

## KOMPATIBILITAS BEBERAPA SPESIES *Bacillus* SEBAGAI BIOAKTIVATOR PUPUK ORGANIK HAYATI

(Compatibility of Some Species of *Bacillus* as Bioactivator of Biological Organic Fertilizer)

YUN SONDANG<sup>1\*</sup>, MUFLIHAYATI<sup>1</sup>, KHAZY ANTY<sup>1</sup>, RAMOND SIREGAR<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh, Kabupaten Limapuluh Kota, Sumatera Barat, Indonesia

\*E-mail: silitongayun27@gmail.com

### ABSTRACT

*Bacteria is a potential agent in biological organic fertilizer's process. The rate of decomposition of organic matter in biological organic fertilizers process depends on the role of functional bacteria, the type of organic matter and the microenvironment. Bacteria that are inoculated into biological organic fertilizer's matter must be synergistic among them, so that their role as bioactivators more efficient. A compatibility experiment among the bacteria isolates used as bioactivators have to be done in order to obtain an effective and efficient biological organic fertilizer. The objective of the research is to obtain information on the compatible nature of the bacterial isolates. The research was conducted at the Plant Protection Laboratory of the Payakumbuh State Agricultural Polytechnic, West Sumatra from July to August 2022. The research method began with the rejuvenation bacterial isolates of *Bacillus cereus*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus thuringiensis* on NA media, then continued with a compatibility experiment using the dual culture method on NA and King's B medium, so there were a total of 12 treatments (single and combination) with three replications. The results of the compatibility experiment on the three *Bacillus* bacteria did not form a halo inhibition zone and were compatible with the compatibility index value (IK) 0.67-1 on NA medium and 0.90-1.00 on King's B medium, meaning that the growth between the three *Bacillus* bacteria did not inhibit each other, so that all *Bacillus* bacteria could be used as a bioactivator simultaneously in biological organic fertilizer's process.*

*Keywords : bacterial, endophytes, isolate, rhizosphere*

### PENDAHULUAN

Bakteri berperan besar dalam proses pembuatan pupuk organik hayati. Pupuk organik hayati (POH) adalah pupuk organik yang mengandung beberapa mikroorganisme menguntungkan, baik yang berasal dari bahan organik itu sendiri maupun yang diinokulasikan ke dalam pupuk. Jacoby *et al.* (2017) menyatakan pupuk hayati sebagai produk yang diformulasikan mengandung satu atau lebih mikroorganisme yang dapat meningkatkan status hara tanah dan tanaman. Menurut Aleem *et al.* (2003) mekanisme dan cara kerja komunitas mikroorganisme dalam pupuk adalah meningkatkan hara dan zat perangsang tumbuh, serta mengurangi aktivitas patogen tanaman.

Salah satu peran penting bakteri menguntungkan (fungsional) adalah dalam mendekomposisi bahan organik. Kecepatan dekomposisi bahan organik dalam POH tergantung dari jenis bakteri, jenis bahan organik dan lingkungan mikro seperti temperatur, kelembaban dan pH bahan organik. Bakteri yang aktif dalam POH harus bersifat kooperatif dan sinergis antar sesama bakteri supaya efisien dalam peranannya sebagai bioaktivator dekomposisi bahan organik (Asri & Zulaika 2016). Untuk mengetahui sifat kooperatif dan sinergismenya harus diteliti dengan uji kompatibilitas.

Kompatibilitas bakteri adalah asosiasi antara dua genus atau spesies bakteri yang tidak saling mengganggu satu sama lainnya, akan tetapi kegiatan masing-masing genus atau spesies justru saling menguntungkan serta berbagi sumber nutrisi yang sama dalam media hidup yang sama (Asri & Zulaika 2016). Interaksi bakteri yang berasal dari endofit tanaman, memiliki sifat netralisme, simbiosis, dan komensalisme. Sifat inilah yang memberi peluang bakteri dapat bergabung dengan bakteri

lainnya untuk dijadikan bioaktivator dalam pendekomposisi bahan organik pada pembuatan pupuk organik hayati.

