

**ISOLASI DAN UJI KEMAMPUAN BAKTERI PELARUT FOSFAT
DARI LIMBAH TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT(TKKS)DI
DESA BENNGAULU KABUPATEN MAMUJU TENGAH
SEBAGAI SUMBER BELAJAR BIOLOGI MATERI
BAKTERI KELAS X SMA**



OLEH :

Diah Tina Mukharomah

H0319504

**Skripsi ini ditulis untuk memenuhi sebagian persyaratan untuk
mendapatkan gelar Sarjana Pendidikan**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN BIOLOGI
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS SULAWESI BARAT
2024**

LEMBAR PENGESAHAN

**ISOLASI DAN UJI KEMAMPUAN BAKTERI PELARUT FOSFAT
DARI LIMBAH TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT(TKKS)DI
DESA BENGGAULU KABUPATEN MAMUJU TENGAH
SEBAGAI SUMBER BELAJAR BIOLOG MATERI
BAKTERI KELAS X SMA**

Diah Tina Mukharomah

H0319504

Dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi
Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Tanggal: 20 September 2024

PANITIA UJIAN

Ketua Penguji : DR. Umar, S.Pd., M.Pd	(.....)
Sekretaris Ujian: M.Irfan, S.Pd., M.Pd.	(.....)
Pembimbing I : Muh Rizaldi Trias Jaya Putra Nurdin, S.Pd.,M.Si	(.....)
Pembimbing II : Arlinda Puspita Sari, S.Si.,M.Si	(.....)
Penguji I : Masyitha Wahid, S.Pd., M.S	(.....)
Penguji II : Dr. Sainab, M.Pd	(.....)

Majene, 1 Oktober 2024
Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Univeritas Sulawesi Barat
Dekan,

Dr. H Ruslan, M.Pd.
NIP. 19631231 199003 1 028

ABSTRAK

Diah tina mukharomah : Isolasi mikroba dan uji kemampuan Bakteri Pelarut Fosfat dari Limbah tandan kosong kelapa sawit di desa Benggaulu Kabupaten Mamuju Tengah sebagai sumber belajar biologi Materi Bakteri kelas X SMA.
Skripsi Majene: Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sulawesi Barat, 2024.

Limbah TKKS adalah limbah padat terbesar yang saat ini belum dimanfaatkan dengan baik dan hanya digunakan untuk penimbunan tanah yang mengakibatkan tercemarnya lingkungan. Padahal limbah organik kaya akan biodiversitas mikroba yang dapat diseleksi dan dikembangkan untuk pengembangan biofertilizer. Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi potensi dari limbah tandan kosong kelapa sawit berupa bakteri pelarut fosfat yang tidak hanya dapat dimanfaatkan untuk pengembangan biofertilizer tapi juga dapat digunakan sebagai sumber belajar biologi dalam bentuk *booklet*. Pendekatan yang digunakan adalah penelitian kuantitatif. Sampel pada penelitian ini adalah limbah tandan kosong kelapa sawit utuh dan limbah tandan kosong kelapa sawit busuk. Data penelitian dianalisis secara deskriptif kuantitatif yaitu meliputi data morfologi, pewarnaan gram, uji biokimia, hingga kemampuan pelarutan fosfat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa isolat yang memiliki indeks kelarutan fosfat yang paling tinggi terdapat pada TKSB dengan nilai indeks 2.0, pewarnaan gram dan uji biokimia 8 isolat bakteri bergram positif dengan bentuk sel Basil. Uji fermentasi karbohidrat 1 isolat bereaksi positif dengan kode isolat TKSUT27, 9 isolat bereaksi positif pada uji katalase dan 15 isolat bereaksi positif pada uji kebutuhan oksigen. Hasil penelitian ini kemudian diimplementasikan ke dalam bentuk *booklet* sebagai sumber belajar biologi dengan materi bakteri, KD 3.5. Mengidentifikasi struktur cara hidup, reproduksi dan peran bakteri dalam kehidupan.

Kata kunci : isolasi bakteri, uji biokimia, tandan kosong kelapa sawit, *Booklet*

ABSTRACT

Diah tina mukharomah: *Isolation of microbes and testing the ability of Phosphate Solubilizing Bacteria from Palm Oil Empty Fruit Bunch Waste in Beggaulu Village, Central Mamuju Regency as a source of biology learning material for class X high school Bacteria. Majene undergraduate: Faculty of Teacher Training and education, Universitas Sulawesi Barat, 2024.*

Oil palm empty fruit bunch waste is the largest solid waste currently not well utilized, primarily used for landfilling, which leads to environmental pollution. However, organic waste is rich in microbial biodiversity that can be selected and developed for biofertilizer production. This study aims to explore the potential of empty oil palm fruit bunch waste by isolating phosphate-solubilizing bacteria that can be used not only for biofertilizer development but also as a biology learning resource in the form of a booklet. A quantitative research approach was employed. The samples in this study were whole and decayed empty oil palm fruit bunch waste. The research data were analyzed descriptively and quantitatively, including morphology data, gram staining, biochemical tests, and phosphate solubilization capability. The results showed that the isolate with the highest phosphate solubility index was found in decayed empty oil palm fruit bunch waste with an index value of 2.0. Gram staining and biochemical tests identified 8 gram-positive bacterial isolates with bacillus cell shape. Carbohydrate fermentation tests showed 1 isolate reacting positively with the isolate code TKSUT27, 9 isolates reacted positively in the catalase test, and 15 isolates reacted positively in the oxygen requirement test. These research results were then implemented into a booklet as a biology learning resource with bacterial material, KD 3.5. Identify the structure of life, reproduction and the role of bacteria in life.

Keywords: bacterial isolation, biochemical tests, oil palm empty fruit bunches, Booklet

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) adalah jenis limbah padat dari kelapa sawit yang mengandung lignoselulosa yang cukup tinggi dan keberadaannya berlimpah sepanjang tahun. Saat ini TKKS selain diolah menjadi kompos, pembuatan pupuk, dan bahan baku kertas, juga dilakukan pembakaran untuk mendapatkan abu yang akan digunakan sebagai sumber Kalium (K) ataupun dijadikan mulsa, namun pemanfaatan dengan cara pembakaran untuk mendapatkan abu tertentu akan mengganggu kebersihan lingkungan karena mendorong munculnya polusi udara (Haryanti, et al. 2014). Menurut Badan Perencanaan Pembangunan daerah Kabupaten Mamuju Tengah Provinsi Sulawesi Barat (2022), terdapat 4 unit pabrik yang memproduksi kelapa sawit dengan total produksi kelapa sawit sekitar 106,089 ton pertahunnya. Meningkatnya produksi kelapa sawit setiap tahunnya akan terjadi pula peningkatan TKKS sehingga berakibat pada pencemaran lingkungan.

Menurut Haryanti et al. (2014), pada TKKS terdapat sejumlah kandungan unsur hara yang dibutuhkan oleh organisme lain yaitu nitrogen (N), fosfat (P), kalium (K) dan Magnesium (Mg). Diantara unsur hara tersebut yang memiliki peran cukup penting bagi perkembangan tumbuhan yaitu fosfat. Menurut Akhriani (2021), TKKS jika diaplikasikan pada tanah yang kurang subur akan menambah kesuburan tanah karena mengandung unsur hara yang cukup tinggi salah satunya ada unsur hara fosfat.

Fosfat merupakan nutrisi yang berguna untuk perkembangan tanaman. Keberadaan fosfat di dalam tanah berupa senyawa organik dan anorganik yang sangat susah larut, sehingga ketersediaannya bagi organisme seperti tumbuhan sangat terbatas (Larasati, 2018). Kurangnya kandungan fosfat pada jenis tanah tertentu dapat disebabkan oleh kandungan fosfat dari tanah yang memang sudah rendah. Rendahnya ketersediaan fosfat pada tanah tentu menjadi masalah bagi pertumbuhan tanaman di daerah tersebut, salah satu cara untuk meningkatkan ketersediaan unsur hara fosfat adalah menggunakan agen hayati seperti mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik seperti TKKS (Kartika, 2018).

