

**EKSPLORASI BAKTERI PELARUT FOSFAT INDIGEN PADA
EKOSISTEM KEBUN DAN PANTAI DI KABUPATEN KUPANG**

***EXPLORATION OF INDIGENOUS PHOSPHATE SOLUBILIZING
BACTERIA AT AGRICULTURAL LAND AND COASTAL ECOSYSTEMS IN
KUPANG DISTRICT***

Immanuela S. Baloc, Lily F. Ishaq^{*}, Anthonius S. J. Adu Tae, Diana Serangmo

Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Nusa Cendana

*i-ishaq@staf.undana.ac.id

ABSTRAK

Unsur fosfor (P) merupakan salah satu unsur hara esensial bagi tanaman. Sebagian besar dari P dalam tanah terfiksasi oleh mineral tanah sehingga tidak larut dan tidak tersedia bagi tanaman. Salah satu alternatif untuk mengatasi masalah ini yaitu memanfaatkan Bakteri Pelarut Fosfat (BPF). Penelitian ini telah dilaksanakan di Laboratorium Penyakit Tumbuhan dan Laboratorium Kimia Tanah Fakultas Pertanian, Universitas Nusa Cendana dari bulan September 2022 sampai dengan Maret 2023. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui keberadaan dan keragaman serta perbedaan indeks kelarutan fosfat (IKF) pada isolat BPF dari tanah ekosistem kebun dan pantai kabupaten Kupang. Pada setiap ekosistem, diambil lima sampel tanah rhizosfer dari jenis tanaman yang berbeda untuk isolasi BPF dan analisis tanah. Isolasi BPF dilakukan dengan menggunakan metode *pour plate*. Isolat yang tumbuh kemudian dilakukan pemurnian dan perhitungan IKF dan karakterisasi morfologi BPF secara makroskopis dan mikroskopis menggunakan teknik pewarnaan gram untuk mengetahui sifat gram dan bentuk sel. Hasil penelitian menunjukkan sejumlah BPF, yang dicirikan dengan pembentukan zona bening di sekitar koloni bakteri, dapat ditemukan dari rhizosfer tanaman pada ekosistem kebun dan pantai dengan jumlah sebanyak 16 isolat pada ekosistem pantai dan 9 isolat pada ekosistem kebun. Isolat yang ditemukan berbeda dalam karakter morfologi dan indeks kelarutan fosfat (IKF) dengan nilai IKF sebesar 2,25-3 pada isolat yang berasal dari kebun dan 2,14-4 pada isolat yang diambil dari ekosistem pantai. Kedepan, isolat BPF yang ditemukan perlu dilakukan identifikasi lebih lanjut dan diberikan ke tanaman untuk mengetahui kemampuan isolat tersebut dalam meningkatkan penyerapan fosfat bagi tanaman.

Kata kunci: Bakteri Pelarut Fosfat, Fosfat, Indeks Kelarutan Fosfat

ABSTRACT

Phosphorus (P) is an essential nutrient for plants. Most of the P in the soil is fixed to soil minerals resulting in insolubility and unavailability of the nutrient to plants. One alternative to overcome this problem is the use of Phosphate Solubilizing Bacteria (PSB). This research was carried out in the Plant Disease Laboratory and Soil Chemistry Laboratory, Faculty of Agriculture, Nusa Cendana University

from September 2022 to March 2023. The aims of this research were to investigate the occurrence and diversity of PSB isolates collected from the soil of agricultural land coastal ecosystems Kupang, and to determine their ability to solubilize P. At each ecosystem, five soil samples were taken from the rhizosphere of different plants growing in that ecosystem for PSB isolation and soil analysis. Isolation of PSB was based on pour plate method. The growing isolates were purified, calculated for the PSI and then characterized both macroscopically and microscopically. For morphology characterization of PSB (gram properties and cell shape) gram staining techniques was applied. The results showed that a number of PSB isolates, characterized by the formation of clear zone around the colony of bacteria, was obtained from the rhizosphere of plants from the coastal and agricultural land ecosystems accounted for 16 and 9 isolates respectively. The isolates obtained differed in the morphological characteristics and phosphate solubilizing index (PSI) with the PSI value ranged 2.25- 3 for isolates from agricultural land, and 2,14- 4 for isolates from coastal ecosystem. In the future, the isolates obtained from this study need to be further identified and introduced to plants to evaluate their ability to improve plant acquisition of phosphorus.

Keywords: Phosphate, Phosphate Solubilizing Bacteria, Phosphate Solubilizing Index.

PENDAHULUAN

Tanah merupakan media tumbuh bagi tanaman. Sebagai media tumbuh, tanah menyediakan unsur hara yang berperan penting dalam menunjang pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Unsur hara yang dapat diserap oleh tanaman adalah unsur hara yang berada dalam bentuk tersedia. Namun, tidak semua unsur hara berada dalam bentuk tersedia (Purba *et al.*, 2021). Salah satu unsur hara esensial makro yang ketersediannya dalam tanah seringkali rendah yaitu unsur hara fosfor (P).

Pada tanah-tanah di Pulau Timor, proses pembentukannya dipengaruhi oleh formasi geologi batuan kapur (limestone) yang memiliki kandungan unsur kalsium (Ca) yang tinggi. Kelompok tanah ini umumnya memiliki ketersediaan P tergolong rendah karena terfiksasi oleh Ca membentuk senyawa Ca-P yang sukar larut (Carson, 1990). Untuk mengatasi masalah rendahnya ketersediaan P, cara yang umum dilakukan adalah pemberian pupuk P. Namun pemberian pupuk P pada tanah seringkali tidak efisien karena P yang diberikan pada tanah akan terfiksasi menjadi bentuk tidak tersedia bagi tanaman. Hal ini terjadi terutama