Sebagian besar spesies *Bacillus* dapat digunakan sebagai pupuk hayati, karena kemampuan bakteri ini dalam mengikat N nonsimbiotik (Sabate & Audisio 2013), melarutkan K (Ali *et al.* 2019), melarutkan fosfat, Zn dan Si (Kumawat *et al.* 2017). *Bacillus* sp. merupakan *Plant Growth Promotion Rhizobacteria* (PGPR) yang dapat meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman (Sondang *et al.* 2018). *Bacillus* mampu memfiksasi N<sub>2</sub>, melarutkan fosfat serta mensintesis fitohormon IAA (Indole 3-Acetic Acid) (Husna *et al.* 2019a). Diantara genus *Bacillus* yang sering ditemukan dan berperan sebagai PGPR adalah *Bacillus subtilis*, *Bacillus cereus*, dan *Bacillus thuringiensis*.

Tujuan penelitian adalah mendapatkan informasi tentang sifat kompatibilitas isolat *B. cereus*, *B. subtilis*, dan *B. thuringiensis* untuk dapat digunakan sebagai bioaktivator dalam pembuatan pupuk organik hayati.

## BAHAN DAN METODE

### Tempat dan Waktu

Penelitian uji kompatibilitas bakteri dilaksanakan di Laboratorium Perlindungan Tanaman Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh Sumatera Barat. Pelaksanaan penelitian dimulai dari bulan Juli sampai Agustus 2022.

### Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan antara lain tiga isolat awetan ampul yang sudah diproses *freeze-drying* dari bakteri, *Bacillus cereus strain IAM 12605*, *Bacillus subtilis strain HR-4*, *Bacillus thuringiensis* (hasil penelitian Sondang *et al.* 2020), media NA, King's B, aquades steril, dan kertas saring. Alat yang digunakan *hot plate*, timbangan analitik, erlenmeyer, beaker glass, petri dish, gelas ukur, test tube, mikropipet, batang pengaduk, spatula, pinset, dan jarum ose.

### Metode Penelitian

#### Peremajaan Isolat Bakteri

Tiga isolat bakteri *B. cereus*, *B. subtilis*, dan *B. Thuringiensis* yang berasal dari awetan ampul dipotong leher kaca ampulnya dengan menggunakan alat pemotong gelas. Masing-masing isi ampul dilarutkan dengan aquades 1 ml dan diencerkan dengan kelipatan 10 sampai pengenceran 10<sup>7</sup>. Selanjutnya sebanyak 25 µl dari masing-masing suspensi bakteri ditumbuhkan pada medium natrium agar (NA) dan diamati 2 hari setelah penumbuhan.

#### Uji Kompatibilitas beberapa spesies *Bacillus*

Uji kompatibilitas bakteri diawali dengan pembuatan media tumbuh NA dan King's B. Masing-masing medium NA dan King's B diambil 540 ml dicairkan dengan cara dipanaskan di atas *hot plate*. Setelah mencapai suhu ± 45 °C, tuang masing-masing sebanyak 15 ml media ke dalam setiap cawan petri dan total ada 36 cawan petri (3 ulangan), lalu didiamkan selama 15 menit hingga membeku. Sebelumnya rendam kertas saring berdiameter 1 cm ke dalam suspensi bakteri sesuai dengan perlakuan pada kerapatan 10<sup>7</sup> CFU/ml. Kertas saring dimasukkan ke dalam media yang sudah membeku dan inkubasi selama 48 jam pada suhu ± 30 °C. *Bacillus cereus*, *B. subtilis* dan *Bacillus thuringiensis* pada medium padat NA dan King's B dilakukan dengan metode pembiakan ganda. Kriteria indeks kompatibilitas dihitung berdasarkan rumus Hamilton & Attia (1997) seperti rumus berikut:

$$IK = \frac{\text{Pertumbuhan Bakteri tunggal}}{\text{Pertumbuhan Bakteri gabungan}}$$

Apabila  $IK \leq 1$  maka campuran bakteri kompatibel

$IK \geq 1$  maka campuran bakteri tidak kompatibel

Teknik pengumpulan data untuk mengetahui nilai indeks kompatibilitas bakteri dilakukan dengan mengukur diameter koloni bakteri (cm) dan mengamati perbandingan antara pertumbuhan bakteri

tunggal dengan bakteri gabungan, setiap hari mulai dari hari pengujian sampai umur 10 hari. Analisis data dilakukan secara deskriptif kualitatif.

