



EKSPLORASI POTENSI *Bacillus* spp. SEBAGAI BAKTERI PEMACU PERTUMBUHAN TANAMAN DI HUTAN PRIMER RESORT KEMBANG KUNING

**Anak Agung Putu Sidhiawan¹, Sukiman², Sarkono³, Ernin Hidayati⁴,
& Bambang Fajar Suryadi^{5*}**

^{1,2,3,4,&5}Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Mataram, Jalan Majapahit Nomor 62, Mataram, Nusa Tenggara Barat
83115, Indonesia

*Email: bambangfajar@unram.ac.id

Submit: 04-07-2023; Revised: 03-08-2023; Accepted: 19-08-2023; Published: 30-12-2023

ABSTRAK: Resort Kembang Kuning merupakan salah satu Resort Taman Nasional Gunung Rinjani (TNGR) yang memiliki keanekaragaman hayati yang tinggi, sehingga memiliki potensi adanya bakteri pemacu pertumbuhan. *Bacillus* spp., merupakan salah satu spesies bakteri yang berpotensi sebagai bakteri pemacu pertumbuhan tanaman. Tujuan dari penelitian ini, yaitu mengisolasi dan mengetahui kemampuan pelarutan fosfat, penambatan nitrogen, dan aktivitas anti jamur *Bacillus* spp., yang diisolasi dari Hutan Primer Resort Kembang Kuning, Taman Nasional Gunung Rinjani. Penelitian ini merupakan penelitian eksploratif yang terdiri dari isolasi *Bacillus* spp., uji pelarutan fosfat dengan metode *spot inoculation* pada media *Pikovskaya Agar*, uji penambatan nitrogen secara kualitatif menggunakan media *Jensen's Nitrogen-Free*, dan uji aktivitas anti jamur terhadap *Fusarium* sp., dengan metode *dual culture*. Sebanyak 21 isolat bakteri genus *Bacillus* spp., berhasil diisolasi dalam penelitian ini. Uji pelarutan fosfat menunjukkan ada sebanyak 16 isolat bakteri yang dapat melarutkan fosfat, dimana indeks pelarutan fosfat tertinggi dihasilkan oleh isolat P3.1, yaitu sebesar 0,52. Sebanyak satu isolat, yaitu isolat P3.1 memiliki kemampuan menambat nitrogen pada media *Jensen's Nitrogen-Free*. Pada uji anti jamur terhadap *Fusarium* sp., diperoleh tiga isolat bakteri yang mampu menghambat pertumbuhan *Fusarium* sp., dimana daya antagonisme tertinggi dihasilkan oleh isolat P2.8, yaitu sebesar 46,66%. *Bacillus* spp., yang diisolasi dari Resort Kembang Kuning memiliki potensi sebagai PGPB dalam hal perlindungan tanaman terhadap penyakit.

Kata Kunci: *Bacillus*, *Plant Growth Promoting Bacteria*, Resort Kembang Kuning.

ABSTRACT: Kembang kuning resort is one of the Mount Rinjani National Park Resorts that have high biodiversity, so it has the potential for plant growth-promoting bacteria. *Bacillus* sp. is one species of bacteria that has great potential as a plant growth-promoting bacteria. The purpose of this study was to isolate and determine the ability of phosphate solubilization, nitrogen-fixing and anti-fungal activity of *Bacillus* spp. isolated from the Primary Forest of Kembang Kuning Resort, Gunung Rinjani National Park. This research is an exploratory study consisting of the isolation of *Bacillus* sp., phosphate solubilization test with spot inoculation method on *Pikovskaya Agar* media, qualitative nitrogen fixing test using *Jensen's Nitrogen - Free* media, and anti-fungal activity test against *Fusarium* sp. with dual culture method. There were 21 isolates of the genus *Bacillus* successfully isolated in this study. The phosphate solubilization test showed that 16 bacterial isolates could solubilize phosphate, where the highest phosphate solubilization index was produced by isolate P3.1 namely 0,52. A total of one isolate, namely isolate P3.1, can fix nitrogen on *Jensen's Nitrogen-Free* medium. In the anti-fungal test against *Fusarium* sp., three bacterial isolates were obtained that were able to inhibit the growth of *Fusarium* sp., where the highest antagonism was produced by isolate P2.8 which was 46,66%. *Bacillus* spp. isolated from Kembang Kuning Resort has potential as PGPB in terms of crop protection.

Keywords: *Bacillus*, *Plant Growth Promoting Bacteria*, Kembang Kuning Resort.



How to Cite: Sidhiawan, A. A. P., Sukiman., Sarkono., Hidayati, E., & Suryadi, B. F. (2023). Eksplorasi Potensi *Bacillus* spp., sebagai Bakteri Pemacu Pertumbuhan Tanaman di Hutan Primer Resort Kembang Kuning. *Bioscientist : Jurnal Ilmiah Biologi*, 11(2), 1017-1029. <https://doi.org/10.33394/bioscientist.v11i2.8403>



Bioscientist: Jurnal Ilmiah Biologi is Licensed Under a CC BY-SA [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

PENDAHULUAN

Resort Kembang Kuning merupakan salah satu Resort Taman Nasional Gunung Rinjani (TNGR) di bawah Seksi Pengelolaan Wilayah (SPW) II Lombok Timur, yang memiliki keanekaragaman hayati tinggi (Sa'adah *et al.*, 2019). Kondisi ekosistem Hutan Kawasan Resort Kembang Kuning masih terjaga dengan baik, hal ini karena kawasan tersebut merupakan kawasan konservasi alam (Sumarjan, 2021). Kondisi hutan primer yang masih alami dapat mendukung pertumbuhan dan keanekaragaman mikroorganisme dalam tanah, terutama bakteri (Lambui & Jannah, 2017). Keanekaragaman Resort Kembang Kuning yang masih terjaga dengan baik sangat berpotensi untuk dilakukan eksplorasi bakteri dari tanah Hutan Primer Resort Kembang Kuning yang masih alami untuk dimanfaatkan dalam bidang tanah pertanian.