Pembusukan TKKS disebabkan oleh interaksi mikroorganisme yang bekerja di dalamnya. Mikroorganisme yang terdapat pada TKKS memiliki peran untuk melarutkan fosfat dan berperan sebagai agen biokontrol (Akhriani, 2021). Salah satu mikroba yang mampu melarutkan fosfat adalah bakteri. Bakteri Pelarut Fosfat (BPF) terbukti dapat meningkatkan ketersediaan fosfat yang dapat diserap oleh tanaman tanpa mencemari lingkungan (Pane, et al. 2022). Saat ini BPF telah digunakan sebagai pupuk hayati dengan tujuan meningkatkan kualitas pemupukan fosfat. Penggunaan BPF sebagai pupuk hayati dinilai memiliki keuntungan tersendiri karena tidak mencemari lingkungan (Kartika, 2018).

Menurut Islamiati dan Zulaika (2015), potensi kemampuan bakteri yang berperan sebagai pelarut fosfat dapat dilihat dari terbentuknya zona bening pada media Pikovskaya padat. Kelompok Bakteri BPF yaitu *genus Pseudomonas, Bacillus, Micrococcus, Mycobacterium, Flavobacterium*. Hasruddin dan Husna (2014) menambahkan bahwa golongan BPF mungkin juga berasal dari *genus Aerobacter* dan *Xanthomonas*. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penggunaan BPF memang memberikan efek positif pada penyediaan unsur hara fosfat terlarut, seperti penelitian Suliasih, et al. (2010), yang menyatakan Penggunaan BPF dapat meningkatkan tinggi tanaman tomat secara keseluruhan karena merangsang ketersediaan unsur hara fosfat lebih cepat.

Kabupaten Mamuju Tengah sendiri belum ada yang meneliti kemampuan bakteri Pelarut fosfat dari tandan kosong kelapa sawit sehingga peneliti berinisiatif untuk meneliti kemampuan bakteri pelarut fosfat dari limbah tandan kosong kelapa sawit yang diambil dari perkebunan masyarakat desa Benggaulu, kecamatan Karossa, kabupaten Mamuju tengah sudah mengalami pelapukan atau sudah busuk kurang lebih selama 8 bulan serta limbah TKKS yang masih utuh. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui bakteri yang dapat melarutkan fosfat yang di isolasi dari TKKS yang dapat dilihat dari zona bening pada media Pikovskaya padat dan uji biokimia, penelitian ini juga dapat diimplementasikan ke dunia pendidikan sebagai pembelajaran biologi untuk dijadikan sumber belajar biologi dalam bentuk *Booklet*.

Penelitian ini mendukung pembelajaran biologi khususnya materi bakteri pada peserta didik SMA kelas X yang dirancang berdasarkan Standar Kompetensi Inti (KI) dan Kompetensi Dasar (KD). Kompetensi Inti (KI) 3 dalam hal pengetahuan yaitu memiliki rasa ingin tahu terhadap ilmu pengetahuan dan Kompetensi Dasar (KD) 3.5 Mengidentifikasi struktur, cara hidup, reproduksi dan peran bakteri dalam kehidupan. Berdasarkan informasi yang dilakukan peneliti di SMA 1 Karossa masih kurang materi tentang bakteri khususnya yang membahas tentang bakteri yang mampu melarutkan fosfat dari tandan TKKS oleh sebab itu peneliti nantinya akan menjadikan penelitian ini sebagai sumber belajar biologi dalam bentuk *booklet* karena *booklet* merupakan sebuah buku yang di dalamnya terdapat tulisan dan gambar yang menarik sehingga peserta didik dapat mempelajari *booklet* tersebut tanpa merasakan bosan atau jenuh karena isi dari *booklet* tersebut menarik (Utami, et al. 2018).

Berdasarkan uraian di atas maka peneliti perlu melakukan penelitian yang berjudul “ **Isolasi dan uji kemampuan Bakteri Pelarut Fosfat dari Limbah tandan kosong kelapa sawit di desa Benggaulu Kabupaten Mamuju Tengah sebagai sumber belajar biologi Materi Bakteri kelas X SMA**”

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas dapat diuraikan identifikasi masalah pada penelitian yaitu sebagai berikut :

1. Banyaknya TKKS di daerah Benggaulu yang mencemari lingkungan karena belum dimanfaatkan dengan baik
2. Belum banyak informasi ilmiah mengenai bakteri yang mampu melarutkan fosfat yang di isolasi dari TKKS yang berasal dari Sulawesi Barat
3. Terbatasnya implementasi hasil penelitian mengenai isolasi dan uji kemampuan bakteri pelarut fosfat dari TKKS ke dalam Pembelajaran biologi terutama sebagai sumber belajar biologi dalam bentuk *Booklet*

C. Batasan dan Rumusan Masalah

1. Batasan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah, penulis memberikan batasan ruang lingkup dari penelitian yaitu permasalahan pada isolasi dan uji kemampuan bakteri pelarut fosfat dan uji biokimia yang ada pada limbah tandan kosong yang sudah mengalami pelapukan (TKSB) dan limbah tandan kosong yang masih utuh (TKSU) serta diimplementasikan ke dalam pembelajaran biologi sebagai sumber belajar biologi dalam bentuk *Booklet* materi bakteri kelas X SMA.

2. Rumusan Masalah

Berdasarkan batasan masalah di atas rumusan masalah penelitian ini adalah :

- a. Bagaimana karakterisasi bakteri pelarut fosfat yang diisolasi dari TKKS?
- b. Bagaimana hasil seleksi dan uji kemampuan bakteri yang diisolasi dari TKKS dalam melarutkan fosfat?
- c. Bagaimana hasil uji biokimia bakteri pelarut fosfat dari TKKS?
- d. Bagaimana implementasi hasil penelitian ke dunia pendidikan dalam bentuk *Booklet* sebagai sumber belajar dengan materi bakteri untuk mendukung pembelajaran biologi?

D. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui karakterisasi bakteri pelarut fosfat yang diisolasi dari TKKS
2. Untuk mengetahui hasil seleksi dan uji kemampuan bakteri yang diisolasi dari TKKS dalam melarutkan fosfat
3. Untuk mengetahui hasil uji biokimia bakteri pelarut fosfat dari TKKS
4. Untuk menghasilkan sumber belajar biologi dalam materi bakteri dalam bentuk *Booklet* sebagai pendukung biologi

E. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini terbagi menjadi dua yaitu sebagai berikut :

1. Manfaat Teoritis

Diharapkan dapat memberikan bukti ilmiah tentang kemampuan bakteri

Pelarut fosfat dari limbah tandan kosong kelapa sawit.

2. Manfaat Praktis

a. Bagi peneliti

Penelitian ini dapat dijadikan sebagai bahan informasi ilmiah mengenai kemampuan bakteri pelarut fosfat dari limbah tandan kosong kelapa sawit (TKKS).

b. Bagi pendidik

Penelitian ini dapat dijadikan sebagai sumber belajar biologi dalam bentuk *booklet* dengan materi bakteri.

c. Bagi Masyarakat

Hasil isolat bakteri ini diharapkan mampu memberikan informasi kepada masyarakat bahwa limbah tandan kosong kelapa sawit ini mengandung bakteri yang dapat dimanfaatkan sebagai pupuk hayati.