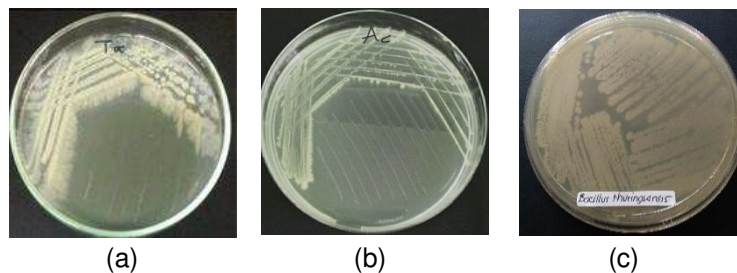
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Peremajaan Isolat Bakteri

Peremajaan isolat bakteri yang dilaksanakan di Laboratorium Perlindungan Tanaman Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh. Isolat bakteri hasil penelitian Sondang *et al.*, (2020) yang telah disimpan selama  $\pm 1$  tahun dalam bentuk bakteri kering dalam ampul ditumbuhkan pada media NA, setelah 2 hari diamati pertumbuhannya. Hasil peremajaan semua bakteri tumbuh dengan jumlah populasi memenuhi syarat kelimpahan bakteri untuk pupuk hayati disajikan pada Tabel 1 dan Gambar 1.

Tabel 1. Spesies dan jumlah populasi bakteri

Spesies Bakteri	Jumlah populasi
<i>B. cereus</i>	$2.8 \times 10^7$ CFU/ml
<i>B. subtilis</i>	$4.3 \times 10^7$ CFU/ml
<i>B. thuringiensis</i>	$5.2 \times 10^7$ CFU/ml



Gambar 1. Bakteri (a) *Bacillus cereus*, (b) *Bacillus subtilis*, (c) *Bacillus thuringiensis*

*B. cereus* strain IAM 12605 ditemukan dari rizosfer tanaman jagung yang dibudidayakan (Sondang *et al.*, 2020). Bakteri ini termasuk bakteri gram-positif, anaerob fakultatif, membentuk spora dan endospore pelindung sehingga dapat tersebar kemana-mana (Liu *et al.* 2017). Kamar *et al.* (2013) menyatakan *B. cereus* tergolong spesies bakteri yang kompleks karena terdiri atas strain patogenik dan nonpatogenik. Sebagai salah satu agen non-patogen pada tanaman, *B. cereus* berpotensi digunakan untuk pengendali biologis secara luas (Arfarita *et al.* 2019).

Hasil penelitian Aini & Linda (2018) *B. cereus* merupakan mikroorganisme yang dapat digunakan sebagai dekomposer. Penggunaan bakteri tersebut mampu mempercepat proses pengomposan Tandan Kosong Kelapa Sasit (TKKS) dalam kondisi aerobik. Salaki (2011) *B. cereus* memiliki inang yang spesifik, dan tidak berbahaya bagi musuh alami hama dan organisme non target lainnya, mudah terbiodegradasi oleh lingkungan, serta dapat dinaikkan patogenisitasnya dengan teknik rekayasa genetik. *B. cereus* meningkatkan prolin, enzim antioksidan, fitohormon dan komponen hasil (Hassan *et al.* 2018)

*Bacillus subtilis* strain HR-4 merupakan bakteri yang diisolasi dari endofit akar serabut tanaman jagung (Sondang *et al.* 2020). Bakteri ini merupakan salah satu genera *Bacillus* yang potensial digunakan sebagai pendekomposisi bahan organik. Karakter dari bakteri ini yaitu menghasilkan hormon pemacu pertumbuhan (Glick, 2012) dan menghasilkan enzim amilase, protease, dan selulosa (Vijayalakshmi *et al.* 2016). Peranan bakteri antagonis sebagai PGPR dapat dilihat dari kemampuannya untuk menghasilkan siderofor, IAA, sebagai pelarut fosfat, dan pemfikasi nitrogen. Hasil penelitian Prihatiningsih *et al.* (2018) menunjukkan bahwa *B. subtilis* yang diuji mampu berperan sebagai penghasil siderofor secara kualitatif. Dijelaskan lebih lanjut bahwa kemampuan bakteri menghasilkan siderofor merupakan komponen penting dalam PGPR, karena siderofor mampu mengikat besi ( $Fe^{3+}$ ) menjadi ikatan siderofor-besi yang menjadi tersedia bagi tanaman.

