ISOLASI DAN IDENTIFIKASI BAKTERI PELARUT FOSFAT PADA LIMBAH *SLUDGE* SAWIT DI PERKEBUNAN SAWIT KECAMATAN MANISMATA KABUPATEN KETAPANG

NADIA VINCY
NIM H1041221024

SKRIPSI

PROGRAM STUDI BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
PONTIANAK
2026

ISOLASI DAN IDENTIFIKASI BAKTERI PELARUT FOSFAT PADA LIMBAH *SLUDGE* SAWIT DI PERKEBUNAN SAWIT KECAMATAN MANISMATA KABUPATEN KETAPANG

NADIA VINCY
NIM H1041221024

Skripsi
Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains pada Program Studi Biologi

PROGRAM STUDI BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
PONTIANAK
2026

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Tugas Akhir	:Isolasi dan Identifikasi Bakteri Pelarut Fosfat pada Limbah *Sludge* Sawit di Perkebunan Sawit Kecamatan Manismata Kabupaten Ketapang
Nama Mahasiswa	: Nadia Vincy
NIM	: H1041221024
Jurusan/Program Studi	: Biologi
Tanggal Lulus	: Juli 2026
SK Pembimbing	: No. 3474/UN22.8/TD.06/2025 /tanggal 8 oktober 2025
SK Penguji	:NO . 5317/DST/UN22.8/DT.06.09/2026/Tanggal 10 Agustus 2026

Dosen Pembimbing

Pembimbing I	Pembimbing II
Prof. Dr. Dra. Siti Khotimah, M.Si.	Rahmawati, S.Si., M.Sc.
NIP 196702021997022001	NIP 198404092008122002

Dosen Penguji

Ketua Penguji	Anggota Penguji
Rikhsan Kurniatuhadi, S.Si, M.Si.	Mukarlina, S.Si., M.Si.
NIP 198903042023211018	NIP 196804062000032001

Pimpinan Sidang (Merangkap anggota penguji)	Sekertaris Sidang (Merangkap anggota penguji)
Prof. Dr. Dra. Siti Khotimah, M.Si.	Rahmawati, S.Si., M.Sc.
NIP 196702021997022001	NIP 198404092008122002

Mengesahkan
Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Tanjungpura

Prof. Dr. Gusrizal, S.Si., M.Si.
NIP 197108022000031001

PERNYATAAN INTEGRITAS AKADEMIK

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama	: Nadia Vincy
NIM	: H1041221024
Program Studi/Jurusan	: Biologi
Fakultas	: Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

dengan ini menyatakan bahwa dokumen ilmiah Tugas Akhir yang disajikan ini tidak mengandung unsur pelanggaran integritas akademik sesuai Peraturan Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia Nomor 39 Tahun 2021. Apabila di kemudian hari dokumen ilmiah Tugas Akhir ini mengandung unsur pelanggaran integritas akademik sesuai ketentuan perundangan tersebut maka saya bersedia menerima sanksi akademik dan/atau sanksi hukum yang berlaku.

Demikian Pernyataan ini untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Pontianak, 10 Juli 2026

Nadia Vincy
H1041221024

Isolasi Dan Identifikasi Bakteri Pelarut Fosfat Pada Limbah *Sludge* Sawit Di Perkebunan Sawit Kecamatan Manismata Kabupaten Ketapang

Abstrak

Limbah *sludge* sawit berpotensi menjadi sumber bakteri pelarut fosfat (BPF) yang dapat dimanfaatkan sebagai biofertilizer ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan mengetahui kepadatan bakteri pelarut fosfat, menentukan potensi berdasarkan Indeks Kelarutan Fosfat (IKF), serta mengidentifikasi genus bakteri yang berhasil diisolasi dari limbah sludge sawit di Perkebunan Sawit Kecamatan Manismata, Kabupaten Ketapang. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Desember 2025-Februari 2026. Penelitian diawali dengan isolasi pada media Pikovskaya melalui teknik pengenceran bertingkat dan *pour plate*. Isolat BPF yang diperoleh dihitung kepadatannya menggunakan metode *Total Plate Count* (TPC), kemudian diuji *Optical Density* (OD), kemampuan melarutkan fosfat berdasarkan nilai IKF, serta dikarakterisasi secara makroskopis, mikroskopis, biokimia, dan fisiologis. Identifikasi dilakukan secara numerik-fenetik menggunakan *Simple Matching Coefficient* (SSM) dan metode *Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean* (UPGMA). Hasil penelitian menunjukkan kepadatan bakteri pelarut fosfat sebesar $2{,}80 \times 10^7$ CFU/g dan diperoleh tujuh isolat bakteri, enam di antaranya berpotensi melarutkan fosfat ditunjukkan dengan terbentuknya zona bening pada media Pikovskaya. Nilai *Optical Density* berkisar 1,670–2,112, sedangkan nilai IKF berkisar 2,8–3,3 yang termasuk kategori sedang, dengan nilai tertinggi pada isolat SPF02. Seluruh isolat yang berpotensi merupakan bakteri Gram negatif dengan bentuk sel basil dan kokobasil. Analisis numerik-fenetik menunjukkan isolat SPF 01-05 memiliki kemiripan dengan *Acetobacter*, sedangkan isolat 06 memiliki kemiripan dengan *Azotobacter*.