pada tanah-tanah berkapur atau pada tanah-tanah masam. Tanaman memanfaatkan P hanya sebesar 10-30% dari pupuk P yang diberikan, atau 70 - 90% pupuk P yang diberikan akan terfiksasi. Adanya fiksasi P menyebabkan pupuk P yang diberikan tidak efisien sehingga perlu diberikan dalam takaran tinggi. Penelitian yang dilakukan (Sudrajat dkk., 2014) menunjukkan bahwa peningkatan dosis pupuk P tidak memberikan pengaruh nyata pada kandungan klorofil daun tanaman kelapa sawit dan diduga peningkatan dosis pupuk P berdampak pada penghambatan penyerapan unsur hara esensial yang lain terutama N dan Mg yang berperan dalam sintesis klorofil daun. Selain itu, Leghari *et al.* (2016) menyatakan bahwa pemberian dosis P yang semakin tinggi merupakan suatu pemborosan dikarenakan tidak menimbulkan hasil yang nyata pada tanaman. Salah satu cara untuk mengatasi permasalahan ketersediaan p yaitu dengan memanfaatkan mikroorganisme pelarut fosfat (MPF) misalnya bakteri pelarut fosfat (BPF). BPF merupakan salah satu kelompok mikroorganisme tanah yang mampu melarutkan fosfat dengan mengekskresikan sejumlah asam organik berbobot molekul rendah seperti asam oksalat, suksinat, fumarat, dan asam malat. Asam organik ini akan bereaksi dengan bahan pengikat p dalam tanah kemudian membentuk khelat organik yang stabil dan membebaskan ion p yang terikat sehingga p dapat diserap oleh tanaman. Bakteri ini hidup terutama di sekitar perakaran tanaman, yaitu di daerah permukaan tanah sampai kedalaman 25 cm dari permukaan tanah (Alfiah dkk., 2016). Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa BPF dapat meningkatkan ketersediaan P di dalam tanah dan dapat meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk P serta dapat meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman. Pada penelitian yang dilakukan oleh Tamad dkk. (2013) menunjukkan bahwa inokulasi BPF dapat meningkatkan P larut pada andisol dari 30 menjadi 150-195 ppm P. Inokulasi BPF meningkatkan komponen pertumbuhan jagung, kadar P sampai kisaran normal dan serapan P sebesar 70-75 mg p tanaman⁻¹. Selain itu, dalam penelitian Roni dkk. (2013) tentang pemanfaatan BPF untuk meningkatkan produktivitas kudzu tropika (*Pueraria phaseoloides* Benth) menunjukkan bahwa inokulasi BPF dapat meningkatkan produktivitas tanaman kudzu tropika pada semua peubah yang diamati. Pada penelitian ini, tanaman

tanpa inokulasi BPF, baik P yang diberikan dalam bentuk pupuk maupun P yang memang sudah ada di dalam tanah dijerap oleh anasir-anasir penjerap P sehingga tidak dapat diambil oleh akar tanaman. Hal ini berimplikasi terhadap produktivitas tanaman yang nyata lebih rendah dibandingkan dengan tanaman yang diinokulasi. Mengingat pentingnya BPF terhadap ketersediaan P, maka perlu dilakukan eksplorasi BPF indigen pada ekosistem yang ada di Kabupaten Kupang khususnya. Penelitian ini dilakukan pada ekosistem kebun dan pantai karena kedua ekosistem ini memiliki karakteristik yang berbeda seperti pH dan salinitas tanah, keberadaan vegetasi dan perbedaan ketinggian tempat sehingga diduga keberagaman BPF yang ada pada kedua ekosistem ini berbeda. Menurut Hutagaol dkk. (2022), keberagaman BPF selain dapat dipengaruhi oleh faktor mikroorganisme itu sendiri, dapat pula dipengaruhi oleh kondisi lingkungan. Dari uraian di atas, maka penelitian ini perlu dilakukan.

Tujuan dilakukan penelitian ini adalah untuk mengetahui keberadaan dan keragaman isolat BPF pada tanah di ekosistem kebun dan pantai kabupaten kupang dan untuk mengetahui perbedaan indeks kelarutan fosfat (IKF) BPF pada ekosistem kebun dan pantai di Kabupaten Kupang. Terdapat 2 hipotesis dalam penelitian ini yaitu BPF dapat ditemukan di ekosistem kebun dan pantai di Kabupaten Kupang dan berbeda dalam hal keragaman isolat dan BPF yang ditemukan pada kedua ekosistem memiliki indeks kelarutan fosfat (IKF) yang berbeda.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini telah berlangsung dari bulan Agustus 2022 sampai Maret 2023 Pengambilan sampel tanah dilakukan di 2 lokasi yaitu ekosistem pantai (Pantai Panmuti) dan kebun (Desa Baumata) di kabupaten Kupang. Analisis beberapa sifat kimia tanah dilakukan di Laboratorium Kimia Tanah Fakultas Pertanian, dan isolasi serta pengamatan terhadap BPF dilakukan di Laboratorium Penyakit Fakultas Pertanian Universitas Nusa Cendana Kupang.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan untuk penelitian ini berupa kamera, GPS, alat tulis, timbangan analitik, ayakan, labu Kjeldhal, alat destilasi, erlenmeyer, pipet tetes, gelas ukur, kertas *Whatman* No. 52, spektrofotometer, gelas kimia, ruang asam, pH meter dan *conductivity* meter.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanah dari rhizosfer tanaman pada ekosistem kebun dan pantai, bahan media Pikovskaya berupa $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, glukosa, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, KCl, $\text{MgSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, MnSO_4 , FeSO_4 , ekstrak ragi dan agar. Bahan untuk pewarnaan gram berupa larutan kristal violet, iodium, alkohol 70% dan safranin. Bahan untuk analisis sifat kimia tanah berupa arang aktif, larutan NaHCO_3 , chloromolibdat, aquades, indicator P, selenium reagen, larutan H_2SO_4 , larutan NaOH 40%, H_3BO_3 (asam borat), indicator conway.

Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini diawali dengan survei lokasi yang dilakukan di ekosistem pantai dan kebun di Kabupaten Kupang kemudian dipilih ekosistem kebun di Desa Baumata dan Pantai Panmuti di Kabupaten Kupang yang mewakili. Pemilihan ekosistem kebun di Desa Baumata didasarkan pada aspek keragaman vegetasi dan luas kebun. Luas ekosistem kebun adalah sekitar $20 \times 15\text{m}^2$. Pantai Pamuti dipilih karena memiliki vegetasi yang beragam, jarak dari pantai ke vegetasi ± 100 m, luas ekosistem sekitar $30 \times 50 \text{m}^2$. Setelah survei lokasi dilakukan, dilanjutkan dengan pengambilan sampel tanah.

Pengambilan sampel dilakukan bersamaan dengan penentuan titik koordinat dan ketinggian tempat menggunakan GPS (*Global Positioning Systems*) data yang dipasang pada *handphone* dan pengamatan vegetasi yang dilakukan secara langsung sebelum pengambilan sampel dengan cara melihat jenis vegetasi/tanaman yang terdapat di ekosistem kebun dan pantai. Pengambilan sampel untuk setiap ekosistem ditentukan dengan metode berpola diagonal. Di daerah perakaran tanaman. Setiap ekosistem diambil di 5 titik dan pada setiap titik diambil 1 kg tanah. Sampel tanah kemudian dibawa ke laboratorium untuk selanjutnya dianalisis sifat kimia tanah sebagai data penunjang dan analisis mikroorganisme sebagai data utama.

