

**ISOLASI DAN KARAKTERISASI BAKTERI PELARUT FOSFAT
RHIZOSFER TANAMAN NANAS (*Ananas comosus* L. (Merr))
DI LAMPUNG TENGAH**

(Skripsi)

Oleh

**Tamara Shintia Putri
2017021030**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
JURUSAN BIOLOGI
UNIVERSITAS LAMPUNG
2024**

ABSTRAK

ISOLASI DAN KARAKTERISASI BAKTERI PELARUT FOSFAT RHIZOSFER TANAMAN NANAS (*Ananas comosus* L.(Merr)) DI LAMPUNG TENGAH

Oleh

Tamara Shintia Putri

Nanas (*Ananas comosus* (L.) Merr.) merupakan tanaman hortikultura potensial dalam perdagangan buah tropik dengan sistem perakaran dangkal sehingga memerlukan sistem drainase dan aerasi yang baik. Lahan yang paling baik dalam budidaya nanas cenderung pada jenis tanah gembur, lempung berpasir, dan mengandung banyak unsur hara. Sebagian besar bentuk fosfat terikat oleh koloid tanah, sehingga menjadi tidak tersedia bagi tanaman. Perlu ditambahkan pupuk yang mengandung unsur P tinggi walaupun unsur P sudah tersedia di dalam tanah. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung kepadatan dan memperoleh isolat bakteri yang memiliki karakteristik sebagai bakteri pelarut fosfat dari rhizosfer tanaman nanas di Kabupaten Lampung Tengah yang dilakukan pada bulan Desember 2023-Maret 2024 di Laboratorium Mikrobiologi, Fakultas MIPA, Universitas Lampung. Penelitian menggunakan metode deskriptif eksploratif yang meliputi pengambilan sampel tanah, isolasi bakteri, perhitungan kepadatan koloni bakteri, perhitungan nilai indeks kelarutan fosfat, permurnian isolat, serta karakterisasi morfologi, mikroskopis, dan fisiologi. Hasil penelitian menunjukkan populasi koloni BPF terpadat yaitu $4,86 \times 10^6$ Cfu/gr. Hasil inokulasi dari 19 koloni memiliki kemampuan melarutkan fosfat terbaik ditunjukkan dengan nilai IKF terbesar yaitu isolat TMR1 dan TMR2 dengan nilai 2,56 dan 2,53. Kelima isolat berbentuk *irregular* dengan elevasi *raised*. Warna koloni putih, kuning, dan krem dengan tepi *undulate* dan *lobate*. Kelima isolat memiliki bentuk sel basil, sifat Gram negatif pada TMR 1, TMR 2, dan sifat Gram positif pada TMR 3, TMR4 dan TMR5; Isolat TMR3 dan TMR5 memiliki spora; mampu memfermentasi glukosa kecuali TMR5, mampu memfermentasi sukrosa kecuali TMR1, TMR2, dan TMR5, mampu memfermentasikan laktosa kecuali TMR1, TMR3, dan TMR4; menghasilkan enzim katalase, tidak motil, bersifat aerob fakultatif pada isolat TMR1, TMR3 dan TMR4, dan bersifat aerob pada TMR 2 dan TMR5.

Kata kunci: Nanas, Bakteri Pelarut Fosfat, Isolasi, Karakterisasi, Pelarutan fosfat.

ABSTRACT

ISOLATION AND CHARACTERIZATION OF RHIZOSFER PHOSPHATE SOLUBILIZING BACTERIA OF PINEAPPLE PLANT (*Ananas comosus* L.(Merr) IN CENTRAL LAMPUNG REGENCY

By

Tamara Shintia Putri

Pineapple (*Ananas comosus* (L.) Merr.) is a potential horticultural crop in the tropical fruit trade with a shallow root system so it requires a good drainage and aeration system. The best land for pineapple cultivation tends to be loose, sandy loam, and contains lots of nutrients. Most forms of phosphate are bound by soil colloids, making them unavailable to plants. It is necessary to add fertilizer that contains high P elements even though P elements are already available in the soil. This research aims to calculate the density and obtain bacterial isolates that have the characteristics of phosphate solubilizing bacteria from the rhizosphere of pineapple plants in Central Lampung Regency which was carried out in December 2023-March 2024 at the Microbiology Laboratory, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, University of Lampung. The research used an exploratory descriptive method which included soil sampling, bacterial isolation, concentration of bacterial colony density, calculation of phosphate solubility index values, purification of isolates, as well as morphological, microscopic and physiological characterization. The research results showed that the densest colony population was 4.86×10^6 CfU/gr. The inoculation results from 19 colonies had the best ability to dissolve phosphate, shown by the largest IKF values, namely isolates TMR1 and TMR2 with values of 2.56 and 2.53. The five isolates are irregularly shaped with elevated elevations. Colony colors are white, yellow, and cream with wavy and lobate edges. The fifth isolate had a bacillary cell shape, Gram negative characteristics in TMR 1, TMR 2, and Gram positive characteristics in TMR 3, TMR4 and TMR5; Isolates TMR3 and TMR5 had spores; capable of fermenting glucose except TMR5, capable of fermenting sucrose except TMR1, TMR2, and TMR5, capable of fermenting lactose except TMR1, TMR3, and TMR4; produces the enzyme catalase, is not motile, is facultative aerobic in isolates TMR1, TMR3 and TMR4, and is aerobic in TMR 2 and TMR5.

Key words: Pineapple, Phosphate Solubilizing Bacteria, Isolation, Characterization, Phosphate Dissolution.

**ISOLASI DAN KARAKTERISASI BAKTERI PELAURT FOSFAT
RHIZOSFER TANAMAN NANAS (*Ananas comosus* L.(Merr)
Di Lampung Tengah**

**Oleh
Tamara Shintia Putri**

SKRIPSI

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar SARJANA SAINS

pada

**Jurusan Biologi
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

Judul Skripsi : **Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Pelarut Fosfat Rhizosfer Tanaman Nanas (*Ananas comosus* L.(Merr) Di Lampung Tengah**

Nama Mahasiswa : **Jamara Shintia Putri**

Nomor Pokok Mahasiswa : 2017021030

Program Studi : Biologi

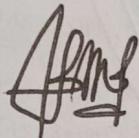
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

MENYETUJUI

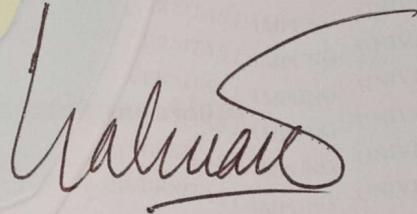
1. **Komisi Pembimbing**

Pembimbing Utama

Pembimbing Kedua

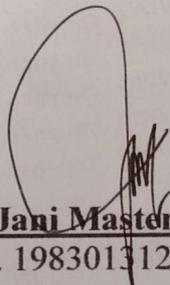


Dr. Kusuma Handayani, S.Si., M.Si
NIP. 197808192008012018



Ir. Salman Farisi, M.Si
NIP. 196104181987031001

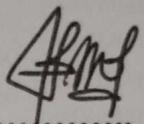
2. **Ketuan Jurusan Biologi**

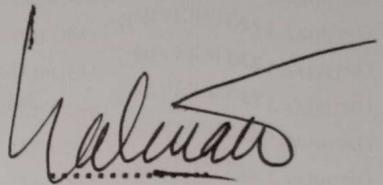


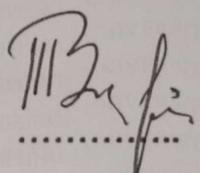
Dr. Jani Master, S.Si., M.Si
NIP. 19830131200812001

MENGESAHKAN

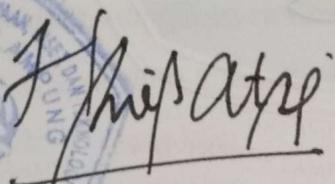
1. Tim Penguji

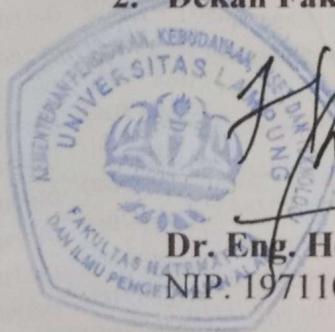
Ketua : **Dr. Kusuma Handayani, S.Si., M.Si.** 

Sekretaris : **Ir. Salman Farisi, M.Si.** 

Penguji
Bukan Pembimbing : **Prof. Dr. Bambang Irawan, M.Sc.** 

2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam


Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si
NIP. 197110012005011002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **11 Juli 2024**

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Tamara Shintia Putri
NPM : 2017021030
Jurusan : Biologi
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Perguruan Tinggi : Universitas Lampung

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa skripsi saya berjudul:

**“ISOLASI DAN KARAKTERISASI BAKTERI PELARUT FOSFAT
RHIZOSER TANAMAN NANAS (*Ananas comosus* (L. Merr) DI
KABUPATEN LAMPUNG TENGAH”**

Baik gagasan, data, maupun pembahasannya adalah benar karya saya sendiri yang saya susun dengan mengikuti norma dan etika akademik yang berlaku. Skripsi ini tidak berisi material yang telah dipublikasikan sebelumnya atau dengan kata lain hasil plagiat karya orang lain.

Demikian pernyataan ini saya buat dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila dikemudian hari terdapat kecurangan dalam karya ilmiah ini, maka saya siap mempertanggungjawabkannya.

Bandar Lampung, 01 Juli 2024



Tamara Shintia Putri
NPM. 2017021030

RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama lengkap Tamara Shintia Putri, atau akrab disapa Tamara atau Tia, lahir di Desa Tugusari pada tanggal 19 Juli 2002. Penulis merupakan anak ketiga dari tiga bersaudara pasangan Bapak Fajarisun dan Ibu Yuli Ervina. Penulis memulai jenjang pendidikan di SD Negeri 03 Tugusari pada tahun 2008-2014. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan sekolah menengah pertama di SMP Negeri 01 Sumberjaya pada tahun 2014-2017.

Kemudian penulis melanjutkan pendidikan sekolah menengah atas di SMA Negeri 01 Sumberjaya pada jurusan Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) tahun 2017-2020. Selama belajar di SMA, penulis pernah mengikuti ekstrakurikuler Kesenian dan memenangkan Juara pada Festival Lomba Seni Siswa Nasional (FLS2N) dan meraih Mendali Emas pada cabang Teater Monolog tahun 2019.

Penulis melanjutkan pendidikan ke perguruan tinggi di Universitas Lampung sebagai Mahasiswa Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam pada tahun 2020. Selama kuliah, penulis aktif pada Organisasi Himpunan Mahasiswa Jurusan Biologi (HIMBIO) FMIPA Unila sebagai anggota bidang Komunikasi, Infomasi dan Hubungan Masyarakat (KOMINHUM) pada tahun kepengurusan 2020-2022. Penulis juga aktif dalam berkesenian dan pernah menjadi *main actress* pada film “Setitik Surga di Lampung Barat” pada tahun 2020, penulis pernah berpentas di Taman Budaya Lampung dengan mementaskan Teater Monolog “Dokter Jawa” tahun 2021, serta penulis juga aktif dalam perlombaan Teater Monolog “Jalan Bandungan” pada tahun 2021 dalam rangka Bulan Bahasa dan Sastra Tingkat Nasional. Penulis juga pernah menjadi asisten

pada mata kuliah Praktik Dasar Kerja Lapangan, Fisiologi Mikroba dan Mikrobiologi Pangan dan Industri. Penulis melaksanakan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di UPT Laboratorium Kesehatan dan Laboratorium Halal Kota Tangerang pada bulan Januari-Februari 2023 dengan judul **“Pengujian Total Koloni Mikroba pada Kue Basah dengan Angka Lempeng Total (ALT) di Laboratorium Mikrobiologi UPT. Labkesda Kota Tangerang”**. Penulis pernah melaksanakan Merdeka Belajar Kampus Merdeka (MBKM) di PT. Great Giant Pineapple, Terbanggi Besar, Kabupaten Lampung Tengah, Provinsi Lampung pada bulan Februari-Mei 2024 dengan judul **“Isolasi dan Karakterisasi *Azotobacter* sp Indegenous Lahan PT. Great Giant Pineapple sebagai Penambat N”**. Penulis pernah melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Sukanegeri, Kecamatan Bangunrejo, Kabupaten Lampung Tengah pada Bulan Juni-Agustus 2024 selama 40 hari.

PERSEMBAHAN

Dengan mengucapkan rasa syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan karunia nikmat rohani dan jasmani tiada henti Nya kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

Kupersembahkan karya sederhana ku ini kepada:

Dua orang paling berharga bagi hidup ku, Mama dan Bapak serta Abang tersayang yang menjadi penyemangat hidupku, yang tak henti memberikan kasih sayang, memohonkan keridhaan atas diriku disetiap doa serta selalu memberikan dukungannya setiap saat,

Seluruh anggota keluargaku yang senantiasa memberikan arahan dan dukungan atas setiap langkah perjalanan menuju kebahagiaan.

