Tanjung Pati, Kec. Harau, Kab. Limapuluh Kota, 26271, Sumatera Barat  
Korespodensi: [silitongayun27@gmail.com](mailto:silitongayun27@gmail.com)

### **ABSTRAK**

Kandungan hara fosfor (P) tersedia di dalam tanah sangat rendah sehingga tidak mencukupi kebutuhan tanaman jagung yang rakus akan hara. Pemberian pupuk hayati yang diaplikasikan melalui benih dan daun dapat meningkatkan status hara tanaman dan tanah. Media pembawa pada pembuatan pupuk hayati diperlukan untuk menjaga viabilitas bakteri pelarut fosfat. Tujuan dari penelitian ini adalah melihat pengaruh media pembawa pupuk hayati bakteri pelarut fosfat terhadap keberadaan bakteri di dalam tanaman (endogen) dan bakteri di sekitar perakaran (rhizosfer). Penelitian terdiri dari tahapan pembuatan pupuk hayati yang dilaksanakan pada *Green House* dan aplikasi pupuk hayati pada tanaman jagung di Kebun Percobaan Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh. Penelitian aplikasi pupuk hayati menggunakan Rancangan Faktorial dengan pola Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan dua faktor pelakuan yang diulang 3 kali. Faktor pertama adalah konsentrasi POH 40, 80, 120, 160 ml/l air, Faktor kedua frekuensi pemberian POH 2, 3, dan 4 kali. Variabel yang diamati adalah kandungan hara P tanaman dan hara P tanah, spesies bakteri endogen dan bakteri rhizosfer. Hasil penelitian menunjukkan adanya interaksi antara konsentrasi dan frekuensi pemberian POH terhadap kandungan hara P tanaman dan tanah. Inokulasi bakteri pada pupuk hayati akan bertahan hidup pada tanaman ataupun rhizosfer tanaman jagung.

**Kata kunci: media; pupuk hayati, inokulasi, jagung**

### **ABSTRACT**

*The nutrient content of phosphorus (P) available in the soil is very low so that it is not sufficient for the nutrient-hungry maize plants. The application of biofertilizers that are applied through seeds and leaves can improve the nutrient status of plants and soil. Carrier media in the manufacture of biofertilizers is needed to maintain the viability of phosphate solubilizing bacteria. The purpose of this study was to see the effect of the carrier media for biofertilizer with phosphate solubilizing bacteria on the presence of bacteria in plants (endogenous) and bacteria around roots (rhizosphere). The research consisted of the stages of making biofertilizers which were carried out at the Green House and the application of biofertilizers to maize plants at the Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh Experimental Field. The study of biofertilizer application used a factorial design with a randomized block design (RBD) with two treatment factors that were repeated 3 times. The first factor was the concentration of POH 40, 80, 120, 160 ml/l of water. The second factor was the frequency of POH application of 2, 3, and 4 times. The variables observed were plant P content and soil P content, species of endogenous bacterial and rhizosphere bacteria. The results showed that there was an interaction between the concentration and frequency of POH application on content of plant P nutrient and soil P.*

*Inoculation of bacteria species in biofertilizers will survive on plants or the rhizosphere of maize plants.*

**Keyword: media, biofertilizer, inoculation, maize**

## **PENDAHULUAN**

Fosfor (P) merupakan hara makro kedua terpenting yang dibutuhkan tanaman setelah nitrogen, namun keberadaan hara P tanah sebagai penyedia sebagian besar dalam bentuk tidak tersedia bagi tanaman dan fiksasi P yang tinggi merupakan permasalahan pada tanah yang berkembang lanjut. Ketersediaan hara P ini tergantung dari sifat dan ciri tanah, serta pengelolaan tanah. Pada kondisi tanah masam, pupuk TSP yang diberikan ke dalam tanah akan beraksi cepat sekali dengan logam Al atau Fe terikat pada koloid tanah membentuk senyawa kompleks yang tidak larut. Kelarutan Al dan Fe yang tinggi menjerap fosfat, sehingga ketersediaan P bagi tanaman menjadi rendah. Nurjaya (2017) menyatakan ketersediaan hara P tanah Ultisol yang berpotensi untuk pengembangan lahan pertanian berkisar antara 0,07–0,2%. Ketersediaan hara P tanah yang terbaik berada pada kisaran pH 6,0–7,0. Ketersediaan hara P dapat ditingkatkan dengan menerapkan teknologi pupuk hayati.

