

ARTIKEL

ISOLASI BAKTERI PERLARUT FOSFAT (BPF) PADA HUTAN PRODUKSI DI KAWASAN HUTAN DENGAN TUJUAN KHUSUS (KHDTK) PUJON HILL UMM, KABUPATEN MALANG

[Isolation of Phosphate-Solubilizing Bacteria (PSB) in Production Forests in a Special Purpose of Forest (SPOF) Pujon Hill UMM, Malang Regency]

Mokhamad Yusuf Romadloni, Febri Arif Cahyo Wibowo*, Tria Wahidiah, Abyan Pradipta

Program Studi Kehutanan, Fakultas Pertanian-Peternakan, Universitas Muhammadiyah Malang Jalan Raya Tlogomas No. 246 Tlogomas, Babatan, Tegalgondo, Kec. Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur 65144

ABSTRAK

Ketersediaan unsur fosfat dalam tanah yang rendah disebabkan karena terikat oleh koloid tanah. Tanah yang memiliki pH asam maka fosfat akan diikat oleh unsur seperti Al, Fe sedangkan tanah yang memiliki pH basa maka akan diikat oleh unsur Ca. Upaya yang dilakukan untuk mengatasi rendahnya unsur fosfat yang tersedia di dalam tanah adalah dengan memanfaatkan Bakteri Pelarut Fosfat (BPF), karena mikroba tersebut merupakan jasad renik tanah yang memiliki kemampuan melepaskan ikatan fosfat dan berperan penting dalam melarutkan unsur fosfat yang tidak tersedia menjadi tersedia. Tujuan pertama dari penelitian ini adalah untuk mengisolasi BPF dan untuk mengidentifikasi BPF yang dapat digunakan sebagai agens hayati untuk mendukung konservasi tanah. Dan tujuan kedua dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kelimpahan koloni BPF. Metode yang digunakan yaitu menggunakan pengujian secara makroskopis dan biokimia. Analisis yang digunakan adalah menggunakan deskriptif kuantitatif. Koloni paling banyak ditemukan yaitu pada kode sampel HP-1-D dengan jumlah koloni 266×10^4 cfu/ μ l dan paling sedikit yaitu pada kode sampel HP-2-B dengan jumlah isolat 6×10^4 cfu/ μ l. Jenis genus Bakteri Pelarut Fosfat (BPF) yang berhasil diidentifikasi pada Hutan Produksi di KHDTK Pujon Hill UMM diantaranya yaitu genus *Micrococcus sp* dan *Bacillus sp* yang memiliki sifat yaitu gram positif dan katalase positif.

Kata kunci: Fosfat, BPF, Pikovskaya, Hutan Produksi

ABSTRACT

*The availability of phosphate elements in the soil is low due to being bound by soil colloids. Soil that has an acidic pH, phosphate will be bound by elements such as Al, Fe, while soils that have an alkaline pH will be bound by Ca elements. Efforts are being made to overcome the low level of phosphate available in the soil by utilizing Phosphate-Solubilizing Bacteria (PSB), because these microbes are soil microorganisms that have the ability to release phosphate bonds and play an important role in dissolving phosphate elements that are present in the soil. unavailable becomes available. The first purpose of this study was to isolate PSB and was to identify of PSB which can be used as biological agents to support soil conservation. The second purpose of this study was to determine the abundance of PSB colonies. The method used is using macroscopic and biochemical testing. The analysis used is descriptive quantitative. The most colonies were found in the sample code HP-1-D with a colony number of 266×10^4 cfu/ μ l and the least was in the sample code HP-2-B with an isolate number of 6×10^4 cfu/ μ l. The types of PSB that have been identified in the Production Forest at KHDTK Pujon Hill UMM include the genera *Micrococcus sp* and *Bacillus sp* which have gram-positive and catalase-positive properties.*

Keywords: Phosphate, PSB, Pikovskaya, Production Forest

Diterima: 15 Agustus 2022; **Diperbaiki:** 11 Oktober 2022; **Disetujui:** 22 Maret 2024

***Penulis untuk Korespondensi:** e-mail – febririf14@umm.ac.id

PENDAHULUAN

Kawasan Hutan Dengan Tujuan Khusus (KHDTK) merupakan suatu kawasan hutan yang ditetapkan sebagai keperluan penelitian dan juga pengembangan (litbang), pendidikan serta pelatihan dan kepentingan religi serta budaya setempat, sesuai dengan amanat Undang-Undang (UU) No. 41 Tahun 1999 dengan tanpa mengubah fungsi suatu kawasan yang dimaksud. Di KHDTK Pujon Hill UMM terbagi menjadi beberapa kawasan hutan diantaranya yaitu hutan lindung, hutan agroforestri dan hutan produksi. Hutan Produksi merupakan suatu kawasan hutan yang memiliki fungsi pokok yaitu memproduksi hasil hutan (Taati, 2015). Hutan yang memiliki fungsi produksi (hutan produksi) merupakan kawasan hutan yang ditumbuhi oleh pepohonan keras yang perkembangannya selalu diusahakan dan dikhususkan untuk dipanen hasilnya, baik berupa kayu-kayuan maupun hasil-hasil sampingan lainnya seperti getah dan lain-lain. KHDTK Pujon Hill UMM sendiri terdiri beberapa jenis pohon, diantaranya *Toona sp*, *Persea americana*, *Artocarpus heterophyllus*, *Camponosperma sp*, *Aghatis dammara* dan *Pinus merkusii*.

Hutan produksi yang lestari memiliki upaya pengelolaan untuk memproduksi hasil hutan dalam bentuk kayu maupun *non-kayu* secara berkesinambungan tanpa mengganggu fungsi ekosistem hutan. Terdapat beberapa bioprospeksi pemanfaatan mikroba hutan yaitu untuk kesehatan (*bio-health*), lingkungan (bioremediasi, bioplastik), energi (bioenergi), dan kehutanan (pemicu pertumbuhan) (Hidayat & Turjaman, 2020). Salah satu mikroba yang dapat meningkatkan ketersediaan unsur hara fosfat dalam tanah adalah bakteri pelarut fosfat (BPF).