Bapak dan Ibu dosen serta dosen pembimbingku yang telah menjadi orang tua kedua di kampus yang tak bosan memberikan dan mengajarkan lmu serta bimbingan dengan tulus dan ikhlas hingga berhasil mencapai gelar sarjana.

Sahabat dan teman-teman Biologi 20 yang telah berjuang Bersama dari awal menjadi mahasiswa baru, sampai saat ini dan seterusnya yang selalu memberi dukungan serta pelajaran dalam setiap perjalanan hidupku di bangku perkuliahan;

Almamaterku tercinta yang menjadi kebanggaan,
Universitas Lampung

MOTTO

"Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya."

Surah Al-Baqarah (2:286)

"Dan tiadalah kehidupan dunia ini, selain dari main-main dan senda gurau belaka.

Dan sungguh kampung akhirat itu lebih baik bagi orang-orang yang bertakwa.

Maka tidakkah kamu memahaminya?"

(QS. Al-An'am: 32)

"Sesungguhnya hanya orang-orang yang bersabarlah yang dicukupkan pahala mereka tanpa batas."

(Q.S Az-Zumar: 10)

"Dan dihariku yang paling gelap, semoga aku akan mengingat bahwa ini hanya sementara dan akan pergi dengan cepat"

Timur-The Adams

"Tapi menurutku Tuhan itu baik, Merangkai ceritaku sehebat ini, Tetap menunggu dengan hati yang lapang, Bertahan dalam macamnya alur hidup, Sampai bisa tiba bertemu cahaya"

Usik-Feby Putri

SANWACANA

Puji Syukur Kehadirat Allah SWT, yang telah memberikan Rahmat dan Hidayah, serta telah meneguhkan kepada hamba-hambah-Nya dalam agama-Nya. Karena cinta dan kemurahan-Nya-lah penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Isolasi dan Karakterisasi bakteri Pelarut Fosfat Rhizosfer Tanaman Nanas (*Ananas comosus* L. (Merr) di Lampung Tengah” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains Bidang biologi di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Lampung.

Selama penyusunan skripsi ini, penulis menyadari banyak sekali pihak yang telah membantu dan selalu memberikan dukungan serta dorongan agar terselesaikannya skripsi ini. Dengan terselesainya skripsi ini penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih tak terhingga kepada:

1. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.
2. Bapak Dr. Jani Master. M.Si., selaku Ketua Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.
3. Ibu Dr. Kusuma Handayani, S.Si., M.Si., selaku Pembimbing I yang dengan sabra membimbing, memberikan nasihat, motivasi, ilmu pengetahuan serta kritik dan saran sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
4. Bapak Ir. Salman Farisi, M.Si., selaku Pembimbing 2 yang telah memberikan bimbingan, pengetahuan, serta kritik dan saran selama penulis menyelesaikan skripsi ini.
5. Bapak Prof. Dr. Bambang Irawan, M.Sc., selaku Pembahas yang telah memberi saean dan kritik serta ilmu pengetahuan sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.

6. Ibu Prof. Dr. Emantis Rosa, M. Biomed., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing penulis selama menempuh Pendidikan strata satu Jurusan Biologi, FMIPA, Unila.
7. Pintu surga dan panutanku mama Yuli Ervina dan cinta pertamaku Bapak Fajarisun. Terimakasih atas segala pengorbanan dan tulus kasih yang di berikan, tak kenal lelah mendoakan serta memberikan perhatian dan dukungan hingga penulis mampu menyelesaikan studinya sampai meraih gelar sarjana. Semoga mama dan bapak sehat, panjang umur dan Bahagia selalu.
8. Bapak Achmad Arifiyanto, M.Si., Ibu Ratdiana, M.Si dan Mba Diana, M.Si., yang telah memberikan bimbingan, motivasi, memberikan masukan, dan dukungan selama proses penyelesaian skripsi sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
9. Abangku Yovan Crissandy, A.Md Aka., Abang Ari Sandi yang telah memberikan semangat, kasih sayang, perhatian, doa dan kebahagiaan kepada penulis.
10. Keluarga besar Kakek Alm. Muhammad Isa dan Bakas Alm. Husain bin Abdul Roni. Terimakasih atas segala doa yang selalu dipanjatkan untuk penulis, dukungan yang selalu diberikan, motivasi yang tiada hentinya, semangat dan kebahagiaan kepada penulis, semoga gelar ini dapat bermanfaat bagi orang lain terutama keluarga besarku.
11. Rekan satu tim penelitian, Nouriza Agfa Pramesti dan Jean Delliana Putri yang selalu berjuang bersama dari awal perkuliahan, penelitian, penyusunan skripsi dan sampai ke tahap penerimaan gelar. Terimakasih sudah saling membantu, mendengarkan keluh kesah penulis, canda gurau yang menjadikan proses penelitian tidak selalu menegangkan, terimakasih sahabatku untuk selalu ada.
12. Ibu Oni Mastuti selaku laboran Mikrobiologi. Terimakasih atas bantuan dan dukungan kepada penulis selama proses penelitian.
13. Rekan penelitian di Laboratorium Mikrobiologi 2020, Abin, Rey, Nurma, Fatiyah, Shelby, Wahyu, Asa, Diana, Salsa, Manda, Arum, yang selalu

- mengetahui suka dan dukanya penelitianku dan selalu menjadi penghuni sampai malam di Laboratorium Mikrobiologi. Terima kasih atas kebersamaan yang menyenangkan, dukungan, dan bantuannya selama ini.
14. Teman sekaligus sahabat tersayang, Muti, Hana, Salsa, Farel, yang sudah menjadi keluarga kedua bagi penulis selama berada di perantauan. Terima kasih untuk keceriaan, canda tawa, dukungan, dan semangat yang telah diberikan kepada penulis.
 15. Sahabat sedari kecilku tersayang, Rinda Nisa Yustiananda, Noer Tasya Mutiara dan Nisa Samrota Aini yang sudah selalu memberikan dukungan, doa, canda tawa dan semangat kepada penulis. Terima kasih sudah selalu ada di setiap sedih dan senang sedari sekolah dasar hingga detik ini.
 16. Sepupu-sepupuku tersayang, Chyntia Bella Laureta dan Devin Tarisa yang selalu memberikan dukungan, semangat, motivasi. Terima kasih atas segala nasihat dan dukungannya untukku.
 17. Seluruh teman-teman Biologi angkatan 2020 atas kebersamaannya selama ini dan Almamaterku tercinta Universitas Lampung.
 18. *Last but not least, I wanna thank me. I wanna thank me for believing in me. I wanna thank me for all doing this hard work. I wanna thank me for having no days off. I wanna thank me for never quitting. I wanna thank me for just being me at all times.*

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan didalam penyusunan karya ini dan jauh dari kesempurnaan, akan tetapi sedikit harapan semoga karya yang sederhana ini dapat berguna dan bermanfaat bagi kita semua.

Bandar Lampung, 01 Juli 2024

Penulis,

Tamara Shintia Putri

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL DEPAN.....	i
ABSTRAK	ii
ABSTRACK	iii
HALAMAN JUDUL DALAM.....	iv
HALAMAN PERSETUJUAN	v
HALAMAN PENGESAHAN.....	vi
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	vii
RIWAYAT HIDUP.....	viii
PERSEMBAHAN.....	x
MOTTO.....	xi
SANWACANA.....	xii
DAFTAR ISI.....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xviii
DAFTAR TABEL	xix
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	4
1.3 Manfaat Penelitian	5
1.4 Kerangka Pemikiran.....	5
1.5 Hipotesis Penelitian	6

II. TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Tanaman Nanas.....	7
2.1.1 Klasifikasi Ilmiah	8
2.1.2 Morfologi Nanas.....	8
2.2 Rhizosfer Tanah	11
2.3 Pupuk Hayati.....	13
2.4 Bakteri Pelarut Fosfat.....	14
2.5 Mekanisme Kerja Bakteri Pelarut Fosfat (BPF)	16
III. METODE PENELITIAN	17
3.1 Waktu dan Tempat	17
3.2 Alat dan Bahan.....	17
3.3 Metode Penelitian	18
3.4 Prosedur Kerja	19
3.4.1 Pengambilan Sampel	19
3.4.2 Homogenisasi dan Pengayaan Sampel Tanah	20
3.4.3 Pengenceran Berseri	20
3.4.4 Isolasi Bakteri Pelarut Fosfat.....	20
3.4.5 Perhitungan Jumlah Koloni Bakteri Pelarut Fosfat dengan <i>Total Plate Count</i> (TPC).....	21
3.4.6 Uji Kemampuan Pelarutan Fosfat.....	21
3.4.7 Pemurnian Isolat Bakteri Pelarut Fosfat.....	22
3.4.8 Identifikasi Karakter Makroskopis	22
3.4.9 Identifikasi Karakter Mikroskopis.....	23
3.4.10 Identifikasi Karakter Fisiologis	25
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	29
4.1 Perhitungan <i>Total Plate Count</i> (TPC).....	29
4.2 Perhitungan Indeks Kelarutan Fosfat (IKF).....	31

4.3 Karakterisasi Bakteri Pelarut Fosfat	34
V. KESIMPULAN.....	42
5.1 Simpulan	42
5.2 Saran	42
DAFTAR PUSTAKA	43
LAMPIRAN.....	49

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Struktur Morfologi Tanaman Nanas.....	8
Gambar 2. Rhizosfer.....	12
Gambar 3. Lokasi Pengambilan Sampel Tanah.....	19
Gambar 4. Prosedur pengenceran bertingkat.....	20
Gambar 5. Pengujian Indeks Kelarutan Fosfat.....	22
Gambar 6. Bentuk Morfologi dari Atas.....	23
Gambar 7. Bentuk Morfologi dari Tepi.....	23
Gambar 8. Bentuk Morfologi dari Bentuk Penonjolan	23
Gambar 9. Tipe bentuk pertumbuhan motilitas bakteri pada medium tegak....	26
Gambar 10. Ilustrasi pertumbuhan bakteri berdasarkan penggunaan oksigen... 27	27
Gambar 11. Bagan Alir Penelitian.....	28
Gambar 12. Lima koloni Bakteri Pelarut Fosfat Hasil Isolasi.....	34
Gambar 13. Hasil pengamatan bentuk sel dan sifat Gram 5 isolat bakteri.....	37
Gambar 14. Isolat Bakteri Pelarut Fosfat Hasil Isolasi secara berurutan.	50
Gambar 15. TMR1 (a); TMR2 (b); TMR3 (c); TMR4 (d); TMR5 (e).....	50
Gambar 16. Fermentasi Karbohidrat (Glukosa) TMR1-TMR5.....	50
Gambar 17. Fermentasi Karbohidrat (Sukrosa) TMR1-TMR5	51
Gambar 18. Fermentasi Karbohidrat (Laktosa) TMR1-TMR5	51
Gambar 19. Hasil Uji Katalase dari Isolat	52
Gambar 20. Hasil uji motilitas TMR3 dan TMR5	53
Gambar 21. Hasil uji kebutuhan O ₂	53

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Kepadatan Koloni Bakteri Pelarut Fosfat Hasil Isolasi.....	29
Tabel 2. Indeks Kelarutan Fosfat Isolat Bakteri Pelarut Fosfat	32
Tabel 3. Morfologi Isolat Bakteri Pelarut Fosfat	35
Tabel 4. Karakterisasi Fisiologi bakteri pelarut fosfat terbaik	36

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Tanaman Nanas (*Ananas comosus* (L.) Merr.) menjadi salah satu jenis tanaman hortikultura yang berpotensi dalam perdagangan buah tropik. Tanaman ini banyak dibudidayakan diberbagai tempat dari daerah dataran rendah hingga daerah dataran tinggi. Nanas dapat tumbuh pada berbagai jenis tanah. Tanaman ini memiliki sistem perakaran yang dangkal sehingga memerlukan tanah dengan sistem drainase dan aerase yang baik sehingga lahan yang paling baik dalam budidaya nanas cenderung pada jenis tanah yang gembur, tanah lempung berpasir dan mengandung banyak unsur hara (Ziraluo dkk., 2020). Hal ini sesuai dengan tanah yang berada di lahan perkebunan nanas di PT. *Great Giant Pineapple* yang didominasi oleh tanah Ultisol yang berwarna kemerah-merahan sampai kuning dengan tekstur lempung liat berpasir sampai pasir berliat. Tanaman Nanas membutuhkan unsur hara Kalium dan Magnesium untuk memproduksi buah nanas yang optimal, untuk menghasilkan buah nanas yang optimal, unsur hara yang berperan penting dalam fase generatif dalam pembentukan buah nanas adalah unsur Fosfat (Syah dkk., 2015).