F. Penelitian Relevan

1. Berdasarkan penelitian oleh Islamiati dan Zulaika (2015), dengan judul “Potensi *Azotobacteri* sebagai pelarut fosfat” dapat disimpulkan bahwa terdapat delapan isolate berpotensi sebagai pelarut fosfat, kemampuan isolat dalam melarutkan fosfat dapat dilihat dari zona bening pada media Pikovskaya padat. Berdasarkan penelitian sebelumnya terdapat persamaan dan perbedaan dengan judul penelitian. Adapun Persamaan penelitian tersebut dengan penelitian yang akan dilaksanakan adalah untuk melihat kemampuan bakteri pelarut fosfat yang dapat dilihat dari zona bening pada media Pikovskaya padat. Perbedaan penelitian tersebut dan penelitian yang akan dilakukan adalah peneliti sebelumnya menggunakan metode penelitian uji kemampuan *B. subtilis* dan *P. fluorescens* dalam melarutkan fosfat, Penelitian Rumah Kaca, dan analisis statistik sedangkan pada penelitian ini menggunakan limbah tandan kosong kelapa sawit yang sudah mengalami pelapukan atau sudah busuk dan yang masih utuh yang diambil sampelnya berupa bagian luar dan bagian bawa setiap sampel bakteri dilakukan pengujian untuk melihat kemampuannya dalam melarutkan fosfat dan uji biokimia yang mana uji kebutuhan oksigen, uji fermentasi karbohidrat, uji

katalase dan data yang diperoleh dari hasil pengujian kemudian dianalisis.

2. Berdasarkan penelitian oleh Suliasih et al. (2010), dengan judul “Aplikasi pupuk organik dan bakteri pelarut fosfat untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman tomat dan aktivitas mikroba tanah” hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa pemberian inokulum bakteri pelarut fosfat mampu lebih meningkatkan pertumbuhan tanaman dan hasil buah tomat dibandingkan dengan pemberian pupuk kompos, maupun pupuk NPK. Berdasarkan penelitian sebelumnya terdapat perbedaan dan persamaan dengan judul penelitian. Adapun persamaan penelitian tersebut dengan penelitian yang akan dilaksanakan adalah melihat kemampuan bakteri fosfat sedangkan perbedaan penelitian sebelumnya dengan penelitian yang akan dilaksanakan adalah penelitian sebelumnya menggunakan sampel berupa tanah yang akan digabungkan antara pupuk organik dan bakteri fosfat dalam pertumbuhan tanaman tomat sedang penelitian yang akan dilaksanakan menggunakan sampel limbah tandan kosong kelapa sawit yang akan diuji kemampuan bakteri pelarut fosfatnya.
3. Berdasarkan penelitian oleh Akhriani (2021), dengan judul “ Isolasi dan uji aktivitas biologi bakteri yang terdapat pada tandan kosong kelapa sawit “ disimpulkan bahwa terdapat enam isolat yang merupakan kelompok gram negatif dengan bentuk sel basil (batang) yang merupakan bakteri pelarut fosfat (BPF) dan isolat yang berpotensi sebagai agen biokontrol terhadap *Fussarium* sp. Berdasarkan penelitian sebelumnya terdapat persamaan dan perbedaan dengan judul penelitian. Adapun persamaan penelitian tersebut dengan penelitian yang akan dilaksanakan adalah sampel yang digunakan berupa limbah tandan kosong kelapa sawit, sedangkan perbedaan penelitian sebelumnya dengan penelitian yang akan dilaksanakan adalah pada penelitian sebelumnya menguji isolat yang memiliki kemampuan dalam melarutkan fosfat dengan melihat terbentuknya zona bening pada media pikovskaya, sedangkan penelitian yang akan dilaksanakan menguji kemampuan bakteri yang mampu melarutkan fosfat dan melakukan pengujian biokimia terhadap isolat dari limbah tandan kosong kelapa sawit berupa uji fermentasi karbohidrat, uji kebutuhan oksigen dan uji katalase.
4. Berdasarkan penelitian Pane et al. (2023), dengan judul “Mikroba pelarut fosfat

dan potensinya dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman” dapat disimpulkan bahwa terdapat mikroba bakteri dan jamur pada tanah yang mampu melarutkan fosfat dengan mengisolasi mikroba pelarut fosfat ke media Pikovskaya yang mana mikroba pelarut fosfat terbukti dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman kelapa sawit dan tanaman lainnya. Berdasarkan penelitian sebelumnya terdapat persamaan dan perbedaan dengan judul penelitian. Adapun Persamaan penelitian tersebut dengan penelitian yang akan dilaksanakan adalah untuk mengisolasi bakteri yang mampu melarutkan fosfat dengan menumbuhkan isolat ke media Pikosvkaya. Perbedaan penelitian tersebut dan penelitian yang akan dilakukan adalah peneliti sebelumnya menggunakan sampel berupa tanah yang akan di uji kemampuan mikroanya dalam melarutkan fosfat sedangkan penelitian yang akan dilaksanakan menggunakan limbah tandan kosong kelapa sawit untuk mengisolasi bakteri dan menguji kemampuan bakteri tersebut dalam melarutkan fosfat.

5. Berdasarkan penelitian Istiqomah et al. (2017), dengan judul “Kemampuan *Bacillus subtilis* dan *Pseudomonas fluorescens* dalam melarutkan fosfat dan memproduksi hormone IAA (Indole Acetic Acid) untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman tomat ” disimpulkan bahwa Semua isolat *B. subtilis* dan *P. fluorescens* memiliki potensi melarutkan fosfat dan memproduksi IAA serta dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman tomat. Isolat *P. fluorescens* UB-PF memiliki kemampuan melarutkan fosfat tertinggi dan memberikan efek peningkatan bobot akar dan panjang akar tertinggi pula. Isolat *B. subtilis* memiliki kemampuan tertinggi memproduksi hormon IAA dan memberikan efek bagus terhadap tinggi tanaman dan jumlah daun. Isolat yang meningkatkan tinggi tanaman dan jumlah daun tertinggi adalah *P. fluorescens* UB-PF 6. Berdasarkan penelitian sebelumnya terdapat persamaan dan perbedaan dengan judul penelitian. Adapun persamaan penelitian sebelumnya dengan penelitian yang akan dilaksanakan adalah untuk menguji kemampuan pelarut fosfat yang dapat di zona bening yang terbentuk di sekitar koloni bakteri, sedangkan perbedaan penelitian sebelumnya dengan penelitian yang akan dilaksanakan adalah penelitian sebelumnya menggunakan *Bacillus subtilis* dan *Pseudomonas*

fluorescens sedangkan penelitian yang akan dilaksanakan adalah menggunakan isolat yang diisolasi dari TKKS.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Kajian Pustaka

1. Kelapa sawit

Kelapa sawit merupakan salah satu tumbuhan industri yang penting di Indonesia, karena minyak dari tanaman ini bisa digunakan untuk bahan bakar. Selain itu, tanaman ini juga merupakan sumber minyak nabati terbesar yang dibutuhkan oleh industri dunia. Besarnya keuntungan yang diperoleh dari perkebunan kelapa sawit ini menyebabkan banyak lahan hutan dan lahan jenis lainnya yang dialih fungsikan untuk lahan perkebunan kelapa sawit. Kelapa sawit merupakan salah satu tanaman perkebunan yang dapat tumbuh baik di dataran tinggi maupun dataran rendah. Kelapa sawit memiliki morfologi yang sedikit berbeda dari kelapa sawit yang berbuah dan tidak berbuah, kelapa sawit yang sudah berbuah memiliki morfologi batang dan pelepah sebanyak 40 hingga 56 pelepah, serta memiliki bunga jantan dan betina. Kelapa sawit tidak berbuah tidak memiliki bunga jantan dan bunga betina, serta jumlah pelepah sebanyak 5 hingga 9 pelepah saja (Nata, et al., 2016).