Pertumbuhan tanaman membutuhkan ketersediaan hara yang melimpah, salah satu yang dibutuhkan tanaman adalah ketersediaan fosfat di tanah. Fosfat termasuk salah satu unsur hara yang mutlak dibutuhkan oleh tanaman karena memiliki peran dalam menyimpan dan mentransfer energi serta sebagai komponen protein dan asam nukleat (Silitonga *et al.*, 2013). Selain itu unsur fosfat termasuk salah satu unsur esensial kedua setelah N yang berperan penting dalam fotosintesis dan perkembangan akar. Fosfat (P) juga salah satu unsur hara makro yang sangat penting diserap tanaman untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Handayani *et al.*, 2016). Hutamy, Heydiana, B., (2019) menyatakan bahwa Fosfat (P) juga dapat diserap tanaman dalam bentuk $H_2PO_4^-$, HPO_4^{2-} , dan PO_4^{3-} . Akan tetapi, ketersediaan unsur fosfat (P) yang sangat rendah yaitu bisa mencapai 0,01% dari total fosfat (P), hal ini disebabkan karena terikat oleh koloid tanah (Hutamy, Heydiana, B., 2019). Ritonga *et al.*, (2015) menyatakan bahwa tanah yang memiliki pH asam maka unsur fosfat akan diikat oleh unsur seperti Al, Fe sedangkan tanah yang memiliki pH basa maka tanah akan diikat oleh unsur Ca.

Dengan adanya permasalahan tersebut, salah satu upaya yang dilakukan untuk mengatasi rendahnya unsur fosfat yang tersedia di dalam tanah adalah dengan memanfaatkan BPF. BPF merupakan jasad renik tanah yang memiliki kemampuan melepaskan ikatan fosfat dan berperan penting dalam melarutkan unsur fosfat yang tidak tersedia menjadi tersedia, sehingga dapat digunakan tanaman untuk tumbuh dan berkembang (Purwaningsih, 2012). BPF merupakan bakteri dekomposer yang mengkonsumsi senyawa karbon sederhana, seperti eksudat akar dan sisa-sisa tanaman, sehingga mikroba tersebut dapat menghasilkan enzim fosfatase dan asam organik berupa asam sitrat, suksinat, glutamat, tartat, fumarat, glikonat, laktonat, propionat, asetat, format. Asam organik tersebut nantinya dapat menurunkan reaktivitas ion dan menyebabkan pelarutan yang efektif sehingga fosfat yang terfiksasi dapat tersedia untuk tanaman (Setiawati *et al.*, 2014). Oleh karena itu, penelitian ini sangat penting dilaksanakan yang pertama yaitu untuk mengisolasi BPF dan untuk mengidentifikasi BPF yang selanjutnya dapat digunakan sebagai agens hayati untuk mendukung konservasi tanah. Kedua yaitu untuk mengetahui kelimpahan BPF di dalam sampel tanah.

BAHAN DAN CARA KERJA

Waktu dan Tempat Pelaksanaan

Kegiatan penelitian dilakukan pada bulan Mei-Juli 2021. Pengambilan sampel tanah dilaksanakan di KHDTK Pujon Hill UMM, Kabupaten Malang untuk pengambilan sampel tanah dan penelitian dilakukan di Laboratorium Kehutanan, Fakultas Pertanian-Peternakan, Universitas Muhammadiyah Malang untuk pengujian sampel tanah dan analisis hasil penelitian.

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel tanah, media agar selektif (pikovskaya), KOH 3%, H₂O₂ 3%. Alat yang digunakan yaitu meteran, bor tanah, cetok, *soil tester*, termometer, GPS, plastik wrap, plastik klip, *box ice*, cawan petri, tabung reaksi, gelas ukur, pipet volume, pipet tetes, batang L, jarum ose, spatula, kaca preparat, neraca digital, autoklaf, LAF (*Laminar Air Flow*), magnetik stirer, bunsen spiritus, plastik petromax, aluminium foil, dan karet.

Pengambilan Sampel

Sampel tanah yang akan diteliti diperoleh dari kawasan hutan produksi di KHDTK Pujon Hill UMM, Kabupaten Malang menggunakan metode *purposive random sampling* (Sofiana et al., 2016). Teknik pengambilan ini dilakukan di tiap-tiap titik sehingga dapat mewakili kawasan penelitian secara menyeluruh dan meminimalisir terjadinya bias terhadap data yang diperoleh. Pada tiap titik sampel tanah dilakukan pengukuran pH, kelembaban menggunakan *soil tester*, suhu menggunakan termometer dan dilakukan penitikan koordinat menggunakan GPS. Jarak pengambilan tiap sampel tanah minimal berjarak ± 50 meter, selanjutnya setiap sampel diambil menggunakan metode diagonal (Musyafa et al., 2016). Dengan membuat petak sebanyak 5 petak dan setiap petak yang dibuat berukuran 20x20 meter. Sampel tanah diambil menggunakan bor tanah hingga kedalaman ± 30 cm, selanjutnya didekomposit dan diambil sebanyak 1 kg. Sampel tanah yang diambil dimasukkan ke dalam plastik klip dan disimpan di *box ice*. Penyimpanan tersebut berguna supaya suhu tanah tetap stabil. Sampel yang sudah diperoleh selanjutnya dilakukan pengujian di Laboratorium Kehutanan, Fakultas Pertanian-Peternakan, Universitas Muhammadiyah Malang.

Isolasi Bakteri Pelarut Fosfat

Isolasi BPF diawali dengan mengambil 1 gram sampel tanah yang sudah terdekomposit, selanjutnya dilakukan pengenceran berseri sampai dengan 10^{-7} . Pada tiap sampel ditumbuhkan dengan menggunakan media selektif Pikovskaya. Komposisi bahan pembuatan media pikovskaya adalah 10 g/l glukosa; 0,2 g/l KCl; 0,1 g/l MgSO₄; 0,1 g/l MnSO₄; 0,1 g/l FeSO₄; 5 g/l Ca₃(PO₄); 0,5 g/l (NH₄)₂SO₄; 15 g/l agar. Semua bahan media tersebut dicampur dan diaduk hingga homogen serta dipanaskan menggunakan *magnetik stirer* sampai larut, kemudian dituangkan pada botol steril untuk disterilisasi. Media yang sudah steril selanjutnya dituang pada cawan petri steril di dalam LAF (*Laminar Air Flow*). Setelah media padat selanjutnya dilakukan penanaman sebanyak 0,1 ml pada tiap cawan petri. Setiap sampelnya dilakukan penanaman sebanyak 5 kali ulangan. Selanjutnya dilakukan inkubasi pada suhu ruang selama 7 hari. Adanya pertumbuhan BPF ditandai dengan terbentuknya zona bening di sekitar koloni bakteri. Menurut Ilham et al., (2014), BPF memiliki kemampuan hidup pada media pikovskaya dengan ditandai terbentuknya zona bening (*halo*) di sekitar koloni bakteri.

