

**ISOLASI, SKRINING DAN IDENTIFIKASI BAKTERI RHIZOSFER  
PENAMBAT NITROGEN KANDIDAT *BIOFERTILIZER* PADA  
TANAMAN JEWAWUT (*Setaria italica* L.) SEBAGAI  
SUMBER BELAJAR BIOLOGI**



**Oleh :  
YUSRIL  
H0320331**

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

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

**2025**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**ISOLASI, SKRINING DAN IDENTIFIKASI BAKTERI RHIZOSFER  
PENAMBAT NITROGEN KANDIDAT *BIOFERTILIZER* PADA  
TANAMAN JEWAWUT (*Setaria italica* L.) SEBAGAI  
SUMBER BELAJAR BIOLOGI**

**YUSRIL**

**H0320331**

Dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi

Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan

Tanggal : 14 Maret 2025

**PANITIA UJIAN**

|                   |                                    |         |
|-------------------|------------------------------------|---------|
| Ketua Sidang      | : Dr. H. Ruslan, M.Pd.             | (.....) |
| Sekretaris Sidang | : M. Irfan, S.Pd., M.Pd.           | (.....) |
| Pembimbing I      | : Nurmuliayanti Muis, S.Si., M.Si. | (.....) |
| Pembimbing II     | : Masyitha Wahid, S.Pd., M.S.      | (.....) |
| Penguji I         | : Dr. Nurmiati, S.Pd., M.Pd.       | (.....) |
| Penguji II        | : Ramlah, S.Si., M.Sc.             | (.....) |

Majene, 14 Maret 2025

Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan

Universitas Sulawesi Barat



Dekan,

**Dr. H. Ruslan, M.Pd.**  
**NIP. 196312311990031028**

## PERYATAAN KEASLIAN KARYA

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama mahasiswa : Yusril

NIM : H0320331

Program Studi : Pendidikan Biologi

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi ini merupakan hasil karya sendiri dan belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar sarjana di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya dalam skripsi ini tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila pada kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan saya.

Majene, 17 Maret 2025

Yang membuat pernyataan



Yusril  
NIM. H0320331

## ABSTRAK

**Yusril :** Isolasi, Skrining dan Identifikasi Bakteri Rhizosfer Penambat Nitrogen Kandidat *Biofertilizer* pada Tanaman Jewawut (*Setaria italica* L.) Sebagai Sumber Belajar Biologi. **Skripsi Majene: Fakultas Keguruan dan Ilmu Pengetahuan, Universitas Sulawesi Barat, 2024.**

Jewawut (*Setaria italica* L.) adalah tanaman sereal anggota keluarga rumput *Poaceae*. Akar jewawut diklasifikasikan sebagai akar serabut dan terdiri dari akar prime dan skunder yang saat ini belum ada penelitian mengenai bakteri rhizosfer penambat nitrogen pada perakaran tanaman jewawut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui isolasi dan uji kemampuan bakteri penambat nitrogen dari rhizosfer perakaran tanaman jewawut untuk menghasilkan sumber belajar biologi dalam bentuk *booklet*. Pendekatan yang digunakan pada penelitian kuantitatif, sampel pada penelitian ini adalah rhizosfer perakaran dari tanaman jewawut. Data penelitian dianalisis secara deskriptif kuantitatif yaitu meliputi karakteristik makroskopis dan mikroskopis yang meliputi uji penambat nitrogen, uji IAA dan Giberelin GA3 serta identifikasi bakteri berbasis 16S rRNA dari masing-masing bakteri yang berhasil diisolasi dari rhizosfer perakaran tanaman jewawut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa isolat yang dapat menambat nitrogen yaitu jewawut muda pinggir rhizosfer (JMPR), pewarnaan Gram 5 isolat bergram negatif dan 5 isolat lainnya bergram positif dengan bentuk didominasi coccus. Uji penambat nitrogen 5 isolat dapat menambat nitrogen dilihat adanya cincin yang terbentuk dengan kode isolat JMPR19, JMPR22, JMPR28, JMPR29, dan JMPR31. Sebanyak 3 isolat dapat menghasilkan IAA dan Giberelin GA3 dan 2 isolat berhasil dianalisis BLAST yang menunjukkan tingkat kemiripannya pada species *Bacillus Toyonensis* dan *Bacillus Cereus*. Hasil penelitian ini kemudian diimplementasikan ke dalam bentuk *booklet* sebagai sumber belajar biologi dengan materi bakteri.