Menurut Nata et al. (2022) Morfologi tanaman kelapa sawit terdiri atas beberapa bagian yaitu :

- a. Akar kelapa sawit yang masih berupa kecambah memiliki akar tunggang. Akar tunggang ini nantinya akan tergantikan oleh akar serabut setelah kecambah memasuki usia 2 minggu. Jika tanaman ini mendapat air yang cukup bagus maka akarnya bisa menembus tanah sedalam 8 meter.
- b. Batang kelapa sawit tidak memiliki kambium, pada umumnya pertumbuhannya tidak memiliki cabang dan memiliki bentuk lurus. Batangnya masih belum bisa terlihat hingga umur tiga tahun. Hal ini disebabkan karena batang tersebut masih dibungkus oleh pelepah daun.
- c. Daun kelapa sawit tersusun majemuk menyirip membentuk satu pelepah, panjang pelepah tanaman ini berkisar antara 7-9 meter, dengan jumlah anak daun 250 hingga 400 helai

- d. Bunga kelapa sawit terdapat pada satu batang kelapa sawit yang mana terdapat bunga jantan dan bunga betina. Bunga jantan memiliki bentuk lonjong memanjang, sedangkan bunga betina memiliki bentuk yang agak bulat.
- e. Buah kelapa sawit memiliki warna bervariasi dari hitam, ungu, hingga merah. Warna buah ini bergantung pada bibit yang digunakan . Namun secara umum, buah sawit berwarna kemerahan, dengan ukuran sebesar plum besar, dan tumbuh dalam tandan besar. Buah sawit akan bergerombol dalam tandan yang muncul dari tiap pelepah. Kandungan minyak yang dihasilkan oleh setiap buah kelapa sawit akan bertambah sesuai kematangan buah.



Gambar 2.1 Morfologi Tanaman Kelapa Sawit
 a. Pelepah, b. Buah, c. Daun, d. Batang
 (Dokumentasi Pribadi)

Adapun sistematika nama ilmiah kelapa sawit menurut Pahan (GBIF, 2022)

Regnum	: Plantae
Phylum	: Tracheophyta
Kelas	: Liliopsida
Ordo	: Arecales
Famili	: Arecaceae
Genus	: <i>Elaeis</i>
Spesies	: <i>Elaeis guineensis</i> Jacq.

2. Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)

Limbah TKKS adalah limbah padat terbesar saat ini belum dimanfaatkan dengan baik. Jika cangkang buah sudah dimanfaatkan sebagai bahan bakar di pabrik, tandan kosong kelapa sawit masih belum dimanfaatkan hanya digunakan sebagai penimbun tanah yang dibiarkan menumpuk. Apabila penumpukan dibiarkan maka tandan kosong kelapa sawit dapat menimbulkan permasalahan sampah (Praevia, et al. 2022).

Semakin meningkatnya produksi kelapa sawit dari tahun ke tahun, akan terjadi pula peningkatan limbahnya. Umumnya limbah padat industri kelapa sawit memiliki bahan organik yang tinggi sehingga berakibat pada pencemaran lingkungan, tetapi jika digunakan pada tanah yang kurang subur akan menambah kesuburan tanah (Haryanti, et al. 2014).



Gambar 2.2. Limbah TKKS
(Dokumentasi Pribadi)

3. Mikroba Pelarut Fosfat

Menurut Pane, et al. (2022), Mikroba tanah yang telah ditemukan dapat melarutkan fosfat diantaranya bakteri, jamur, aktinomisetes, khamir dan alga. bakteri tanah yang dilaporkan dapat melarutkan fosfat yaitu *Pseudomonas* sp., *Agrobacterium* sp., *Bacillus circulans*, *Azotobacter*, *Bacillus*, *Rhodococcus*, *Serratia*, *Bradyrhizobium*, *Salmonella*, *Sinomonas*, *Thiobacillus*, *Burkholderia*, *Enterobacter*, *Erwinia*, *Kushneria*, *Paenibacillus*, *Ralstonia*, dan *Rhizobium*. Sementara itu, Mikroba jamur yang ditemukan dapat melarutkan fosfat adalah

golongan *Achrothcium*, *Alternaria*, *Arthrobotrys*, *Aspergillus*, *Cephalosporium*, *Cladosporium*, *Curvularia*, *Cunninghamella*, *Chaetomium*, *Fusarium*, *Glomus*, *Helminthosporium*, *Micromonospora*, *Mortierella*, *Myrothecium*, *Oidiodendron*, *Paecilomyces*, *Populospora*, *Pythium*, *Rhizoctonia*, *Rhizopus*, *Saccharomyces*, *Schizosaccharomyces*, *Schwanniomyces*, *Sclerotium*, Hasil penelitian Pane et al. (2022) menyatakan bahwa di antara seluruh populasi mikroba di tanah, 1-50 % merupakan bakteri pelarut fosfat dan 0,1-0,5 % merupakan jamur pelarut fosfat.

4. Bakteri Pelarut Fosfat

Potensi pemanfaatan bakteri pelarut fosfat asal tandan kosong kelapa sawit (TKKS) berperan untuk membantu menyediakan unsur hara P untuk mengatasi rendahnya ketersediaan senyawa fosfat di tanah. Kombinasi tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dan bakteri pelarut fosfat diharapkan membantu pelepasan senyawa fosfat yang terdapat pada tanah . Bakteri pelarut fosfat merupakan bakteri tanah yang ditemukan juga pada tandan kosong kelapa sawit (TKKS) yang memiliki peran untuk melepas ikatan fosfat dan berperan dalam melarutkan fosfat yang tidak tersedia menjadi tersedia, sehingga dapat dimanfaatkan oleh tanaman dalam perkembangan, pertumbuhan dan penyerapan fosfat, sehingga mampu meningkatkan ketersediaan unsur fosfat terutama pada tanah yang tidak subur. Peran lain dari bakteri pelarut fosfat yaitu dapat menghasilkan asam-asam organik yang mampu mengikat Al, Fe, Ca, dan Mg membentuk senyawa yang stabil, dan fosfat menjadi tersedia bagi tanaman yang mampu memacu pertumbuhan tanaman karena menghasilkan zat pengatur tumbuh,tidak mencemari lingkungan, penetrasi patogen akar dan hemat energi (Fitriatin, 2014).

Bakteri pelarut fosfat terdiri dari jenis *Penicillium* sp., *Bacillus* sp., dan *Pseudomonas* sp. Mikroba tersebut mampu melarutkan mineral-mineral fosfat serta melibatkan enzim fosfatase, yang bertujuan dalam mentransfer energi, penyusun protein, koenzim, asam nukleat, dan senyawa metabolit lainnya, sehingga dapat menambah aktivitas penyerapan fosfat pada tumbuhan yang mengalami kekurangan fosfat (Purwaningsih 2012). Fosfat didalam tanah adalah unsur hara yang memiliki pengaruh penting bagi proses pertumbuhan tanaman. Ketersediaan unsur fosfat didalam tanah yang dibantu oleh bakteri pelarut fosfat yang banyak dijumpai di daerah rizosfer. Bakteri pelarut fosfat merupakan kelompok mikroorganisme tanah yang berperan dalam melarutkan fosfat yang terikat dalam tanah dan

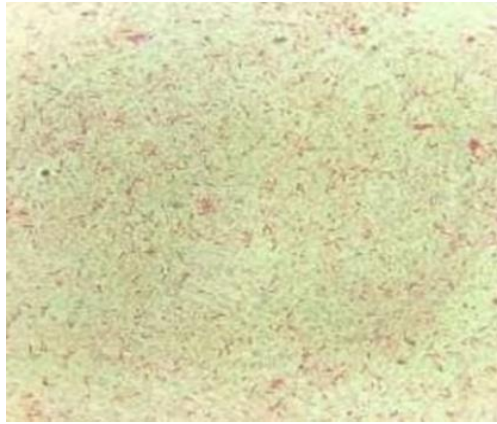
mengubahnya menjadi bentuk yang tersedia sehingga dapat diserap tanaman kelapa sawit (Marista et al. 2013).