Menurut Beneduzi *et al.* (2012) bakteri *B. Subtilis* mampu berperan sebagai antagonis melalui mekanisme antibiosis dan kompetisi baik ruang maupun nutrisi. Dijelaskan oleh Egamberdiyeva & Hoflich (2004) selain berperan sebagai PGPR, bakteri antagonis juga dapat berperan sebagai *biofertilizer* dan *bioenhancer* bagi tanaman. Bakteri antagonis sebagai *biofertilizer* karena bakteri tersebut mampu memperbaiki pertumbuhan akardannutrisi. Peranan bakteri antagonis sebagai PGPR dapat dilihat dari kemampuannya untuk menghasilkan siderofor, IAA, sebagai pelarut fosfat, dan pemfikasasi nitrogen.

*B. subtilis* yang berasal dari endofit tanaman jagung dapat digunakan sebagai perangsang tumbuh dan mengendalikan patogen pada tanaman jagung (Sondang *et al.* 2020). Dimana bakteri ini dapat menghasilkan IAA, berperan sebagai pelarut fosfat, dan pelarut Zn (Zahid *et al.* 2015) menyatakan bahwa *B. subtilis* memiliki potensi sebagai perangsang tumbuh tanaman untuk aplikasi di lapangan. *B. subtilis* adalah agens hayati yang sangat penting dalam pengendalian penyakit tanaman. Bakteri ini sangat efektif dalam mengendalikan penyakit hawar daun bakteri (HDB) yang disebabkan oleh *Xanthomonas oryzae* pada tanaman padi.

*B. thuringiensis* merupakan bakteri yang menghasilkan beberapa senyawa metabolit yang menunjukkan aktivitas biosidal dan antagonis (Salazar-Marroquin *et al.* 2016). Sifat bakteri ini, jika nutrisi dimana dia hidup sangat kaya, maka bakteri ini hanya tumbuh pada fase vegetatif, namun bila suplai makanannya menurun maka akan membentuk spora dorman yang mengandung satu atau lebih jenis kristal protein. Kristal ini mengandung protein yang disebut endotoksin yang bersifat lethal jika dimakan oleh serangga yang peka (Bahagiawati 2002). Senyawa metabolit penting yang dibentuk oleh *B. thuringiensis* adalah senyawa antimikroba bakteriosin. Bakteri ini menunjukkan aktivitas penghambatan terhadap bakteri gram-positif dan gram-negatif dan pada tingkat yang lebih rendah terhadap jamur (Salazar-Marroquin *et al.* 2016).

### Uji Kompatibilitas Bakteri

Pada uji kompatibilitas bakteri dibandingkan antara pertumbuhan koloni dari bakteri tunggal dan pertumbuhan 2 atau 3 spesies bakteri yang ditumbuhkan pada satu wadah. Pertumbuhan koloni diamati pada hari kedua setelah uji. Hasil uji kompatibilitas disajikan pada Tabel 2 dan 3.

Tabel 2. Diameter koloni, nilai kompatibilitas dan status bakteri pada media NA

Perlakuan	Kompatibilitas <i>Bacillus</i> spp pada media NA		
	Diameter koloni (cm)	Nilai indeks kompatibilitas (IK)	Status bakteri kompatibel/tidak kompatibel
Bc tunggal	2.10	-	-
Bc x Bs	2.15	0.98	kompatibel
Bc x Bt	2.30	0.91	kompatibel
Bc x Bs x Bt	2.30	0.91	kompatibel
Bs tunggal	1.00	-	-
Bs x Bc	1.20	0.83	kompatibel
Bs x Bt	1.50	0.67	kompatibel
Bs x Bc x Bt	1.40	0.71	kompatibel
Bt tunggal	1.70	-	-
Bt x Bc	1.80	0.94	kompatibel
Bt x Bs	1.80	0.94	kompatibel
Bt x Bc x Bs	1.70	1.00	kompatibel

Keterangan: Bc = *Bacillus cereus*, Bs = *Bacillus subtilis*, Bt = *Bacillus thuringiensis*