**Kata Kunci:** Isolasi, Skrining dan Identifikasi, Tanaman Jewawut, *booklet*

## ***ABSTRACT***

**Yusril :** Isolation, Screening and Identification of Nitrogen-fixing Rhizosphere Bacteria as Biofertilizer Candidates in Millet Plants (*Setaria italica* L.) as a Biology Learning Resource. **Majene Thesis: Faculty of Teacher Training and Education, Universitas Sulawesi Barat, 2024.**

Millet (*Setaria italica* L.) is a cereal plant belonging to the grass family Poaceae. Millet roots are classified as fibrous roots and consist of prime and secondary roots. Currently there has been no research on nitrogen-fixing rhizosphere bacteria in the roots of millet plants. This research aims to isolate and test the ability of nitrogen-fixing bacteria from the rhizosphere of millet plant roots to produce biology learning resources in the form of booklets. The approach used in quantitative research, the sample in this study was the root rhizosphere of millet plants. The research data was analyzed descriptively quantitatively, which included macroscopic and microscopic characteristics which included the nitrogen fixing test, IAA and Gibberellin GA3 tests as well as identification of bacteria based on 16S rRNA from each bacteria that was isolated from the rhizosphere of millet plant roots. The results of the research showed that the isolates that could fix nitrogen were young barley at the edge of the rhizosphere (JMPR), the Gram staining of 5 isolates was gram negative and the other 5 isolates were gram positive with a form dominated by coccus. Nitrogen fixing test: 5 isolates were able to fix nitrogen by looking at the rings formed with the isolate codes JMPR19, JMPR22, JMPR28, JMPR29, and JMPR31. As much 3 isolates were able to produce IAA and Gibberellin GA3 and 2 isolates were successfully analyzed by BLAST which showed the level of similarity to the species *Bacillus Toyonensis* and *Bacillus Cereus*. The results of this research were then implemented in booklet form as a biology learning resource with bacterial material.

**Keywords:** Isolation, Screening and Identification, Millet Plants, booklet

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Jewawut (*Setaria italica* L.) merupakan salah satu jenis rumput-rumputan yang dapat tumbuh di dataran rendah maupun dataran tinggi dan merupakan salah satu tanaman sereal yang banyak dibudidayakan di berbagai negara khususnya di negara-negara Afrika dan beberapa negara di benua Asia. Keanekaragaman dan sebaran jewawut di Indonesia sangat luas dan bervariasi (Ramadhani, 2023). Daerah yang tercatat sebagai makanan pokok jewawut antara lain Enrekang, Pulau Rote, Pulau Sumba dan Polewali Mandar Sulawesi Barat. Jewawut merupakan sumber karbohidrat, memiliki aktivitas antioksidan, kaya akan vitamin dan mineral serta memiliki kandungan serat yang tinggi sehingga memberikan efek yang baik bagi kesehatan (Cahyanti et al., 2021).

Ketersediaan pangan merupakan salah satu permasalahan terbesar di dunia, terutama di negara berkembang seperti Indonesia. Hal ini disebabkan oleh kekurangan pangan dan kenaikan harga pangan, serta pertumbuhan penduduk dunia yang tidak mengimbangi pertumbuhan produksi pangan. Di sisi lain, Indonesia sebenarnya mempunyai potensi yang sangat besar dalam mengembangkan sumber pangan alternatif (non beras) seperti jewawut (Nurmala, 2011). Peningkatan produksi jewawut dapat mengimbangi kekurangan pangan dan kenaikan harga dimana jewawut merupakan tanaman yang mudah tumbuh dan tidak memerlukan pemupukan intensif sehingga hanya memerlukan investasi minimal dalam budidaya (Juhaeti et al., 2019).