Area rhizosfer dicirikan dengan aktivitas biologi yang paling tinggi pada tanah, populasi mikroba di rhizosfer lebih banyak dibandingkan dengan daerah non-rhizosfer, dikarenakan adanya akar tanaman yang mengeluarkan eksudat dan mengandung bahan organik menjadi sumber energi bagi mikroba. Pertumbuhan mikroba juga didukung oleh kondisi aerobik di rhizosfer yang disediakan oleh akar tanaman (Yulistiana dkk., 2020).

Makronutrient terpenting yang dibutuhkan dalam jumlah yang cukup besar salah satunya yaitu fosfor (P). Tanaman nanas memerlukan unsur fosfor dari tanah untuk tumbuh yang berguna untuk membentuk akar, sebagai bahan dasar protein, mempercepat penebaran buah, memperkuat batang tanaman, dan meningkatkan hasil panen (Syah dkk., 2015). Namun, jika tanah tidak memiliki cukup fosfor, tanaman akan mencoba mengambil lebih banyak zat besi dari tanah, yang dapat menjadi beracun dalam jumlah yang banyak. Dalam dunia pertanian, unsur hara penting yang banyak dibutuhkan tanaman selain Nitrogen dan Kalium adalah Fosfat. Unsur fosfat hanya ditemukan dalam bentuk padat atau endapan dan tidak ditemukan dalam bentuk gas. Sebagian besar bentuk fosfat terikat oleh koloid tanah sehingga menjadi tidak tersedia bagi tanaman, sehingga perlu ditambahkan pupuk yang mengandung unsur P tinggi walaupun unsur P sudah tersedia didalam tanah. Adanya pengikatan terhadap fosfat menyebabkan pupuk fosfat yang diberikan tidak efisien, sehingga perlu diberikan dalam takaran tinggi, Kadar fosfor yang diserap oleh tanah berkisar antara 10-15 %, sedangkan sisanya akan terjerap diantara koloid tanah dan akan tertinggal sebagai residu dalam tanah (Asril dkk., 2023). Maka dari itu diperlukan isolasi, karakterisasi dan identifikasi bakteri pelarut fosfat yang dapat berpotensi untuk melarutkan fosfat agar dapat diserap oleh tanah dan dapat dimanfaatkan oleh tanaman (Ilham dkk., 2014).

Isolasi mikroorganisme dilakukan dengan proses pengambilan mikroorganisme dari lingkungannya untuk kemudian ditumbuhkan dalam suatu medium. Dalam seleksi mikroorganisme dari lingkungan, media yang digunakan adalah medium *Pikovskaya*. Tujuan dilakukannya isolasi mikroba yaitu untuk mendapatkan kultur murni mikroba tanpa adanya kontaminasi mikroba lainnya. Kultur murni mikroba didapatkan sampai terbentuknya koloni tunggal atau tumbuhnya secara terpisah (Welsiliana dkk., 2023).

Setelah mendapatkan isolat murni lalu dilanjutkan dengan karakterisasi bakteri yang bertujuan untuk mengetahui sifat-sifat morfologi, fisiologi, dan biokimia dari bakteri (Putri dan Endang., 2018).

Beberapa bakteri tanah seperti bakteri pelarut fosfat memiliki kemampuan untuk melarutkan P organik menjadi bentuk fosfat terlarut melalui proses mineralisasi sehingga menjadi fosfor anorganik dan tersedia bagi tanaman (Sonia dan Setiawati, 2022). Efek pelarutan umumnya disebabkan oleh adanya produksi asam organik seperti asam asetat, asam format, asam laktat, asam oksalat, asam malat dan asam sitrat yang dihasilkan mikroba tersebut. Upaya yang digunakan untuk memenuhi ketersediaan fosfor dalam tanah dapat dilakukan menggunakan metode biologi yaitu dengan pemberian bakteri pelarut fosfat. Kelompok bakteri pelarut fosfat yang bersifat sangat potensial, yaitu *Pseudomonas*, *Micrococcus*, *Bacillus*, *Azotobacter*, *Mycrobacterium*, *Enterobacter*, dan *Klebsiella* (Ilham dkk., 2014).

Penggunaan pupuk yang memiliki kandungan unsur hara fosfat sangat dibutuhkan untuk menunjang pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Kesuburan tanah yang baik dapat dilihat dari kemampuan tanah dalam menyediakan jumlah unsur hara yang cukup. Salah satu kendala yang menghambat kesuburan tanah adalah kekurangan fosfat yang terkandung di dalam tanah, meskipun fosfat yang terkandung di dalam tanah melimpah, namun sekitar 95-99 % terdapat dalam bentuk fosfat tidak terlarut sehingga tidak dapat diserap oleh tanah dan tidak dapat digunakan oleh tanaman, sehingga untuk mengatasi permasalahan ini diperlukannya bakteri yang memiliki kemampuan dalam melarutkan fosfat yaitu Bakteri Pelarut Fosfat (BPF) sehingga bakteri ini dapat membantu dalam meningkatkan hasil pertanian (Ilham dkk., 2014). Unsur hara Fosfat terlibat dalam berbagai reaksi fisiologis dan biokimia, termasuk fotosintesis, perkembangan akar dan batang, pembentukan bunga dan biji, pematangan tanaman, fiksasi nitrogen pada kacang-kacangan, dan ketahanan terhadap penyakit tanaman (Timofeeva *et al.*, 2022). Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan agar mendapatkan isolat bakteri pelarut fosfat dari rhizosfer tanaman nanas.

Bakteri pelarut fosfat ditemukan pada berbagai jenis tanah dan rhizosfer tanaman di daerah berbeda-beda, 4 isolat bakteri dari tanah jenis ultisol di Kecamatan Rumbai, Pekanbaru dengan kemampuan melarutkan fosfat yang teridentifikasi sebagai genus *Klebsiella* dan *Acinetobacter*. Larasati *et al.*, (2018) berhasil memperoleh 18 isolat bakteri pelarut fosfat dari tanah gambut dengan 2 isolat yang potensial. Kemudian pada tanah laterit juga ditemukan 10 isolat bakteri dengan kemampuan melarutkan fosfat dengan 2 isolat yang potensial (Ekowati dkk., 2022). Penelitian Baloc dkk (2023) memiliki nilai Indeks Kelaurtan Fosfat (IKF) tertinggi dengan nilai 2,65 dan 2,61 dari hasil isolat asal ekosistem pantai dan kebun, lalu pada hasil isolasi dari rhizosfer tanaman aren (*Arenga pinnata* (Wurb) Merr) pada penelitian (Syarwani dkk 2022), berdasarkan parameter nilai indeks kelarutan fosfat dengan munculnya zona bening, diameter zona bening, diameter koloni dan nilai indeks kelarutan fosfat (IKF). Hasil menunjukkan bahwa kode isolat L.2.2.2 memiliki nilai indeks tertinggi dibandingkan dengan yang lain dengan nilai indeks 3,75.

Penelitian mengenai bakteri pelarut fosfat beserta karakternya dari rhizosfer tanaman nanas di PT *Great Giant Pineapple*, Terbanggi Besar, Kabupaten Lampung Tengah masih terbatas, oleh karena itu penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi mengenai adanya bakteri pelarut fosfat yang berpotensi sebagai agen pupuk hayati yang dapat mengembalikan kesehatan tanah.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah

1. Mengetahui karakteristik morfologi, mikroskopis, dan fisiologi bakteri pelarut fosfat dengan nilai IKF terbaik dari rhizosfer tanaman nanas di Terbanggi Lampung Tengah.
2. Memperoleh data populasi bakteri pelarut fosfat pada rhizosfer tanaman nanas.

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan informasi mengenai isolat bakteri pelarut fosfat yang terdapat pada rhizosfer tanaman nanas di daerah yang diteliti, sehingga dapat dijadikan acuan untuk penelitian selanjutnya.
2. Memberikan informasi mengenai jumlah populasi bakteri pelarut fosfat yang terdapat di rhizosfer tanaman nanas.

1.4 Kerangka Pemikiran

Pupuk yang dibutuhkan di lahan pertanian menjadi salah satu dari faktor utama untuk meningkatkan hasil panen, apabila tanaman tidak terpenuhi nutrisinya maka pertumbuhan tanaman menjadi tidak optimal. Salah satu upaya untuk mengatasi permasalahan ini ialah dengan pemberian pupuk hayati menggunakan pupuk yang mengandung unsur P tinggi walaupun unsur P sudah tersedia didalam tanah. Fosfat merupakan salah satu unsur esensial dan indikator kesuburan tanah. Jumlah fosfat di dalam tanah sangat melimpah, namun sebagian besar unsur P tersebut masih dalam bentuk padat atau endapan yang masih terikat oleh koloid tanah yang menyebabkan unsur ini tidak dapat diserap oleh tanah dan tidak dapat dimanfaatkan oleh tanaman. Kadar fosfor yang dapat diserap oleh tanah berkisar antara 10-15 %, sedangkan sisanya akan terjerap oleh koloid tanah dan tinggal sebagai residu dalam tanah yang secara tidak langsung akan menyebabkan defisiensi fosfat bagi pertumbuhan. Salah satu alternatif untuk mengatasi rendahnya P tersedia tanah serta meningkatkan efisiensi pemupukan fosfat adalah dengan memanfaatkan kelompok mikroorganisme pelarut fosfat, yaitu bakteri pelarut fosfat (BPF) yang memiliki kemampuan dalam melarutkan fosfat tidak tersedia menjadi tersedia sehingga dapat diserap oleh tanaman. Bakteri pelarut fosfat mampu mensekresikan enzim fosfatase untuk mengubah fosfat menjadi fosfor. Selain itu, bakteri ini juga mampu menghasilkan asam organik yang menyebabkan pH tanah turun, sehingga dapat membantu dalam melarutkan P dalam tanah. Asam organik yang

disekresikan tersebut mengandung gugus karboksil dan hidroksil yang akan berikatan dengan ion logam Ca, Al, dan Fe untuk membentuk senyawa kompleks dan melepaskan ion fosfat dalam bentuk H_2PO_4^- yang terlarut dan dapat dimanfaatkan oleh tanaman.

Kemampuan setiap isolat berbeda-beda dalam melarutkan fosfat, hal ini ditentukan oleh jenis isolat, dan jumlah enzim yang dihasilkan. Kelimpahan dan keragaman Bakteri Pelarut Fosfat (BPF) dari suatu tempat sangatlah beragam, khususnya ditentukan oleh sifat biologis BPF, hal ini dikarenakan terdapat bakteri pelarut fosfat yang mampu hidup pada tanah masam, netral, maupun basa, ada yang hipofilik, mesofilik dan termofilik. Selain itu, BPF juga ada yang hidup sebagai bakteri aerob maupun anaerob. BPF umum ditemukan pada daerah perakaran tanaman dengan pH tanah berkisar antara 4-10,6. Pertumbuhan BPF optimum pada pH netral, dan secara umum bersifat aeroba pembentuk spora.

1.5 Hipotesis Penelitian

Hipotesis penelitian ini adalah:

1. Memperoleh isolat bakteri pelarut fosfat dari rizsofer tanaman nanas di Kabupaten Lampung Tengah memiliki karakteristik morfologi, mikroskopis, dan fisiologi beragam
2. Adanya populasi bakteri pelarut fosfat yang diujikan melalui metode *Total Plate Count* (TPC).