5. Macam-macam Bakteri Pelarut Fosfat

Menurut Kartika, (2018), terdapat beberapa kelompok genus bakteri yang dapat melarutkan fosfat diantaranya berasal dari genus *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Micrococcus*, *Mycobacterium*, *Flavobacterium*, *Pencillium*, *Aspergillus*, *Sclerotium*, dan *Fusarium*, bakteri *Pseudomonas* dan *Bacillus* merupakan bakteri yang memiliki kemampuan terbesar sebagai biofertilizer dalam Berikut beberapa penjelasan mengenai genus bakteri yang memiliki kemampuan dengan cara melarutkan fosfat yang terikat pada unsur lain. Berikut penjelasan tentang genus bakteri *Pseudomonas* dan *Bacillus*:

a. Pseudomonas

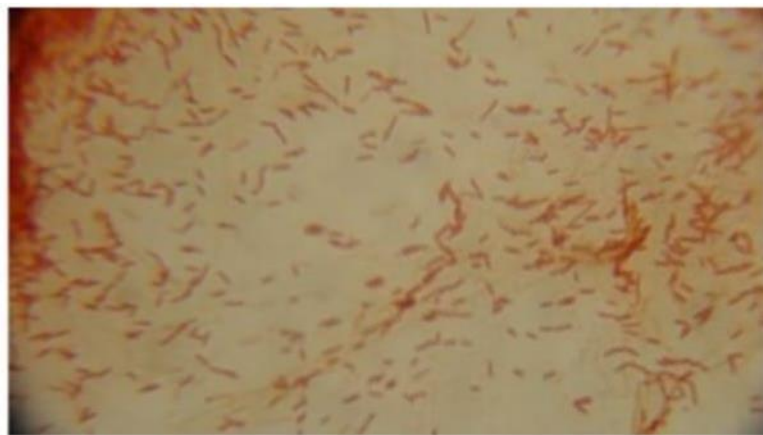
Pseudomonas adalah bakteri aerob Khemoorganotrof gram negatif berbentuk batang dengan ukuran 0,1-1,0 μm . Di Dalam tanah jumlahnya berkisar 3–15 % dari populasi bakteri. Beberapa spesies juga merupakan bakteri denitrifikasi, dan beberapa spesies lainnya menghasilkan pigmen bercahaya. Pergerakannya dibantu oleh flagella polar. Kebanyakan spesies tidak dapat tumbuh pada kondisi asam (pH 4,5). Ditemukan lebih dari 230 spesies dalam genus *Pseudomonas* ini, beberapa spesies bersifat patogen bagi manusia, hewan dan tanaman. Bakteri genus ini sering digunakan bioremediasi dan pengendalian hayati penyakit tanaman (Kartika, 2018). Menurut Istiqomah (2017), bakteri *Pseudomonas* dapat melarutkan fosfat dengan cara menghasilkan asam-asam organik yaitu suksinat, asam sitrat, glutamate, oksalat, malat, glioksalat, fumarat, dan tartarat.



Gambar 2.3. koloni bakteri *Pseudomonas*
(Purwaningsih, 2021,p,755)

b. *Bacillus*

Bacillus merupakan bakteri antagonis yang dapat ditemukan di air, tanah, udara, dan residu tanaman yang telah membusuk. *Bacillus* adalah sel berbentuk batang dengan ukuran berkisar $0,3 - 2,2 \mu\text{m} \times 1,27 - 7,0 \mu\text{m}$. sebagian besar motifnya yaitu flagellum khas lateral, membentuk endospore, tidak lebih dari satu dalam satu sporangium dan merupakan bakteri gram positif (Abidin et al. 2015). Menurut Hidayatulloh et al. (2022), bakteri *Bacillus* memiliki kemampuan melarutkan fosfat yang mana dalam metabolisme menghasilkan asam-asam organik berupa glukonat, asetat, suksinat, dan propionate.



Gambar 2.4, koloni bakteri *Bacillus*
(Elfidasari, 2021,p, 47)

6. Karakterisasi Makroskopis Mikroba

Karakterisasi makroskopis atau disebut pengamatan secara langsung, mikroorganisme yang akan diamati secara langsung berdasarkan bentuk karakterisasi mikroba pengamatan morfologi makroskopis dapat dilihat pada Tabel 2.1 sebagai berikut:

Tabel 2.1 Pengamatan Morfologi Makroskopi bakteri pelarut fosfat dari TKKS

Variabel	Kriteria
Bentuk koloni	Bulat, bulat dengan tepi bergelombang, bulat dengan tepi tumpul, permukaan kusut, konsentrik, menyebar tidak teratur, filament, bentuk-L, bulat dengan tepi berserabut, filiform, rhizoid, kompleks,
Tepi koloni	Halus, bergelombang, lobat tidak teratur, sillat, bercabang, wool, benang, rambut.
Permukaan koloni	Mengkilat, tidak mengkilat
Pewarnaan koloni	Berwarna (sebutkan), tidak berwarna

(Akhriani, 2021, p. 15)

7. Pewarnaan Gram

Tujuan uji pewarnaan gram adalah mempermudah melihat bakteri secara mikroskopis sehingga bentuk dan ukuran bakteri dapat dilihat dengan jelas serta mampu melihat struktur fisiologi bakteri yang menghasilkan warna yang khas dari zat warna bakteri (Bulele et al. 2019). Bakteri gram positif pada pewarnaan Gram berwarna ungu karena kompleks zat warna Kristal violet-iodium masih dipertahankan walaupun diberi larutan alkohol sedangkan bakteri gram negatif berwarna merah sebab kompleks tersebut larut setelah pemberian larutan alkohol sehingga mengikat warna merah larutan safranin (Nurhidayati et al. 2015). Bakteri gram positif adalah bakteri yang dinding selnya menyerap warna violet dan memiliki lapisan peptidoglikan yang tebal sedangkan bakteri gram negatif adalah bakteri yang tidak mempertahankan zat warna Kristal violet sewaktu proses pewarnaan gram sehingga akan berwarna merah bila diamati dengan mikroskop tetapi bakteri gram positif akan berwarna ungu (Helmiyati & Nurrahman, 2010).

8. Uji Biokimia

Uji biokimia bakteri adalah proses atau perlakuan yang dilakukan untuk mengidentifikasi suatu biakan murni bakteri dari hasil isolasi melalui sifat-sifat fisiologisnya. Proses biokimia erat kaitannya dengan metabolisme sel, yakni selama reaksi kimiawi yang dilakukan oleh sel yang menghasilkan energi maupun yang menggunakan energi komponen-komponen sel dan untuk kegiatan seluler, seperti pergerakan (Panjaitan, 2020). Uji biokimia yang dilakukan sangat penting untuk mengidentifikasi mikroorganisme. Pengujian biokimia dilakukan dengan pengujian fermentasi karbohidrat, uji katalase dan uji kebutuhan oksigen. Uji fermentasi karbohidrat bertujuan mengetahui kemampuan bakteri dalam memfermentasikan karbohidrat, yang ditandai dengan adanya gelembung gas. Uji katalase dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui bakteri yang memiliki kemampuan untuk menghasilkan enzim katalase yang ditandai dengan pemecahan H_2O_2 menjadi H_2O dan O_2 dalam bentuk gelembung gas (Haryati, 2020).

9. Sumber Belajar Biologi Dalam Bentuk *Booklet*

Berdasarkan KD 3.5 yaitu mengidentifikasi struktur, cara hidup, reproduksi dan peran bakteri dalam kehidupan materi ini dikhususkan untuk kelas X SMA. Uraian dalam materi ini akan dijelaskan secara rinci, jelas dan berurutan dalam bentuk booklet sebagai sumber belajar yang dapat digunakan oleh peserta didik. Selain mengulas terkait materi Bakteri juga akan disajikan terkait gambaran hasil penelitian.