Uji Makroskopis Bakteri Pelarut Fosfat (BPF)

Koloni tunggal BPF yang sudah didapat selanjutnya dilakukan pengamatan secara makroskopis, dimana bagian yang diamati berupa penampakan morfologinya, diantaranya yaitu warna, bentuk, ukuran, elevasi, topografi, dan sifat optik koloni. Menurut Ilham et al., (2014) karakteristik makroskopis BPF yaitu dengan berbentuk bulat, berwarna putih, dan memiliki zona bening di sekeliling tepi koloni. BPF yang tumbuh pada media selektif *Pikovskaya* di hitung pada setiap cawan petri dan diolah dengan menggunakan rumus = Σ Koloni Bakteri pada Cawan Petri x 1/Faktor Pengenceran.

Uji Sifat Biokimia Bakteri Pelarut Fosfat

Uji Gram dilakukan dengan cara koloni tunggal BPF yang didapat selanjutnya dianalisis dengan pengujian reaksi gram untuk mengetahui apakah bakteri terisolasi merupakan Gram positif atau Gram negatif. Satu tetes KOH 3% diletakkan pada kaca preparat yang ditambahkan 1 ose biakan tunggal bakteri, kemudian diaduk melingkar selama ± 5 detik menggunakan jarum ose yang selanjutnya diamati ada tidaknya lendir dengan mengangkat jarum ose secara perlahan dan berulang kali. Koloni bakteri termasuk ke dalam reaksi positif (Gram negatif) jika terlihat berlendir sebaliknya apabila reaksi positif menunjukkan bahwa bakteri tersebut termasuk (Gram positif) (Nonci *et al.*, 2015).

Uji Katalase dilakukan dengan cara koloni tunggal BPF yang didapat selanjutnya dianalisis dengan pengujian katalase untuk mengetahui bakteri tergolong katalase positif atau katalase negatif. Satu tetes H₂O₂ 3% diletakkan pada kaca preparat yang ditambahkan 1 ose biakan tunggal bakteri, kemudian diamati reaksinya ada tidaknya gelembung. Bila ada gelembung udara menunjukkan bahwa reaksi tersebut positif dan bila tidak terdapat gelembung udara maka reaksi tersebut negatif (Panjaitan *et al.*, 2020).

Perhitungan Kelimpahan Koloni Bakteri Pelarut Fosfat (BPF)

Dalam perhitungan kelimpahan koloni bakteri pelarut fosfat (BPF) pada media pikovskaya dilakukan dengan menggunakan metode *Total Plate Count* (TPC) (Estining Tyas *et al.*, 2018). Metode TPC merupakan suatu metode yang digunakan untuk menghitung total jumlah koloni bakteri yang muncul pada cawan petri yang telah berisi media, dimana jumlah koloni tersebut berkisar sekitar 30 – 300 koloni. Rumus perhitungan kelimpahan koloni bakteri yaitu Total Koloni Bakteri = Σ Koloni bakteri pada cawan petri x 1/Faktor pengenceran.

Analisis Data

Analisis yang digunakan dalam penelitian ini yaitu secara kualitatif dengan menggunakan analisis deskriptif yang digunakan untuk menganalisis data dari hasil pengamatan makroskopis BPF berupa (warna, bentuk, elevasi, topografi, sifat optik koloni) dan data hasil uji biokimia (uji gram dan uji katalase). Dan menggunakan analisis secara kuantitatif dengan menggunakan analisis deskriptif yang digunakan untuk menganalisis data dari pengamatan jumlah koloni BPF.

HASIL

Berdasarkan hasil dari perhitungan jumlah koloni total BPF pada sampel tanah ditampilkan pada tabel di bawah ini:

Tabel 1. Kelimpahan Koloni Bakteri (*Table 1. Abundance of Bacterial Colonie*)

No	Kode Isolat (<i>Isolate Code</i>)	Koloni / Cawan (<i>Colony/Cup</i>)	CFU/mL	CFU/ μ L		
1	HP-1-D	266	2,660,000,000	$2,7 \times 10^7$	2,660,000	266×10^4
2	HP-2-A	26	260,000,000	$2,6 \times 10^7$	260,000	26×10^4
3	HP-2-B	6	60,000,000	$6,0 \times 10^7$	60,000	6×10^4
4	HP-2-C	15	150,000,000	$1,5 \times 10^7$	150,000	15×10^4
5	HP-2-D	13	130,000,000	$1,3 \times 10^7$	130,000	13×10^4
6	HP-2-E	86	860,000,000	$8,6 \times 10^7$	860,000	86×10^4
7	HP-3-A	200	2,000,000,000	$2,0 \times 10^9$	2000,000	200×10^4
8	HP-3-B	199	1,990,000,000	$2,0 \times 10^7$	1990,000	199×10^4
9	HP-3-C	121	1,210,000,000	$1,3 \times 10^7$	1,210,000	121×10^4
10	HP-3-E	265	2,650,000,000	$2,7 \times 10^7$	2,650,000	265×10^4
11	HP-5-D	33	330,000,000	$3,3 \times 10^7$	330,000	33×10^4

Tanah yang merupakan tempat asal pertumbuhan BPF harus memiliki pH dan suhu tertentu untuk menunjang kehidupan BPF agar dapat hidup dengan baik. Hasil pengamatan pH dan suhu tanah pada Hutan Produksi di KHDTK Pujon Hill UMM, ditampilkan pada tabel di bawah ini:

Tabel 2. pH dan Suhu Tanah di KHDTK Pujon Hill UMM (*Table 2. pH and Soil Temperature at KHDTK Pujon Hill UMM*)

No.	Kawasan (Area)	pH	Suhu (Temperature) (°C)
1	HP-1	6,9	23
2	HP-2	6,9	25
3	HP-3	6,9	22
4	HP-4	6,9	23
5	HP-5	6,9	24

Koloni dari BPF yang tumbuh pada media Pikovskaya, yang sudah di inkubasi di suhu ruang selama 7 hari dan selanjutnya dilakukan pengamatan makroskopis pada koloni tunggal setiap cawan petri. Berdasarkan hasil pengamatan yang dilakukan didapatkan morfologi koloni dari BPF yang tumbuh pada media Pikovskaya di sampel HP-1 hingga HP-5 sebagaimana ditampilkan pada tabel di bawah ini:

Tabel 3. Morfologi Koloni Bakteri Pelarut Fosfat (BPF) dan Uji Biokimia (*Table 3. Phosphate Solvent Bacterial Colony Morphology and Biochemical Assays*)

Kode Isolat (Isolate Code)	Morfologi (Morphology)						Uji Gram (Gram Test)	Uji Katalase (Catalase Test)
	Warna (Color)	Bentuk (Shape)	Ukuran (Measure) (mm)	Elevasi (Elevation)	Topografi (Topography)	Sifat Optik (Optical properties)		
HP-1-A, HP-2-A, HP-3-A, HP-5-D	Putih (White)	Bulat dengan Tepian Timbul (Round with Embossed Edges)	± 3	Convex	Licin (Slick)	Opaque	+	+
HP-2 (B, C, D, E) dan HP-3 (B, C, E)	Putih (White)	Bulat (Round)	± 2	Convex	Licin (Slick)	Opaque	+	+