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Nanas

Nanas merupakan jenis tanaman tropis dengan nama latin *Ananas comosus* (L.) Merr. yang berasal dari Amerika bagian selatan tepatnya Brazil, Argentina dan Paraguay. Tanaman nanas telah tersebar luas di seluruh negara yang beriklim tropis terutama di sekitar daerah khatulistiwa yaitu antara 25 LU dan 25 LS dengan temperature antara 21 °C-27 °C, tanaman akan berhenti tumbuh bila temperature terletak antara 10 °C-16 °C. Tanaman nanas dapat tumbuh pada berbagai jenis tanah, terutama ditanah latosol coklat kemerahan atau merah. Nanas memerlukan tanah berpasir yang banyak mengandung bahan organik dimana drainase dan aerasinya baik. Tanaman Nanas termasuk tanaman yang tahan kekeringan karena memiliki sel-sel yang mampu menyimpan air (Refirza, 2023). Nanas termasuk tanaman buah berupa semak yang banyak dihasilkan di Indonesia. Tanaman Nanas memiliki prospek yang baik di bidang pertanian dan produksinya di Indonesia cukup besar. Menurut Badan Pusat Statistik (2023) perkembangan produksi buah nanas di Indonesia terus mengalami peningkatan, yaitu pada tahun 2019 sebesar 2.194.458 ton, tahun 2020 sebesar 2.447.243 ton, tahun 2021 sebesar 2.886.417, dan tahun 2022 sebesar 3,2 juta ton. Tanaman nanas memerlukan unsur hara yang cukup dalam masa pertumbuhannya, pemupukan pada tanaman nanas secara umum terbagi menjadi dua tahap yaitu pupuk dasar dan pupuk susulan. Pupuk dasar yang digunakan yaitu pupuk kandang untuk meningkatkan kualitas tanah. Pupuk susulan yang digunakan yaitu pupuk anorganik untuk mendukung pertumbuhan vegetatif dan generatif tanaman nanas. Fase

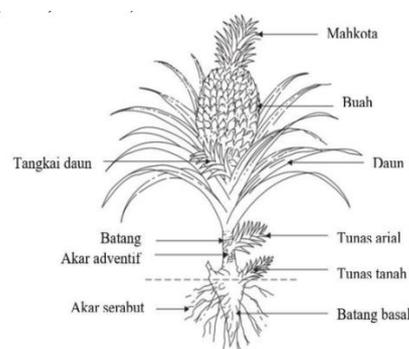
pertumbuhan vegetatif tanaman nanas akan terhenti pada saat tanaman berumur 11 bulan kemudian memasuki fase generatif tanaman. Unsur hara makro seperti N, P, dan K merupakan faktor penting bagi pertumbuhan dan perkembangan tanaman karena berpengaruh pada peningkatan produksi tanaman. Unsur hara nitrogen sangat berperan dalam pertumbuhan vegetatif tanaman yang dapat membuat daun menjadi lebar, berwarna lebih hijau dan lebih berkualitas. Unsur hara fosfor juga diperlukan untuk meningkatkan kualitas tanah sehingga dapat merangsang penyerapan unsur hara melalui peningkatan jumlah bintil pada perakaran sehingga dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman (Bangun dan Suryanto, 2020).

2.1.1 Klasifikasi Ilmiah

Menurut Ardi dkk., (2019) Nanas memiliki nama botani *Ananas comosus* L. Klasifikasi dari tanaman nanas adalah sebagai berikut:

Kerajaan : Plantae
 Divisi : Magnoliophyta
 Kelas : Liliopsida
 Bangsa : Poales
 Suku : Bromeliaceae
 Marga : *Ananas*
 Jenis : *Ananas comosus* (L.) Merr.

2.1.2 Morfologi Nanas



Gambar 1. Struktur Morfologi Tanaman Nanas (Aeni dkk., 2022).

2.1.2.1 Akar

Nanas memiliki akar yang melekat pada pangkal batang dan termasuk akar serabut dengan sebaran ke arah horizontal dan vertikal. Berdasarkan pertumbuhannya, akar nanas dibedakan menjadi akar primer dan sekunder. Akar primer hanya dapat ditemukan pada kecambah biji, dan setelah itu digantikan oleh akar adventif yang muncul dari pangkal batang dan berjumlah banyak. Pada pertumbuhan selanjutnya, akar-akar tersebut akan bercabang membentuk akar sekunder untuk memperluas bidang penyerapan dan membentuk sistem perakaran yang kuat (Sundari, 2020).

2.1.2.2 Batang

Batang tanaman nanas dapat dilihat apabila daun-daun dihilangkan. Hal ini disebabkan batang nanas memiliki ukuran yang pendek yaitu 20-25 cm dengan diameter 2.0-3.5 cm. Batang tanaman nanas beruas-ruas dengan panjang masing-masing ruas bervariasi antara 1-10 cm. Batang berfungsi sebagai tempat melekat akar, daun, bunga, tunas, dan buah, sehingga secara visual batang tersebut tidak nampak karena dikelilinginya tertutup oleh daun. Tangkai bunga atau buah merupakan perpanjangan dari akar. (Sundari, 2020).

2.1.2.3 Daun

Daun berbentuk memanjang dan sempit, panjang daun dapat mencapai 130-150 cm, dengan daun tua lebih pendek dari daun muda yang ada di atasnya. Pertumbuhan daun nanas biasanya satu dalam seminggu. Pada mulanya pertumbuhan lambat, kemudian cepat. Pada fase vegetatif pertumbuhan panjang daun terus meningkat sampai panjang maksimum

sejalan dengan bertambahnya umur tanaman. Tanaman nanas yang memiliki pertumbuhan dan perkembangan normal akan mempunyai daun sempurna lebih dari 35 helai pada sekitar umur 12 bulan setelah tanam. Berdasarkan bentuk dan umur, daun nanas dibedakan menjadi daun C yaitu daun yang paling tua, daun biasanya paling panjang dan daun E yaitu daun yang masih muda. Panjang daun dapat mencapai 1.6 m dan lebar 7 cm. Daun nanas berbentuk pedang, agak kaku, berserat, beralur dan tidak mempunyai tulang daun utama. Daunnya ada yang tumbuh duri tajam dan ada yang tidak berduri dan hanya terdapat di ujung daun tanaman nanas (Sundari, 2020).

2.1.2.4 Bunga

Bunga tanaman nanas bersifat majemuk yang terdiri dari 50-200 kuntum bunga tunggal atau lebih. Letak bunga duduk tegak lurus pada tangkai buah dan berkembang menjadi buah majemuk. Bunga nanas bersiat hermaprodit, mempunyai tiga kelopak, tiga mahkota, enam benang sari dan sebuah putik dengan kepala putik bercabang tiga. Penyerbukan tanaman nanas bersifat *self incompatible* atau *cross polinated* dengan perantara burung dan lebah. Bunga akan membuka setiap hari dan jumlahnya sekitar antara 5-10 kuntum, pertumbuhan bunga dimulai dari bagian dasar menuju bagian atas dan memakan waktu antara 10-20 hari. Waktu dari tanam sampai berbentuk bunga sekitar 6-16 bulan (Sundari, 2020).

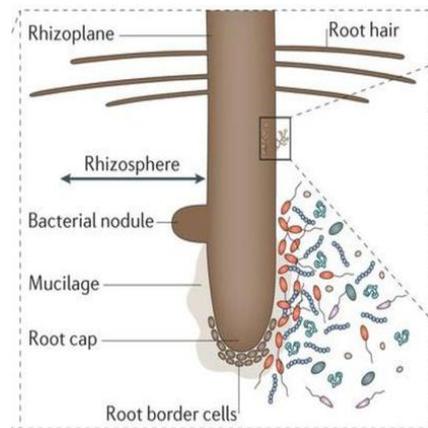
2.1.2.5 Buah

Buah nanas merupakan buah majemuk yang terbentuk dari gabungan 100-200 bunga, berbentuk silinder, panjang buah sekitar 20,5 cm dengan diameter 14,5 cm dan berat sekitar 2,2 kg. Kulit buah keras dan akar, saat menjelang panen,

warna hijau buah mulai memudar. Riana, (2012) menyatakan diameter dan berat nanas semakin bertambah sejalan dengan pertambahan umurnya, sebaliknya untuk tekstur buah nanas, semakin tua umur buah maka teksturnya akan semakin lunak. Buah dapat dipanen sekitar 5-6 bulan setelah berbunga, di bagian atas terdapat mahkota untuk memperbanyak tanaman. Buah nanas berbentuk silinder dihiasi oleh suatu roset daun-daun yang pendek, terusun spiral, yang disebut mahkota. Ujung buah biasanya tumbuh tunas mahkota tunggal, tetapi ada yang tumbuh lebih dari satu yang biasanya disebut *multiple crown* (mahkota ganda). Selain tunas mahkota juga terbentuk tunas batang (*slips*) yang tumbuh pada batang di bawah buah dan tunas ketiak daun (*suckers*) yang dapat digunakan sebagai bahan memperbanyak (Sundari, 2020).

2.2 Rhizosfer Tanah

Menurut Abdila dkk. (2022), tanah merupakan habitat bagi berbagai jenis organisme termasuk mikroorganisme. Mikroorganisme dalam tanah memiliki peran penting dalam kesuburan tanah. Mikroba dapat hidup di tanah dengan memanfaatkan semua nutrisi yang terdapat di dalamnya dan juga dimanfaatkan dalam bidang pertanian ataupun perkebunan. Kesuburan tanah memiliki peran penting bagi pertumbuhan tanaman karena asupan nutrisi bagi tanaman disediakan oleh tanah. Salah satu penentu kesuburan tanah adalah aspek biologi tanah. Kualitas biologi tanah dapat meningkat dengan adanya mikroorganisme tanah terutama pada rhizosfer pada tanaman nanas (Mukrin dkk., 2019).



Gambar 2. Rhizosfer (Goswami and Deka, 2020).

Menurut Ding *et al.*, (2019) rhizosfer berarti wilayah dekat perakaran sebagai tempat ideal bagi banyak mikroorganisme karena menyediakan bahan organik yang dibutuhkan mikroba dalam tanah dan dipengaruhi oleh eksudasi perakaran tanaman. Rhizosfer digunakan untuk menunjukkan bagian tanah yang dipengaruhi oleh perakaran tanaman, dicirikan dengan banyaknya kegiatan mikrobiologis dibandingkan kegiatan di dalam tanah yang jauh dari perakaran tanah. Rhizosfer juga berperan sebagai pertahanan luar tanaman dari serangan patogen akar. Konsep rhizosfer pertama kali dikemukakan oleh Hiltner pada tahun 1904, Hiltner menyatakan rhizosfer merupakan bagian tanah yang dipengaruhi langsung oleh akar, terdapat beberapa organisme bermanfaat di sekitar tanaman yang sehat. Pentingnya populasi mikroorganisme rhizosfer di perakaran guna memelihara kesehatan akar dari serangan patogen penyebab penyakit (Rusli dan Hafsan, 2015).

Selama pertumbuhan dan perkembangan tanaman, berbagai senyawa organik diproduksi dan dilepaskan melalui eksudasi, sekresi, dan endapan. Hal ini menyebabkan rhizosfer kaya akan nutrisi dibandingkan dengan tanah lainnya. Eksudat akar termasuk asam amino, karbohidrat, gula vitamin, lendir dan protein bertindak sebagai pembawa pesan yang merangsang interaksi antara akar dan organisme yang menghuni tanah. Lingkungan rhizosfer ditentukan oleh interaksi dari tanah, tanaman, dan organisme yang berhubungan dengan akar (Hasan *et al.*, 2019).

2.3 Pupuk Hayati

Salah satu pembentuk tanah adalah bahan organik sehingga sangat penting dilakukan penambahan bahan organik ke dalam tanah melalui pupuk organik. Biofertilizer atau yang sering disebut dengan pupuk hayati merupakan suatu bahan yang terdiri atas sekumpulan mikroorganisme fungsional yang mampu menyediakan nutrisi untuk pertumbuhan suatu tanaman. Pupuk hayati dapat juga disebut sebagai inokulan berbahan aktif organisme hidup yang berfungsi untuk menambat hara tertentu atau mengaktifkan serapan hara oleh tanaman "*Soil borne disease*", mempercepat proses pengomposan, memperbaiki struktur tanah, dan menghasilkan substansi aktif yang dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman (Priambodo dkk., 2019). Biofertilizer juga menjadi formulasi dari mikroorganisme hidup yang mampu mengubah unsur hara dari bentuk yang belum dapat digunakan menjadi bentuk yang tersedia bagi tanaman melalui proses biologi baik dengan hidup bebas di dalam tanah atau berasosisasi dengan tanaman.

Pupuk hayati mengandung bahan aktif mikroba yang mampu menghasilkan senyawa yang berperan dalam proses penyediaan unsur hara dalam tanah. Kelompok mikroba yang sering digunakan dalam pupuk hayati adalah mikroba-mikroba yang dapat menambat N dari udara, mikroba yang melarutkan hara P dan K. Hal ini sesuai dengan penelitian Permatasari dkk., (2014) yang menyatakan bahwa inokulan bakteri penambat nitrogen, bakteri pelarut fosfat dan mikoriza asal Desa Condro, Jawa Timur berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman cabai rawit. Pupuk hayati memberikan respon positif terhadap penambahan unsur hara, salah satunya fosfor. Hal ini ditambahkan oleh hasil penelitian Mohammed (2012) yang menyatakan bahwa fosfor yang terdapat dalam pupuk hayati menunjukkan respon positif terhadap peningkatan berat kering akar pada tanaman jagung hibrida.