Analisis sifat kimia tanah berupa C-organik, N-total, C/N, P-tersedia, pH, salinitas dan serta kadar air tanah. Sedangkan untuk analisis data utama berupa populasi BPF, IKF serta karakteristik makroskopik dan mikroskopik koloni BPF. Analisis data utama di laboratorium diawali dengan sterilisasi alat dan bahan penelitian menggunakan metode panas kering menggunakan oven, dan metode pembakaran bunsen. Selanjutnya pembuatan media Pikovskaya dengan komposisi per liter media Pikovskaya adalah 5 g $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, 10 g glukosa, 15 g agar, 0,5 g $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, 0,2 g KCl, 0,1 g $\text{MgSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 0,001 g MnSO_4 , 0,001 g FeSO_4 , 0,5 g ekstrak ragi. Semua bahan dimasak hingga mendidih, kemudian dituang kedalam botol Scott dan siap digunakan sebagai media untuk isolasi BPF.

Setiap sampel tanah yang telah diambil dibersihkan dari kotoran kemudian disaring menggunakan ayakan (0.50 mm). Selanjutnya, ditimbang 1 g dari setiap titik sampel tanah dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi berisi 9 ml aquades steril, diletakkan pada alat *shaker* selama ± 10 menit hingga homogen, lalu 1 ml larutan diambil dengan menggunakan pipet dan dimasukkan kedalam tabung reaksi yang berisi aquades 9 ml dan diperoleh pengenceran 10^{-1} . Hal yang sama dilakukan pada larutan di pengenceran 10^{-1} untuk membuat larutan pengenceran 10^{-2} . Pengenceran dilakukan hingga 10^{-5} . Selanjutnya dilakukan isolasi. Satu mililiter larutan pada pengenceran 10^1 - 10^{-5} diambil dari setiap tabung reaksi dan ditempatkan dalam cawan petri steril yang berisi media Pikovskaya cair (MPC), digoyang secara perlahan agar larutan tersebar merata dalam media. Selanjutnya media yang berisi larutan tanah diinkubasi selama ± 48 jam dengan suhu ruangan. Pengamatan isolat dilakukan setiap hari. Adanya BPF ditandai dengan adanya zona bening di sekitar bakteri. Pengamatan perhitungan jumlah populasi koloni BPF. Menurut Saraswati dkk. (2007), syarat koloni yang ditentukan untuk dihitung antara lain: (1) satu koloni dihitung satu koloni, (2) dua koloni yang bertumpuk dihitung satu koloni, (3) beberapa koloni yang berhubungan dihitung satu koloni, (4) dua koloni yang berhimpitan dan masih dapat dibedakan dihitung dua koloni, (5) koloni yang terlalu besar (lebih besar dari $\frac{1}{2}$ luas cawan) tidak dihitung, (6) koloni yang besarnya kurang dari $\frac{1}{2}$ luas cawan dihitung satu koloni

(Lampiran 3). Populasi BPF ditentukan dengan menghitung langsung populasi BPF pada setiap contoh tanah dengan menggunakan rumus (Saraswati dkk.,2007).

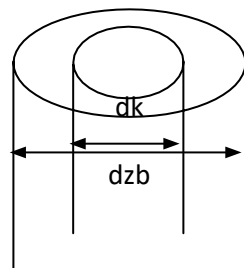
$$\text{Populasi (cfu g}^{-1} \text{ tanah)} = \frac{\text{Jumlah Koloni} \times \text{fp}}{\text{berat tanah}}$$

Keterangan:

Cfu = *colony forming unit*

Fp = Faktor Pengenceran

Koloni yang memiliki karakteristik yang berbeda, kemudian dilakukan permunian dan dihitung data IKF. IKF menunjukkan kemampuan masing-masing isolat dalam melarutkan P pada media agar Pikovskaya karena adanya produksi asam organik dan enzim fosfatase yang dikeluarkan di sekeliling koloni mikroorganisme.. Dengan demikian, semakin tingginya indeks pelarutan yang dihasilkan maka kemampuan bakteri dalam melarutkan P juga tinggi (Sagervanshi *et al.*, 2012 dalam Nisa 2018). Selanjutnya dilakukan pengukuran diameter koloni dan zona bening berdasarkan metode Kapargam dan Nagalakshmi (2014) (Gambar 1).



Gambar 1. Pengukuran diameter koloni dan zona bening

Berdasarkan hasil pengukuran, selanjutnya dilakukan perhitungan indeks kelarutan fosfat dengan menggunakan rumus (Sharon *et al.*, 2016)

$$\text{IKF} = \frac{\text{DK} + \text{ZB}}{\text{DK}}$$

Keterangan:

IKF: indeks kelarutan fosfat

DK: diameter koloni dan ZB: Zona bening

Data utama selanjutnya adalah pengelompokkan koloni berdasarkan hasil pengamatan terhadap karakteristik makroskopik dan mikroskopik. Pengamatan makroskopis dilakukan pada BPF yang memiliki zona bening. Pengamatan dilakukan pada hari kedua setelah inkubasi yang meliputi pengamatan bentuk koloni, warna koloni, permukaan koloni, tepi atau margin koloni, elevasi koloni, dan ukuran koloni. Untuk pengamatan karakteristik makroskopik ini menggunakan lup atau kaca pembesar. Berbeda dengan pengamatan mikroskopik, pengamatan mikroskopik dilaksanakan dengan terlebih dahulu dilakukan pewarnaan gram. Pewarnaan gram bertujuan untuk membedakan bakteri menjadi dua kelompok yakni, bakteri gram positif dan bakteri gram negatif. Isolat yang telah diberi pewarnaan gram, diamati di bawah mikroskop untuk mengetahui bentuk sel dan reaksi uji gramnya. BPF gram positif mengikat kristal violet setelah dicuci dengan alkohol dan kelihatan berwarna violet tua setelah pewarnaan, sedangkan BPF gram negatif tidak menahan kristal violet setelah dicuci dengan alkohol dan berwarna merah (Saraswati dkk., 2007). Pengamatan bentuk sel BPF dilakukan bersamaan dengan saat pengamatan pewarnaan gram. Bentuk sel BPF dibedakan berdasarkan kenampakan yang ditunjukkan dan biasanya bentuk sel yang terlihat yaitu: kokus (monokokus, diplokokus, streptokokus), basil (monobasil, diplobasil, streptobasil), bentuk-bentuk lainnya.