Bacillus spp., merupakan salah satu jenis bakteri yang berpotensi tinggi sebagai bakteri pemacu pertumbuhan tanaman. Genus *Bacillus* memiliki sifat fisiologi yang menarik, karena tiap jenis memiliki kemampuan yang berbeda, di antaranya mampu melarutkan fosfat (Thant *et al.*, 2018), pengikat nitrogen (Zerin, 2020), dan sebagai anti jamur (Mardanova *et al.*, 2017). *Bacillus* spp., memiliki kemampuan untuk bergerak bebas, dapat berkompetisi dengan baik, fakultatif anaerob, dan dapat bersporulasi dalam kondisi lingkungan yang tidak menguntungkan. Kemampuan ini sangat berguna dalam pengaplikasian, karena dapat memberikan umur simpan yang lama (Yanti *et al.*, 2017). Oleh karena itu, *Bacillus* spp., yang memiliki kemampuan sebagai bakteri pemacu pertumbuhan tanaman, sangat berpotensi diisolasi dari tanah Hutan Primer Resort Kembang Kuning sebagai langkah mewujudkan pertanian yang berkelanjutan.

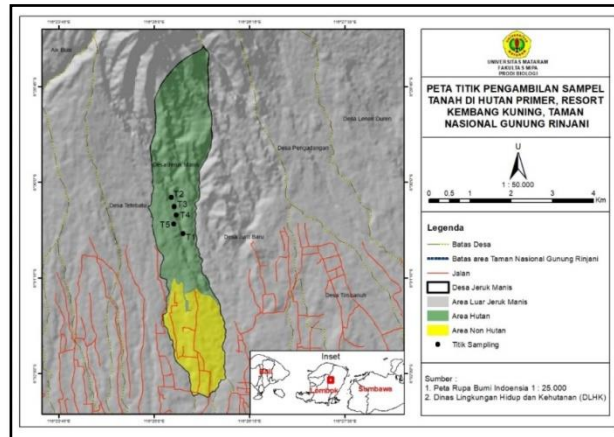
METODE

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Biologi Lanjut dan Laboratorium Imunobiologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mataram, dari bulan Maret 2022 sampai dengan Maret 2023. Penelitian ini merupakan penelitian eksploratif yang terdiri dari pengambilan sampel tanah, isolasi *Bacillus* spp., uji pelarutan fosfat dengan metode *spot inoculation* pada media *Pikovskaya Agar*, uji penambatan nitrogen secara kualitatif menggunakan media *Jensen's Nitrogen-Free*, dan uji aktivitas anti jamur terhadap *Fusarium* sp., dengan metode *dual culture*.

Lokasi Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel dilakukan di Hutan Primer Resort Kembang Kuning, Taman Nasional Gunung Rinjani, Lombok Timur, dengan teknik *purposive sampling*. Adapun kriteria tempat pengambilan sampel tanah, yaitu memiliki *Uniform Resource Locator*: <https://e-journal.undikma.ac.id/index.php/bioscientist>

karakteristik tutupan hutan yang rapat, dan jarang terjamah oleh manusia. Sampel tanah diambil sebanyak 5 titik, dari tiap titik tersebut diambil tanah seberat ± 200 gram yang berasal dari kedalaman 5-10 cm. Peta lokasi pengambilan sampel tanah di Hutan Primer *Resort Kembang Kuning* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta Lokasi Pengambilan Sampel di *Resort Kembang Kuning*, Taman Nasional Gunung Rinjani, Lombok Timur, Nusa Tenggara Barat.

Isolasi Bakteri

Sebanyak 25 gram tanah dimasukkan ke dalam *erlenmeyer* yang berisi 225 mL akuades steril (membentuk konsentrasi 10% b/v). Campuran tersebut kemudian dipanaskan pada suhu 80°C selama 30 menit. Setelah 30 menit, campuran tersebut di *vortex* selama 5 detik, kemudian didiamkan beberapa saat hingga mengendap. Sebanyak 1 mL campuran ini diambil dan dilarutkan dalam 9 mL larutan NaCl fisiologis steril, kemudian dilakukan pengenceran secara bertingkat, hingga didapatkan pengenceran 10^{-1} sampai 10^{-5} . Masing-masing hasil pengenceran tersebut diambil 100 μ L dan disebar pada media *Nutrient Agar* (NA) secara duplo, yang selanjutnya diinkubasi pada suhu 33°C selama 2x24 jam (Mukamto *et al.*, 2015).

Karakterisasi dan Identifikasi

Bakteri yang telah murni dilakukan karakterisasi morfologi koloni, morfologi, fisiologi, dan biokimia. Karakterisasi koloni meliputi warna koloni, bentuk koloni, tepian koloni, elevasi koloni, tekstur koloni, transparansi koloni, logi sel, fisiologi, dan biokimia. Karakterisasi sel dilakukan dengan pewarnaan gram dan pewarnaan spora dengan menggunakan *malachite green*. Uji biokimia dan fisiologi, meliputi uji oksidase, uji gula-gula, uji *methyl red*, uji *voges proskauer*, uji indol, uji motilitas, uji *Triple Sugar Iron Agar* (TSIA), uji *simmon sitrat*, uji hidrolisis pati, dan uji pertumbuhan pada NaCl 6,5%. Identifikasi bakteri mengacu pada buku *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology Ninth Edition*.