Menurut Ahmad dkk., (2019) Pupuk hayati mengandung unsur hara makro dan mikro, hormon, dan asam amino yang dibutuhkan untuk pertumbuhan

tanaman. Selain itu, terdapat juga mikroorganisme hidup dari mikroba pelarut fosfat, penambat N_2 , yang diberikan ke tanah untuk meningkatkan jumlah mikroba beserta aktivitasnya. Aktivitas mikroba tanah mampu menambah ketersediaan unsur hara, mampu melarutkan fosfat tersedia bagi tanaman. Pemberian pupuk hayati ke tanah memberikan pengaruh yang besar untuk memenuhi kebutuhan akan unsur hara N dan P yang terus menerus mengalami peningkatan dari tahun ke tahun.

2.4 Bakteri Pelarut Fosfat

Enzim tanah yang berperan dalam mineralisasi senyawa P organik menjadi P anorganik yaitu kelompok enzim fosfatase. Unsur fosfor dalam tanah terbagi menjadi 2, yaitu fosfor anorganik dan fosfor organik yang digunakan sebagai sumber hara penting bagi tanah, tanaman, dan mikroorganisme lainnya. Fosfor anorganik merupakan bentuk fosfor yang berasal dari mineral fosfat (apatit), serapan P pada partikel liat dan kompleks fosfat Al dan Fe. Sebagian besar fosfat 95-99 % berada dalam tanah terikat dalam koloid tanah dan dalam bentuk tidak larut sehingga tidak dapat dimanfaatkan tanaman. Ketersediaan fosfor anorganik ditentukan oleh pH tanah, jumlah dan tingkat dekomposisi bahan organik, dan kegiatan jasad mikro dalam tanah. Tanaman menyerap fosfor dalam bentuk $H_2PO_4^-$, HPO_4^- dan PO_4^- . Umumnya bentuk $H_2PO_4^-$ lebih tersedia bagi tanaman daripada HPO_4^- dan PO_4^- (Handayanto dkk., 2017).

Bakteri pelarut fosfat (BPF) merupakan bakteri yang memiliki kemampuan menghasilkan asam-asam organik yang berfungsi untuk mengikat kation (Al, Fe, Ca) melalui gugus hidroksil dan karboksilnya yang terikat pada fosfat. Anion karboksilat yang diproduksi oleh bakteri pelarut fosfat memiliki afinitas tinggi terhadap kalsium dalam melarutkan fosfat. Bakteri pelarut fosfat berperan sebagai dekomposer dengan mengonsumsi senyawa-senyawa karbon yang sederhana, misalnya eksudat akar dan sisa tanaman (Sugianto dkk., 2018).

Bakteri pelarut fosfat berperan meningkatkan kesuburan tanah dan mampu mengekskresikan beberapa asam organik berbobot molekul rendah seperti oksalat, fumarat, suksinat, dan malat. Bakteri pelarut fosfat yang telah banyak ditemukan diantaranya *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Arthrobacter*, *Micrococcus*, *Streptomyces*, dan *Flavobacterium* (Ulfah dkk., 2020).

Bakteri pelarut fosfat mampu mensekresikan enzim fosfatase dalam proses hidrolisis P organik menjadi P anorganik dan menghasilkan zat pengatur tumbuh. Aktivitas bakteri sangat dipengaruhi oleh suhu, kelembapan, pH, suplai makanan, serta kondisi lingkungan. Kemampuan tersebut juga sangat dipengaruhi oleh proses metabolisme bakteri itu sendiri (Fianiray, 2018).

Karakter bakteri dapat melarutkan fosfat yaitu adanya zona bening di sekitar koloni dan penambahan ukuran koloni bakteri pada media pikovskaya karena bakteri tersebut dapat melarutkan fosfat ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$) pada formulasi media pikovskaya. Bakteri pelarut fosfat akan melarutkan fosfat dalam bentuk PO_4 menggunakan enzim fosfatase, sehingga terbentuk zona bening disekitaran koloni. Bakteri pelarut fosfat sering ditemukan berasosiasi di dalam tanah dan pada berbagai jenis kondisi tanah, seperti kondisi asam, netral, dan basa. Bakteri ini juga ada yang bersifat termofilik ($40\text{ }^\circ\text{C}$ - $75\text{ }^\circ\text{C}$), mesofilik ($15\text{ }^\circ\text{C}$ - $55\text{ }^\circ\text{C}$), dan psikofilik ($0\text{ }^\circ\text{C}$ - $30\text{ }^\circ\text{C}$), serta mampu hidup pada kondisi aerob maupun anaerob (Sembiring dkk., 2020).

Penggunaan pupuk hayati fosfat dapat meningkatkan produksi dan hasil panen. Bakteri pelarut fosfat dapat menyebabkan perubahan akar tanaman dengan menyuplai auksin dalam jumlah besar yang bertindak sinergis dengan auksin endogen dan mengubah perkembangan sistem akar tanaman (Timofeeva *et al.*, 2022). Selain itu bakteri pelarut fosfat memiliki keunggulan dalam meningkatkan ketersediaan dan kelarutan fosfat yang dapat diserap tanaman, menghalangi terserapnya fosfat pada pupuk oleh unsur-unsur penyerapan, dan mengurangi tingkat toksisitas logam Al^{3+} , Fe^{3+} , dan Mn^{2+} terhadap tanaman pada tanah masam (Dewanti dkk., 2016).

2.5 Mekanisme Kerja Bakteri Pelarut Fosfat (BPF)

Mekanisme kerja dari bakteri pelarut fosfat sehingga mampu melarutkan P di dalam tanah didasarkan pada sistem sekresi bakteri berupa asam organik, meningkatnya asam organik biasanya diikuti dengan pembentukan pengeklatan dari Ca dengan asam organik sehingga P dapat larut dan tersedia dalam tanah. Mekanisme mikroorganisme dalam melarutkan P tanah yang terikat dan P yang berasal dari alam dikarenakan asam-asam organik yang dihasilkan akan bereaksi dengan AlPO_3 , FePO_4 , dan $\text{Ca}(\text{PO}_4)_2$, dari reaksi tersebut terbentuk khelat organik dari Al, Fe, dan Ca sehingga P terbebaskan dan larut serta tersedia untuk tanaman (Suryanti dkk., 2023). Mekanisme pelarutan fosfat dari bahan yang sukar untuk larut banyak dikaitkan dengan aktivitas mikroba yang mempunyai kemampuan menghasilkan enzim fosfatase, fitase, dan asam organik hasil metabolisme seperti asam asetat, propionat, glikolat, fumarat, oksalat, suksinat, tartrat, sitrat, laktat, dan ketoglutarat. Tetapi pelarutan P dapat dilakukan oleh mikroorganisme yang tidak menghasilkan asam organik, yaitu melalui mekanisme pelepasan proton (ion H^+) pada proses respirasi, asimilasi amonium (NH_4^+).

Jeksen dan Mutiara, (2018) menyatakan bahwa pelarutan P oleh mikroorganisme pelarut fosfat selain karena adanya proses kelasi dan reaksi pertukaran, dapat juga disebabkan oleh menurunnya pH rhizosfer akibat adanya asam organik. Reaksi yang terjadi selama proses pelarutan P dari bentuk tak tersedia menjadi tersedia merupakan reaksi *chelate* antara ion logam dalam mineral tanah dengan asam-asam organik. Mekanisme pengikatan Al^{+++} dan Fe^{++} oleh gugus fungsi dari komponen organik adalah karena adanya satu gugus karboksil dan satu gugus fenolik, atau dua gugus karboksil yang berdekatan bereaksi dengan ion logam.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan pada bulan Desember 2023 sampai Maret 2024. Pengambilan sampel dilakukan di PG 1 PT *Great Giant Pinneapple* pada bulan Desember 2023 dan analisis dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

3.2 Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan pada pengambilan sampel tanah yaitu bor tanah, sekop, kantung plastik, kertas label, *Global Positioning System* (GPS) dan *cool box*. Sedangkan peralatan yang digunakan untuk isolasi dan identifikasi bakteri adalah *autoclave*, neraca analitik, pH meter, *hot plate*, mikroskop, *vortex mixer*, peralatan gelas, mikropipet, bunsen, jarum ose, tabung reaksi, rak tabung reaksi, lemari es, inkubator 37 °C, Orbital shaker dan *Biological safety cabinet* (BSC).

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sampel tanah yang sudah dikompositkan, NaCl 0,85 %, *Pikovskaya* (PKV) , *Nutrient broth* (NB), *Nutrient agar* (NA), sukrosa, glukosa, fruktosa, galaktosa, dan lakstosa, *Phenol red*, Aquades, H₂O₂ 3 %, alkohol, tissue, spirtus, minyak imersi, KOH, cat Gram (larutan *Crystal violet*, larutan lugol iodine, alkohol asam, dan *safranin*) dan cat spora (larutan *safranin* dan *malachite green*).

3.3 Metode Penelitian

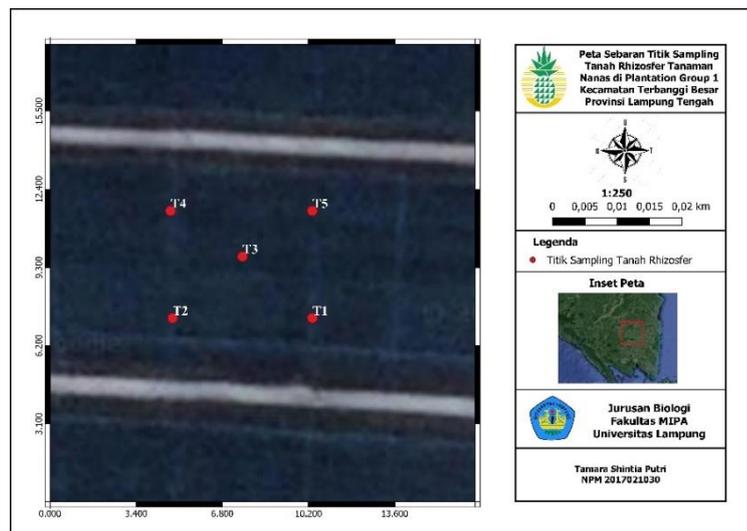
Penelitian ini dilakukan dengan metode deskriptif eksploratif untuk mengetahui keberadaan bakteri pelarut fosfat (BPF) pada rhizosfer tanaman nanas di PG 1 PT. *Great Giant Pineapple*, Lampung Tengah, Kabupaten Lampung Tengah. Pengambilan sampel tanah dilakukan dengan teknik purposive sampling dengan pengambilan sampel tanah di 5 titik lokasi. Sampel tanah selanjutnya dilakukan pengayaan selama 24 jam yang bertujuan untuk memperkaya jumlah bakteri, kemudian dilakukan isolasi menggunakan media selektif *pikovskaya*, setelah adanya pertumbuhan koloni kemudian dilanjutkan dengan menghitung kepadatan jumlah bakteri dengan menggunakan metode *Total Plate Count* (TPC). Indikator positif isolat yang dapat melarutkan fosfat ditandai dengan adanya zona bening (*halozone*). Isolat bakteri pelarut fosfat yang diperoleh kemudian dimurnikan dan selanjutnya dilakukan identifikasi dan karakterisasi secara makroskopis, mikroskopis dan fisiologis.

Identifikasi dan karakterisasi makroskopis dilakukan untuk mengamati morfologi koloni maupun morfologi sel bakteri pelarut fosfat, pengujian dilakukan meliputi bentuk, warna, elevasi, dan tepi koloni dari bakteri pelarut fosfat. Untuk Identifikasi secara mikroskopis dilakukan dengan pewarnaan Gram dan endospora. Identifikasi dan karakterisasi fisiologis dilakukan dengan mengamati uji kemampuan pelarutan fosfat, uji katalase, uji fermentasi karbohidrat, uji motilitas, dan uji kebutuhan oksigen. Hasil identifikasi dan karakterisasi yang diperoleh dianalisis dan diuraikan secara deskriptif dan kuantitatif.

3.4 Prosedur Kerja

3.4.1 Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel tanah dilakukan pada rhizosfer nanas di Terbanggi Besar, Kabupaten Lampung Tengah, Provinsi Lampung. Lokasi lahan berada di 38F dengan luas 6.05 ha dan kondisi tanah didominasi oleh tanah Ultisol yang berwarna kemerahan sampai kuning dengan tekstur lempung liat berpasir sampai pasir berliat.