Hasil dari pengamatan yang dilakukan secara makroskopis dan pengujian sifat biokimia dari setiap isolat BPF yang tumbuh pada media selektif Pikovskaya digunakan untuk identifikasi genusnya. Berdasarkan pengamatan makroskopis dan pengujian kimia, maka terdapat genus dari BPF yang sudah teridentifikasi sebagaimana ditampilkan pada tabel di bawah ini:

Tabel 4. Karakteristik Bakteri Pelarut Fosfat (BP)

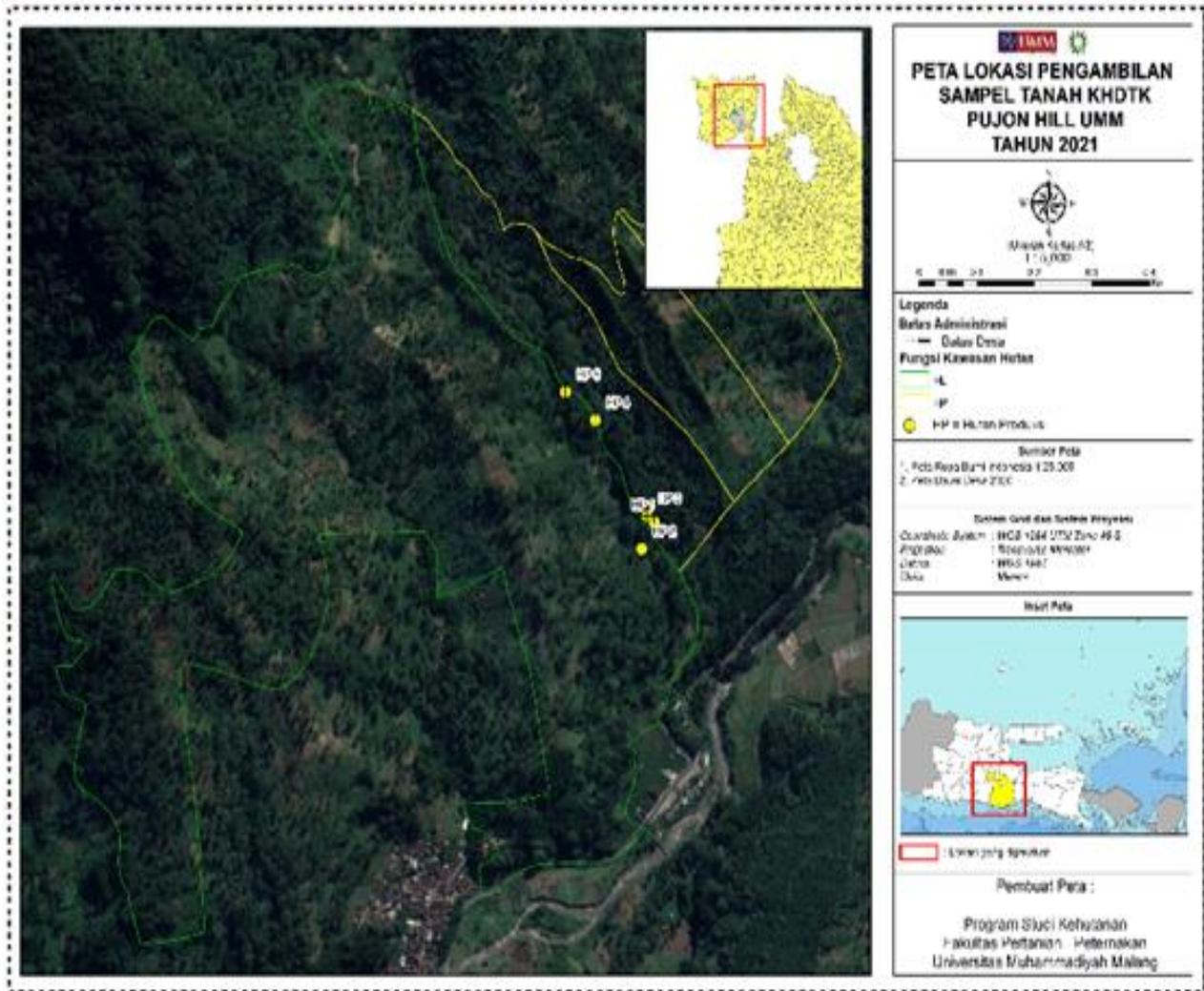
Ciri-Ciri (Features)	Kode Isolat (Isolate Code): HP-1-A, HP-2-A, HP-3-A dan HP-5-D	Kode Isolat (Isolate Code): HP-2 (B, C, D, E) dan HP-3 (B, C, E)
	Genus <i>Bacillus</i> sp.	Genus <i>Micrococcus</i> sp.
Kenampakan Isolat (Appearance of Isolates)		
Warna (Color)	Putih (White)	Putih
Bentuk (Shape)	Bulat dengan Tepian Timbul (Round with Embossed Edges)	Bulat (Round)
Ukuran (Measure)	±3 mm	±2 mm
Elevasi (Elevation)	Convex	Convex
Topografi (Topography)	Licin (Slick)	Licin
Sifat Optik (Optical Properties)	Opaque	Opaque
Uji Gram (Gram Test)	Positif (Positive)	Positif
Uji Katalase (Catalase Test)	Positif	Positif

PEMBAHASAN

Gambaran Umum KHDTK Pujon Hill UMM

Lokasi penelitian terletak di DesaTretes, Kecamatan Pujon yang berada di sekitar kawasan hutan produksi dan hutan lindung. Terdapat kawasan hutan produksi yang terdiri beberapa jenis pohon, diantaranya yaitu *Toona sp*, *Persea americana*, *Artocarpus heterophyllus*, *Camptosperma sp*, *Aghatis dammara* dan *Pinus merkusii*.

Kelimpahan Koloni Bakteri



Gambar 1. Peta Lokasi Pengambilan Sampel Tanah (*Figure 1. Map of Soil sampling Location*) (Sumber: Misal Google Earth 2023 dan modifikasi)

Data Tabel 1 hasil penelitian jumlah populasi setiap cawan petri yang dilakukan perhitungan setiap harinya dan di akhir pengamatan mendapatkan jumlah koloni paling banyak yaitu pada kode isolat HP-1-D dengan jumlah koloni sebanyak 266×10^4 cfu/ μ l dan paling sedikit yaitu pada kode isolat HP-2-B dengan jumlah isolat sebanyak 6×10^4 cfu/ μ l.