Uji Kemampuan Melarutkan Fosfat

Isolat diinokulasikan pada medium *Pikovskaya Agar* dengan menggunakan metode *spot inoculation*. Komposisi dalam 1 Liter medium *Pikovskaya Agar*, yaitu 0,5 g *yeast extract*, 10 g *dextrose* ($C_6H_{12}O_6$), 5 g *calcium phosphate* ($Ca_3(PO_4)_2$), 0,5 g *ammonium sulphate* ($(NH_4)_2SO_4$), 0,2 g *potassium Uniform Resource Locator*: <https://e-journal.undikma.ac.id/index.php/bioscientist>



chloride (KCl), 0,1 g *magnesium sulphate* (MgSO₄), 0,0001 g *manganese sulphate* (MnSO₄), 0,0001 g *ferrous sulphate* (FeSO₄), dan 20 g *Agar* (Susilowati & Syekhfani, 2014). Isolat bakteri diinokulasi pada media *Pikovskaya*, kemudian diinkubasi selama 72 jam pada suhu 33°C (Hartanti, 2020). Zona bening yang mengelilingi koloni diukur dan dihitung indeks kelarutan fosfatnya dengan rumus yang mengacu pada Sitepu *et al.* (2007).

$$\text{Indeks kelarutan fosfat} = \frac{\text{Diameter zona bening}}{\text{Diameter koloni}}$$

Uji Kemampuan Menambat Nitrogen

Isolat bakteri yang telah murni diinokulasikan secara aseptis pada media *Jensen's Nitrogen-Free* dengan komposisi dalam 1 liter mengandung 20 g *sucrose* (C₁₂H₂₂O₁₁), 1 g *dipotassium hydrogen phosphate* (K₂PO₄), 0,5 g *magnesium sulphate* (MgSO₄), 0,5 g *sodium chloride* (NaCl), 0,1 g *ferrous sulphate* (FeSO₄), 0,005 *sodium molybdate* (NaMoO₄), 2 g *calcium carbonate* (CaCO₃), dan 15 g *Agar* ditambahkan dengan *Bromothymol Blue* (BTB) sebagai indikator warna, kemudian diinkubasi pada suhu 33°C selama 3-8 hari (Sulistiyani & Meliah, 2017).

Uji Kemampuan Aktivitas Anti Jamur

Pengujian daya antagonisme dilakukan dengan metode biakan ganda. Koloni jamur *Fusarium* sp., ditumbuhkan pada media *Potato Dextrose Agar* (PDA) dengan jarak 3 cm dari tepi cawan petri, kemudian bakteri uji dalam kertas cakram diinokulasikan dengan jarak 3 cm dari koloni jamur *Fusarium* sp. Pengamatan dilakukan setiap 24 jam sampai pertumbuhan jamur menyentuh ke bagian tepi cawan petri. Persentase daya hambat isolat bakteri terhadap jamur *Fusarium* sp., dihitung menggunakan rumus yang mengacu pada Ningsih *et al.* (2016).

$$\text{Persentase daya hambat} = \frac{R1 - R2}{R1} \times 100 \%$$

Keterangan:

R1 = Jari-jari jamur menuju cawan petri; dan

R2 = Jari-jari jamur menuju bakteri.

Analisis Data

Data yang diperoleh berupa data karakter *Bacillus* spp., yang berhasil diisolasi dari Hutan Primer *Resort Kembang Kuning*. Data uji pelarutan fosfat, uji penambatan nitrogen, dan uji anti jamur disajikan dalam bentuk tabel dan foto yang dianalisis secara deskriptif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Isolasi dan Karakterisasi Bakteri *Bacillus* spp.

Total sebanyak 21 isolat berhasil diisolasi dari lima titik sampel tanah Hutan Primer *Resort Kembang Kuning*, Taman Nasional Gunung Rinjani. Isolat tersebut dimurnikan untuk dilakukan karakterisasi morfologi koloni. Seluruh isolat yang berhasil diisolasi memiliki perbedaan karakteristik morfologi koloni, rata-rata koloni memiliki karakter warna koloni putih atau krim, bentuk koloni



tidak beraturan, tepian koloni bergerigi, elevasi koloni timbul, tekstur koloni licin, dan transparansi koloni buram. Selain karakterisasi koloni, dilakukan karakterisasi sel yang memiliki kesamaan karakter pada seluruh isolat, yaitu memiliki gram positif berbentuk basil dan menghasilkan endospora (Tabel 1).

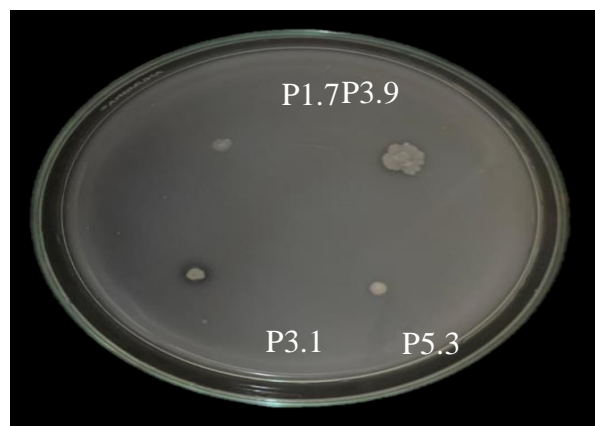
Tabel 1. Karakteristik Morfologi Koloni dan Sel *Bacillus* spp. yang Diisolasi dari Tanah Hutan Primer *Resort Kembang Kuning*.