Gambar 3. Lokasi Pengambilan Sampel Tanah dengan Titik Koordinat S 04.48595° E 105.14144° (Dokumentasi Pribadi,2023)

Kriteria sampel tanah diambil dari lahan tanaman usia 9 bulan dan dengan terlebih dahulu melakukan pengukuran pH tanah menggunakan pH meter. Sampel tanah pada lahan diambil dari 5 titik dan masing-masing titik diambil sebanyak 50 g, lalu disatukan sehingga sampel menjadi 250 g. Kedalaman pengambilan sampel tanah rhizosfer yaitu 0-20 cm dari pangkal akar di sekitar perakaran tanaman. Lokasi sampel yang diambil tanahnya dibersihkan dari serasah, kemudian bor tanah yang disiapkan disemprot dengan alkohol 70 %. Selanjutnya bor ditekan ke dalam tanah, lalu tanah yang berada di dalam bor diambil menggunakan spatula. Tanah yang sudah diambil kemudian dimasukkan ke dalam plastik steril

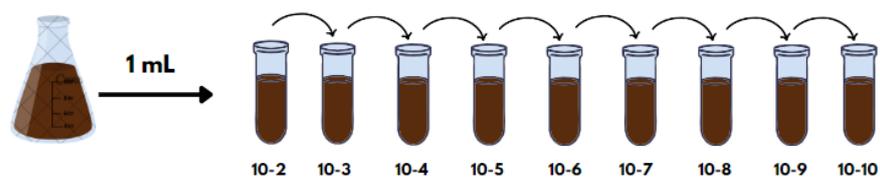
dan dibawa ke laboratorium menggunakan *cool box* (Pambudi dkk., 2017).

3.4.2 Homogenisasi dan Pengayaan Sampel Tanah

Sampel tanah yang sudah disatukan kemudian ditimbang sebanyak 10 g dengan 3 kali ulangan. Selanjutnya dimasukkan ke dalam tabung Erlenmeyer steril dan ditambahkan 90 mL NaCl 0,85 %, lalu dihomogenkan dengan *shaker* pada kecepatan 120 rpm pada suhu ruang selama 24 jam (Kamallia dkk., 2021). Hasil pengayaan sampel tanah ini dijadikan sebagai pengenceran pertama (10^{-1}).

3.4.3 Pengenceran Berseri

Pengenceran suspensi bakteri dari sampel tanah sumber isolat dalam penelitian ini adalah pengenceran berseri yang dilakukan secara aseptis di dalam *Laminar Air Flow* (LAF). Sampel dari tabung Erlenmeyer pengenceran 10^{-1} diambil 1 mL menggunakan mikropipet kemudian dimasukkan ke dalam tabung reaksi yang berisi 9 mL NaCl 0,85 % lalu dihomogenkan menggunakan *vortex* sebagai pengenceran 10^{-2} . Prosedur kerja dilakukan dengan cara yang sama hingga tingkat pengenceran 10^{-10} (Taniwan dkk., 2016).



Gambar 4. Prosedur pengenceran bertingkat (Dokumentasi pribadi, 2024).

3.4.4 Isolasi Bakteri Pelarut Fosfat

Isolasi bakteri pelarut fosfat dilakukan dengan metode *spread plate* menggunakan media Pikovskaya agar. Selanjutnya setiap suspensi

dari pengenceran 10^{-2} sampai 10^{-10} diambil sebanyak 0,1 mL menggunakan mikropipet, kemudian diinokulasi ke dalam cawan petri berisi media selektif Pikovskaya dan diratakan menggunakan drigalski. Isolasi bakteri dilakukan masing-masing 2 kali ulangan (duplo). Selanjutnya cawan petri diinkubasi pada suhu ruang selama 3x24 jam (Adril dan Yuni., 2020).

3.4.5 Perhitungan Jumlah Koloni Bakteri Pelarut Fosfat dengan *Total Plate Count* (TPC)

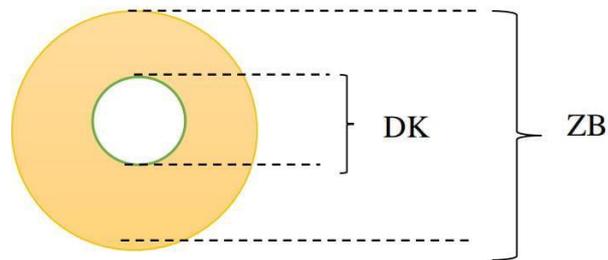
Jumlah koloni yang tumbuh diamati setelah 3x24 jam dan dihitung kepadatan bakteri yang mampu tumbuh dan berkoloni pada media Pikovskaya menggunakan *colony counter*. Menurut Utami dkk., (2021), koloni pada cawan petri yang tumbuh dengan kepadatan 30-300 dihitung menggunakan rumus berikut (Friska, 2015).

$$\text{Total koloni bakteri (CFU/g)} = \frac{\text{Jumlah koloni} \times \text{Faktor pengenceran}}{\text{Volume suspensi yang digunakan}}$$

3.4.6 Uji Kemampuan Pelarutan Fosfat

Indikator positif isolat yang berpotensi dalam melarutkan fosfat pada media Pikovskaya ditandai dengan terbentuknya zona bening (*halozone*) atau terang di sekeliling koloni. Selanjutnya isolat yang berpotensi melarutkan fosfat diseleksi dan ditumbuhkan kembali pada cawan petri berisi media Pikovskaya agar dengan metode titik. Kemudian cawan petri diinkubasi pada suhu ruang dengan posisi terbalik selama 3x24 jam pada suhu ruang. Pengujian ini dilakukan untuk memastikan bahwa isolat bakteri yang dipilih benar-benar memiliki kemampuan dalam melarutkan fosfat. Isolat-isolat yang membentuk zona bening dinyatakan sebagai BPF, selanjutnya dilakukan pengukuran diameter koloni dan zona bening yang terbentuk. Berdasarkan hasil pengukuran, selanjutnya dilakukan

perhitungan indeks kelarutan fosfat dengan menggunakan rumus berikut: (Oksana dkk., 2020).



Gambar 5. Pengujian Indeks Kelarutan Fosfat

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

Keterangan: IKF : Indeks kelarutan fosfat

DK : Diameter koloni

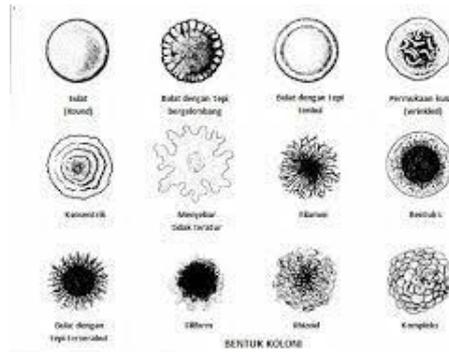
ZB : Zona bening

3.4.7 Pemurnian Isolat Bakteri Pelarut Fosfat

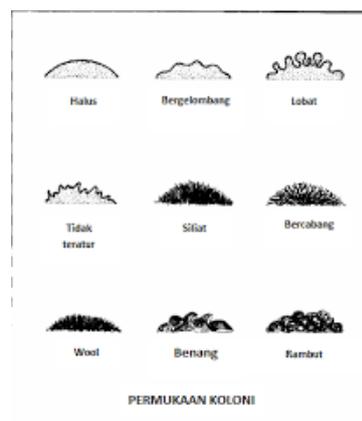
Pemurnian dilakukan dengan menggunakan isolat bakteri yang berpotensi dalam melarutkan fosfat. Isolat bakteri diambil sebanyak 1 ose kemudian digoreskan pada permukaan media *Pivokskaya* agar dengan metode *streak plate* (kuadran) dan diinkubasi pada suhu ruang selama 3x24 jam. Tujuan dari pemurnian adalah untuk mendapatkan koloni tunggal. Koloni tunggal yang diperoleh kemudian dijadikan stok pada agar miring untuk diidentifikasi secara mikroskopis, makroskopis, dan fisiologis (Friska dkk., 2015).

3.4.8 Identifikasi Karakter Makroskopis

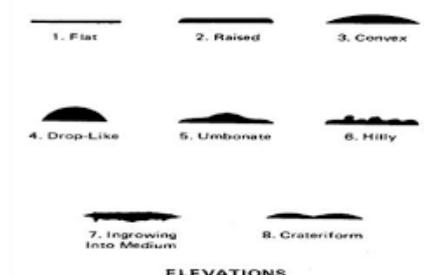
Pengamatan secara makroskopis meliputi bentuk koloni, bentuk tepi koloni, elevasi, dan warna koloni bakteri pelarut fosfat berdasarkan buku identifikasi morfologi bakteri.



Gambar 6. Bentuk Morfologi dari Atas (Hadioetomo, 1993)



Gambar 7. Bentuk Morfologi dari Tepi (Hadioetomo, 1993)



Gambar 8. Bentuk Morfologi dari Bentuk Penonjolan (Hadioetomo, 1993)

3.4.9 Identifikasi Karakter Mikroskopis

Identifikasi karakter mikroskopis dari bakteri pelarut fosfat meliputi pewarnaan Gram dan pewarnaan endospora.

3.4.9.1 Pewarnaan Gram

Biakan bakteri digoreskan 1 ose ke atas kaca objek secara aseptik lalu diratakan dan difiksasi. Preparat lalu ditetesi kristal violet dan didiamkan 1 menit, kemudian dibilas dengan aquades mengalir dan dikeringanginkan. Preparat ditetesi lugol/iodin dan didiamkan 1 menit, lalu dibilas dengan aquades mengalir dan dikeringanginkan. Preparat ditetesi alkohol 70 % selama 30 detik hingga lapisan tampak lebih pucat. Terakhir, preparat ditetesi safranin dan didiamkan 1 menit, lalu dibilas dengan aquades mengalir dan dikeringanginkan. Preparat kemudian diamati di bawah mikroskop mulai dari perbesaran kecil terlebih dahulu. Jika sel bakteri berwarna merah maka bakteri tersebut Gram negatif, sedangkan bila sel bakteri berwarna ungu maka bakteri tersebut Gram positif (Panjaitan dkk., 2020).

3.4.9.2 Pewarnaan endospora

Biakan bakteri digoreskan 1 ose ke atas kaca objek secara aseptik lalu diratakan dan difiksasi. Preparat kemudian ditetesi *malachite green* selama 10 menit lalu dibilas dengan aquades mengalir dan dikeringanginkan. Preparat lalu ditetesi safranin selama 10 detik, dibilas dengan aquades mengalir dan dikeringanginkan. Selanjutnya preparat diamati dibawah mikroskop mulai dari perbesaran kecil terlebih dahulu dengan memberikan keterangan bentuk sel, bentuk spora, dan letak spora (Agustina dkk., 2013).

3.4.10 Identifikasi Karakter Fisiologis

Identifikasi karakter fisiologis berdasarkan pada buku panduan *Bergey's Manual of Determinative Ninth Edition* (1994).

3.4.10.1 Uji Katalase

Uji katalase digunakan dalam melakukan identifikasi kelompok bakteri yang menghasilkan enzim katalase. Dilakukan dengan cara di atas kaca objek ditetesi satu tetes H_2O_2 3 %, kemudian ditambahkan koloni bakteri dan langsung diamati terjadinya penguraian hidrogen peroksida. Dinyatakan positif bila menghasilkan enzim katalase yang ditandai dengan terbentuknya gelembung udara dan negatif bila tidak ada gelembung udara. Hal ini terjadi karena bakteri tersebut apabila ditambahkan hidrogen peroksida menghasilkan peroksida (Nuryanti dkk., 2021).

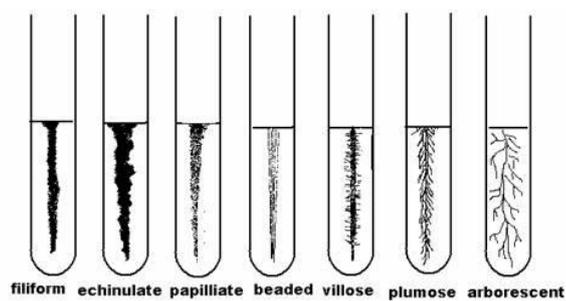
3.4.10.2 Uji Fermentasi Karbohidrat

Uji fermentasi dilakukan untuk melihat kemampuan bakteri dalam memfermentasi beberapa jenis karbohidrat (glukosa, sukrosa, fruktosa, dan laktosa) serta menghasilkan asam akibat proses fermentasi. Uji fermentasi dilakukan dengan cara satu ose isolat bakteri diambil dan dimasukkan dalam tabung reaksi yang dilengkapi dengan tabung durham berisi *Phenol Red* dengan sumber karbohidrat berupa glukosa, sukrosa, dan laktosa. Selanjutnya diinkubasi pada suhu $37\text{ }^\circ\text{C}$ selama 48 jam. Uji Positif ditunjukkan dengan

perubahan warna media dari merah menjadi kuning dan terbentuk gelembung di dalam tabung durham yang merupakan gas hasil fermentasi (Pangestu dkk., 2014).