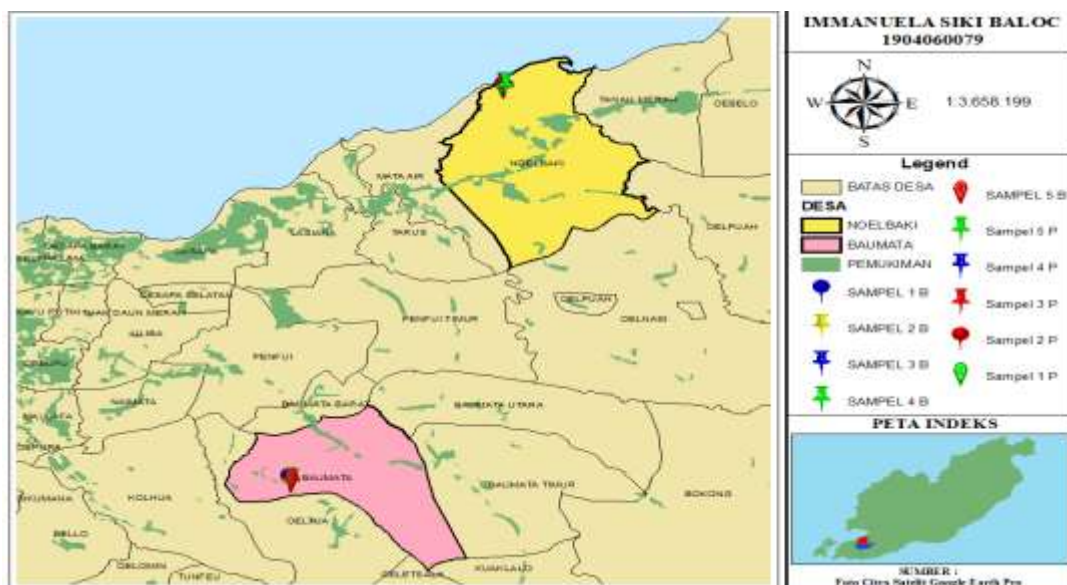
HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Lokasi pengambilan sampel pada penelitian ini terletak di dua lokasi ekosistem yaitu ekosistem kebun dan ekosistem pantai yang berada di Kabupaten Kupang, Nusa Tenggara Timur (NTT). Peta lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar.1. Ekosistem Kebun yang digunakan sebagai tempat pengambilan sampel terletak di Desa Baumata RT 13/RW 06, Kecamatan Taebenu, Kabupaten Kupang. Lahan ekosistem kebun ini memiliki luas $\pm 20 \times 15 \text{ m}^2$ dengan vegetasi yang beragam yaitu terdapat tanaman singkong (*Manihot esculenta* L), pepaya (*Carica papaya* L), pisang (*Musa paradisiaca*) dan kelor (*Moringa oleifera* L).

Selain itu, terdapat beberapa pohon buah-buahan seperti jambu mete (*Anacardium occidentale*), mangga (*Mangifera indica* L), dan asam (*Tamarindus indica* L).

Ekosistem pantai yang digunakan sebagai tempat pengambilan sampel adalah ekosistem Pantai Panmuti yang terletak di Desa Noelbaki, Kecamatan Kupang Tengah, Kabupaten Kupang. Jarak pesisir pantai dengan vegetasi ± 100 m dengan luas ekosistem yang digunakan yaitu $\pm 30 \times 50$ m². Vegetasi pada ekosistem pantai terdiri atas tumbuhan jarak merah, biduri, kabesak/pilang, dan mangrove. Pengambilan sampel dilakukan pada rhizosfer 5 jenis tanaman yang berbeda dengan jarak antar tanaman 10 - 11m dan kedalaman pengambilan sampel tanah 15 - 20 cm.



Gambar 2. Peta Lokasi Pengambilan Sampel

Hasil Analisis Data Penunjang

Data Lapangan

Data lapangan berupa ketinggian tempat dan vegetasi. Ketinggian tempat pada ekosistem kebun rata-rata 200 mdpl, sedangkan ekosistem pantai berada pada ketinggian 0-5 mdpl. Perbedaan ketinggian diduga memberikan pengaruh terhadap populasi dan keragaman BPF yang ditemukan di kedua ekosistem. Hasil penelitian Sahara dkk (2019), menunjukkan bahwa ketinggian tempat yang berbeda memberikan jumlah dan jenis bakteri tanah berbeda. Selain ketinggian

tempat, perbedaan juga terjadi pada vegetasi di kedua ekosistem. Dari hasil pengamatan terhadap kedua ekosistem ini, dapat disimpulkan bahwa kedua ekosistem memiliki jenis vegetasi yang berbeda satu dengan yang lainnya. Perbedaan jenis vegetasi menyebabkan terjadinya perbedaan eksudat yang dikeluarkan oleh akar sehingga dapat mempengaruhi jenis dan jumlah populasi mikroba yang terdapat di daerah rhizosfer vegetasi tersebut. Menurut Subba Rao (1994), setiap jenis tanaman mengeluarkan jumlah dan jenis eksudat yang berbeda-beda satu sama lain sehingga dapat mempengaruhi populasi dan keragaman bakteri yang dihasilkan.

Data sifat kimia tanah

Tabel 1. Hasil Analisis Beberapa Sifat Kimia Tanah dan Kriterianya

No	Kode Sampel**	Sifat Kimia Tanah dan Kriterianya*						
		C-organik (%)	N-total (%)	Rasio C/N	P-Tersedia mgkg ⁻¹	pH	Salinitas dS/m	KA (%)
1	PNT	2,89 (sedang)	0,21 (sedang)	13,79 (sedang)	1,75 (sangat rendah)	7,13 (netral)	0,75	20,49
2	KBN	2,84 (sedang)	0,37 (sedang)	7,68 (rendah)	3,48 (sangat rendah)	6,81 (netral)	0,10	24,39

*Kriteria sifat kimia berdasarkan Lembaga Penelitian Tanah, Bogor (1983)

**Keterangan: PNT: ekosistem pantai, KBN: ekosistem kebun

Hasil analisis C-organik tanah menunjukkan bahwa ekosistem kebun dan pantai memiliki kandungan C-organik yang tergolong sedang. Kondisi C-organik ini menunjukkan tingkat suplai bahan organik ke tanah. Ekosistem kebun dan pantai memiliki vegetasi yang tidak terlalu rapat sehingga sumber bahan organik juga tidak banyak.