Sampel tanah tersebut diambil di bawah tegakan pinus. Pohon pinus merupakan salah satu pohon yang memiliki senyawa eksudat, senyawa eksudat ini digunakan mikroorganisme sebagai sumber nutrisi dan sumber karbon bagi pertumbuhannya (Tambunan, 2019). Eksudat sendiri merupakan senyawa metabolit yang dikeluarkan hasil dari aktivitas metabolisme pada akar tanaman yang dimanfaatkan bakteri untuk bertahan hidup serta memperbanyak diri, sehingga akan mempengaruhi banyaknya jumlah populasi. Komposisi senyawa eksudat yang dikeluarkan juga tergantung pada umur tanaman dan fase pertumbuhan tanaman yang akan menentukan jumlah populasi dari Bakteri Pelarut Fosfat di dalam tanah (Purwaningsih, 2012).

Selain mengeluarkan senyawa metabolit berupa eksudat, pohon pinus juga memiliki suatu zat yang dinamakan resin. Resin ini juga dapat menghasilkan senyawa berupa metabolit, akan tetapi senyawa tersebut bersifat alelopati. Rendahnya jumlah bakteri pelarut fosfat dipengaruhi karena adanya senyawa alelopati. Hal ini sesuai dengan pernyataan Tambunan, (2019) bahwa tanaman pinus memproduksi eksudat sekunder yang bersifat alelopati yang akan mempengaruhi populasi bakteri di sekitar tanamannya. Senjaya and Surakusumah, (2007) juga menyatakan bahwa senyawa alelopati juga terkandung pada daun dari pohon pinus segar. Menurut pernyataan Suparnorampus *et al.*,

(2020) bahwa kondisi suatu lahan yang memiliki unsur fosfat tersedia yang tinggi dapat menghambat produksi dari BPF.

pH dan Suhu Tanah di KHDTK Pujon Hill UMM

Pengukuran pH dan suhu pada lokasi penelitian ini erat hubungannya dengan keberagaman, populasi serta kehidupan BPF. pH pada tanah merupakan salah satu dari faktor dalam ketersediaannya unsur hara di dalam tanah. Sesuai dengan pernyataan Marista, Khotimah and Linda, (2013) bahwa pH tanah merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi perubahan bentuk tidak tersedia menjadi tersedia melalui reaksi kimia. Pada umumnya kehidupan optimum Bakteri Pelarut Fosfat untuk perkembangannya yaitu berkisar antara 5,6-7 (Suparnorampus *et al.*, 2020). Sedangkan dapat diketahui bahwa BPF juga dapat hidup pada suhu berkisaran 22-25°C. Akan tetapi BPF tumbuh optimum pada suhu 30-40°C (Ilham *et al.*, 2014). BPF juga memiliki enzim yang dinamakan enzim fosfatase (Larasati *et al.*, 2018). Enzim fosfatase merupakan suatu kelompok yang mengkatalisis mineralisasi hidrolitik dengan melepaskan fosfat yang tidak larut menjadi terlarut. Jika suhunya rendah maka kandungan asam enzim fosfatase juga semakin rendah. Hal ini sesuai dengan pernyataan Dewanti *et al.*, (2016) bahwa aktivitas enzim dimulai dari suhu rendah bertambah hingga mencapai suhu yang optimum.

Morologi Koloni Bakteri Pelarut Fosfat (BPF) dan Uji Biokimia

Pengamatan makroskopis ini dilakukan untuk membantu dalam mengklasifikasikan atau mengidentifikasi genus sesuai dengan morfologi yang didapatkan, dengan cara melihat koloni BPF pada media selektif Pikovskaya secara detail. Hal ini sesuai dengan penelitian Wardani *et al.*, (2020) bahwa pengamatan karakteristik morfologi sangat perlu dilakukan untuk mempermudah dalam proses identifikasi dari jenis bakteri. Klasifikasi merupakan suatu cara untuk mengelompokkan unit yang berdasarkan ciri-cirinya (Wibawa *et al.*, 2018).

Berdasarkan data pengujian makroskopis tersebut pada isolat HP-1-A, HP-2-A, HP-3-A dan HP-5-D memiliki ciri-ciri warna putih, bentuk bulat dengan tepian timbul, berukuran ± 3 mm, elevasi flat, topografinya licin dan bersifat optik opaque. Sedangkan pada isolat HP-2-B, HP-2-C, HP-2-D, HP-2-E, HP-3-B, HP-3-C dan HP-3-E memiliki ciri-ciri warna putih, bentuk bulat, ukuran ± 2 mm, elevasi *convex*, topografi licin dan bersifat optik *opaque* (tidak tembus cahaya).

Hasil dari uji makroskopis yang dilakukan terdapat beberapa perbedaan pada morfologi koloni BPF yaitu pada bentuk dan ukuran, sedangkan morfologi yang sama yaitu pada warna, topografi, elevasi dan sifat optik. Perbedaan pada bentuk, ukuran dan elevasi isolat koloni ini disebabkan karena setiap genus bakteri memiliki karakteristik yang berbeda-beda. Hal ini sesuai dengan penelitian Yulitaasary *et al.*, (2017) bahwa isolat koloni yang diperoleh memiliki karakter morfologi yang berbeda-beda sesuai dengan genusnya.

Isolat BPF sebanyak 11 yang sudah didapatkan memiliki kesamaan sifat kimia yaitu Gram positif. Hal ini sesuai dengan pernyataan Taniwan *et al.*, (2016) bahwa beberapa BPF merupakan bakteri yang dikelompokkan ke dalam gram positif. Suatu bakteri dapat dikelompokkan ke dalam Gram positif apabila isolat bakteri tersebut direaksikan dengan string kalium hidroksida (KOH) 3% tidak terbentuknya lendir. Tidak terbentuknya lendir ini dikarenakan mikroba tersebut dinding selnya memiliki suatu lapisan peptidoglikan yang tebal, sehingga sulit untuk terpecah. Hal ini sesuai dengan pernyataan Hardiansyah *et al.*, (2020) bahwa bakteri dengan Gram positif tidak membentuk lendir karena memiliki dinding sel yang terdiri dari lapisan peptidoglikan yang sangat tebal.

Hasil dari ke-11 isolat BPF memiliki kesamaan yang merupakan bakteri dengan sifat kimia Katalase Positif. Hal ini sesuai dengan pernyataan Mukamto *et al.*, (2015), Pambudi *et al.*, (2017) dan juga Oksana *et al.*, (2020) bahwa BPF merupakan bakteri yang dikelompokkan dalam Katalase positif. Isolat BPF yang memiliki sifat kimia Katalase positif ditandai dengan adanya gelembung-gelembung udara hasil dari reaksi H₂O₂ 3%. Hal ini sesuai dengan pernyataan Pambudi *et al.*, (2017) bahwa isolat bakteri yang bersifat katalase positif akan membentuk suatu gelembung udara. Isolat BPF yang bersifat Katalase positif maka memiliki suatu enzim yang dinamakan dengan enzim Katalase. Enzim Katalase ini digunakan BPF dalam mempertahankan diri dari hidrogen peroksida.