Kata kunci: Bakteri Pelarut fosfat, Biofertilizer, IKF, Limbah *sludge* sawit, Pikovskaya.

Isolation and Identification of Phosphate-Solubilizing Bacteria in Palm Oil Sludge Waste in Palm Oil Plantations in Manismata District, Ketapang Regency

Abstract

Palm oil sludge waste has the potential to serve as a source of phosphate-solubilizing bacteria (PSB) that can be utilized as an environmentally friendly biofertilizer. This study aimed to determine the density of phosphate-solubilizing bacteria, assess their potential based on the Phosphate Solubilization Index (PSI), and identify the bacterial genera isolated from palm oil sludge waste in an oil palm plantation in Manismata District, Ketapang Regency. The study was conducted from December 2025 to February 2026. The research began with bacterial isolation on Pikovskaya medium using serial dilution and the pour plate technique. The density of the obtained PSB isolates was determined using the Total Plate Count (TPC) method, followed by Optical Density (OD) measurement, phosphate-solubilizing ability assessment based on the PSI value, and macroscopic, microscopic, biochemical, and physiological characterization. Identification was performed using a numerical-phenetic approach based on the Simple Matching Coefficient (SSM) and the Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean (UPGMA). The results showed a phosphate-solubilizing bacterial density of 2.80 × 10^7 CFU/g, and seven bacterial isolates were obtained, six of which showed phosphate-solubilizing potential, as indicated by the formation of clear zones on Pikovskaya medium. The Optical Density values ranged from 1.670 to 2.112, while the PSI values ranged from 2.8 to 3.3, which were classified as moderate, with the highest value recorded for isolate SPF02. All potential isolates were Gram-negative bacteria with bacillus and coccobacillus cell shapes. Numerical-phenetic analysis showed that isolates SPF01–SPF05 exhibited similarities to Acetobacter, whereas isolate SPF06 showed similarities to Azotobacter.

***Keywords**: Phosphate-solubilizing bacteria, Biofertilizer, PSI, Palm oil sludge, Pikovskaya.*

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul "Isolasi dan Identifikasi Bakteri Pelarut Fosfat pada Limbah *Sludge* Sawit di Perkebunan Sawit Kecamatan Manismata Kabupaten Ketapang". Penyusunan skripsi ini digunakan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Tanjungpura, Pontianak.

Penulis mengucapkan banyak terima kasih atas dukungan semangat serta doa kepada orangtua tercinta serta saudara kandung. Penulis juga menyampaikan terimakasih kepada Prof. Dr. Dra. Siti Khotimah, M.Si., selaku pembimbing I dan Rahmawati, S.Si, M.Si selaku pembimbing II atas bimbingannya berupa saran selama pelaksanaan penelitian dan penyusunan skripsi. Terima kasih penulis ucapkan kepada Rikhsan Kurniatuhadi, S.Si, M.Si selaku penguji I dan Mukarlina, S.Si, M.Si selaku penguji II, atas bimbingan berupa kritik, saran, dan masukan dalam penulisan tugas akhir. Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini tidak dapat tersusun dengan baik tanpa adanya bantuan berbagai pihak, mala penulis juga mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Gusrizal, S.Si., M.Si., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tanjungpura Pontianak.
2. Dr. Dwi Gusmalawati, S.Si., M.Si.dan Dr. Siti Ifadatin, S.Si., M.Si. selaku Ketua dan Sekretaris Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tanjungpura Pontianak.
3. Dr. Zulfa Zakiah, S.Si., M.Si.dan Ari Hepi Yanti, S.Si., M.Sc. selaku kepala laboratorium biologi dan kepala laboratorium zoologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tanjungpura.
4. Seluruh tenaga pendidik dan laboran yang telah membantu dalam proses penelitian di laboratorium.
5. Teman-teman Angkatan 2022 BIOSVARA, dan khususnya Tiara, Mitra, Yolanda, Uci, Tiwi dan Vicha.
6. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah membantu dan memberikan semangat sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.