Hasil analisis N-total tanah pada kedua ekosistem menunjukkan bahwa kandungan N tergolong sedang, yaitu pada ekosistem kebun sebesar 0,31% dan 0,21 % untuk ekosistem pantai. N-total yang sedang pada kedua ekosistem berkaitan erat dengan kandungan C-organik tanah yang juga termasuk dalam kategori sedang. Hal ini sesuai dengan penelitian Siregar (2017), yang menyatakan bahwa bahan organik merupakan sumber N. Semakin tinggi kadar bahan organik, maka semakin tinggi jumlah N di dalam tanah.

Ekosistem kebun dan pantai memiliki kandungan C-organik dan N-total yang berada di kategori sedang, namun terjadi perbedaan pada rasio C/N. Hal ini disebabkan oleh N-total pada kebun lebih tinggi dari pada pantai, sehingga menyebabkan proses pengomposan bahan organik pada kebun lebih cepat dibandingkan pada ekosistem pantai. Susanto (2002) *dalam* (Purnomo dkk., 2017) menyatakan bahwa, rendahnya rasio C/N tanah dipengaruhi oleh kandungan N-total tanah berada dalam kategori sedang yang disebabkan oleh N yang diikat oleh mikroorganisme tanah.

Kandungan P-tersedia pada ekosistem pantai dan kebun berada pada kategori sangat rendah, yaitu $1,75 \text{ mg kg}^{-1}$ pada ekosistem pantai dan $3,48 \text{ mg kg}^{-1}$ pada ekosistem kebun. Rendahnya P-tersedia pada kedua ekosistem ini dikarenakan oleh adanya fiksasi P oleh Ca membentuk senyawa Ca-P yang menyebabkan kandungan P-tersedia tanah pada status sangat rendah.

Ekosistem pantai dan kebun memiliki pH netral. pH tanah di ekosistem pantai 7,13 sedangkan pada ekosistem kebun 6,81. Selain itu, salinitas di ekosistem pantai ($0,748 \text{ dS/m}$) lebih tinggi dari pada ekosistem kebun ($0,104 \text{ dS/m}$). Hal ini karena tanah ekosistem pantai dipengaruhi oleh pasang surut, intrusi air laut dan juga diduga dipengaruhi oleh penguapan yang lebih tinggi karena vegetasi yang tidak rapat. Meskipun salinitas di pantai lebih tinggi, tetapi berdasarkan kriteria salinitas, tanah di ekosistem pantai berada pada kelas salinitas 0 (kriteria menurut Muliawan dkk., 2016). sehingga baik tanah di ekosistem pantai maupun kebun, tidak termasuk tanah salin.

Hasil analisis menunjukkan bahwa kadar air tanah asal ekosistem kebun lebih tinggi dari kadar air tanah asal ekosistem pantai. Hal ini disebabkan oleh kerapatan vegetasi pada ekosistem kebun yang lebih tinggi dibandingkan ekosistem pantai sehingga tanah pada ekosistem kebun tidak banyak mengalami penguapan dari dalam tanah. Selain itu, suhu yang lebih tinggi pada ekosistem pantai, menyebabkan penguapan yang lebih tinggi dari pada ekosistem kebun.

Data Utama**Populasi BPF**

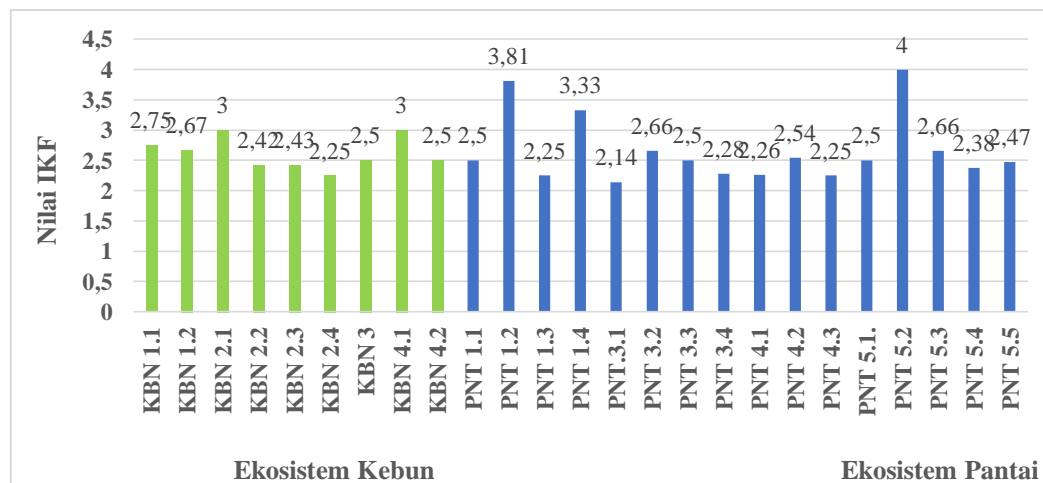
Tabel 2. Data Populasi BPF Pada Ekosistem Kebun dan Pantai

No.	Kode Sampel/Rhizosfer	Jumlah Koloni (CFU/g tanah)
1.	PNT 1 /mangrove (<i>Rhizophora</i>)	38×10^{-5}
2.	PNT 2 /kabesak (<i>Vachellia leucophloea</i>)	-
3.	PNT 3 /jarak merah (<i>Jatropha gossypifolia</i>)	19×10^{-5}
4.	PNT 4 /kusambi (<i>Schleichera oleosa</i>)	23×10^{-5}
5.	PNT 5 /biduri (<i>Calotropis gigantea</i> L)	24×10^{-5}
1.	KBN 1 /singkong (<i>Manihot. esculenta</i> L)	15×10^{-2}
2.	KBN 2 /jambu meteh (<i>Anacardium occidentale</i>)	14×10^{-2}
3.	KBN 3 /papaya (<i>Carica. papaya</i> L)	53×10^{-2}
4.	KBN 4 /kelor (<i>Moringa oleifera</i> L)	39×10^{-2}
5.	KBN 5 /sirsak (<i>Annona muricata</i> L)	-