Isolat	Karakteristik Morfologi							Sel	
	Koloni						Gram	Bentuk sel	Endospora
	Warna Koloni	Bentuk Koloni	Tepian Koloni	Elevasi Koloni	Tekstur Koloni	Transparansi Koloni			
P1.1	Putih	Bulat	Rata	Melengkung	Licin	Buram	+	Basil	+
P1.3	Krim	Bulat	Rata	Melengkung	Licin	Buram	+	Basil	+
P1.4	Krim	Rhizoid	Berbenang	Rata	Tidak licin	Buram	+	Basil	+
P1.6	Putih	Bulat konsentris	Rata	Timbul rata	Tidak licin	Buram	+	Basil	+
P1.7	Krim	Bulat konsentris	Rata	Melengkung	Licin	Buram	+	Basil	+
P2.1	Krim	Bulat	Bergerigi	Membukit	Licin	Buram	+	Basil	+
P2.3	Krim	Tidak beraturan	Bergerigi	Rata	Licin	Buram	+	Basil	+
P2.4	Kuning	Tidak Beraturan	Rata	Timbul rata	Licin	Buram	+	Basil	+
P2.6	Krim bening	Bulat	Rata	Timbul rata	Licin	Transparan	+	Basil	+
P2.8	Bening	Tidak rata	Bergerigi	Rata	Licin	Transparan	+	Basil	+
P3.1	Coklat	Tidak beraturan	Bergerigi	Membukit	Tidak licin	Buram	+	Basil	+
P3.2	Putih krim	Tidak beraturan	Bergelombang	Rata	Licin	Buram	+	Basil	+
P3.4	Coklat krim	Bulat	Rata	Membukit	Licin	Buram	+	Basil	+
P3.5	Krim	Bulat berkerut	Bergerigi	Timbul	Tidak licin	Buram	+	Basil	+
P3.6	Coklat krim	Bulat konsentris	Bergerigi	Timbul	Licin	Buram	+	Basil	+

Isolat	Karakteristik Morfologi							Sel		
	Koloni							Gram	Bentuk sel	Endospora
	Warna Koloni	Bentuk Koloni	Tepian Koloni	Elevasi Koloni	Tekstur Koloni	Transparansi Koloni				
P3.7	Putih	Tidak rata	Bergelombang	Rata	Tidak licin	Buram	+	Basil	+	
P3.8	Coklat kuning	Tidak rata bergaris	Bergelombang	Timbul	Licin	Buram	+	Basil	+	
P3.9	Kuning coklat	Bulat	Bergerigi	Timbul	Tidak licin	Buram	+	Basil	+	
P5.1	Putih	Bulat berbintik	Rata	Timbul rata	Licin	Buram	+	Basil	+	
P5.2	Putih	Tidak beraturan	Bergerigi	Timbul	Kasar	Buram	+	Basil	+	
P5.3	Putih	Bulat	Bergerigi	Timbul rata	Kasar	Buram	+	Basil	+	

Keterangan: (+) Positif.

Hasil uji kemampuan melarutkan fosfat pada medium *Pikovskaya* menunjukkan, bahwa total sebanyak 16 dari 21 isolat memiliki kemampuan melarutkan fosfat, yang ditandai oleh terbentuknya zona bening di sekitar koloni bakteri (Gambar 2).



Gambar 2. Hasil Uji Pelarutan Fosfat Isolat P1.7; P3.9; P3.1; dan P5.3 pada Media *Pikovskaya* Agar, Diinkubasi selama 72 Jam pada Suhu 33°C. Hasil Positif Ditandai Terbentuknya Zona Bening di Sekitar Koloni (Isolat P3.9; P3.1; dan P5.3). Hasil Uji Negatif Tidak Terbentuk Zona Bening (Isolat P1.7).

Masing-masing isolat menghasilkan indeks pelarutan fosfat yang berbeda-beda. Indeks pelarutan fosfat tertinggi dihasilkan oleh isolat P3.1, kemudian

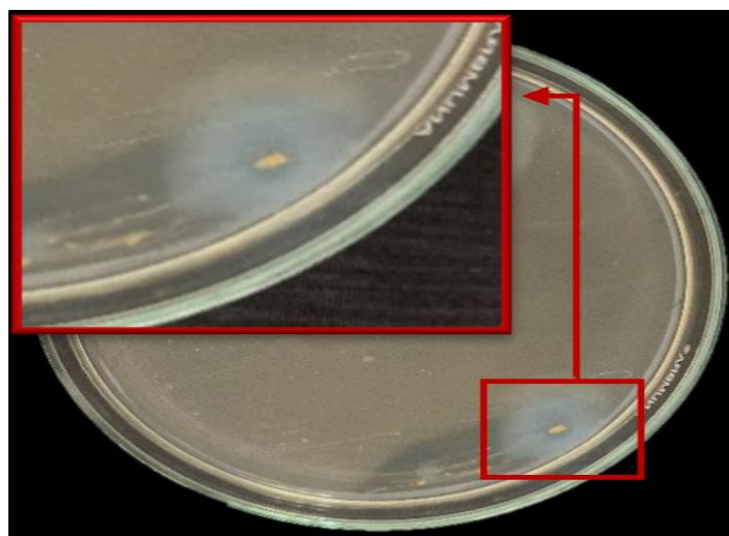
indeks pelarutan fosfat terendah dihasilkan oleh isolat P2.8. Hasil uji pelarutan fosfat dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji Pelarutan Fosfat *Bacillus* spp., yang Diisolasi dari Tanah Hutan Primer Resort Kembang Kuning.