Pengertian pupuk hayati adalah produk pupuk yang diformulasikan mengandung satu atau lebih mikroorganisme yang dapat meningkatkan status hara baik dengan mengganti unsur hara tanah dan atau dengan meningkatkan ketersediaan unsur hara bagi tanaman dan atau dengan meningkatkan hubungan tanaman dengan bakteri (Jacoby, Peukert, Succurro, Koprivova, and Kopriva, 2017). Pembuatan pupuk hayati memerlukan media pembawa untuk menjaga kelangsungan hidup mikroorganisme, khususnya bakteri yang ada di dalamnya. Formulasi media pupuk hayati menentukan keberhasilan pengembangan pupuk berbasis mikroorganisme yang bermanfaat. Media pembawa berperan penting dalam memfasilitasi kerja bakteri fungsional agar bermanfaat bagi tanah dan tanaman. Penggabungan beberapa bakteri (konsorsium) ke dalam media pembawa akan meningkatkan efektifitas pupuk hayati, memudahkan penanganan penggunaan pupuk, dan penyimpanan jangka panjang. Suryantini (2016) menyatakan formulasi pupuk hayati akan menentukan viabilitas dan efektifitas mikroorganisme di dalamnya. Interaksi yang sinergis antara inokulan bakteri meningkatkan komposisi nutrisi dan fungsi biologis yang dibutuhkan tanaman.

Bakteri pelarut fosfat (BPF) bersifat multifungsi baik sebagai pupuk hayati maupun sebagai dekomposer (Sondang, Anty, dan Siregar, 2019). Mekanisme pelarutan P oleh BPF dalam pupuk organik hayati dikaitkan dengan produksi asam-asam organik seperti asetat, laktat, malat, susinat, oksalat, sitrat, glukonat, ketoglukonat (Saeid, Prochownik, and Dobrowolska-Iwanek, 2018). Kelompok asam organik ini mampu membentuk kompleks dengan Fe dan Al, sehingga P terlepas dan tersedia bagi tanaman. Panhwar *et al.* (2012) melaporkan bakteri rhizosfer tanaman padi dari genera *Bacillus* dan *Pseudomonas* mampu menghasilkan asam suksinat, asam propionat, asam oksalat, asam malat, dan memineralisasi senyawa P dari tidak larut menjadi terlarut. Ditambahkan oleh Ahmad *et al.* (2018) bahwa peran BPF membantu meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk anorganik.

Telah dilaporkan oleh beberapa peneliti bahwa pupuk hayati pelarut fosfat juga merupakan pupuk PGPR dengan peranan sebagai bioinokulan yang mendorong pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Dash, Pahari, and Dangar, 2017). Dampak positif dari inokulasi bakteri pelarut fosfat terhadap ketersediaan P telah menyebabkan berkembangnya soil inoculum seperti phosphobacterin (Rathi and Gaur, 2015). Selama ini contoh inokulum yang sudah sering digunakan dalam dunia pertanian adalah *Rhizobium* dan *Rhizogin* untuk tanaman kacang tanah dan kedelai.

Tujuan dari penelitian ini adalah melihat pengaruh media pembawa pupuk hayati bakteri pelarut fosfat terhadap kandungan hara P tanaman dan keragaan bakteri di sekitar perakaran (rhizosfer).

## **METODE PENELITIAN**

Penelitian dilaksanakan pada *Green house*, Laboratorium, dan Kebun Percobaan Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh dari bulan Maret 2019 sampai Juli 2020.

Bahan yang digunakan adalah kotoran padat sapi, eceng gondok, sumber kalsium, media NA, benih jagung Pioneer 32, sumber inokulum bakteri hasil isolasi dan identifikasi dari berbagai lokasi tanaman bambu dan jagung di Kabupaten Limapuluh Kota (Sondang, Anty, and Siregar, 2019).