Kriteria indeks kompatibilitas yang dihitung berdasarkan rumus Hamilton & Attia (1997) menunjukkan bahwa semua mikroba uji yang dibiakkan pada media NA kompatibel satu sama lainnya. Hal tersebut ditunjukkan oleh nilai indeks kompatibilitas yang lebih kecil dari 1 yaitu berkisar antara 0,67 sampai 1,00 (Tabel 2). Pada Tabel 2 percobaan pertama pada medium NA dengan koloni *B. cereus* yang diuji secara tunggal dan gabungan dalam satu cawan petri masing-masing 0.98, 0.91, 0.91. Percobaan kedua pada medium NA dengan koloni *B. subtilis* yang diuji secara tunggal dan gabungan dalam satu cawan petri masing-masing 0.83, 0.67, 0.71. Percobaan ketiga pada medium

NA dengan koloni *B. thuringiensis* yang diuji secara tunggal dan gabungan dalam satu cawan petri masing-masing 0.94, 0.94, 1.00. Berdasarkan uji ini disimpulkan bahwa dua atau lebih spesies bakteri yang ditempatkan dalam suatu wadah dan bakteri tersebut tidak saling menghambat, maka mikroba tersebut bersifat kompatibel.

Tabel 3. Diameter koloni, nilai kompatibilitas dan status bakteri pada media King's B

Perlakuan	Kompatibilitas <i>Bacillus</i> spp pada media King's B		
	Diameter koloni (cm)	Nilai indeks kompatibilitas (IK)	Status bakteri Kompatibel/ tidak kompatibel
Bc tunggal	1.90	-	-
Bc x Bs	2.00	0.95	kompatibel
Bc x Bt	2.10	0.90	kompatibel
Bc x Bs x Bt	2.11	0.90	kompatibel
Bs tunggal	1.20	-	-
Bs x Bc	1.21	0.99	kompatibel
Bs x Bt	1.23	0.98	kompatibel
Bs x Bc x Bt	1.23	0.98	kompatibel
Bt tunggal	1.50	-	-
Bt x Bs	1.55	0.97	kompatibel
Bt x Bc	1.55	0.97	kompatibel
Bt x Bs x Bc	1.50	1.00	kompatibel

Pada Tabel 3 percobaan pertama pada medium King's B dengan koloni *B. cereus* yang diuji secara tunggal dan gabungan dalam satu cawan petri masing-masing 0.95, 0.90, 0.90. Percobaan kedua pada medium King's B dengan koloni *B. subtilis* yang diuji secara tunggal dan gabungan dalam satu cawan petri masing-masing 0.99, 0.98, 0.98. Percobaan ketiga pada medium King's B dengan koloni *B. thuringiensis* yang diuji secara tunggal dan gabungan dalam satu cawan petri masing-masing 0.97, 0.97, 1.00.

Kombinasi bakteri dikatakan kompatibel karena satu bakteri dapat tumbuh bersama bakteri lainnya tanpa menghambat aktivitas bakteri. Kompatibilitas bakteri menunjukkan bahwa ketiga bakteri dapat digabungkan menjadi suatu konsorsium bakteri. Konsorsium bakteri yang saling kooperatif dan bersinergi akan menentukan kualitas dari pupuk hayati, sama dengan yang dinyatakan oleh Asri & Zulaika (2016) bakteri yang tergabung dalam suatu komunitas harus memiliki hubungan kooperatif, kemensalisme dan mutualistik. Campuran bakteri ini memiliki kelebihan yaitu memiliki fungsi metabolisme yang saling melengkapi satu dengan yang lainnya dalam suatu komunitas (Rifai *et al.* 2020). Husna *et al.* (2019a) ; Husna *et al.* (2019b) menyatakan bahwa konsorsium *Bacillus* pada pupuk hayati cair yang diuji memiliki kemampuan memfiksasi N, melarutkan fosfat dengan memproduksi asam organik serta mensintesis fitohormon IAA. Pendapat yang sama dinyatakan oleh Ahmad *et al.* (2018) bahwa beberapa genera *Bacillus* memiliki kemampuan dalam memfiksasi N dari udara, melarutkan P dan K, mensintesis IAA untuk memacu pertumbuhan dan mampu menekan pertumbuhan pathogen penyebab penyakit.

### KESIMPULAN

Uji kompatibilitas terhadap bakteri *Bacillus cereus*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus thuringiensis* menunjukkan sifat kompatibel antara satu dengan lainnya dengan nilai indeks kompatibilitas antara 0.67-1.00 pada media NA dan antara 0.90-1.00 pada media King's B. Ketiga bakteri dapat digabungkan dalam suatu konsorsium untuk digunakan sebagai bioaktivator dalam pembuatan pupuk organik hayati.

### UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis dan tim mengucapkan terima kasih kepada Dirjen Diksi yang telah mendanai penelitian ini. Pernyataan terima kasih yang sama kepada pimpinan Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh yang telah memfasilitasi penelitian ini sehingga bisa berjalan dengan lancar.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, M Pataczek, Hilger, TH Zahir, ZA Hussain, A Rasche, F Schafleitner, R & Solberg, SQ 2018,. Perspectives of microbial inoculation for sustainable development and environmental management. *Frontiers of Microbiol Journal*, vol. 9 2992. doi: 10.3389/fmicb.2018.02992.
- Ali, AM Awad, M Hegab, SA & Abd El-Gawad A 2019, Promoting effect of potassium solubilizing bacteria (*Bacillus cereus*) on nutrients availability and yield of potato. *Archives of Agriculture Sciences Journal*, vol. 2 no. 2 pp. 43-54. DOI: <https://dx.doi.org/10.21608/aasj.2019.21688.1016>
- Aini, DN & Linda, TM 2020, Potensi konsorsium bakteri selulolitik untuk pengomposan tandan kosong kelapa sawit yang mengandung fitonutrien. *Jurnal Natur Indonesia*, vol. 18 no.1 hlm. 12-19.
- Aleem, A Isar, J & Malik, A 2003, Impact of Long-term Application of Industrial Wastewater on the Emergence of Resistance Traits in *Azotobacter chroococcum* Isolated from Rhizospheric Soil. *Bioresour Technol*, vol. 86 no. 1 pp. 7-13.
- Arfarita, N Muhibuddin, A and Imai, T 2019, Exploration of indigenous free nitrogen-fixing bacteria from rhizosphere of *Vigna radiata* for agricultural land treatment. *Journal Degraded and Mining Lands Management*, vol. 2, no. 6, 1617-1623, doi: 10.15243/jdmlm.2019.062. 1617.
- Asri, AC & Zulaika, E 2016, Sinergisme antar isolat *Azotobacter* yang dikonsorsiumkan. *Jurnal Sains dan Seri ITS*, vol. 5 no. 2 hlm. 2357-3520.
- Bahagiawati 2002, Penggunaan *Bacillus thuringiensis* sebagai bioinsektisida. Balai Penelitian Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik Pertanian, Bogor.
- Beneduzi, A Ambrosini, A & Passaglia. LMP 2012, Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): Their potential as antagonists and biocontrol agents. *Genet. Mol. Biol.*, vol. 35 no. 4 pp. 1044–1051
- Egamberdiyeva, D & Hoflich, G 2004, Effect of plant growth-promoting bacteria on growth and nutrient uptake of cotton and peonias in semi-arid region of Uzbekistan. *J. Arid. Environ.*, vol. 56 no. 2 pp. 293–301.
- Glick, BR 2012, Plant growth-promoting bacteria: Mechanisms and applications. Review Article. Hindawi Publishing Corporation Scientifica, Article ID 963401, vol. 12 pp. 1-15.
- Hamilton J T and Attia F I 1997, Effect of mixtures of *Bacillus thuringiensis* and pesticide on *Plutella xylostella* and the parasite *Thyraella collaris*. *J. Econ. Entomol.* Vol. 70 no. 1 hlm. 146-148.
- Hassan, TU Bano, A Naz, I & Hussain, M 2018. *Bacillus cereus*: A competent plant growth promoting bacterium of saline sodic field. *Pakistan Journal of Botany*, vol. 50 no. 3 pp. 1029-1037.
- Husna, M Sugiyanta & Pratiwi, E 2019a, Kemampuan konsorsium *Bacillus* pada pupuk hayati dalam memfiksasi N<sub>2</sub>, melarutkan fosfat dan mensintesis fitohormon Indole 3-Acetic-Acid. *Jurnal Tanah dan Iklim*, vol. 43 no. 2 hlm. 113-121.
- Husna, M Sugiyanta & Pratiwi, E 2019b, Peran bakteri *Bacillus* sp. dalam penyediaan unsur hara dan zat pengatur tumbuh pada produksi padi sawah. URI <http://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/99335>.
- Jacoby, R Peukert, M Succurro, A Koprivova, A & Kopriva, S 2017, The role of soil microorganisms in plant mineral nutrition-current knowledge and future directions. *Plant Sci.*, no. 8 1617. DOI: [10.3389/fpls.2017.01617](https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01617)
- Kamar, R Gohar, M Jehanno, I Rejasse, A Kallassy, M Lereclus, D Sanchis, V & Ramarao, N 2013, Pathogenic potential of *Bacillus cereus* strain as revealed by phenotypic analysis. *Journal of Clinical Microbiology*, vol. 51 no. pp. 320–323. doi: 10.1128/JCM. 02848-12.
- Kumawat, N Kumar, R Kumar, S & Meena, VS 2017, Nutrient solubilizing microbes (NSMs): Its role in sustainable crops production. Chapter from Book *Agriculturally Important Microbes for Sustainable Agriculture*. pp 25–61.
- Liu, Y Du, J Lai Q Zeng R Ye, D Xu, J & Shao, Z 2017, Proposal of nine novel species of the *Bacillus cereus* group. *International Journal of System and Evolutionary Microbiology*, no. 67 pp. 2499–2508. DOI 10.1099/ijsem 0.001821.
- Prihatiningsih, N Arwiyanto, T Hadisutrisno, B & Widada, J 2015, Mekanisme antibiosis *Bacillus subtilis* B315 untuk pengendalian penyakit layu bakteri kentang. *J. HPT Tropika* vol. 5 no. 1 pp. 64–71.
- Rifai, M.R., Widowati, H., dan Sutanto, A. 2020. Sinergisme dan antagonisme beberapa jenis isolat bakteri yang dikonsorsiumkan. *BioloVA*, vol. 1 no. 1 hlm. 21-26
- Sabate, D.C. and Audisio, M.C. 2013. Inhibitory activity of surfactin, produced by different *Bacillus subtilis* subspecies, against *Listeria monocytogenes* sensitive and bacteriocin-