Isolat	Diameter Total (mm)	Diameter Koloni (mm)	Diameter Zona Bening (mm)	Indeks Pelarutan Fosfat (IPF)
P1.1	14.5	13.66	0.84	0.06
P1.4	7.25	6.75	0.5	0.07
P1.6	8	6.5	1.5	0.23
P2.1	8	7.5	0.5	0.07
P2.3	10	9.5	0.5	0.05
P2.4	5.33	4	1.33	0.33
P2.6	4.25	3	1.25	0.42
P2.8	38	37.5	0.5	0.01
P3.1	5.33	3.5	1.83	0.52
P3.4	20.5	19	1.5	0.08
P3.6	18.5	17.83	0.67	0.04
P3.7	7.16	6.7	0.46	0.07
P3.9	9.5	9	0.5	0.06
P5.1	8.16	5.83	2.33	0.40
P5.2	7.25	5.25	2	0.38
P5.3	5.25	4.75	0.5	0.11

Hasil Uji Kemampuan Menambat Nitrogen

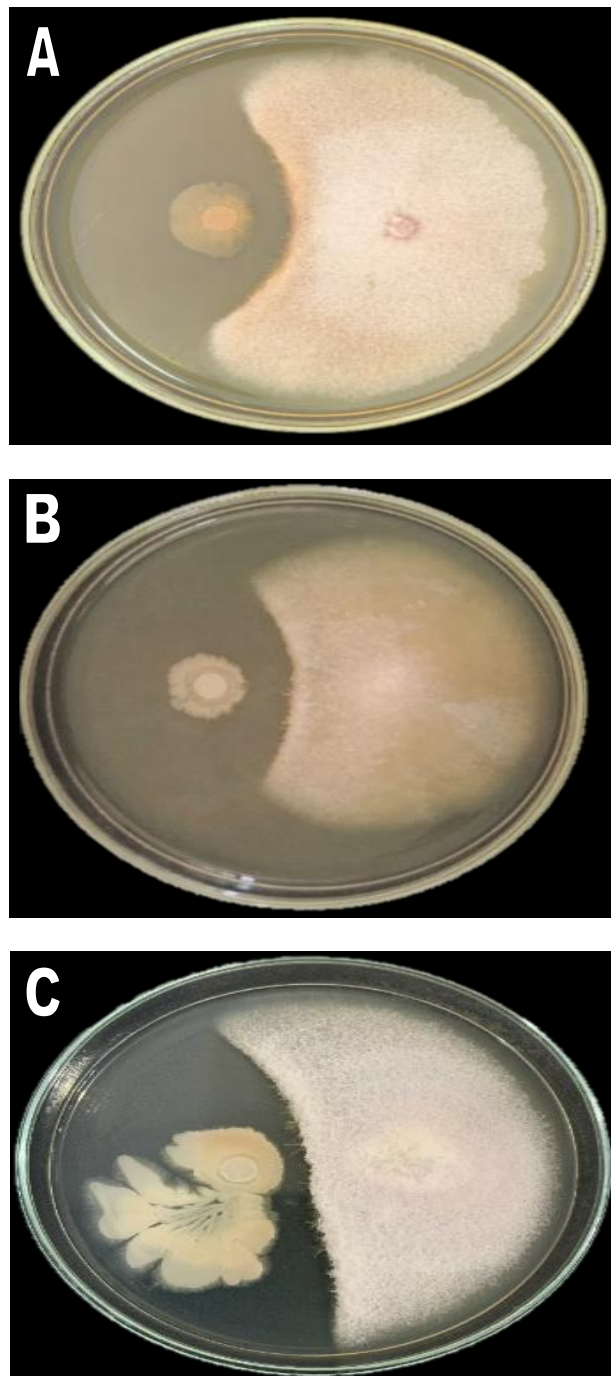
Hasil uji kemampuan menambat nitrogen pada media *Jensen's Nitrogen-Free* secara kualitatif menunjukkan, bahwa dari total 21 isolat yang berhasil diisolasi, hanya satu isolat yang memiliki kemampuan untuk menambat nitrogen, yaitu isolat P3.1. Hasil uji positif kemampuan menambat nitrogen ditandai dengan perubahan warna media *Jensen's Nitrogen-Free* menjadi biru pada sekitar koloni bakteri (Gambar 3).



Gambar 1. Hasil Uji Penambatan Nitrogen Isolat P3.1 pada Media *Jensen's Nitrogen-Free*, Diinkubasi selama 14 Hari pada Suhu 33°C. Hasil Uji Positif Ditandai dengan Perubahan Warna Media Menjadi Biru pada Sekitar Koloni Bakteri.

Hasil Uji Kemampuan Aktivitas Anti Jamur

Sebanyak tiga dari total 21 isolat, yaitu isolat P1.3, P2.6, dan P2.8 memiliki kemampuan aktivitas anti jamur terhadap *Fusarium* sp., yang ditandai oleh terbentuknya zona inhibisi pada koloni jamur *Fusarium* sp., menuju koloni isolat bakteri *Bacillus* spp., yang diuji (Gambar 4).



Gambar 4. Hasil Uji Aktivitas Anti Jamur terhadap *Fusarium* Sp., pada Media PDA, Diinkubasi selama 7 Hari pada Suhu 33°C. A) Isolat P2.8; B) Isolat P1.3; dan C) Isolat P2.6.



Daya kerja antagonisme tertinggi dihasilkan oleh isolat P2.8 sebesar 46,66%, diikuti dengan isolat P1.3 dengan daya antagonisme sebesar 40%, dan P2.6 yang memiliki daya antagonisme yang juga sebesar 40% (Tabel 3).