Metode yang digunakan dalam penelitian meliputi pembuatan pupuk hayati, pengujian POH pada tanaman jagung, analisis hara P jaringan tanaman, identifikasi

bakteri rizosfer jagung, dan penghitungan kelimpahan populasi bakteri dengan metode *total plate count* (TPC).

Pembuatan pupuk hayati eceng gondok dilakukan menggunakan Rancangan Acak Lengkap dengan perlakuan formulasi kotoran padat sapi dan eceng gondok dengan perbandingan: A (100% : 0%) , B (75% : 25%), C (50% : 50%), D (25% : 75%), E (0% : 100%). Kemudian tambahkan sumber kalsium dan inokulasi konsorsium bakteri. Analisis hara pupuk hayati seluruh perlakuan dan perlakuan yang terbaik diaplikasikan pada tanaman jagung.

Aplikasi POH pada tanaman jagung di lapangan dilakukan menggunakan Rancangan Faktorial dengan pola Rancangan Acak Kelompok dua faktor perlakuan yang diulang 3 kali. Faktor pertama adalah konsentrasi POH 40, 80, 120, 160 ml/l air, Faktor kedua frekuensi pemberian POH 2, 3, dan 4 kali. Benih jagung varietas Pioneer 32 direndam dalam POH cair (*seed treatment*) selama 24 jam pada suhu ruangan. Lahan budi daya dibajak satu kali dan digaru satu kali, benih ditanam 1 benih per lubang tanam dengan jarak tanam 70 x 25 cm. POH diberikan pada saat tanam pada lubang tanam, selanjutnya POH disemprotkan ke daun jagung (*foliar treatment*) pada umur 10, 20, 30, 40 hari setelah tanam. Tanaman jagung dipelihara sampai panen umur 110 hari. Parameter pengamatan dilakukan terhadap kandungan hara P tanaman dan identifikasi bakteri rizosfer.

Bakteri di dalam POH eceng gondok dan rizosfer tanaman jagung diisolasi dan diidentifikasi berdasarkan bentuk koloni, bentuk tepi, permukaan, halus kasar permukaan, warna permukaan, warna pigmen, dan kepekatan tubuh bakteri. Dilanjutkan dengan identifikasi bakteri menggunakan analisis molekuler berdasarkan runutan gen 16S rRNA menggunakan PCR. Penghitungan jumlah populasi bakteri dilakukan dengan metode pengenceran menggunakan rumus: jumlah koloni CFU/ml = jumlah koloni x 10 x faktor pengenceran.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Kombinasi kotoran sapi dan eceng gondok merupakan media pembawa yang baik untuk bioformulasi pupuk hayati yang mengandung bakteri pelarut fosfat. Hal ini dilihat dari spesies bakteri yang tetap bertahan hidup sampai akhir fermentasi pada proses pembuatan pupuk organik hayati. Perbandingan kotoran padat sapi dan eceng gondok pada perlakuan D (25% : 75%) merupakan komposisi terbaik dari

jenis dan jumlah populasi (kelimpahan) bakteri yang dominan, diikuti oleh perlakuan C (50% : 50%). Bakteri dari genera *Pseudomonas* sp. dan *Bacillus* spp. merupakan bakteri yang dominan dalam media pembawa pupuk hayati. Tabel 1 berikut menampilkan spesies, strain, dan peranan bakteri dalam POH.

Tabel 1. Spesies bakteri yang dominan dalam pupuk organik hayati

Spesies bakteri	Strain Bakteri	Peranan Bakteri
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	WCHPA075019	Penambat N, pelarut P, produksi fitohormon
<i>Bacillus subtilis subsp. subtilis</i>	168	Penambat N, pelarut P, produksi IAA, bakteri antagonis, biokontrol
<i>Bacillus cereus</i>	ATCC 14579	Penambat N non-simbiotik, pelarut P, produksi fitohormon, bakteri antagonis

Media pembawa pupuk hayati akan menentukan kualitas pupuk secara keseluruhan. Salah satu kualitas pupuk dilihat dari jenis dan jumlah populasi bakteri yang ditemukan. Ada 3 jenis bakteri dalam POH yang dominan dengan kriteria jumlah populasi  $> 10^7$ . *P. aeruginosa* merupakan bakteri yang paling dominan, hal ini disebabkan bakteri *P. aeruginosa* mempunyai daya adaptasi dan sinergis yang tinggi terhadap mikroorganisme lain, sehingga bakteri ini dapat memperbanyak diri dalam berbagai kondisi. Menurut Sandilya, Bhuyan, Nageshappa, Gogoi, and Kardong (2017) bakteri *P. aeruginosa* mempunyai kemampuan mensintesis  $\text{NH}_3$ , HCN, dan senyawa sideropor, sehingga dapat berperan sebagai PGPB.