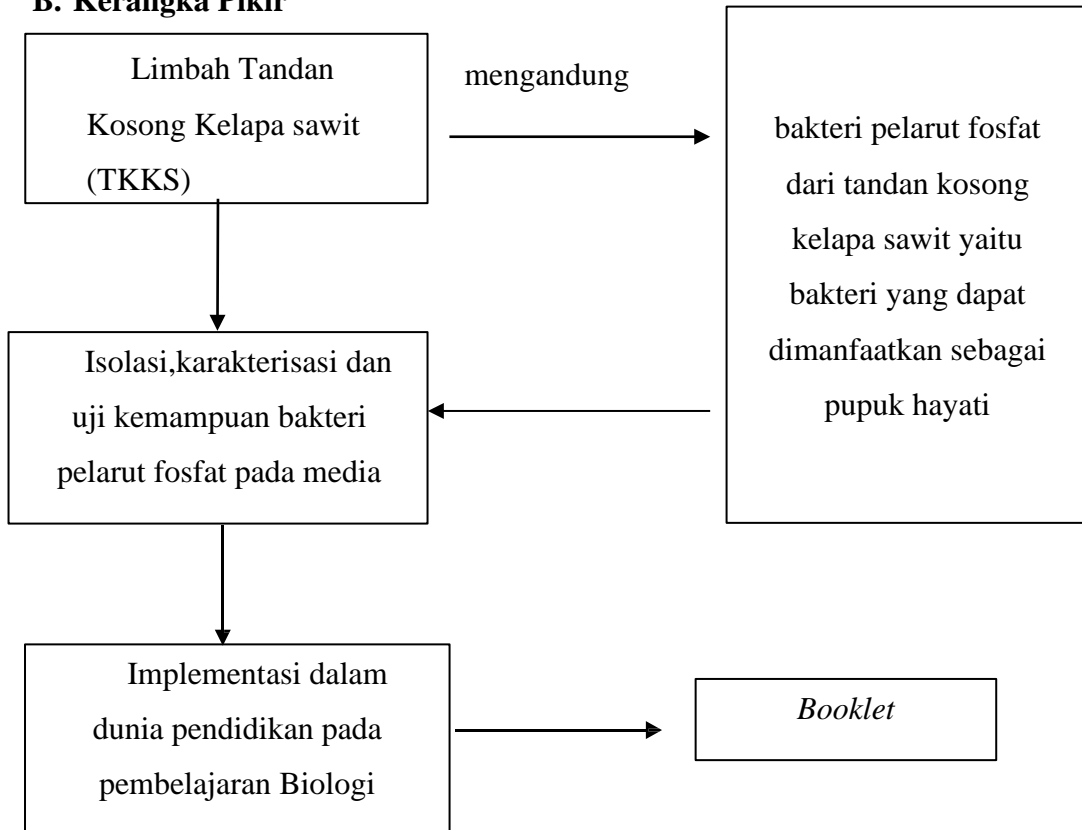
Sumber belajar adalah sumber pengetahuan dengan berbagai dimensi, yakni sumber belajar dapat ditinjau dalam artian sempit dan artian luas. Sumber belajar dalam artian sempit yakni mencakup buku-buku atau bahan-bahan hasil cetakan, seperti halnya majalah, buletin, dan sebagainya. Sedangkan untuk artian luas yakni mencakup sumber belajar berupa pesan yang dapat didengar maupun dilihat antara lain radio, televisi (Suhirman, 2018).

Booklet artinya buku kerja, brosur. *Booklet* adalah sebuah buku yang biasanya digunakan sebagai media untuk menampilkan berbagai catatan dengan tulisan dan gambar dengan tampilan menarik (Atiko, 2019). *Booklet* adalah buku

kecil yang terdiri atas 10-96 halaman yang disajikan dengan desain dan tampilan sederhana, menarik, berisi gambar dan tulisan dengan materi yang lebih terbatas dan dapat digunakan untuk mengedukasi pembaca (Utami, 2018). *Booklet* berisikan informasi-informasi penting, isinya harus tegas, jelas, mudah dimengerti dan akan lebih menarik jika terdapat gambar di dalamnya (Intika, 2018). Pembuatan isi *Booklet* sebenarnya tidak berbeda dengan pembuatan media lainnya. Hal yang perlu diperhatikan dalam membuat *Booklet* adalah bagaimana kita menyusun materi semenarik mungkin (Gustaning, 2014).

Booklet sebagai bentuk implementasi pendidikan memuat beberapa halaman dan didesain menarik sehingga dapat menarik perhatian peserta didik. Hasil penelitian dituangkan ke dalam *booklet* dalam bentuk tulisan dan gambar dalam hal ini *booklet* akan memuat terkait struktur bakteri yang menjelaskan mengenai jenis dan peran bakteri. Pembahasan mengenai bakteri pelarut fosfat dari limbah tandan kosong kelapa sawit di Mamuju Tengah akan menjadi pembahasan utama di dalam *booklet* tersebut.

B. Kerangka Pikir



Gambar 2.3 Bagan Kerangka Pikir

C. Hipotesis

1. Terdapat berbagai karakterisasi bakteri pelarut fosfat yang diisolasi dari limbah tandan kosong kelapa sawit (TKKS) baik secara karakter morfologi maupun pewarnaan gram.
2. Bakteri yang di isolasi dari limbah TKKS memiliki kemampuan dalam melarutkan fosfat.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, Z., Aini, L. Q., & Abadi, A. L. (2015). pengaruh bakteri Bacillus sp. Dan pseudomonas sp. Pengaruh Bakteri Bacillus sp. DAN Pseudomonas sp. Terhadap pertumbuhan jamur patogen Sclerotium rolfsii Sacc. Penyebab penyakit rebah semai pada tanaman kedelai Jurnal HPT (HamaPenyakitTumbuhan), 3(1),1-10.
<https://jurnalhpt.ub.ac.id/index.php/jhpt/article/view/158>.
- Abror M, H. (2022). Self Regulated Learning Terhadap Hasil Belajar Matematika Siswa. Jurnal Pendidikan Matematika. 2(2), 233-242.
<https://karya.brin.go.id>.
- Anastia, N. (2022). Karakterisasi dan Uji Potensi Bakteri Pelarut Fosfat dari Rhizosfer Mangrove Terhadap Pertumbuhan Tanaman Jagung (Zea mays) (Doctoral dissertation, UIN Ar-Raniry). <https://repository.ar-raniry.ac.id/id/eprint/22693/>.
- Akhriani, V. (2021). Isolasi dan uji aktivitas biologi bakteri yang terdapat pada tandan kosong kelapa sawit .Skripsi .Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. <http://repository.uin-suska.ac.id/38518/>.
- Atiko. (2019). Booklet , Brosur, dan Poster. Caramedia Communication
- BAPPEDA, (2019). Perkembangan Komoditas Kelapa sawit Mamuju Tengah. <http://portalmateng.mamujutengahkab.go.id/>.
- Bulele, T., Rares, F. E., & Porotu'o, J. (2019). Identifikasi bakteri dengan pewarnaan Gram pada penderita infeksi mata luar di rumah sakit mata kota Manado. EBiomedik,7(1)<https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/ebiomedik/article/view/22820>
- Damayanti, B., Sumardi, S., Arifiyanto, A., Handayani, K., Kanedi, M., Putri, M. H., & Riyanto, C. L. R. (2022). Pengaruh media pertumbuhan dan ph terhadap aktivitas biosurfaktan dari bakteri Serratia marcescens strain MBC 1 pada minyak jelantah. Indonesian Journal of Chemical Analysis (IJCA), 5(1), 01-08. <https://journal.uii.ac.id/IJCA/article/view/20681>.
- Diri, U. N., & Marlini, M. (2019). Pembuatan Booklet sebagai Media Informasi Bibliocrime di Perpustakaan Universitas Negeri Padang. Ilmu Informasi Perpustakaan dan Kearsipan, 8(1), 431-436.
<https://ejournal.unp.ac.id/index.php/iipk/article/view/107357>.
- Elfidasari, D., Noriko, N., Mirasaraswati, A., Feroza, A., & Canadianti, S. F. (2013). Deteksi bakteri Klebsiella pneumonia pada beberapa jenis rokok konsumsi masyarakat. Jurnal Al Azhar Indonesia: Seri Sains dan Teknologi, 2(1), 41-47.<https://eprints.uai.ac.id/1408/>.
- Friska, W., Khotimah, S., & Linda, R. (2015). Karakteristik Bakteri Pelarut Fosfat pada Tingkat Kematangan Gambut di Kawasan Hutan Lindung Gunung