Hasil isolasi BPF dari ekosistem pantai dan kebun, menunjukkan adanya perbedaan pada populasi BPF. Jumlah koloni ini ditemukan berbeda antar rhizosfer tanaman yang satu dengan lainnya dalam satu ekosistem dan juga perbedaan antar ekosistem. Perhitungan terhadap koloni hanya dilakukan pada BPF yang memiliki zona bening di sekitar koloni. Adanya zona bening sebagai tanda bahwa bakteri tersebut dapat melarutkan P terikat dalam media Pikovskaya. Perbedaan populasi yang ditemukan disebabkan oleh beberapa kemungkinan yaitu perbedaan vegetasi dari kedua ekosistem sehingga mempengaruhi eksudat yang dihasilkan oleh akar dan berpengaruh pada populasi kedua ekosistem. Di sisi lain, perbedaan populasi BPF juga terjadi karena perbedaan sifat kimia tanah kedua ekosistem. Menurut Rao (1994), keberadaan BPF lebih dipengaruhi oleh keberadaan substrat, pH tanah, suhu udara, suhu tanah, dan kelembaban tanah, serta keadaan tekstur tanah.

Pada penelitian ini, tidak ditemukan koloni BPF pada sampel 2 yang diambil dari rhizosfer kabesak/pilang (ekosistem pantai) dan sampel 5 yang diambil dari rhizosfer sirsak (ekosistem kebun). Tidak diketahui dengan pasti penyebab tidak ditemukannya BPF pada rhizosfer tumbuhan ini, namun diduga berkaitan dengan kondisi rhizosfer atau eksudat akar yang mungkin kurang sesuai bagi perkembangan BPF.

Indeks Kelarutan Fosfat (IKF)



Gambar 3. Grafik Indeks Kelarutan Fosfat (IKF)

Dari hasil pengukuran DK dan DZB pada semua isolat, diperoleh hasil yang berbeda untuk setiap isolate (Gambar 3). Hal ini menunjukkan bahwa setiap isolat memiliki kemampuan yang berbeda dalam melarutkan P. Dari kedua ekosistem, isolat yang memiliki nilai IKF tertinggi berasal dari ekosistem pantai, yaitu isolat PNT 5.2 asal rhizosfer biduri dengan nilai IKF 4, dibandingkan dengan isolat asal ekosistem kebun dengan nilai IKF tertinggi yaitu 3 yang merupakan isolat KBN 2.1 (rhizosfer jambu mete) dan KBN 4.1 (rhizosfer kelor). Perbedaan nilai IKF juga terjadi pada setiap isolat lainnya.

Isolat asal ekosistem kebun memiliki kemampuan melarutkan P yang berbeda-beda meskipun berasal dari ekosistem bahkan rhizosfer yang sama. Menurut Nisa (2018), variasi pelarutan P oleh BPF dipengaruhi oleh sifat genetik dari masing-masing mikroba dalam memproduksi asam organik yang berperan dalam menentukan kemampuan pelarutan P. Hal yang sama juga terjadi pada 16 isolat asal ekosistem pantai yang memiliki nilai IKF yang berbeda-beda satu dengan yang lainnya.

Jika dibandingkan antara kedua ekosistemnya, rata-rata kemampuan melarutkan P dari isolat asal ekosistem pantai, sedikit lebih tinggi (2,65) dibandingkan dengan IKF isolat asal ekosistem kebun yaitu 2,61. Hal ini menunjukkan bahwa isolat asal ekosistem pantai memiliki aktivitas enzim fosfatase dan kemampuan menghasilkan asam - asam organik yang lebih

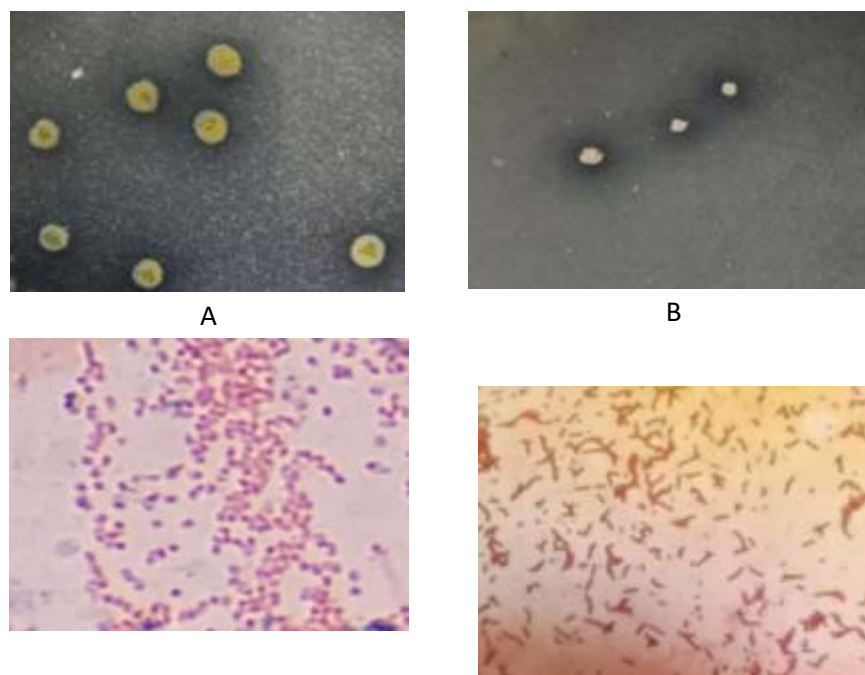
dibandingkan pada ekosistem kebun. Situmorang *et al.* (2015) menyatakan bahwa semakin tinggi aktivitas enzim yang dihasilkan BPF, semakin besar zona bening yang terbentuk. Zona bening terbentuk akibat terlarutnya P tidak larut menjadi bentuk terlarut oleh BPF. Hal ini terjadi karena bakteri tersebut menghasilkan enzim fosfatase. Enzim fosfatase merupakan sekelompok enzim yang mengkatalisis reaksi mineralisasi hidrolitik secara enzimatik dengan pelepasan P tidak larut menjadi terlarut (Ranjan *et al.*, 2013).

Perbedaan IKF antara kedua ekosistem juga terjadi karena perbedaan kondisi lingkungan dari kedua ekosistem. Dalam hal ini vegetasi, kondisi tanah dan rhizosfer yang berbeda, menyebabkan serasah yang dihasilkan juga berbeda dan berujung pada suplai bahan organik ke tanah yang berbeda. Widawati dan Suliasih (2006) menyatakan bahwa aktivitas BPF dalam melarutkan P tidak larut sangat tergantung pada temperatur, kelembaban, pH, suplai makanan, dan kondisi lingkungan selama pertumbuhannya.