Selain *P. aeruginosa*, bakteri dari genera *Bacillus* mendominasi bakteri yang ada di dalam media pembawa pupuk hayati. Bakteri *Bacillus* spp. merupakan bakteri yang dapat hidup pada berbagai habitat asalkan bahan organik sebagai makanannya selalu tersedia, demikian juga pada media kotoran padat sapi dan eceng gondok yang kaya akan bahan organik. Menurut Isnawati and Trimulyono (2018) pada tanaman eceng gondok, spesies *Bacillus* spp merupakan mikroorganisme asli tanaman ini. Antibiotik yang diproduksi oleh bakteri ini efektif dalam mengendalikan patogen tanaman dan penyakit yang ditimbulkannya (Choudhary and Johri, 2009). Pendapat yang sama oleh Zhou, Wang, and Li (2009) bahwa peran *Bacillus* sp adalah menghambat pertumbuhan mikroorganisme patogen.

Kumawat, *et al.* (2017) melaporkan sebagian besar genera *Bacillus* spp. dapat dijadikan pupuk hayati karena kemampuan bakteri ini dalam melarutkan fosfat,

bahkan spesies tertentu dapat melarutkan hara mikro Zn dan Si. Jenis bahan baku dan jenis spesies *Bacillus* yang digunakan dalam pelarutan mempengaruhi jenis asam organik yang dihasilkan dan jumlah P yang dilepaskan (Saeid, Prochownik, and Dobrowolska-Iwanek, 2018). Peran mikroorganisme dalam pupuk organik hayati sangat besar dalam meningkatkan ketersediaan hara (Jacoby, Peukert, Succuro, Koprivova, and Kopriva, 2017) dan mengefisienkan penggunaan pupuk anorganik (Chen, 2006). Genera *Bacillus* spp termasuk bakteri agens pengendali hayati, karena banyak spesies *Bacillus* yang dapat menjaga kesehatan tanaman.

Media campuran dengan formula kotoran padat sapi + eceng gondok (1 : 3) terbaik dalam mempengaruhi spesies bakteri yang mampu bertahan sampai akhir fermentasi. Penelitian Suryantini (2016) menunjukkan bahwa bahan pembawa pupuk hayati pelarut P berbahan baku gambut + dolomit + arang (2:1:1) konsisten mampu menyediakan media tumbuh yang baik bagi bakteri pelarut P. Tanah gambut umumnya digunakan sebagai bahan pembawa inokulan. Menurut Mukhtar, Shahid, Mehnaz, and Malik (2017) kombinasi lumpur biogas dan tanah merupakan bahan pembawa pupuk hayati pelarut fosfat dari genera *Bacillus* spp yang terbaik bagi tanaman gandum. Hasil pernyataan penelitian di atas menunjukkan bahwa media pembawa berbahan organik merupakan media pupuk hayati pelarut fosfat yang baik. Tabel 2 berikut menunjukkan kandungan hara P tanaman jagung pada takaran dan frekuensi pemberian POH yang berbeda.

Tabel 2. Kandungan hara P tanaman jagung dengan berbagai takaran dan frekuensi pemberian POH

Takaran POH (ml/l air)	Frekuensi Pemberian POH		
	2 kali	3 kali	4 kali
40 ml	0,286 <sup>bc</sup>	0,283 <sup>bcd</sup>	0,298 <sup>a</sup>
80 ml	0,283 <sup>bcd</sup>	0,276 <sup>cd</sup>	0,296 <sup>a</sup>
120 ml	0,288 <sup>ab</sup>	0,288 <sup>b</sup>	0,259 <sup>e</sup>
160 ml	0,290 <sup>ab</sup>	0,284 <sup>bc</sup>	0,274 <sup>d</sup>

Angka-angka yang diikuti huruf kecil yang sama pada kolom yang sama, berbeda tidak nyata berdasarkan uji LSD pada taraf nyata 5%.