3.4.10.3 Uji Motilitas

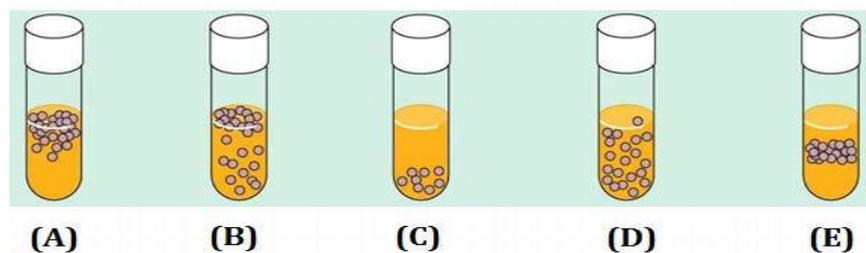
Uji motilitas bertujuan untuk melihat pergerakan bakteri di dalam media tumbuh. Biakan bakteri diambil menggunakan jarum ose secara aseptik dan diinokulasikan secara vertikal pada media NA semi solid serta diinkubasi selama 24 jam pada suhu 37 °C untuk melihat pertumbuhan dari masing-masing bakteri tersebut (Panjaitan dkk., 2020). Uji positif ditunjukkan dengan adanya pertumbuhan bakteri yang menyebar (motil), sedangkan uji negatif ditunjukkan dengan pertumbuhan bakteri yang tidak menyebar (non motil). Bentuk pertumbuhan bakteri diidentifikasi berdasarkan tipe bentuk motilitasnya seperti yang ditunjukkan pada gambar 9 berikut.



Gambar 9. Tipe bentuk pertumbuhan motilitas bakteri pada medium tegak (Diarti dkk., 2017).

3.4.10. Uji Penggunaan O₂

Uji penggunaan O₂ dilakukan untuk mengetahui sifat bakteri sebagai aerob, anaerob, atau fakultatif. Satu Ose isolat bakteri murni dimasukkan dalam media Nutrien Broth untuk selanjutnya diinkubasi selama 3x24 jam pada suhu 26 °C (Sari dan Prayudianingsih, 2017). Bakteri dikatakan bersifat; (1) aerob apabila bakteri tumbuh pada permukaan media dalam tabung, (2) aerob fakultatif apabila bakteri tumbuh pada seluruh media dalam tabung tapi tidak merata dan terpusat pada permukaan tabung, (3) anaerob obligat apabila bakteri tumbuh pada dasar media, (4) anaerob toleran apabila bakteri tumbuh di seluruh media tapi tidak merata dan terpusat pada dasar tabung, dan (5) mikroaerofilik apabila bakteri tumbuh terpusat pada bagian tengah media dalam tabung (Gambar 10).

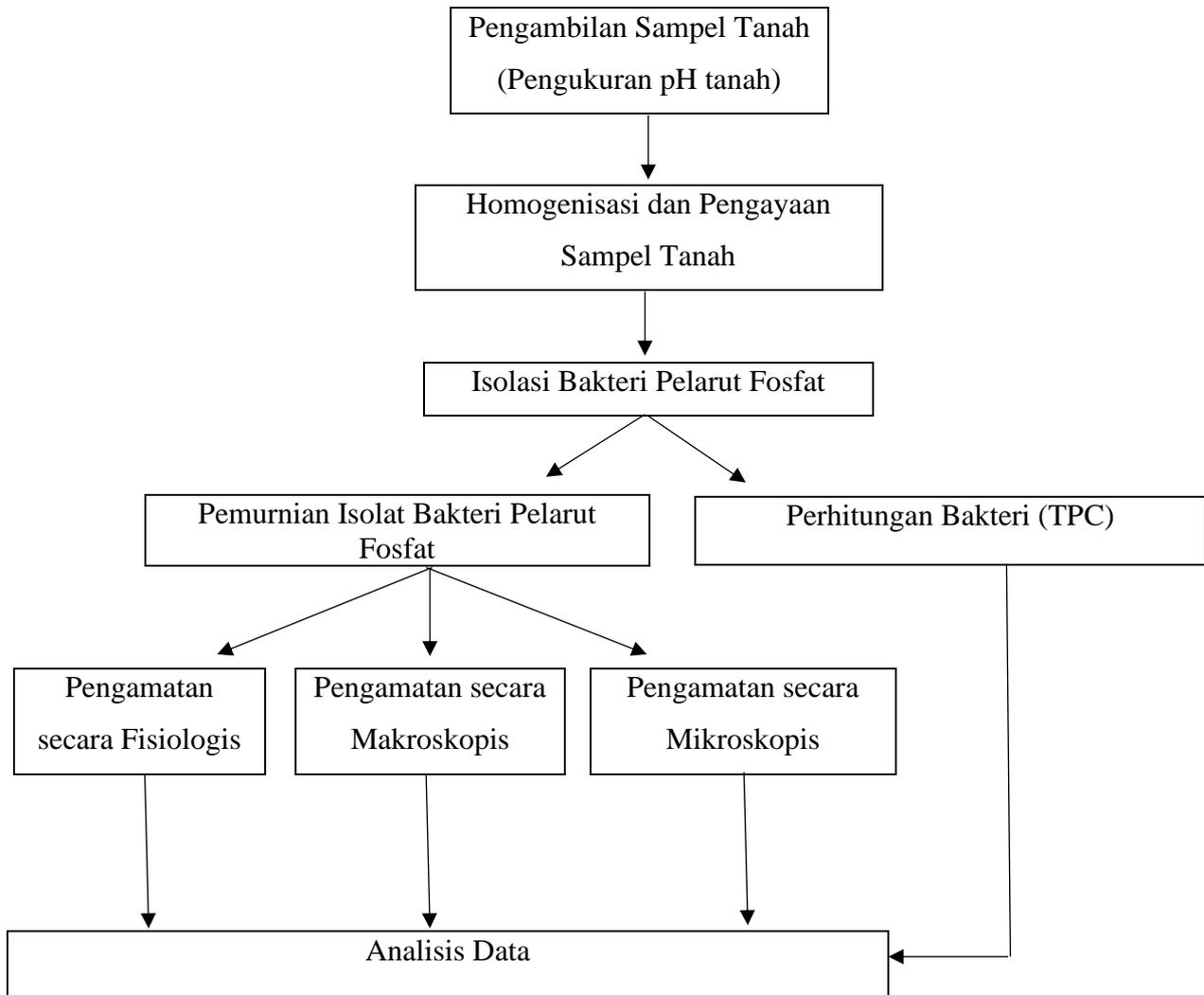


Gambar 10. Ilustrasi pertumbuhan bakteri berdasarkan penggunaan oksigennya. (A) aerob; (B) aerob fakultatif; (C) anaerob obligat; (D) anaerob toleran; dan (E) mikroaerofilik (Puspitasari dkk., 2012).

3.5. Analisis Data

Data yang diperoleh dari isolasi, seleksi, karakterisasi, identifikasi secara makroskopis, mikroskopis dan fisiologis dianalisis dan diuraikan secara deskriptif kuantitatif.

3.6 Bagan Alir Penelitian



Gambar 11. Diagram Alir Penelitian

V. KESIMPULAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, simpulan yang didapatkan adalah sebagai berikut:

1. Karakteristik morfologi Isolat bakteri pelarut fosfat dengan kemampuan melarutkan fosfat paling baik berdasarkan indeks kelarutan fosfat tertinggi yaitu TMR1 dengan nilai 2,56, Karakteristik morfologi TMR1 memiliki bentuk koloni *Irregular* elevasi *Raised*; warna koloni putih, dengan tepian *Undulate*, memiliki bentl sel basil dan sifat negatif, tidak memiliki spora, mampu memfermentasikan glukosa, namun tidak dapat memfermentasikan sukrosa dan laktosa namun pada sukrosa menghasilkan enzim katalase; tidak motil; aerob fakultatif.
2. Populasi bakteri pelarut fosfat pada tanah rhizosfer tanaman nanas terpadat yaitu $(4,86 \times 10^6 \text{ CFU/g})$.

5.2 Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaplikasian bakteri pelarut fosfat yang dijadikan pupuk bagi tanah untuk melihat keefektifan bakteri dalam membantu untuk kesuburan tanah dan menunjang pertumbuhan tanaman nanas.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdilla, A., N. Japarang, N. Agustin, W. Hafni, A.D. Annisi, H. Karim, A.A. Aziz, M. Jundam, O. Jumadi. 2022. Populasi Mikroorganisme Tanah pada Lahan Jagung Setelah Aplikasi Pupuk Poliakrilat. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*. 27(1): 18-21.
- Adril, M., Y. Lisafitri. 2020. Isolasi Bakteri Pelarut Fosfat Genus *Pseudomonas* dari Tanah Masam Bekas Areal Perkebunan Karet di Kawasan Institut Teknologi Sumatera. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. 21(1): 40-48.
- Aeni, Q., S.R. Aini, I.S. Pratama. Kajian Pustaka Toksisitas Tanaman Nanas (*Ananas comosus* (L.) Merr.). *Sasambo Journal of Pharmacy*. 3(1): 49-62.
- Agustina, D., C. Yulvizar, R. Nursanty. 2013. Isolasi dan Karakterisasi Bakteri pada Ikan Kembung (*Rastrelliger sp.*) Asin Berkitosan. *Biospecies*. 6(1): 15-19.
- Ahmad, F., Afandi, K. Hendaro, S. Yusnaini. 2019. Pengaruh Aplikasi Pupuk Hayati Terhadap Kemantapan Agregat Tanah dan Produksi Tanaman Tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) di Bukit Kemiling Permai, Bandar Lampung. *Journal of Tropical Upland Resources*. 1(1): 137-144.
- Antriana, N. 2014. Isolasi Bakteri Asal Saluran Pencernaan Rayap Pekerja (*Macrotermes spp.*) *Saintifika*. 16(1): 18-28.
- Ardi, J., M. Akrinisa, M. Arpah. Keragaman Morfologi Tanaman Nanas (*Ananas comosus* (L.) Merr) di Kabupaten Indragiri Hilir. *Jurnal Agro Indragiri*. 4(1): 34-38.
- Asril, M., W. Lestari, Basuki, M.F. Sanjaya, R. Firgiyanto, B. Manguntungi, S. Sudewi, M.K. Swandi, M. Paulina, W.R. Kunusa. 2023. *Mikroorganisme Pelarut Fosfat pada Pertanian Berkelanjutan*. Yayasan Kita Menulis: Medan.
- Badan Pusat Statistik (BPS). 2023. *Data Perkembangan Buah Tropis Indonesia Tahun 1995-2023*. Jakarta.

- Baloc, I. S., L. F. Ishaq, A. S. K. A. Tae, D. Serangmo. 2023. Eksplorasi Bakteri Pelarut Fosfat Indigen Pada Ekosistem Kebun dan Pantai di Kabupaten Kupang. *Agrisa*. 12(2): 106-124.
- Bangun, K.O., A. Suryanto. 2020. Kombinasi Pemberian Pupuk Urea dan Pupuk SP-36 Terhadap Pertumbuhan Vegetatif Tanaman Nanas (*Ananas comosus* L.) cv. Quen. *Jurnal Produksi Tanaman*. 8(11): 1059-1067.
- Damayanti, S.S., O. Komala, E.M. Effendi. 2018. Identifikasi Bakteri Pupuk Organik Cair Isi Rumen Sapi. *Ekologia: Jurnal Ilmiah Ilmu Dasar dan Lingkungan Hidup*. 18(2): 63-71.
- Dewanti, A.W., E. Pratiwi, Y. Nuraini. 2016. Viabilitas dan Aktivitas Enzim Fosfatase Serta Produksi Asam Organik Bakteri Pelarut Fosfat Pada Beberapa Suhu Simpan. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*. 3(1): 311-318.
- Diarti, M.M., Rohmi, Y.S.K. Achmad, Y. Jiwintarum. 2017. Karakteristik Morfologi, Koloni dan Biokimia Bakteri yang Diisolasi Dari Sedimen Laguna Perindukan Nyamuk. *Jurnal Kesehatan Prima*. 11(2): 124-136.
- Ekowati, C.N., R. Shinta, Suratman, B. Irawan. The Potential of Soil Bacteria Isolates from Liwa Botanical Gardens, West Lampung as Phosphate Solubilizing Bacteria. *Jurnal Ilmiah Biologi Eksperimen dan Keanekaragaman Hayati (J-BEKH)*. 9(1): 83-89.
- Fianiray, A.R. 2018. Isolasi dan Identifikasi Bakteri Pelarut Fosfat Pada Tanah Podsolik Merah Kuning. *Skripsi*. Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim. Riau.
- Friska, W., S. Khotimah, R. Linda. 2015. Karakteristik Bakteri Pelarut Fosfat pada Tingkat Kematangan Gambut di Kawasan Hutan Lindung Gunung Ambawang Kabupaten Kubu Raya. *Jurnal Protobiont*. 4(1): 197-202.
- Gagola, R., Fatimawali, A. E. Manampiring. 2013. Bakteri Resisten Pada Urine Pasien Tumpatan Amalgam Poli Gigi Puskesmas Bahu. *Jurnal e-Biomedik*. 1(1): 1033-1039.
- Goswami, M., S. Deka. 2020. Plant Growth-Promoting Rhizobacteria-Alleviators of Abiotic Stresses in Soil. *Pedosphere*. 30(1): 40-61.
- Hadioetomo, R.S. 1993. *Mikrobiologi Dasar Dalam Praktek: Teknik dan Prosedur Dasar Laboratorium*. PT Gramedia Pustaka Umum. Jakarta. 163.
- Hamidah, M. N., L. Hamidah, Romadhon. 2019. Aktivitas Antibakteri Isolat Bakteri Asam Laktat Dari Peda dengan Jenis Ikan Berbeda Terhadap *E.coli* dan *S.aureus*. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Perikanan*. 1(2): 11-21.