Tabel 3. Hasil Uji Aktivitas Anti Jamur *Bacillus* spp. yang Diisolasi dari Tanah Hutan Primer Resort Kembang Kuning.

Isolat	Jari-jari Koloni <i>Fusarium</i> sp. Menuju Koloni Bakteri (mm)	Daya Antagonisme
P1.3	18	40%
P2.6	18	40%
P2.8	16	46.66%

Pembahasan

Isolasi *Bacillus* spp., dilakukan dengan perlakuan pemanasan dengan suhu 80°C selama 30 menit, hal ini bertujuan untuk mematikan sel vegetatif mikroba lain yang tidak tahan panas pada sampel tanah. *Bacillus* spp., memiliki endospora yang merupakan struktur dengan dinding sel tebal, dan lapisan tambahan pada sel bakteri yang dibentuk pada bagian dalam membran sel. Endospora memiliki kemampuan resistensi terhadap panas ekstrim, kondisi kurang air, dan radiasi (Mukamto *et al.*, 2015). Hal tersebut memungkinkan *Bacillus* spp., tetap bertahan dalam sampel untuk diisolasi, akan tetapi bakteri yang memiliki endospora tidak hanya dari genus *Bacillus* saja. Oleh karena itu, penting untuk dilakukan identifikasi lanjutan dengan mengkarakterisasi morfologi koloni, sel, biokimia, dan fisiologi dari bakteri yang diisolasi.

Pengujian pelarutan fosfat pada penelitian ini menggunakan media *Pikovskaya Agar*. Fosfat yang terkandung dalam media *Pikovskaya* berikatan dengan kalsium (Ca_3PO_4). Uji positif pelarutan fosfat ditandai dengan terbentuknya zona bening pada sekitar koloni bakteri yang mengindikasikan adanya aktivitas melarutkan atau memecah ikatan fosfat dengan unsur lain, seperti kalsium (Ca) oleh bakteri (Mukamto *et al.*, 2015). Berdasarkan hasil penelitian, didapatkan sebanyak 16 isolat *Bacillus* spp., yang dapat melarutkan fosfat, hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Kibrom *et al.* (2017), bahwa *Bacillus* pelarut fosfat dapat diisolasi dari tanah dengan kondisi lingkungan yang berbeda, dan dari 64 sampel tanah, 33% di antaranya merupakan pelarut fosfat.

Bakteri pelarut fosfat memiliki berbagai mekanisme untuk menjadikan fosfat dapat dimanfaatkan oleh tanaman. Di antaranya, yaitu dengan menurunkan pH tanah, khelasi, dan mineralisasi. Mekanisme utama dalam melarutkan fosfat tanah adalah dengan menurunkan pH tanah dengan memproduksi asam organik. Pada tanah alkali, fosfat dapat mengendap membentuk kalsium fosfat yang tidak larut dalam tanah. Kelarutan fosfat meningkat seiring dengan penurunan pH tanah, mikroorganisme pelarut fosfat pada umumnya melarutkan fosfat anorganik dengan memproduksi asam organik yang menurunkan pH tanah. Asam organik *Bacillus* yang dilaporkan dapat melarutkan fosfat adalah, *2-ketogluconic*, *citric acid*, *malic acid*, *succinic acid*, *fumaric acid*, *tartaric acid*, dan *gluconic acid*. *Gluconic acid* dan *2-ketogluconic* merupakan zat yang paling sering melarutkan mineral fosfat (Kalayu, 2019; Satyaprakash *et al.*, 2017; Selvi *et al.*, 2017). Mekanisme khelasi berkerja dengan mengkelat kation yang terikat pada fosfat



dengan gugus hidroksil dan karboksil dari asam yang diproduksi oleh bakteri, sehingga mengubahnya menjadi bentuk yang larut. Asam-asam yang diproduksi dapat melengkapi situs fiksasi Al dan Fe oksida yang tidak larut. Dalam proses reaksi dan menstabilkannya disebut “khelat”.

Mekanisme lain dalam melarutkan fosfat adalah mineralisasi. Fosfat organik akan diubah menjadi bentuk yang dapat digunakan oleh bakteri pelarut fosfat. Proses tersebut terjadi pada tanah dengan menggunakan sisa tumbuhan dan hewan yang mengandung sejumlah besar senyawa fosfor, seperti asam nukleat dan fosfolipid. Mineralisasi dan imobilisasi P organik tanah memiliki peran penting dalam siklus fosfor. Bakteri pelarut fosfat memineralisasi P organik tanah melalui fosfatase seperti *phytase*. Fosfatase merupakan enzim yang akan dikeluarkan jika ketersediaan fosfat rendah. Enzim tersebut menghidrolisis bentuk organik senyawa fosfat, sehingga melepaskan fosfor anorganik yang akan diimobilisasi oleh tanaman. *Bacillus* dapat memineralisasi fosfat organik kompleks melalui enzim ekstraseluler, seperti *phytases* dan *phospholipases* (Hartanti, 2020; Kalayu, 2019).

Pengujian penambatan nitrogen secara kualitatif pada penelitian ini menggunakan media *Jensen's Nitrogen-Free*. Pada penelitian ini didapatkan satu isolat, yaitu isolat P3.1 yang dapat menambat nitrogen. Hasil ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Rilling *et al.* (2018), bahwa mikroba terduga pengikat N₂ pada rizosfer dan endosfer tanaman sereal di Chile, salah satunya merupakan *Firmicutes* (*Bacillus* dan *Psychrobacillus*).