Pengamatan Makroskopik dan Mikroskopik

Pengamatan makroskopik dilakukan pada koloni BPF yang memiliki zona bening pada setiap sampel dari ekosistem kebun dan pantai. Setiap koloni yang memiliki karakteristik yang berbeda kemudian dilakukan pemurnian pada media padat Pikovskaya dan diberi kode untuk setiap isolatnya. Hasil pengamatan secara makroskopik dan mikroskopik dari 2 contoh isolat yang ditemukan tertera pada Gambar 4.

Hasil pengamatan secara makroskopik dan mikroskopik koloni BPF pada ekosistem kebun dan pantai dapat dilihat pada Tabel 3. Pada ekosistem kebun, terdapat 9 isolat yang tergolong BPF dengan kenampakan makroskopik dan mikroskopik yang berbeda, dan pada ekosistem pantai ditemukan 16 isolat dengan karakteristik makroskopik dan mikroskopik yang berbeda pula.



Gambar 4. Pengamatan makroskopik dan mikroskopi; A) KBN 1.1, B) KBN 1.2,

Perbedaan isolat-isolat yang ditemukan baik dari segi jumlah dan jenis diduga berkaitan dengan kondisi rhizosfer termasuk tanah dan jenis vegetasi yang ada mempengaruhi eksudat akar yang dikeluarkan oleh akar tanaman akan mempengaruhi pula populasi dan keragaman mikroorganisme pelarut fosfat di tanah sekitar perakaran tanaman (Niswati, 2008). Selain itu, perbedaan karakteristik dari masing-masing isolat juga dikarenakan oleh ekspresi dari gen yang berasal dari jenis bakteri yang berbeda-beda (Fakruddin *et al.*, 2013).

Tabel 3. Karakterisasi Koloni BPF

Kode Sampel	Kode Isolat	Karakteristik Makroskopik Koloni						Karakteristik Mikroskopik Koloni	
		Bentuk	Warna	Permukaan	Margin	Elevasi	Ukuran	Bentuk Sel	Gram
KBN 1	KBN.1.1	circular	kuning	halus mengkilap	entire	convex	small	stafilokokus	negatif
	KBN.1.2	irregular	putih susu	berkerut	lobate	raised	moderate	vibrio	negatif
KBN 2	KBN.2.1	circular	putih susu	halus mengkilap	entire	convex	pinpoint	diplokokus	positif
	KBN	irregular	putih	halus	lobate	raised	moderate	diplokokus	negatif

	2.2	ar		mengkilap			e		f
	KBN 2.3	irregul ar	kuning emas	kasar	lobate	umbunate	moderate	streptokokus	positif
	KBN 2.4	circula r	kuning	kasar	entire	umbunate	moderate	diplokokus	positif
KBN 3	KBN 3	circula r	putih susu	halus mengkilap	entire	raised	small	diplobasil	positif
KBN 4	KBN 4.1	circula r	putih	halus mengkilap	entire	convex	pinpoint	diplokokus	positif
	KBN 4.2	circula r	kuning emas	kasar	entire	raised	small	diplobasil	positif
total isolat: 9									
PNT 1	PNT 1.1	circular	putih susu	halus mengkilap	entire	convex	small	stafilokokus	negatif
	PNT 1.2	irregula r	putih	berkerut	lobate	flat	moderate	diplokokus	negatif
	PNT 1.3	circular	kuning emas	kasar	entire	raised	moderate	diplokokus	negatif
	PNT 1.4	irregular	kuning emas	kasar	lobate	flat	moderate	streptokokus	negatif
PNT 3	PNT 3.1	circular	putih	halus mengkilap	entire	convex	small	streptokokus	negatif
	PNT 3.2	circular	putih	halus mengkilap	entire	convex	moderate	monobasil	negatif
	PNT3.3	irregular	putih	halus mengkilap	undulate	convex	moderate	monobasil	positif
	PNT 3.4	circular	kuning	berkerut	entire	umbunate	moderate	streptokokus	positif
PNT 4	PNT 4.1	circular	putih susu	halus mengkilap	entire	raised	moderate	monokokus	positif
	PNT 4.2	circular	putih susu	halus mengkilap	entire	convex	small	monokokus	negatif
	PNT 4.3	irregula r	putih	kasar	undulate	raised	moderate	diplokokus	positif
PNT 5	PNT 5.1	circular	putih susu	halus mengkilap	entire	convex	pinpoint	diplokokus	negatif
	PNT 5.2	circular	putih susu	halus mengkilap	entire	convex	small	monobasil	negatif
	PNT 5.3	circular	kuning	halus mengkilap	entire	convex	small	diplokokus	positif
	PNT 5.4	circular	kuning	halus mengkilap	entire	convex	moderate	diplobasil	negatif
	PNT 5.5	irregula r	Kuning emas	kasar	lobate	raised	moderate	monokokus	negatif
Total Isolat:16									

Perbedaan respon isolat yang diperoleh terhadap pewarnaan violet menunjukkan isolat yang diperoleh bervariasi yaitu adanya isolat yang merupakan gram negatif dan positif. Bakteri gram positif memberikan respon warna ungu atau violet (kehitam-hitaman) dan tetap bertahan meskipun diberi larutan iodine dan alkohol. Hal ini karena struktur dinding sel bakteri gram positif yang terdiri dari peptidoglikan lebih tebal, sehingga ketika diberi larutan kristal violet zat ini tetap terikat pada dinding sel, dan dinding sel tidak lagi menyerap safranin. Bakteri gram negatif memberikan respon warna merah atau merah muda.

Munculnya warna merah atau merah muda dikarenakan bakteri gram negatif memiliki peptidoglikan yang tipis dan muda pecah serta dilapisi oleh protein dan liposakarida di bagian luarnya. Lipid ini akan larut ketika diberikan alkohol yang juga menyebabkan pori-pori dinding sel membesar dan meningkatkan daya larut kristal violet pada dinding sel bakteri gram negatif (Fatimawali, 2013; Wibowo, 2022).

SIMPULAN

Bakteri pelarut fosfat dapat ditemukan di ekosistem kebun dan pantai, serta memiliki perbedaan dalam hal populasi dan karakteristik makroskopik dan mikroskopik antar ekosistem.