- Ambawang Kabupaten Kubu Raya. *Jurnal Protobiont*, 4(1), 197–202.
<https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jprb/article/view/9722>.
- Fitriatin, B. N., A. Yuniarti, T. Turmuktini and F.K. Ruswandi. (2014). The Effect of Phosphate Solubilizing Microbe Producing Growth Regulators on Soil Phosphate, Growth and Yield of Maize and Fertilizer Efficiency on Ultisol. *Eurasian Journal of Soil Science*, 3(2):101-107.
<https://dergipark.org.tr/en/pub/ejss/article/73459>.
- Gustaning, G. (2014). Pengembangan Media Booklet Menggambar Macam- Macam Celana Pada Kompetensi Dasar Menggambar Celana Siswa SMKN 1 Jenar. Skripsi. Universitas Negeri Yogyakarta.
<http://eprintis.uny.ac.id/id/eprint/29>.
- Hasruddin., dan Husna, R. (2014). Mini Riset Mikrobiologi Terapan. Yogyakarta: Graha Ilmu. <https://jurnal.uns.ac.id/prosbi/article/viewFile/6354/5738>
- Haryati, K. (2020). Pengujian kualitas mikrobiologi ikan ekor kuning asap dari Pasar Youtefa Papua. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 23(3), 486-494. <https://journal.ipb.ac.id/index.php/jphpi/article/view/32434>
- Helmiyati, A. F., & Nurrahman, N. (2010). Pengaruh konsentrasi tawas terhadap pertumbuhan bakteri gram positif dan negatif. *Jurnal Pangan dan Gizi*, 1(1), 116-114. <https://www.neliti.com/publications/116514/pengaruh-konsentrasi-tawas-terhadap-pertumbuhan-bakteri-gram-positif-dan-negatif>
- Haryanti, A., Norsamsi, P. S. F, Sholiha dan N. P. Putri. (2014). Studi Pemanfaatan Limbah Padat Kelapa Sawit. *Konversi*, 3(2):20-29.
<http://konversi.ulm.ac.id/index.php/konversi/article/view/52>.
- Intika, T. (2018). Pengembangan Media Booklet Science for Kids Sebagai Sumber Belajar Di Sekolah Dasar. *JRPD (Jurnal Riset Pendidikan Dasar)*, 1(1), 101-117. <https://journal.unismuh.ac.id/index.php/jrpd/article/download/1234/1125>.
- Indrawati, I. (2013). Efektivitas Pembelajaran Biologi Melalui Strategi Pembelajaran Index Card Match Dengan Practice Rehearsal Pairs Terhadap Hasil Belajar Siswa Pada Materi Fotosintesis Kelas VIII Semester Genap SMP Negeri Colomadu Tahun Ajaran 2012/2013 (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Surakarta) http://eprints.ums.ac.id/26727/13/Naskah_Publikasi.pdf.
- Istiqomah, Aini, Q. L., dan Abadi, L.A. (2017). Kemampuan *Bacillus subtilis* dan *Pseudomonas fluorescens* dalam melarutkan fosfat dan memproduksi hormone IAA (Indole Acetic Acid) Untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman tomat. *Buana Sains*, 17(1):75-84. <https://jurnal.unitri.ac.id/index.php/buanasains/article/view/580>
- Islamiati, D. (2019). Isolasi dan Identifikasi Bakteri Pelarut Fosfat dari Tanah Perkebunan Kelapa Sawit Desa Air Bening Kabupaten Musi Rawas dan Sumbangan

pada Peoses Pembelajaran di SMA Negeri 19 Palembang. Skripsi. Universitas Muhammadiyah Palembang.
<https://ejournal.undip.ac.id/index.php/bioma/article/view/19589>

- Islamiati, A. dan E. Zulaika. (2015). Potensi Azotobacter sebagai Pelarut Fosfat. Thesis. Sekolah Pasca Sarjana. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. https://www.academia.edu/download/52452757/5572draennyzulaikampPotensi_Azotobacter_Pelarut_Fosfat.pdf.
- Islamiah, D. N., Linda, R., & Rahmawati. (2017). Jenis-jenis Bakteri Rizosfer Kawasan Tanah Mangrove Avicennia di Kelurahan Terusan, Kecamatan Mempawah Hilir, Kalimantan Barat. *Jurnal Protobiont*, 6(3), 165–172.
- Jayawardana, H. B. A. (2017). Paradigma pembelajaran biologi di era digital. *Jurnal Bioedukatika*, 2017, 5.1:1217. <http://download.garuda.kemdikbud.go.id/article.php?article=1218089&val=11011&title=Paradigma%20Pembelajaran%20Biologi%20di%20Era%20Digital>.
- Karpagam, T, dan Nagalakshmi, P, K. (2014). Isolation and Characterization Solubilizing Microbes from Agricultural soil. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 3 (3) : 6
<https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20143126541>.
- Kartika Sari, E. (2018). Uji Kemampuan Bakteri Pendegradasi Tandan Kosong Kelapa Sawit dalam Melarutkan Fosfat sebagai Bahan Pengayaan Mater Mikrobiologi Terapan. Skripsi. Universitas Jambi <https://repository.unja.ac.id/6481/3/9.%20DAFTAR%20ISI%20NEW.pdf>.
- Kosasi, C., Lolo, W. A., & Sudewi, S. (2019). Isolasi dan uji aktivitas antibakteri dari bakteri yang berasosiasi dengan alga *Turbinaria ornata* (Turner) J. Agardh serta Identifikasi secara biokimia. *Pharmacon*, 8(2), 351-359. <https://ejournal.unsrat.ac.id/v3/index.php/pharmacon/article/view/29301>
- Larasati, E, D., Rukmi, MG, I., Kusdiyantini, E., dan Ginting, R, C, B. (2018). Isolasi dan Identifikasi Bakteri Pelarut Fosfat dari Tanah Gambut. *Bioma*. 20 (1):1-8. ISSN:1410-8801. Semarang: Universitas Diponegoro. <https://ejournal.undip.ac.id/index.php/bioma/article/view/19589>.
- Manusawai, H. A. (2011). Pengolahan Limbah Padat Sabut Kelapa Sawit sebagai bahan untuk pengolahan limbah cair
<http://konversi.ulm.ac.id/index.php/konversi/article/download/52/42>.
- Marista, E., S. Khotimat dan R. Linda. (2013). Bakteri Pelarut Fosfat Hasil Isolasi dari Tiga Jenis Tanah Rizosfer Tanaman Pisang Nipah (*Musa para* disini aca var. nipah) di Kota Singkawang. *Jurnal Protobiont*, 2(2) :93 – 101. <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jprb/article/view/2749>.
- Mesiono. (2016). Guru dan Strategi Inkuiri dalam Pembelajaran Biologi. *Jurnal*