Penulis mengharapkan kritik dan saran yang dapat memberikan perbaikan penulisan terkait penelitian ini di waktu mendatang dan berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan kemajuan ilmu pengetahuan.

Pontianak, Juli 2026

Nadia Vincy
H1041221024

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR TABEL ..... **ix**
DAFTAR GAMBAR ..... **ix**
DAFTAR LAMPIRAN ..... **iv**
BAB I PENDAHULUAN **1**
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Tujuan…. 3
1.4 Manfaat…. 4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA **5**
2.1 Bakteri Pelarut Fosfat (*Phosphate Solubilizing Bacteria*) 5
2.2 Limbah *Sludge* Sawit 6
2.3 Mekanisme Pelarutan Fosfat 8
BAB III METODE PENELITIAN **5**
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian 5
3.2 Alat dan Bahan 5
3.3 Prosedur Kerja 5
3.3.1 Pengambilan Sampel 11
3.3.2 Sterilisasi Alat dan Bahan 12
3.3.3 Pembuatan Media *Pikovskaya* 12
3.3.4 Isolasi Bakteri Pelarut Fosfat dari Limbah *Sludge* Sawit 12
3.3.5 Perhitungan Kepadatan Isolat Bakteri Pelarut Fosfat 13
3.3.6 Pemurnian Isolat Bakteri Pelarut Fosfat 13
3.3.7 Pengukuran *Optical Density* (OD) Bakteri Pelarut Fosfat 13
3.3.8 Uji Potensi Bakteri Pelarut Fosfat 14
3.3.9 Karakterisasi Bakteri Pelarut Fosfat 14
3.3.10 Pewarnaan Gram 15
3.3.11 Pewarnaan Endospora 15
3.3.12 Uji Biokimia 15
3.3.11 Uji Fisiologis 19
3.3.13 Identifikasi Bakteri Pelarut Fosfat 20
3.4 Analisis Data 20
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN **21**

4.1 Hasil……..... 21
4.1.1 Isolasi dan Perhitungan Kepadatan Bakteri Pelarut Fosfat (BPF) pada Limbah *Sludge* Sawit dari Perkebunan Sawit Kecamatan Manismata Kabupaten Ketapang..... 21
4.1.2 Pengukuran *Optical Density* (OD) Bakteri Pelarut Fosfat dari Limbah *Sludge* Sawit di Perkebunan Sawit Kecamatan Manismata Kabupaten Ketapang..... 21
4.1.3 Skrining Isolat Bakteri Pelaru Fosfat Berdasarkan Indeks Kelarutan Fosfat (IKF) Isolat Bakteri Pelarut Fosfat..... 22
4.1.4 Dendogram Hubungan Antar Bakteri Pelarut Fosfat Berdasarkan Indeks Similaritas (*Simple Matrching Coefficient*)..... 26
4.2 Pembahasan..... 26
BAB V SIMPULAN DAN SARAN.....37
5.1 Simpulan..... 37
5.2 Saran…..... 37
DAFTAR PUSTAKA.....34
LAMPIRAN.....34

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 3.1 Kategori Nilai Indeks Kelarutan Fosfat (IKF) 14
Tabel 4.1 Hasil Pengukuran *Optical Density* (OD)..... 21
Tabel 4.2 Nilai Indeks Kelarutan Fosfat Koloni Bakteri Pelarut Fosfat 22
Tabel 4.3 Karakteristik Makroskopi, Mikroskopis, Biokimia, dan Fisiologis Bakteri Pelarut Fosfat..... 24

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 2.1 Limbah Sludge Sawit di Perkebunan Sawit Cargill 6
Gambar 2.2 Mekanisme Pelarutan Fosfat oleh Mikroorganisme..... 7
Gambar 3.1 Lokasi pengambilan sampel limbah *sludge* sawit di perkebunan kelapa sawit Kecamatan Manismata, Kabupaten Ketapang..... 11
Gambar 4.1 Karakter makroskopis koloni bakteri pelarut fosfat pada media Pikovskaya..... 27
Gambar 4.3 Dendogram hubungan antar bakteri dengan *type strain* berdasarkan *similaritas* SSM (S*imple Matching Coefficient*) 26

DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

Lampiran 1. Lokasi dan Data Pengukuran Kondisi Sampel Limbah *Sludge* Sawit..... 42
Lampiran 2. Perhitungan Zona Bening dan Diameter Koloni BPF..... 43
Lampiran 3. Proses Penelitian Bakteri Pelarut Fosfat (BPF) 44
Lampiran 4. Isolat Bakteri Pelarut Fosfat dari Limbah *Sludge* Sawit..... 45
Lampiran 5. Uji Potensi Bakteri Pelarut Fosfat dari Limbah *Sludge* Sawit..... 46
Lampiran 6. Pewarnaan Gram..... 47
Lampiran 7. Pewarnaan Endospora..... 48
Lampiran 8. Uji Fisiologi Bakteri Pelarut Fosfat..... 49
Lampiran 9. Uji Biokimia dan Fisiologi Bakteri Pelarut Fosfat 50

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Limbah sawit merupakan salah satu hasil sampingan terbesar dari industri pengolahan kelapa sawit, Indonesia yang dikenal sebagai negara penghasil kelapa sawit terbesar (Irawan *et al*., 2020). Limbah ini, khususnya *sludge*, merupakan endapan lumpur yang berasal dari limbah cair hasil pengolahan minyak sawit yang mengandung bahan organik, nitrogen, dan fosfor yang cukup tinggi dengan total fosfor berkisar antara 100–200 mg/L (Yenie & Daud, 2017). Limbah ini biasanya masih belum dimanfaatkan secara optimal dan sering menjadi masalah lingkungan, terutama jika dibuang langsung ke perairan atau ke tanah tanpa pengolahan terlebih dahulu. Limbah *sludge* kelapa sawit berpotensi sebagai sumber bakteri pelarut fosfat (*Phosphate Solubilizing Bacteria*) (Setiawan, 2020).

Kabupaten Ketapang sebagai salah satu sentra perkebunan kelapa sawit di Kalimantan Barat menghasilkan limbah *sludge* dalam jumlah besar yaitu 1.293.690 ton pada tahun 2020 (Irawan *et al*., 2020). Selama ini *sludge* sawit sering dimanfaatkan secara sederhana dengan cara ditebarkan langsung di sekitar tanaman kelapa sawit sebagai pupuk organik (Pandapotan *et al*., 2017). Namun, pemanfaatan tersebut masih terbatas pada pemberian bahan organik, belum ada upaya pengelolaan lebih lanjut untuk mengisolasi dan memanfaatkan mikroorganisme *indigenus* di dalamnya, termasuk mengisolasi bakteri pelarut fosfat (*Phosphate Solubilizing Bacteria*).

Salah satu pemanfaatan *sludge* yang potensial adalah sebagai sumber mikroorganisme pelarut fosfat. Fosfor (P) merupakan salah satu unsur hara makro esensial bagi pertumbuhan tanaman, yang berperan dalam proses fotosintesis, pembentukan akar, serta pembelahan dan pembesaran sel. Namun demikian, ketersediaan fosfor dalam tanah umumnya sangat rendah karena keberadaannya didominasi dalam bentuk tidak larut dan tidak dapat langsung diserap oleh tanaman. Fosfat yang tersedia dalam pupuk anorganik, seperti SP-36 atau TSP, sebagian besar akan segera bereaksi dengan kation logam tanah seperti Al^{3+}, Fe^{3+}, dan Ca^{2+} membentuk senyawa yang sukar larut dan mengendap. Bakteri pelarut fosfat

merupakan kelompok bakteri yang mampu mengubah fosfat anorganik yang tidaklarut menjadi bentuk yang dapat diserap tanaman melalui mekanisme produksi asam organik, seperti asam sitrat, asam glukonat, asam oksalat, dan lainnya. Asam-asam ini bekerja dengan menurunkan pH di sekitar akar dan membentuk kompleks kelat dengan ion logam pengikat fosfat sehingga, fosfat menjadi larut kembali (Layly *et al*., 2021).

Menurut penelitian Tassong *et al*. (2024), bakteri indigenous yang ditemukan dalam *sludge* padat hasil ekstraksi minyak sawit terdiri dari 31 isolat yang didominasi oleh *Bacillus* sp., *Pseudomonas* sp., *Proteus mirabilis*, dan *Klebsiella pneumoniae* menunjukkan kemampuan memanfaatkan minyak sawit sebagai sumber karbon. Meskipun demikian, karakteristik dan potensi bakteri pelarut fosfat yang terdapat pada *sludge* sawit dapat berbeda bergantung pada kondisi lingkungan dan sumber limbahnya.