Pemberian POH dengan media pembawa kotoran padat sapi dan eceng gondok yang didalamnya terkandung bakteri pelarut fosfat dapat meningkatkan kandungan hara P tanaman. Terjadi interaksi antara takaran POH dan frekuensi pemberian POH dengan takaran terbaik 40 ml dan 80 ml dengan frekuensi pemberian 4 kali. Hassan



Bano, Naz, and Hussain (2018) menyatakan bioinokulasi *B. cereus* dapat meningkatkan NO<sub>3</sub>, N total, P, K, dan bahan organik.

Tabel 3 menunjukkan spesies bakteri *B. cereus* (strain ATCC 14579) merupakan bakteri yang ada dalam media POH dan teridentifikasi juga ada pada rizosfer tanaman jagung dengan strain berbeda (strain IAM 12605). Bakteri ini dominan pada rizosfer tanaman jagung. Keberadaan *B. cereus* kemungkinan berasal dari media pembawa POH yang diinokulasi pada benih (*seed treatment*) dan disemprotkan ke daun (*foliar treatment*). Media pembawa pupuk hayati dalam bentuk campuran kotoran padat sapi dan eceng gondok merupakan media yang cocok bagi spesies *B. cereus*. *Bacillus* spp. yang hidup bebas pada daerah perakaran dan jaringan tanaman terbukti mampu melakukan fiksasi N<sub>2</sub> (Glick, 2012) dan meningkatkan pertumbuhan tanaman jagung (Sondang, Siregar, dan Anty, 2019).

Tabel 3. Spesies bakteri yang dominan pada rizosfer tanaman jagung

Spesies bakteri	Strain Bakteri	Jumlah bakteri CFU/ml
<i>B. cereus</i>	IAM 12605	4,7 x 10 <sup>8</sup>
<i>Rhizobium miluonense</i>	CCBAU 41251	2,8 x 10 <sup>8</sup>
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	DSM 50071	1,1 x 10 <sup>6</sup>



Gambar 1. Isolat bakteri pada rizosfer tanaman jagung

Fenomena yang unik dari rizosfer jagung adalah ditemukan spesies *Rhizobium miluonense* strain CCBAU 41251 dengan kerapatan yang cukup tinggi yaitu 2,8 x 10<sup>8</sup>. Bakteri ini merupakan bakteri pengikat N yang membentuk bintil akar pada tanaman leguminosa. Perlu penelitian lebih lanjut apakah bakteri ini dapat mengikat N dan menyumbang untuk tanah dan tanaman di luar tanaman inangnya. Penelitian Gu, Wang, Tian, Han, Chen, Sui, and Chen (2008) melaporkan penemuan *Rhizobium miluonense* CCBAU 41251<sup>T</sup> pertama kali sebagai bakteri baru pada tanaman inang

aslinya *Lespedeza chinensis* di provinsi Hunan China. Selanjutnya Gu *et al.* (2008) menginokulasikan bakteri *Rhizobium miluonense* strain CCBAU 41251T ke tanaman lain, ternyata bakteri ini dapat membentuk nodul tidak efektif pada *Phaseolus vulgaris*. Glick (2012) menyatakan beberapa penelitian bakteri perangsang tumbuh tanaman (PGPB) asal tanah dari genera *Rhizobium spp* dapat menghasilkan hormon sitokinin atau giberelin atau keduanya.

Aliran bakteri bergerak dari POH yang diperlakukan ke benih dan daun tanaman, masuk ke jaringan tanaman dan bergerak ke akar tanaman jagung. Selanjutnya akar mengeluarkan eksudat yang menjadi makanan dari mikroba di sekitar rizosfer tanaman. Dilaporkan oleh Ma, Oliveira, Freitas, and Zhang (2018) bahwa eksudat akar memberikan sumber energi dan nutrisi yang berlimpah pada mikroba. Eksudat akar dan mikroba merupakan komponen penting dari ekologi rizosfer dan berperan penting dalam mengubah ketersediaan hayati nutrisi. Banyak faktor yang menentukan kemampuan bakteri untuk hidup pada rizosfer (*Rhizocompetence*) antara lain strain bakteri, jumlah populasi bakteri dan kesuburan tanah (Albareda, Dardanelli, Sousa, Megías, Temprano, and Rodríguez-Navarro (2006).