- Tarbiyah, 23 (1), 65-82. <https://www.academia.edu/35660251>.
- Mulyono, A. (2021). Isolasi dan Karakterisasi Jamur pada Tandan Kosong Kelapa Sawit (Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau). <http://repository.uin-suska.ac.id/53117/>.
- Nata, Iryanti, (2022) Tandan Kosong Kelapa Sawit: Potensi dan Aplikasi. <https://repositori.uin-suska.ac.id/bitstream/handle/123456789/28006/TKS-Potensi%20dan%20Aplikasi-IFN.pdf?sequence=1>.
- Nisa', N. A. (2018). Isolasi Dan Identifikasi Bakteri Pelarut Fosfat Dengan Sekuens 16s Rrna Asal Tanah Pertanian Organik Desa Sumberejo Batu. Skripsi, 10(1),279–288. <http://dx.doi.org/10.1053/j.gastro.2014.05.023> <https://doi.org/10.1016/j.gie.2018.04.013> <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29451164> http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=PM_C5838726%250 <http://dx.doi.org/10.1016/j.gie.2013.07.02>.
- Nurhidayati, S., Faturrahman, F., & Ghazali, M. (2015). Deteksi bakteri patogen yang berasosiasi dengan *Kappaphycus alvarezii* (Doty) bergejala penyakit ice-ice. *Jurnal Sains Teknologi & Lingkungan*, 1(2). <http://jstl.unram.ac.id/index.php/jstl/article/view/53>
- Oktaviani, E., Lunggani, A. T., & Ferniah, S. R. (2020). Karakter Rhizobakteri Pelarut Fosfat Potensial dari Rhizosfer Tumbuhan Mangrove Teluk Awur Kabupaten Jepara secara Mikrobiologi. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 18(1), 58– 66. <https://doi.org/10.14710/jil.18.1.58-6>.
- Oksana, O., Irfan, M., Fianiray, A. R., & Zam, S. I. (2020). Isolasi dan Identifikasi Bakteri Pelarut Fosfat pada Tanah Ultisol di. *Agrrotechnology Research Journal*, 4(1), 22–25. <https://doi.org/10.20961/agrotechresj.v4i1.36063>.
- Pane, R. D. P., Ginting, E. N., & Hidayat, F. (2022). Mikroba pelarut fosfat dan potensinya dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman. *Warta Pusat Penelitian Kelapa Sawit*, 27(1), 51-59. <https://www.iopri.org/warta/index.php/Warta/article/view/81>.
- Panjaitan, F. J., Bachtiar, T., Arsyad, I., Lele, O. K., & Indriyani, W. (2020). Karakterisasi mikroskopis dan uji biokimia bakteri pelarut fosfat (bpf) dari rhizosfer tanaman jagung fase vegetatif. *CIWAL (Jurnal Ilmu Pertanian dan Lingkungan)*, 1(1), 9-17. <https://stikessantupaulus.e-journal.id/ciwal/article/view/93>.
- Priyatna, M, S.(2018). Isolasi dan Identifikasi Bakteri Pelarut Fosfat (BPF) pada Limbah Sludge Pabrik Kelapa Sawit. Skripsi. Fakultas Pertanian dan Peternakan UIN Suska Riau. Pekanbaru. <https://repository.uin-suska.ac.id/16070/>.
- Praevia, M. F., & Widayat, W. (2022). Analisis Pemanfaatan Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Cofiring pada PLTU Batubara. *Jurnal Energi Barudan Terbarukan*, 3(1),28-37.

<https://ejournal2.undip.ac.id/index.php/jebt/article/view/13367>.

- Purwaningsih, D., & Wulandari, D. (2021). Uji Aktivitas Antibakteri Hasil Fermentasi Bakteri Endofit Umbi Talas (*Colocasia esculenta* L) terhadap Bakteri *Pseudomonas aeruginosa*: Potential of Antibacterial Compound Fermentation of Endophytic Bacteria from Taro Tuber (*Colocasia esculenta* L.) 43gainst *Pseudomonas aeruginosa*. *Jurnal Sains dan Kesehatan(J.SainsKes.)*,3(5),750759.<https://jsk.farmasi.unmul.ac.id/index.php/jsk/article/view/622>.
- Putri, AM., Kurnia, P. 2018. Identifikasi keberadaan bakteri *Coliform* dan total mikroba dalam es dung-dung di sekitar kampus Universitas Muhammadiyah Surakarta. *Media Gizi Indonesia*, 13(1) :41-48.
- Rofiqoh, W. E. Y., & Martuti, N. K. T. (2015). Pengaruh praktikum jamur berbasis keterampilan proses sains terhadap hasil belajar biologi materi jamur. *JournalofBiologyEducation*, 4(1).
<https://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ujbe/article/download/5185/6103>.
- Rokhim, N. (2023). Isolation of *Staphylococcus aureus* and *Bacillus* Sp. on Garbage at TPA Segawe Tulungagung Regency as a Biology Learning Resource in the Form of a Booklet. *Asian Journal of Natural Sciences*, 2(1), 9-16.
<https://journal.formosapublisher.org/index.php/ajns/article/view/3006>.
- Situmorang, TS, Rahmiati, R., & Simanjuntak, HA (2022). Isolasi Dan Karakterisasi Bakteri Dari Tanah Bakaran Sampah. *Jurnal Ilmu Pengetahuan Alam* , 3 (3),162-167.
<https://garuda.kemdikbud.go.id/documents/detail/3144079>.
- Suhirman, S. (2018). Pengelolaan sumber belajar dalam meningkatkan pemahaman peserta didik. *Al Fitrah: Journal Of Early Childhood Islamic Education*, 2(1),159-173.
<https://scholar.google.com/citations?user=QswU2TcAAAAJ&hl=id&oi=sra>.
- Suliasih, S., Widawati., dan Muharam, A.(2010). Aplikasi Pupuk Organik dan Bakteri Pelarut Fosfat Untuk Meningkatkan Pertumbuhan Tanaman Tomat danAktivitasMikrobaTanah.*Jurnal Hortikultura*. 20 (3): 241-246. Bogor: PusatPenelitianBiologiLIPI.<https://www.neliti.com/publications/85213/aplikasi-pupuk-organik-dan-bakteri-pelarut-fosfat-untuk-meningkatkan-pertumbuhan>.
- Sugiyono. (2018). *Metode Penelitian*. Alfabeta.
- Utami, W. F., & Bestari, A. G. (2018). Pengembangan Media Booklet Teknik Kaitan Untuk Siswa Kelas X SMKN 1 Saptosari Gunung Kidul. *JurnalFesyen:PendidikandanTeknologi*,7(1).<https://journal.student.uny.ac.id/index.php/busana/article/download/10561/10098>.

Widya, L, A., Sarwanto., & Prayitno B.A (2013). Pembelajaran biologi menggunakan model Accelerated Learning melalui Concept Mapping dan Mind Mapping ditinjau dari kreativitas dan kemampuan verbal siswa. *Jurnal Inkuiri*, 3(20), 247-254. <https://jurnal.fkip.uns.ac.id/index.php/sains..>

RIWAYAT HIDUP



Diah Tina Mukharomah lahir di Kumasari pada tanggal 9 April 2000. Anak terakhir dari tiga bersaudara, buah hati dari pasangan bapak Sudono dan ibu Inggriati. Penulis memulai pendidikannya dari Tingkat kanak-kanak di TK Lara II pada tahun 2006. Setelah itu melanjutkan pendidikannya ke Tingkat dasar di SD Inpres Lara II mulai dari tahun 2007 sampai pada tahun 2013. Kemudian melanjutkan pendidikannya ke Tingkat menengah pertama di SMP Negeri I Karossa mulai dari tahun 2007 sampai tahun 2016. Pada tahun yang sama penulis melanjutkan pendidikannya di SMA Negeri I Karossa dan lulus pada tahun 2019. Selanjutnya menuju kejenjang yang lebih tinggi penulis melanjutkan pendidikannya di Universitas Sulawesi Barat dengan mengambil jurusan program studi Biologi pada Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan. Pada tahun 2023 penulis melakukan penelitian dengan tujuan menyelesaikan tugas akhir dengan skripsi yang berjudul “Isolasi dan Uji Kemampuan Bakteri Pelarut Fosfat dari Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) di Desa Benggaulu Kabupaten Mamuju Tengah sebagai Sumber Belajar Biologi Materi Bakteri Kelas X SMA.