Uji aktivitas anti jamur bertujuan untuk mengetahui kemampuan aktivitas anti jamur dari *Bacillus* spp., yang berhasil diisolasi terhadap *Fusarium* sp. Banyak penelitian telah melaporkan, bahwa *Bacillus* spp., dapat menghasilkan berbagai metabolit dengan aktivitas anti jamur dan anti bakteri. Isolasi strain antagonis yang baru perlu dilakukan guna meningkatkan pengendalian hayati dan menekan penyakit tanaman. Beberapa strain *Bacillus* memiliki kemampuan menekan pada pertumbuhan fitopatogen, dan dapat diaplikasikan sebagai agen biokontrol (Mardanova *et al.*, 2017).

Berdasarkan hasil uji, sebanyak tiga isolat, yaitu isolat P1.3, P2.6, dan P2.8 memiliki kemampuan aktivitas anti jamur yang ditandai oleh terbentuknya zona hambat pada koloni *Fusarium* sp., yang menuju ke koloni bakteri uji. *Bacillus* spp., dapat melindungi tanaman terhadap mikroorganisme fitopatogenik melalui sejumlah mekanisme, seperti bersaing dalam mendapatkan nutrisi penting, dan bersifat antagonistik dengan memproduksi metabolit fungitoksik, khususnya melalui sintesis polipeptida siklik, atau menginduksi resistensi sistemik pada tanaman.

Beberapa spesies dari genus *Bacillus* diketahui menghasilkan antibiotik. Berdasarkan jalur biosintesisnya, metabolit ini dapat dikelompokkan menjadi dua kategori utama, yaitu peptida yang disintesis oleh ribosomal (termasuk bakteriosin), dan peptida kecil yang disintesis secara enzimatis melalui jalur non ribosomal, dimana antibiotik peptida menjadi yang paling dominan. Sintesis antibiotik peptida non ribosomal terjadi melalui beberapa tahap yang mencakup pemilihan dan kondensasi residu asam amino lipopeptida siklik (kelompok iturin), dan *macrolactones* (*surfactins*, *fengycins*, dan *plipastatins*). Dalam konteks



biokontrol, lipopeptida yang diproduksi *Bacillus* dikelompokkan menjadi tiga, yaitu *surfactin*, *iturin*, dan *fengycin*. *Iturin* dan *fengycin* dilaporkan memiliki aktivitas anti jamur yang kuat, sedangkan pada *surfactin* tidak ditemukan aktivitas yang kuat. *Surfactin* dapat membantu pembentukan *biofilm* yang stabil pada permukaan inang, dengan demikian berfungsi melindungi bakteri dari antibiosis dan persaingan dari mikroorganisme yang lain (Khan *et al.*, 2017; Mardanova *et al.*, 2017; Mora *et al.*, 2015).

Fengycin merupakan polipeptida siklik yang secara khusus menghambat pertumbuhan jamur berfilamen. *Fengycin* dapat mempengaruhi membran biologis jamur dengan pembentukan pori pada membran, namun mekanisme rinci dari *fengycin* dalam aktivitas anti jamurnya belum sepenuhnya dapat dijelaskan (Mardanova *et al.*, 2017). Berdasarkan hasil dan pembahasan di atas, potensi *Bacillus* spp., yang berhasil diisolasi sebagai PGPB dalam hal kemampuan melarutkan fosfat dan penambat nitrogen, dinilai kurang baik. Berbeda dengan kemampuan aktivitas anti jamur yang memiliki potensi, karena menghasilkan daya antagonisme yang tergolong kuat.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa: 1) total sebanyak 21 isolat genus *Bacillus* berhasil diisolasi dari Hutan Primer Resort Kembang Kuning; 2) sebanyak 16 isolat mampu melarutkan fosfat dengan indeks pelarutan fosfat tertinggi, sebesar 0,52 oleh isolat P3.1; 3) sebanyak satu isolat dapat menambat nitrogen secara kualitatif, yaitu isolat P3.1; dan 4) sebanyak 4 isolat memiliki kemampuan aktivitas anti jamur dengan daya kerja antagonisme tertinggi dihasilkan oleh isolat P2.8 sebesar 46,66%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada orang tua, keluarga, teman seperjuangan, Grup Riset Teknologi Mikrobial, serta seluruh staf dan dosen pengajar di kelompok Riset Mikrobial, Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mataram, atas dukungan yang telah diberikan.

DAFTAR RUJUKAN

- Hartanti, D. A. S. (2020). Isolasi Bakteri Endofit Pelarut Fosfat pada Tanaman Padi (*Oryza sativa*) var. situbagendit. *Stigma : Jurnal Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam UNIPA*, 13(1), 8-14. <https://doi.org/10.36456/stigma.13.1.2417.8-14>
- Kalayu, G. (2019). Phosphate Solubilizing Microorganisms: Promising Approach as Biofertilizers. *Hindawi : International Journal of Agronomy*, 2019, 1-7. <https://doi.org/10.1155/2019/4917256>
- Khan, N., Maymon, M., & Hirsch, A. M. (2017). Combating Fusarium Infection using *Bacillus*-Based Antimicrobials. *Microorganisms*, 5(4), 1-13. <https://doi.org/10.3390/microorganisms5040075>
- Kibrom, F. G., Alemayehu, W., Prakasam, V. R., & Kiros, W. (2017). Isolation and Characterization of Efficient Phosphate Solubilizing *Bacillus* (PSB)