Berdasarkan uraian di atas, inokulasi bakteri pelarut fosfat pada media pembawa campuran kotoran padat sapi dan eceng gondok menentukan bakteri yang dapat bertahan hidup pada endofit tanaman maupun rizosfer tanaman jagung. *Pseudomonas aeruginosa* merupakan bakteri yang keragaannya bertahan mulai dari POH, endofit tanaman, dan rizosfer tanaman jagung. Pemberian POH dengan media pembawa pupuk hayati bakteri pelarut fosfat meningkatkan kandungan hara P tanaman jagung.

## **KESIMPULAN**

Media pembawa pupuk hayati pelarut fosfat akan mempengaruhi kualitas POH yang diindikasikan oleh keberadaan bakteri dan jumlah populasinya (kelimpahan). Baik di dalam POH maupun di rizosfer tanaman jagung. Media pembawa dari campuran kotoran padat sapi + eceng gondok yang mengandung *P. aeruginosa* dan *Bacillus spp.* yang akan muncul di rizosfer dengan strain yang berbeda.



## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Pusat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Kemenristek Dikti yang telah mendanai penelitian ini dan terima kasih yang mendalam kepada Tuhan Yang Maha Esa sehingga penulis dapat menyelesaikan artikel dengan judul "Pengaruh Media Pembawa Pupuk Hayati Bakteri Pelarut Fosfat terhadap Keragaan Bakteri Rhizosfer Tanaman Jagung", semoga artikel ini bermanfaat bagi pembaca.

## REFERENSI

- Ahmad, M., L. Pataczek, T.H. Hilger, Z.A. Zahir, A. Hussain, F. Rasche, R. Schafleitner, and S.Q. Solberg. 2018. Perspectives of microbial inoculation for sustainable development and environmental management. *Jurnal Frontiers in Microbiology*, 9 (2992) : 1-26. doi: 10.3389/fmicb.2018.02992.
- Albareda, M. S. Dardanelli, C. Sousa, M. Meg'ias, F. Temprano, and D. N. Rodr'iguez-Navarro. 2006. Factors affecting the attachment of rhizospheric bacteria to bean and soybean roots," *FEMS Microbiology Letters*, vol. 259, no. 1, pp. 67–73, 2006.
- Chen J H. 2006. The combined use of chemical and organic fertilizers and or biofertilizer for crop growth and soil fertility. International Workshop on Sustained Manajement of the Soil-Rhizosphere System for Efficient Crop Production and Fertilizer Use 16-20 October 2006. *Land Development Departement*, Bangkok 10900 Thailand.
- Choudhary, D.K. and Johri, B.N. 2009. Interactions of *Bacillus* spp. and plant with special reference to Induced Systemic Resistance (ISR). *Microbiological Research* 164 (5) : 493–513.
- Dash, N., Pahari, A., and Danger. 2017. Functionalities of phosphate-solubilizing bacteria of rice rhizosphere: Techniques and perspectives. Springer Nature Singapore Pte Ltd. 2017P. Shukla (ed.), Recent Advances in Applied Microbiology, DOI 10.1007/978-981-10-5275-0\_7. pp 151-163.
- Glick, B.R. 2012. Plant growth-promoting bacteria: Mechanisms and applications. Hindawi Publishing Corporation Scientifica, 2012, 15 pp. <http://dx.doi.org/10.6064/2012/963401>
- Gu, C.T., E.T. Wang, C.F. Tian, T.X. Han, W.F. Chen, X.H. Sui, and W.X. Chen. 2015. *Rhizobium miluonense* sp. nov., a symbiotic bacterium isolated from Lespedeza root nodules.
- Hassan, T.U., A. Bano, I. Naz, and M. Hussain. 2018. *Bacillus cereus*: Acompetent plant growth promoting bacterium of saline sodic field. *Pakistan Journal of Botany*, 50 (3) : 1029-1037.