Hidrogen peroksida merupakan zat toksik yang berbahaya bagi organisme. Isolat BPF yang memiliki enzim katalase mampu mengubah hidrogen peroksida menjadi air (H₂O) dan oksigen (O₂), sehingga tidak berbahaya terhadap mikroba tersebut. Hal ini sesuai dengan pernyataan Panjaitan *et al.*, (2020) bahwa enzim katalase akan mengkatalisis dalam penguraian hidrogen peroksida (H₂O₂) yang berbahaya menjadi oksigen dan air yang tidak berbahaya bagi organisme. Adanya hidrogen peroksida yaitu terbentuknya dalam metabolisme aerob dalam tanah. Selain berbahaya bagi organisme tanah hidrogen peroksida juga sangat berbahaya bagi tanaman karena kemampuannya yang dapat merusak sel-sel tanaman. Hal ini sesuai dengan pernyataan Pambudi *et al.*, (2017) bahwa hidrogen peroksida merupakan zat toksik yang berbahaya bagi tanaman karena kemampuannya yang dapat menghancurkan sel dengan cepat.

Karakteristik Bakteri Pelarut Fosfat (BP)

Pada media selektif Pikovskaya BPF akan tumbuh membentuk koloni dengan zona bening di sekelilingnya. Zona bening yang dibentuk BPF dapat dinyatakan bahwa bakteri tersebut memiliki kemampuan melarutkan unsur fosfat yang tidak tersedia menjadi tersedia. Terbentuknya zona bening disekeliling koloni BPF karena adanya zat asam organik yang diekskresikan oleh bakteri yang kemudian berikatan dengan ion C_a dari Ca₃(PO₄) pada media Selektif Pikovskaya dan membebaskan ikatan tersebut menjadi H₂PO₄⁻, sehingga membentuk area di sekitar koloni yang berwarna jernih. Hal ini sesuai dengan pernyataan Oksana *et al.*, (2020) bahwa kemampuan dalam melarutkan fosfat dapat ditandai dengan adanya zona bening di sekeliling koloni BPF.

Bacillus sp merupakan salah satu genus BPF yang berhasil diidentifikasi. Bakteri ini ditemukan pada setiap plot penelitian. Genus *Bacillus sp.* ini memiliki kemampuan dalam menyediakan unsur fosfat yang tidak tersedia menjadi tersedia. Hasil pengamatan dan pengujian yang dilakukan terdapat ciri-ciri dari genus *Bacillus sp* memiliki ciri-ciri diantaranya yaitu berwarna putih, berbentuk bulat dengan tepian timbul, berukuran ±2 mm, elevasi convex (cembung), topografi licin, memiliki sifat optik opaque (tidak tembus cahaya), memiliki sifat kimia yaitu gram Positif dan Katalase positif. Hal ini sesuai dengan penelitian Marista *et al.*, (2013) yang menyatakan bahwa Bakteri Pelarut Fosfat dengan genus *Bacillus sp.* memiliki karakteristik dengan warna putih, elevasi convex (cembung), bentuk bulat dengan tepian timbul dan topografi licin. Dan dalam penelitian Chairani *et al.*, (2016) juga menyatakan bahwa Bakteri pelarut Fosfat dengan Genus *Bacillus sp.* memiliki sifat kimia yaitu gram positif dan katalase positif. Berikut adalah klasifikasi dari BPF dengan genus *Bacillus sp.*

Kingdom	: Bacteria
Divisi	: Firmicutes
Kelas	: Firmibacteria
Ordo	: Bacillales
Famili	: Bacillaceae
Genus	: <i>Bacillus sp.</i>

Bakteri Pelarut Fosfat dengan genus *Bacillus sp.* merupakan bakteri aerob dan anaerob fakultatif yang menggunakan O₂ sebagai penerima elektron terakhir pada rantai respirasi selnya. Genus *Bacillus sp.* juga mempunyai suatu kemampuan yaitu dengan membentuk endospora pada kondisi suatu lingkungan yang tidak menguntungkan baginya, sehingga bakteri dengan genus tersebut mampu bertahan hidup. Marista *et al.*, (2013) Menyatakan bahwa genus *Bacillus sp.* memiliki kemampuan hidup di beberapa jenis tanah rizover karena kemampuannya dalam membentuk endospora. Endospora merupakan suatu struktur dari bakteri yang dapat bertahan dalam suatu keadaan yang tidak menguntungkan baginya seperti kekeringan, kekurangan nutrisi, serta terkena bahan-bahan kimia (Puspitasari *et al.*, 2012).

BPF dengan genus *Micrococcus sp.* memiliki ciri-ciri diantaranya yaitu berwarna putih, berbentuk bulat dengan tepian timbul, berukuran ±3 mm, elevasi convex, topografi licin, memiliki sifat optik opaque (tidak tembus cahaya), memiliki sifat kimia yaitu gram Positif dan Katalase positif. Hal ini sesuai dengan penelitian Friska, Khotimah and Linda, (2015) bahwa Bakteri pelarut Fosfat (BPF) dengan genus *Micrococcus sp.* memiliki karakteristik warna putih, bentuk bulat, elevasi

convex. Dan di dalam penelitian Chairani, Budiarti and Kartika, (2016) juga menyatakan bahwa Bakteri Pelarut Fosfat dengan Genus *Micrococcus sp.* memiliki sifat kimia yaitu Gram positif dan Katalase positif. Berikut adalah klasifikasi dari Bakteri Pelarut Fosfat (BPF) dengan genus *Micrococcus sp.*:

Kingdom	: Bacteria
Divisi	: Actinobacteria
Kelas	: Actinobacteria
Ordo	: Actinomycetales
Famili	: Micrococceaceae
Genus	: <i>Micrococcus sp.</i>

Genus Micrococcus sp. merupakan jenis bakteri yang memiliki kemampuan atau pernanan melarutkan fosfat di dalam tanah. Bakteri *Micrococcus sp.* juga termasuk bakteri yang memiliki enzim katalase dan sifat hidupnya yaitu aerob dan aerob fakultatif. Hasil data penelitian yang didapatkan diketahui bahwa bakteri *Micrococcus sp.* banyak sekali di temukan pada kawasan hutan produksi di KHDTK Pujon Hill UMM, karena pada wilayah tersebut masih banyak terdapat tanaman yang memiliki akar dan biasanya digunakan sebagai tempat hidup Bakteri Pelarut Fosfat (BPF) dengan genus *Micrococcus sp.*, sehingga bakteri tersebut mampu bertahan hidup. Hal ini sesuai dengan penelitian Marista *et al.*, (2013) yang menyatakan bahwa genus *Micrococcus sp.* seringkali banyak ditemukan di lapisan perakaran.