- from Different Agro-Ecological Zones of Tigray Soil, Ethiopia. *Momona Ethiopian Journal of Science*, 9(2), 262-273. <https://doi.org/10.4314/mejs.v9i2.9>
- Lambui, O., & Jannah, M. (2017). Isolasi dan Identifikasi Bakteri Tanah di Hutan Sekitar Danau Kalimpa'a, Kawasan Taman Nasional Lore Lindu, Sulawesi Tengah. *Natural Science : Journal of Science and Technology*, 6(1), 73-82. <https://doi.org/10.22487/25411969.2017.v6.i1.8081>
- Mardanov, A. M., Hadieva, G. F., Lutfullin, M. T., Khilyas, I. V., Minnullina, L. F., Gilyazeva, A. G., Bogomolnaya, L. M., & Sharipova, M. R. (2017). *Bacillus subtilis* Strains with Antifungal Activity against the Phytopathogenic Fungi. *Agricultural Sciences*, 8(1), 1-20. <https://doi.org/10.4236/as.2017.81001>
- Mora, I., Cabrefiga, J., & Montesinos, E. (2015). Cyclic Lipopeptide Biosynthetic Genes and Products, and Inhibitory Activity of Plant-Associated *Bacillus* Against Phytopathogenic Bacteria. *PLoS ONE*, 10(5), 1-21. <https://doi.org/10.2436/20.1501.01.151>
- Mukamto., Ulfa, S., Mahalina, W., Syauqi, A., Istiqfaroh, L., & Trimulyono, G. (2015). Isolasi dan Karakterisasi *Bacillus* sp. Pelarut Fosfat dari *Rhizosfer* Tanaman Leguminosae. *Sains & Matematika*, 3(2), 62-68.
- Ningsih, H., Hastuti, U. S., & Listyorini, D. (2016). Kajian Antagonis *Trichoderma* spp., terhadap *Fusarium Solani* Penyebab Penyakit Layu pada Daun Cabai Rawit (*Capsicum frutescens*) secara *In Vitro*. In *Proceeding Biology Education Conference* (pp. 814-817). Surakarta, Indonesia: Universitas Sebelas Maret.
- Rilling, J. I., Acuña, J. J., Sadowsky, M. J., & Jorquera, M. A. (2018). Putative Nitrogen-Fixing Bacteria Associated with the Rhizosphere and Root Endosphere of Wheat Plants Grown in an Andisol from Southern Chile. *Frontiers in Microbiology*, 9(1), 1-13. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.02710>
- Sa'adah, V. S., Zuhud, E. A. M., & Siswoyo, D. (2019). Potensi Pemanfaatan Tumbuhan Aromatik di *Resort* Kembang Kuning, Taman Nasional Gunung Rinjani, Nusa Tenggara Barat. *Media Konservasi*, 24(1), 1-10.
- Satyaprakash, M., Nikitha, T., Reddi, E. U. B., Sadhana, B., & Vani, S. S. (2017). Phosphorous and Phosphate Solubilising Bacteria and their Role in Plant Nutrition. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(4), 2133-2144. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.604.251>
- Selvi, K., Paul, J., Vijaya, V., & Saraswathi, K. (2017). Analyzing the Efficacy of Phosphate Solubilizing Microorganisms by Enrichment Culture Techniques. *Biochemistry & Molecular Biology Journal*, 3(1), 1-7. <https://doi.org/10.21767/2471-8084.100029>
- Sitepu, I. R., Hashidoko, Y., Santoso, E., & Tahara, S. (2007). Potent Phosphate-Solubilizing Bacteria Isolated from Dipterocarps Grown in Peat Swamp Forest in Central Kalimantan and their Possible Utilization for Biorehabilitation of Degraded Peatland. In *Proceedings of the international symposium and workshop on tropical Peatland* (pp. 1-6). Bogor, Indonesia: CV. Prima Karya.



- Sulistiyani, T. R., & Meliah, S. (2017). Isolation and Characterization of Nitrogen Fixing Endophytic Bacteria Associated with Sweet Sorghum (*Sorghum bicolor*). In *Proceedings 1st SATREPS Conference* (pp. 110-117). Bogor, Indonesia: Indonesian Institute of Sciences.
- Sumarjan. (2021). Keanekaragaman Jenis Vegetasi di Kawasan *Resort* Kembang Kuning Kabupaten Lombok Timur. *Biocaster : Jurnal Kajian Biologi*, 1(1), 43-50. <https://doi.org/10.36312/bjkb.v1i1.29>
- Susilowati, L. E., & Syekhfani. (2014). Characterization of Phosphate Solubilizing Bacteria Isolated from Pb Contaminated Soils and their Potential for Dissolving Tricalcium Phosphate. *Journal of Degraded and Mining Lands Management*, 1(2), 57-62.
- Thant, S., Aung, N. N., Aye, O. M., Oo, N. N., Htun, T. M. M., Mon, A. A., Mar, K. T., Kyaing, K., Oo, K. K., Thywe, M., Phwe, P., Hnin, T. S. Y., Thet, S. M., & Latt, Z. K. (2018). Phosphate Solubilization of *Bacillus Megaterium* Isolated from Non-Saline Soils under Salt Stressed Conditions. *Journal of Bacteriology & Mycology*, 6(6), 335-341. <https://doi.org/10.15406/jbmoa.2018.06.00230>
- Yanti, Y., Habazar, T., Reflinaldon., Nasution, C. R., & Felia, S. (2017). Indigenous *Bacillus* spp. Ability to Growth Promoting Activities And Control Bacterial Wilt Disease (*Ralstonia solanacearum*). *Biodiversitas*, 18(4), 1562-1567. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d180435>
- Zerin, T. (2020). Isolation of *Bacillus* spp. from Rhizosphere of garden Soil: Their Potential Role in Amylase Production and Nitrogen Cycle. *Stamford Journal of Microbiology*, 10(1), 12-15. <https://doi.org/10.3329/sjm.v10i1.50726>