Terdapat perbedaan kemampuan isolat bakteri asal ekosistem kebun dan pantai di Kabupaten Kupang dalam melarutkan P yang dilihat berdasarkan IKF. IKF dari isolat asal ekosistem kebun berkisar antara 2,25-3 sedangkan isolat asal ekosistem pantai berkisar antara 2,14-4.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfiah, L. N., Zul, D. dan Nelvia. (2016). Pengaruh Inokulasi Campuran Isolat Bakteri Pelarut Fosfat Indigenus Riau terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Kedelai (*Glycine max* L. Merr). *Jurnal Agroteknologi* 7(1): 7-14.
- Carson, B. (1990). *Soil of West Timor*. M.Sc. Degree in Soils. Murdoch University. Australia.
- Fakruddin, Md., Bin Mannan, K. S., Mazumdar, R. M. Chowdhury, A. dan Hossain, Md. N. (2013). Identification and Characterization of Microorganisms: DNA-fingerprinting Methods. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*. 35(4): 397-404
- Fatimawali. (2013). Daya Reduksi Merkuri Isolat yang diisolasi dari urin pasien di Puskesmas Bahu Manado. *Ilmiah Farmasi- Unsrat* 2(3).
- Hutagaol, D., Nuraida., dan Farida H. (2022). Mikroorganisme Pelarut Fosfat. *Guepedia*. Medan
- Karpagam, T., and Nagalakshmi P. (2014). Isolation and characterization of phosphate solubilizing microbes from agricultural science. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 3(3):601-614.
- Leghari, Shah Jahan., N. A. Wahocho., G. M. Laghari., A. H. Laghari., G. M. Bhabhan., K. H. Talpur., T. A. Bhutto., S. A. Wahocho., and A. Lashari. (2016). Role of

- Nitrogen for Plant Growth and Development: A Review. *Advances in Environmental Biology*. 10 (9): 209 – 218.
- Muliawan, N.R.E., Sampurno, J., dan Jumarang, M.I. (2016). Identifikasi nilai salinitas pada lahan pertanian di Daerah Jungkat berdasarkan Metode Daya Hantar Listrik. *Prisma Fisika*. 4(2):69-72.
- Nisa, N. A. (2018). Isolasi dan identifikasi bakteri pelarut fosfat dengan sekuensi 16s rRNA asal tanah pertanian organic desa sumberejo batu. skripsi. Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim. Malang
- Purba, T., Ningsih, H., Purwaningsih, A. S., Junaedi, B., Gunawan., Junairiah., dan Arsi, R. (2021). *Tanah dan Nutrisi Tanaman*. Yayasan Kita Menulis
- Purnomo, E. A., Sutrisno, E., dan Sumiyati, S. (2017). Pengaruh Variasi C/N Rasio Terhadap Produksi Kompos Dan Kandungan Kalium (K), Pospat (P) Dari Batang Pisang Dengan Kombinasi Kotoran Sapi Dalam Sistem Vermicomposting. 6(2).
- Ranjan, A., Sridevi, M., and Mahalakshmi, M. (2013). Isolation and characterization of phosphate-solubilizing bacterial species from different crop fields of Salem, Tamil Nadu, India. *International Journal of Nutrition, Pharmacology, Neurological Diseases*. 3(1), 29. <https://doi.org/10.4103/2231-0738.106982>
- Roni, N. G. K., Witariadi, N.M., Candraasih, N.N., dan Siti, N.W. (2013). Pemanfaatan bakteri pelarut fosfat untuk meningkatkan produktivitas kudzu tropika (*Pueraria phaseoloides* Benth.). *Pastura*. 3 (1): 13 – 16
- Saraswati, R., Husen, E., dan Simanungkalit, R.D.M. (2007). *Metode Analisis Biologi Tanah*. Balai Besar Litbang Sumber Daya Lahan Pertanian. Bogor
- Sahara, N., Wardah., dan Rahmawati. (2019). Populasi fungi dan bakteri tanah di hutan pegunungan dan dataran rendah di Kawasan Taman Nasional Lore Lindu Sulawesi Tengah. *Forestsains*. 16(2): 85-93
- Sharon, J. A., Hathwaik, L. T., Glenn, G.M., Imam, S.H., and Lee C. C. (2016). Isolation of efficient phosphate solubilizing bacteria capable of enhancing tomato plant growth. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. 16(2):525–536. doi:10.4067/S0718-95162016005000043
- Siregar, B. (2017). Analisa kadar C-organik dan perbandingan C/N tanah di lahan tambak Kelurahan Sicanang Kecamatan Medan Belawan. *Warta Edisi*. 53: 2717-3083. <https://doi.org/10.46576/wdw.v0i53.266>
- Situmorang, E. C., Prameswara, A., Sinthya, H. C., Mathius-Toruan, N., and Liwang, T., (2015). Indigenous Phosphate Solubilizing Bacteria from Peat Soil for an Eco-friendly Biofertilizer in Oil Palm Plantation. *Renewable Energy and Energy Conversion Conference and Exhibition*. Vol 1 : 65-72
- Subba Rao, N. S. (1994). *Mikroorganisme Tanah dan Pertumbuhan tanaman* (2). Jakarta: UI Press.
- Sudrajat, Darwis A., dan Wachjar. 2014. Optimasi Dosis Pupuk Nitrogen dan Fosfor pada Bibit Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) di Pembibitan Utama. *Agronomi Indonesia*, 42(3): 222-227

- Tamad., Ma'as, A., Radjagukguk, B., Hanudin, E., dan Widada, J. (2013). Ketersediaan fosfor pada tanah andisol untuk jagung (*Zea mays* L.) oleh inokulum bakteri pelarut fosfat. *Agronomi Indonesia*. 41 (2): 112 – 117
- Wibowo, R. H., Sembiring, S. R., Sipriyadi., Darwis, W., Supriyati, R., Hidayah, T., dan Yudha, S.P., (2022). Kemampuan Bakteri Endofit Pelarut Fosfat dari tumbuhan akar kuning (*Arcangelisia flava* (L.) Merr) Asal Pulau Enggano, Provinsi Bengkulu. *Biologi*. 15(2): 171-181
- Widawati, S., dan Suliasih. (2006). Populasi Bakteri Pelarut Fosfat (BPF) di Cikaniki, Gunung Botol, dan Ciptarasa, serta Kemampuannya Melarutkan P Terikat di Media Pikovskaya Padat. *Biodiversitas*. 7(2): 109-113