Penelitian Mustamu *et al*. (2021) mengisolasi tujuh bakteri pelarut fosfat dari *anaerobic digestion sludge* limbah cair pabrik kelapa sawit untuk mengevaluasi kemampuan pelarutan fosfat, produksi asam organik, dan peningkatan fosfor tersedia pada tanah Ultisol. Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh isolat mampu melarutkan fosfat, sedangkan isolat P7 memiliki kemampuan terbaik dengan melarutkan kalsium triposfat hingga 952 ppm, meningkatkan fosfor tersedia pada Ultisol sebesar 36,21%, serta menghasilkan asam laktat, asam oksalat, asam asetat, dan asam sitrat yang berperan dalam proses pelarutan fosfat. Hasil tersebut menunjukkan bahwa *sludge* hasil pengolahan limbah kelapa sawit berpotensi menjadi sumber bakteri pelarut fosfat yang dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan ketersediaan fosfor bagi tanaman

Menurut penelitian Hidayahtulloh dan Setiawati (2022), isolat *Pseudomonas* sp. dan *Bacillus valezensis* memiliki nilai Indeks Kelarutan Fosfat (IKF) berkisar 1,25–2,68 pada media Pikovskaya dengan berbagai konsentrasi NaCl. Berdasarkan klasifikasi Marra *et al*. (2011), nilai tersebut menunjukkan kemampuan pelarutan fosfat yang termasuk kategori rendah.

Meskipun beberapa penelitian telah berhasil mengisolasi bakteri pelarut fosfat dari limbah hasil pengolahan kelapa sawit, sebagian besar penelitian sebelumnya menggunakan *sludge* hasil *anaerobic digestion* atau limbah cair pabrik

kelapa sawit sebagai sumber isolat. Sementara itu, informasi mengenai bakteri pelarut fosfat yang berasal dari limbah *sludge* sawit pada lokasi perkebunan, khususnya di Kecamatan Manismata, Kabupaten Ketapang, masih terbatas. Perbedaan karakteristik lingkungan, kandungan bahan organik, pH, serta kondisi limbah dapat memengaruhi keberadaan dan aktivitas mikroorganisme di dalamnya.

Melalui penelitian ini, diharapkan akan diperoleh isolat-isolat bakteri pelarut fosfat dari limbah *sludge* sawit yang memiliki potensi tinggi dalam melarutkan fosfat. Optimalisasi *sludge* tidak hanya sebatas penyebaran di sekitar pohon sawit, tetapi juga melalui pemanfaatan mikroba *indigenus* di dalamnya sebagai biofertilizer alternatif yang ramah lingkungan. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai kepadatan bakteri pelarut fosfat yang terdapat pada limbah sludge sawit, potensi pelarutan fosfat berdasarkan nilai IKF, serta karakteristik morfologi, biokimia, dan fisiologis isolat bakteri yang berhasil diperoleh. Selain itu, hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi awal mengenai genus bakteri pelarut fosfat yang terdapat pada limbah sludge sawit.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Berapa kepadatan bakteri pelarut fosfat yang terdapat pada limbah *sludge* sawit di Perkebunan Sawit Kecamatan Manismata Kabupaten Ketapang?
2. Bagaimana potensi IKF (Indeks Kelarutan Fosfat) hasil isolasi limbah *sludge* sawit?
3. Genus bakteri pelarut fosfat apa saja yang berhasil diisolasi dari limbah *sludge* sawit di Perkebunan Sawit Kecamatan Manismata Kabupaten Ketapang?

1.3 Tujuan

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui kepadatan bakteri pelarut fosfat yang terdapat pada limbah *sludge* sawit di Perkebunan Sawit Kecamatan Manismata Kabupaten Ketapang.
2. Untuk mengetahui potensi IKF (Indeks Kelarutan Fosfat) hasil isolasi limbah *sludge* sawit?

3. Untuk mendapatkan genus bakteri pelarut fosfat yang berhasil diisolasi dari limbah *sludge* sawit di Perkebunan Sawit Kecamatan Manismata Kabupaten Ketapang.

1.4 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini yaitu diharapkan hasil isolat bakteri pelarut fosfat dari limbah *sludge* sawit dapat berpotensi sebagai dasar pengembangan biofertilizer ramah lingkungan yang berasal dari limbah industri sawit sehingga dapat mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia serta dapat menjadi referensi terkait pemanfaatan hasil isolasi bakteri pelarut fosfat dari limbah industri secara berkelanjutan.