Secara keseluruhan hasil yang sudah teridentifikasi terdapat 2 genus Bakteri Pelarut Fosfat (BPF), diantaranya yaitu *Bacillus sp.* dan *Micrococcus sp.* yang terdapat di KHDTK Pujon Hill UMM. Bakteri *Micrococcus sp.* merupakan bakteri paling banyak jumlahnya, akan tetapi hanya ditemukan pada plot 2, 3 dan 5, sedangkan bakteri dengan genus *Bacillus sp.* ditemukan pada setiap plot pengambilan sampel yaitu pada plot 1, 2, 3 dan 5. Karena bakteri dengan genus *Bacillus sp.* memiliki kemampuan membentuk endosperma untuk hidup dan beradaptasi pada tempat yang tidak sesuai. Disisi lain Bakteri dengan Genus *Bacillus sp.* juga memiliki ketinggian dalam melarutkan unsur fosfat yang tidak tersedia menjadi tersedia. Hal ini sesuai dengan penelitian Karina, (2016) yang menyatakan bahwa Bakteri pelarut Fosfat dengan genus *Bacillus sp.* memiliki ketahanan yang tinggi faktor kimia, suhu ekstrim, sifat fisik, dan juga memiliki kemampuan yang tinggi dalam melarutkan fosfat.

KESIMPULAN

Ditinjau ulang dari hasil penelitian yang diperoleh terdapat jenis genus BPF yang berhasil terisolasi dan diidentifikasi pada Hutan Produksi di KHDTK Pujon Hill UMM diantaranya yaitu genus *Micrococcus sp* dan *Bacillus sp.* Sedangkan kelimpahan koloni bakteri yang paling banyak yaitu pada kode sampel HP-1-D dengan jumlah koloni sebanyak $2,7 \times 10^4$ cfu/ μ l dan paling sedikit yaitu pada kode sampel HP-2-B dengan jumlah isolat sebanyak $6,0 \times 10^4$ cfu/ μ l.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Direktorat Pembelajaran dan Kemahasiswaan Pendidikan Tinggi (Ditjen Dikti), Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi (Kemendikbud Ristek) yang telah mendanai PKM-RE Tahun 2021, Pimpinan Universitas Muhammadiyah Malang atas dukungan dan pendampingan selama pelaksanaan PKM 2021, serta UPT KHDTK Pujon Hill yang telah memberikan izin dalam pengambilan sampel tanah.

KONTRIBUSI PENULIS

MYR: mengumpulkan data penelitian, membuat draft artikel, analisis statistik, merevisi naskah akhir, analisi laboratorium. FACW: konsep penelitian, merevisi naskah, analisis statistic, TW: mengumpulkan data penelitian, membuat draft artikel, analisis statistik, merevisi naskah akhir, analisi laboratorium, dan AP: mengumpulkan data penelitian, membuat draft artikel, analisis statistik, merevisi naskah akhir, analisi laboratorium

DAFTAR PUSTAKA

- Chairani, O., Budiarti, R. S., Kartika, W. D. 2016. Identifikasi Bakteri Tanah di Kebun Botani Biologi FKIP Universitas Jambi. *Jurnal Bio-Site.*, 02(1), pp. 27–33.
- Dewanti, A. W., Pratiwi, E., Nuraini, Y. 2016. Viabilitas dan aktivitas enzim fosfatase serta produksi asam organik bakteri pelarut fosfat pada beberapa suhu simpan. *Jurnal Tanah Dan Sumberdaya Lahan*, 3(1), pp. 311–318.
- Estining Tyas, D., Widyorini, N., Solichin, A. 2018. Perbedaan Jumlah Bakteri Dalam Sedimen Pada Kawasan Bermangrove Dan Tidak Bermangrove Di Perairan Desa Bedono, Demak. *Journal of Maquares*, 7(2), 189–196.
- Friska, W., Khotimah, S., Linda, R. 2015. Karakteristik Bakteri Pelarut Fosfat pada Tingkat Kematangan Gambut di Kawasan Hutan Lindung Gunung Ambawang Kabupaten Kubu Raya. *Jurnal Protobiont*, 4(1), pp.197–202.
- Handayani, N. I., Moenir, M., Setianingsih, N. I., Malik, R. A. 2016. Isolasi Bakteri Heterotrofik Anaerobik pada Pengolahan Air Limbah Industri Tekstil. *Jurnal Riset Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri*, 7(1), pp.37–44.
- Hardiansyah, M. Y., Musa, Y., Jaya, A. M. 2020. Identifikasi Plant Growth Promoting Rhizobacteria pada Rizosfer Bambu Duri dengan Gram KOH 3%. *Agrotechnology Research Journal*, 4(1), pp. 41–46.
- Hidayat, A., Turjaman, M. 2020. Manfaat Besar dibalik Penampilan Kecil (*Big benefit on a microbial scale*). *Jurnal Penelitian Kehutanan Sumatrana*, 2(1), pp. 27–39.
- Hutamy, Heydiana, B., N. Y. 2019. Diversitas Dan Populasi Bakteri Pelarut Fosfat Pada Berbagai Penggunaan Lahan Di Ub Forest. *Jurnal Tanah Dan Sumberdaya Lahan*, 6(1), 1145–1156.
- Ilham, Darmayasa, I. B. G., Nurjaya, I. G. M. O., & Kawuri, R. (2014). Isolasi Dan Identifikasi Bakteri Pelarut Fosfat Potensial Pada Tanah Konvensional Dan Tanah Organik. *Jurnal Simbiosis II*, 2(1), pp. 173–183.
- Karina, A. I. 2016. Isolasi dan Identifikasi Bakteri Penambat Niteogwn, Pelarut Fosfat, dan Bakteri Pendegradasi Selulosa pada Tanah Bekas Tanaman Bawang Merah (*Allium cepa L.*) yang diberi Biofertilizer. *Skripsi*. https://repository.unair.ac.id/52992/2/MPB_78-16_Kar_i.pdf
- Larasati, E. D., Rukmi, M. G. I., Kusdiyantini, E., Cinta, R., Ginting, B., Biologi, D., Sains, F., Diponegoro, U. 2018. Isolasi dan Identifikasi Bakteri Pelarut Fosfat dari Tanah Gambut Abstrak. *Jurnal Bioma*, 20(1), pp. 1–8.
- Marista, E., Khotimah, S., Linda, R. 2013. Bakteri Pelarut Fosfat Hasil Isolasi dari Tiga Jenis Tanah Rizosfer Tanaman Pisang Nipah (*Musa paradisiaca var . nipah*) di Kota Singkawang. *Jurnal Protobiont*, 2(2), pp. 93–101.
- Mukamto, Ulfah, S., Mahalina, W., Syauqi, A., Istiqfaroh, L., Trimulyono, G. 2015. Isolasi dan Karakterisasi Bacillus sp . Pelarut Fosfat dari Rhizosfer Tanaman Leguminosae. *Jurnal Sains & Matematika*, 3(2), pp. 62–68.
- Musyafa, M. N. Al, Afandi, Novpriansyah, H. 2016. Kajian Sifat Fisik Tanah Pada Lahan Pertanaman Nanas (*Ananas Comosus L.*) Produksi Tinggi dan Rendah Di PT Great Pineapple Lampung Tengah. *Jurnal Agrotek Tropika*, 4(1), pp. 66–69.
- Nonci, M., Baharuddin, B., Rasyid, B., Pirman, P. 2015. Seleksi Bakteri Methanotrof (Pereduksi Emisi Gas Metan Di Lahan Sawah) Berdasarkan Aktivitas Enzim Methan Monooksigenase. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 13(2), pp. 86–91.
- Oksana, Irfan, M., Fianiray, A. R., Zam, S.I. 2020. Isolasi dan Identifikasi Bakteri Pelarut Fosfat pada Tanah Ultisol di Kecamatan Rumbai, Pekanbaru. *Agrotechnology Research Journal*, 4(1), pp. 22–25.
- Pambudi, A., Susanti, S., Priambodo, T. W. 2017. Isolasi Dan Karakterisasi Bakteri Tanah Sawah Di Desa Sukawali Dan Desa Belimbing, Kabupaten Tangerang. *Journal of Biology*, 10(2), pp. 105–113.
- Panjaitan, F. J., Bachtiar, T., Arsyad, I., Lele, O. K., Indriyani, W. 2020. Karakterisasi Mikroskopis Dan Uji Biokimia Bakteri Pelarut Fosfat (BPF) dari Rhizosfer Tanaman Jagung Fase Vegetatif.