- Hartati, R.D., M. Suryaman, A. Saepudin. 2023. Pengaruh Pemberian Bakteri Pelarut fosfat Pada Berbagai pH Tanah Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Kedelai (*Glycine max* (L.) Merr). *Journal of Agrotechnology and Crop Science*. 1(1): 26-34.
- Haryati, K. 2020. Pengujian Kualitas Mikrobiologi Ikan Ekor Kuning Asap Dari Pasar Youtefa Papua. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indoensia*. 23(3): 486-494.
- Hasan, M. K., J.A. Mcinroy, J.W. Klopper. 2019. The Interactions of Rhizodepositwith Plant Growth-Promoting Rhizobacteria in the Rhizosphere. *Agriculture*. 9(142): 2-13.
- Herdiyanto, D., Setiawan, A. 2015. Upaya Peningkatan Kualitas Tanah Melalui Sosialisasi Pupuk Hayati, Pupuk Organik, Dan Olahan Tanah Konservasi Di Desa Sukamanah Dan Desa Nanggerang Kecamatan Cigalontang Kabupaten Tasikmalaya. *Jurnal Aplikasi Ipteks untuk Masyarakat*. 4(1): 47-53.
- Ilham., I.B.G. Darmayasa, I.G.M.O. Nurjaya, R. Kawuri. 2014. Isolasi Dan Identifikasi Bakteri Pelarut Fofat Potensial Pada Tanah Konvensional Dan Tanah Organik. *Jurnal Simbiosis*. 2(1): 173-183.
- Jeksen, J., C. Mutiara. 2018. Pengaruh Sumber Bahan Organik yang Berbeda Terhadap Kualitas Pembuatan Mikroorganisme Lokal (MOL). *Agrica*. 11(1): 68-72.
- Kamallia, S., M. Hasbi, Budijono. 2021. Isolasi dan Identifikasi Bakteri Penghasil Biosurfaktan Asal Limbah Cair Tahu UD. Dika Putra, Provinsi Riau. *Jurnal Ilmu Pertanian*. 9(1): 16-22.
- Larasati, E.D., M.G.I. Rukmi, E. Kusdoyantini, R.C.B. Ginting. 2018. Isolasi dan Identifikasi Bakteri Pelarut Fosfat dari Tanah Gambut. *Bioma*. 20(1): 1-8.
- Madigan, M.T., J.M. Martinko, K.S. Buckley, D.A. Stahl. 2015. *Brock Biology of Microorganisms*. Persons Education: Amerika Serikat.
- Mohammed A.A. 2012. Effect of Bio-Fertilizer on Physiology o Growth and Development of Maize (*Zea mays* L.) in Sulaimani Region. *Journal Mesopotamia of Agricultural*. 40(1): 9-21.
- Mukrin., Yusran, B. Toknok. 2019. Populasi Fungi dan Bakteri Tanah Pada Lahan Agroforestri dan Kebun Campuran Di Ngata Katuvua Dongu-Dongi Kecamatan Palolo Kabupaten Sigi Sulawesi Tengah. *Jurnal Forest Sains*. 16(2): 77-84.
- Nisa, N. A. 2018. Isolasi dan Identifikasi Bakteri Pelarut Fosfat dengan Sekuens 16s Rrna Asal Tanah Pertanian Organic Desa Sumberejo Batu. *Skripsi*. Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim. Malang.

- Nuryanti, S., Fitriana, A.R. Pratiwi. 2021. Karakterisasi Isolat Bakteri Penghasil Selulosa Dari Buah Naga Merah (*Hylocereus polyrhizus*). *As-Syifaa Jurnal Farmasi*. 13(1): 71-79.
- Oksana., M. Irfan, A.R. Fianiray, S.I. Zam. 2020. Isolasi dan Identifikasi Bakteri Pelarut Fosfat pada Tanah Ultisol Kecamatan Rumbai, Pekanbaru. *Agrotechnology Research Journal*. 4(1): 22-25.
- Pambudi, A., Susanti, T.W. Priambodo. 2017. Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Tanah Sawah Di Desa Suka Wali Dan Desa Belimbing, Kabupaten Tangerang. *Al- Kauniah Journal of Biology*. 10(2): 105-113.
- Panjaitan, F.J., T. Bachtiar, I. Arsyad, O.K. Lele, W. Indriyani. 2020. Karakterisasi Mikroskopis Dan Uji Biokimia Bakteri Pelarut Fosfat (BPF) Dari Rhizosfer Tanaman Jagung Fase Vegetatif. *Jurnal Ilmu Pertanian dan Lingkungan*. 1(1): 9-17.
- Panjaitan, F.J., T. Bachtiar, I. Arsyad, O.K. Lele. 2020. Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Pelarut Fosfat (BPF) Dari Rhizosfer Tanaman Jagung Fase Vegetatif dan Fase Generatif. *Jurnal Agroplasma*. 7(2): 53-60.
- Pangestu, R., M.M. Gulli, Miswan. 2014. Deteksi Bakteri Resisten Merkuri Pada Areal Tromol Pertambangan Emas Kelurahan Poboya Provinsi Sulawesi Tengah. *Biocelebes*. 8(1): 1-9.
- Priambodo, S.R., K.D. Susila, N.N. Soniari. 2019. Pengaruh Pupuk Hayati dan Pupuk Anorganik Terhadap Beberapa Sifat Kimia Tanah Serta Hasil Tanaman Bayam Cabut (*Amaranthus tricolor*) di Tanah Inceptisol Desa Pedungan. *Jurnal Agroteknologi Tropika*. 8(1): 149-160.
- Purwaningsih, D., D. Wulandari. 2021. Uji Aktibakteri Hasil Fermentasi Bakteri Endofit Umbi Talas (*Colocasia esculenta* L) terhadap Bakteri *Pseudomonas aeruginosa*. *Jurnal Sains dan Kesehatan*. 3(5): 750-759.
- Puspitasari, F. D., M. Shovitri, dan N. D. Kuswyasari. 2012. Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Aerob Proteolitik dari Tangki Septik. *Jurnal Sains dan Seni ITS*. 1(1): 1-4.
- Putri, A.L.O., E. Kusdiyantini. 2018. Isolasi dan Identifikasi Bakteri Asam Laktat dari Pangan Fermentasi Berbasis Ikan (Inasua) yang diperjualbelikan di Maluku-Indonesia. *Jurnal Biologi Tropika*. 1(2): 6-12.

- Refirza, A. 2023. Analisis Komparatif Usaha Tani Dua Varietas Nanas Di Desa Bayas Jaya Kecamatan Kempas Kabupaten Indragiri Hilir. *Skripsi*. Bidang Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian dan Peternakan. Pekanbaru.
- Riana, E. 2012. Keanekaragaman Genetik Nanas (*Ananas comosus* (L.) Merr.) Queen di Empat Desa Kabupaten Bogor. *Skripsi*. Fakultas Matematika dan Jurusan Ilmu Pengatahuan Alam. Universitas Riau.
- Romadloni, M. Y., F. A. C. Wibowo, T. Wahidiah, A. Pradipta. 2024. Isolasi Bakteri Pelarut Fosfat (BPF) Pada Hutan Produksi di Kawasan Hutan dengan Tujuan Khusus (KHDTK) Pujon Hill Umm, Kabupaten Malang. *Jurnal Ilmu-Ilmu Hayati*. 23(1): 91-102.
- Rusli, J, Hafsan. 2015. *Potensi Cendawan Rhizosfer Dalam Menginduksi Ketahanan Pangan*. Biologi dan Pembelajaran Biologi Inovatif. 91-95.
- Sari, D. R. 2015. Isolasi dan Identifikasi Bakteri Tanah yang Terdapat di Sekitar Perakaran Tanaman. *Biosite*. 1(1): 21-27.
- Sianipar, G. W. S., Sartini, Riyanto. 2020. Isolasi dan Karakteristik Bakteri Endofit pada Akar Pepaya (*Carica papaya* L.). *Jurnal Ilmiah Biologi UMA (JIBIOMA)*. 2(2):83-92.
- Sonia, A.V., T.C. Setiawati. 2022. Aktivitas Bakteri Pelarut Fosfat Terhadap Peningkatan Ketersediaan Fosfat Pada Tanah Masam. *Agrovigor: Jurnal Agroteknologi*. 15(1): 44-53.
- Sugianto. S.K., M. Shovitri, A. Hidayat. 2018. Potensi Rhizobakteri Sebagai Pelarut Fosfat. *Jurnal Sains dan Seni ITS*. 7(2): 71-74.
- Sukmadewi, D.K.T., I. Anas, R. Widyastuti, A. Citraresmini. 2017. Uji Fitopatogenitas, Hemolisis Serta Kemampuan Mikrob Dalam Melarutkan Fosfat dan Kalium. *J. II. Tan. Lingkungan*. 19(2): 68-73.
- Sundari, I. 2020. Karakterisasi Morfologi dan Kualitas Buah Tanaman Nanas (*Ananas comosus* (L.) Merr.) Lokal Di Kabupaten Siak. *Skripsi: Program Studi Agroteknologi: Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau*.
- Suryanti, E., D. Chusniasih, M. Asrii, I.A. Rini, W.P. Antika, N. Rahmah. 2023. Bioprospeksi Bakteri Asal Akar Nanas (*Ananas comosus* L. Merr) Lahan Gambut Kayu Agung, Sumatera Selatan, sebagai Agen Biostimulan dan Bioprotektan. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*. 28(3): 352-360.
- Syah, A.A.I., E. Anom, S.I. Saputra. 2015. The Effect of Giving Multiple Doses of NPK Fertilizer Tablet to Growth and Productin of Pinneapple (*Ananas comosus* (L) Merr) in Peatland. *JOM Faperta*. 2(1): 1-8.

- Syarwani, S. Aisyah, Hadija, Nirawati. Isolasi dan Identifikasi Bakteri Pelarut Fosfat Dari Fosfat Dari Rhizosfer Tanaman Aren (*Arenga pinnata* (Wurb) Merr) Di Desa Bonto Somba Kabupaten Maros. *Jurnal Eboni*. 4(2): 63-70.
- Tambunan, M. E. 2019. Aktivitas Mikroorganisme di Bawah Tegakan Pinus (*Pinus merkusii*) dan Eukaliptus (*Eucalyptus* sp). *Skrispsi*: Universitas Sumatera Utara.
- Taniwan, S., D. Suryanto, I. Nurwahyuni. Isolasi Dan Karakterisasi Parsial Bakteri Pelarut Fosfat Dari Gua Kampret Dan Uji Kemampuannya Dalam Meningkatkan Pertumbuhan Tanaman. *Jurnal Biosains*. 2(2): 82-90.
- Timoofoeva, A., M. Galyamova, S. Sedykh. 2022. Prospects for Using Phosphate Solubilizing Microorganisms as Natural Fertilizers in Agriculture. *Plants*. 11(16): 1-23.
- Ulfah, I., L. Parlinah, N. Noertjahyani, R. Abdullah. 2020. Pengaruh Jenis Bakteri Pelarut terhadap Pertumbuhan dan Hasil G₃ Kentang (*Solanum tuberosum* L.) Varietas Madians. *Jurnal Ilmiah Pertanian*. 8(2): 131-138.
- Wibowo, R. H., S. R. Sembiring, Sipriyadi, W. Darwis, R. Supriyati, T. Hidayah, S. P. Yudha. 2022. Kemampuan Bakteri Endofit Pelarut Fosfat Dari Tumbuhan Akar Kuning (*Arcangelisia flava* (L.) Merr) Asal Pulau Enggano, Provinsi Bengkulu. *Al- Kauniyah: Jurnal Biologi*. 15(2): 171-181.
- Yulistiana, E., H. Widowati, A. Sutanto. 2020. Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) Dari Akar Bambu Apus (*Gigantochola apus*) Meningkatkan Pertumbuhan Tanaman. *Biolova*. 1(1): 1-7.
- Ziraluo, P.Y., D. 2020. Diversity Study Of Fruit Producer Plant In Nias Islands. *Jurnal Inovasi Penelitian*. 1(4): 683-694.