- resistant strains. *Microbiological Research* Vol. 168, 125-129. doi: 10.1016/j.micres.2012.11.004.
- Salaki CL 2011, Isolasi dan karakterisasi bakteri indigenous (*Bacillus cereus* FRANK.) sebagai agensia pengendali hayati hama kubis. *Eugenia*, vol. 17 no. 1 hlm. 10-15.
- Salazar-Marroquin, EL Galan-Wong, LJ Moreno-Medina, VR Reyes-Lopez, MA & Pereyra-Alferez, B 2016, Bacteriocins synthesized by *Bacillus thuringiensis*: generalities and potential applications, *Reviews in Medical Microbiology*, vol. 27 pp.95-101.
- Sarkar, P & Chourasia R 2017. Bioconversion of organic solid wastes into biofortified compost using a microbial consortium. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*. no. 6, pp. 321–334.
- Sondang, Y Anty, K & Siregar, R 2018, Application of Corn Endofit Bacteria (*Pseudomonas* sp and *Bacillus* sp) to The Physiological Quality of corn seed. *Proseding Seminar Nasional, Peranan Teknologi Perbenihan Berbasis Sumberdaya Lokal dalam Mendukung Ketahanan Pangan*, 26 September 2018, ISBN: 978-602-51262-2-2, pp. 101–108.
- Sondang, Y Anty. K & Siregar, R 2020. Potensi konsorsium bakteri pemacu pertumbuhan sebagai bahan aktif pupuk organik hayati pada tanaman jagung. *Jurnal AGRITECH XXII* no. 2 pp. 110-118, Desember 2020.
- Vijayalakshmi, R Kairunnisa, K Sivvaswamy, S.N Dharan, SS & Natarajan, S 2016. Enzyme production and antimicrobial activity of endophytic bacteria isolated from medicinal plants. *Indian Journal of Science and technology*, vol. 9 no. 14 pp. 1-8. DOI: 10.17485/ijst/2016/v9i14/83143.
- Zahid, M Abbasi, MK Hameed, S & Rahim, N 2015, Isolation and identification of indigenous plant growth promoting rhizobacteria from Himalayan region of Kashmir and their effect on improving growth and nutrient contents of maize (*Zea mays* L.). *Frontiers In Microbiology*, vol. 6 no. 207 pp. 1-11, March 2015. doi: 10.3389/fmicb.2015.00207.