- Jurnal Ilmu Pertanian Dan Lingkungan*, 1(1), pp. 9–17.
- Purwaningsih, S. (2012). Isolasi, Populasi dan Karakterisasi Bakteri Pelarut Fosfat pada Daerah Perakaran dan Tanah dari Bengkulu, Sumatra. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 13(1), pp. 101–108.
- Puspitasari, F. D., Shovitri, M., & Kuswytasari, N. D. 2012. Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Aerob Proteolitik dari Tangki Septik. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, 1(1), pp. 1–4.
- Ritonga, M., Sitorus, B., & Sembiring, M. 2015. Perubahan Bentuk P Oleh Mikroba Pelarut Fosfat Dan Bahan Organik Terhadap P-Tersedia Dan Produksi Kentang (*Solanum Tuberosum L.*) Pada Tanah Andisol Terdampak Erupsi Gunung Sinabung. *Jurnal Agroekoteknologi*, 4(1), pp. 1641–1650.
- Senjaya, Y. A., Surakusumah, W. 2007. Potensi Ekstraj Daun Pinus (*Pinus merkusii* Jungh. et de Vriese) Sebagai Bioherbisida Penghambat Perkecambahan *Echinochloa colonum L.* dan *Amaranthus viridis*. *Jurnal Perennial*, 4(1), pp. 1–5.
- Setiawati, M. R., Suryatmana, P., Hindersah, R., Fitriatin, B. N., & Herdiyantoro, D. 2014. Karakterisasi Isolat Bakteri Pelarut Fosfat untuk Meningkatkan Ketersediaan P pada Tanah Media Kultur Cair Tanaman Jagung (*Zea mays L.*). *Jurnal Ilmu-Ilmu Hayati Dan Fisik*, 16(1), pp. 30–34.
- Silitonga, D., Priyani, N., Nurwahyuni, I. 2013. Isolasi Dan Uji Potensi Isolat Bakteri Pelarut Fosfat Dan Bakteri Penghasil Hormon IAA (*Indole Acetic Acid*) Terhadap Pertumbuhan Kedelai (*Glycine Max L.*) Pada Tanah Kuning. *Jurnal Saintia Biologi*, 1(2), pp. 35–41.
- Sofiana, U. R., Sulardiono, B., Nitisupardjo, M. 2016. Hubungan Kandungan Bahan Organik Sedimen dengan kelimpahan Infauna pada Kerapatan Lamun yang Berbeda di Pantai Bandengan Jepara. *Diponegoro Journal Of Maquares*, 5(3), pp. 135–141.
- Suparnorampus, S., Y., Pata'dungan, Rois. 2020. Eksplorasi Bakteri Pelarut Fosfat pada Berbagai Tanaman Industri dan Hortikultura di Dataran Tinggi Napu. *Jurnal Agrotekbis*, 8(1), pp. 25–31.
- Taati, L. 2015. Analisis Komposisi Dan Potensi Hutan Produksi Di Wilayah Kesatuan Pengelolaan Hutan (KPH) Dampelas Tinombo Kecamatan Dampelas Kabupaten Donggala. *Jurnal Katalogis*, 3(11), pp. 203–216.
- Tambunan, M. E. 2019. Aktivitas Mikroorganisme di Bawah Tegakan Pinus (*Pinus merkusii*) dan Eukaliptus (*Eucalyptus sp.*). *Skripsi*.
- Taniwan, S., Suryanto, D., Nurwahyuni, I. 2016. Isolasi Dan Karakterisasi Parsial Bakteri Pelarut Fosfat Dari Guano Gua Kampret dan Uji Kemampuannya Dalam Meningkatkan Pertumbuhan Tanaman. *Jurnal Biosains*, 2(2), pp. 82–90.
- Wardani, A. K., L.A.Uktolseja, J., Djohan. 2020. Identifikasi Morfologi dan Pertumbuhan Bakteri pada Cairan Terfermentasi Silase Pakan Ikan. *Artikel Pemakalah Paralel*, pp. 411–419.
- Wibawa, A. P., Purnama, M. G. A., Akbar, M. F., & Dwiyanto, F. A. (2018). Metode-metode Klasifikasi. *Prosiding Seminar Ilmu Komputer Dan Teknologi Informasi*, 3(1), pp. 134–138.
- Yulitaasary, A. T., Asyiah, I. N., Iqbal, M. 2017. Isolasi dan Identifikasi Rizobakteri dari Tanaman Kopi Robusta (*Coffea canephora*) yang Terserang *Pratylenchus coffeae*. *Jurnal Saintifika*, 19(2), pp. 1–12.