- Isnawati and G. Trimulyono. 2018. Characterization of microorganism isolated from "Fermege": The ruminant fermented feed from water hyacinth (*Eichornia crassipes*). International Conference on Science and Technology (ICST 2018). Atlantis Highlights in Engineering (AHE) 1: 96-100. Atlantis Press.
- Jacoby, R. M. Peukert, A. Succurro, A. Koprivova, and S. Kopriva. 2017. The role of soil microorganisms in plant mineral nutrition-current knowledge and future directions". *Front. Plant Sci.*, 8(1617):1-19, DOI: [10.3389/fpls.2017.01617](https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01617).
- Kumawat, N., S. Kumar, R. Kumar, and V.S. Meena. 2017. Nutrient solubilizing microbes (NSMs): Its role in sustainable crop production. *From book Agriculturally Important Microbes for Sustainable Agriculture*, pp 25-61. DOI: 10.1007/978-981-10-5343-6\_2.
- Ma, Y., Oliveira, R.S., Freitas, H., and Zhang, C. 2016. Biochemical and molecular mechanisms of plant-microbe-metal interactions: Relevance for phytoremediation. *Front. Plant Sci.*, 23 June 2016. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00918>.
- Mukhtar S., I. Shahid, S. Mehnaz, K.A. Malik. 2017. Assessment of two carrier materials for phosphate solubilizing biofertilizers and their effect on growth of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Microbiol Res.* 2017 Dec;205:107-117. doi: 10.1016/j.micres.2017.08.011.Epub 2017 Aug 30.
- Nurjaya. 2017. Problem fiksasi fosfor pada tanah berkembang lanjut (Ultisol dan Oxisols) dan alternatif mengatasinya. *Prosiding Seminar Nasional Agroinovasi Spesifik Lokasi untuk Ketahanan Pangan pada Era Masyarakat Ekonomi ASEAN*. Bandar Lampung 19–20 Oktober 2016. Buku 1: 109-117.
- Panhwar QA, Othman R, Rahman ZA, Meon S, Ismail MR .2012. Isolation and characterization of phosphate-solubilizing bacteria from aerobic rice. *Afri J Biotechnol* 11(11):2711–2719
- Rathi M. and Gaur N (2016) Phosphate solubilizing bacteria as biofertilizer and its applications. *J Pharm Res* 10(3):146–148.
- Saeid, A., E. Prochownik, and J. Dobrowolska-Iwanek. 2018. Phosphorus solubilization by *Bacillus* Species. *J Molecules*, 23(11): 2897. doi: [10.3390/molecules23112897](https://doi.org/10.3390/molecules23112897)
- Sandilya, S.P., Bhuyan, P.M., Nageshappa, V., Gogoi, D.K. and Kardong, D. 2017. Impact of *Pseudomonas aeruginosa* NAJ PIA03 affecting the growth and phytonutrient production of castor, A primary host-plant of *Samia ricini*. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 17(20): 499-515.
- Sondang, Y., K. Anty, and R. Siregar. 2019. Identification of endophytic and rhizosphere bacteria in maize (*Zea mays* L.) in Limapuluh Kota Region, West Sumatra, Indonesia. 6th International Conference on Sustainable Agriculture,

Food and Energy. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 347 (2019) 012002, IOP Publishing. doi:10.1088/1755-1315/347/1/012002

Sondang, Y., R. Siregar, dan K. Anty. 2019. Penerapan pupuk hayati dalam meningkatkan produksi jagung (*Zea mays* L.) di Kabupaten Limapuluh Kota. *Unri Conference Series: Community Engagement*, 1 : 202-209. <https://doi.org/10.31258/unricsce.1.202-209>.

Suryantini, 2016. Formulasi bahan pembawa pupuk hayati pelarut fosfat untuk kedelai di tanah masam. *Buletin Palawija* 14(1): 28-35. Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi.

Zhou, X., Wang, Y. and Li, W. 2009. Effect of probiotic on larvae shimp (*Penacus vannamei*) based on water quality, survival rate and digestive enzyme activities. *Aquaculture* 287: 349- 353.