Pupuk digolongkan menjadi dua jenis yaitu pupuk organik dan anorganik. Pupuk anorganik adalah pupuk yang dihasilkan dari proses teknis kimia, fisika, atau biologi dan merupakan hasil industri atau pabrik pembuat pupuk. Sedangkan pupuk organik adalah pupuk yang sebagian besar atau seluruhnya terdiri dari bahan organik yang berasal dari tumbuhan atau hewan, yang telah melalui proses rekayasa dan dapat diolah dalam bentuk padat atau cair yang digunakan untuk menyediakan zat organik dan memperbaiki sifat fisik, kimia tanah dan biologi tanah (Dewanto et al., 2017).

Pupuk hayati (*Biofertilizer*) adalah pupuk yang mengandung mikroorganisme yang dapat hadir sendiri atau gabungan beberapa spesies yang disebut konsorsium (Kalay et al., 2020). *Biofertilizer* merupakan pupuk yang mengandung mikroba seperti *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Rhizobium*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Mycorrhiza* dan *Trichoderma* (Sudiarti, 2017). Mikroba tersebut dapat tunggal atau gabungan dari beberapa jenis mikroba yang terdapat di perakaran tanaman, rhizosfer merupakan habitat yang sangat baik bagi pertumbuhan mikroba karena akar tumbuhan menyediakan berbagai bahan organik yang biasanya merangsang pertumbuhan mikroba. Aktivitas mikroba di rhizosfer dipengaruhi oleh sekresi akar tanaman. Sejumlah mikroba rhizosfer terlibat dalam siklus dan proses nutrisi terhadap pembentukan tanah, pertumbuhan tanaman dan faktor yang mempengaruhi aktivitas mikroba pengendalian biologis patogen akar (Wulandari et al., 2023). Penggunaan pupuk anorganik (pupuk kimia) dalam jangka panjang menyebabkan penurunan jumlah bahan organik dalam tanah, kerusakan struktur tanah dan pencemaran lingkungan. Jika hal ini terus berlanjut maka akan menurunkan kualitas tanah dan kesehatan lingkungan. Kombinasi pupuk anorganik dan pupuk organik yang tepat diperlukan untuk mempertahankan dan meningkatkan produktivitas tanaman (Simanjuntak, 2013).

Bakteri penambat nitrogen (BPN) dapat mengikat nitrogen di udara baik secara simbiosis (rhizobia) dan non-simbiosis (bakteri rhizosfer pengikat nitrogen yang hidup bebas) (Masyitah et al., 2023). Banyak spesies bakteri yang memilikinya kemampuan untuk menjadi penambat nitrogen, tapi hanya sedikit yang bisa melakukannya mengeluarkan nitrogen dalam bentuk amonia, sehingga kontribusinya masih rendah dalam menyediakan nitrogen bagi tanaman masih rendah (Saputri et al., 2021). Beberapa bakteri memberikan nutrisi zat yang terdapat pada rhizosfer akar disebut rhizobakteri pemacu tanaman, juga dikenal sebagai PGPR (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria*). PGPR memiliki peranan penting bagi tanaman, misalnya pengendalian biologis melalui kompetisi, produksi antibiotik, induksi resistensi tanaman, produksi fitohormon dan peningkatan ketersediaan nutrisi melalui fiksasi nitrogen (Tarigan et al., 2013).

Di kabupaten Polewali Mandar sendiri belum ada yang meneliti kemampuan bakteri rhizosfer penambat nitrogen kandidat *biofertilizer* pada tanaman jewawut sehingga peneliti berinisiatif untuk meneliti kemampuan bakteri rhizosfer penambat nitrogen pada tanaman jewawut yang diambil dari perkebunan masyarakat. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan bakteri yang dapat penambat nitrogen dari tanaman jewawut yang dapat dilihat dari mampu tumbuh pada media selektif *Jensen*, penelitian ini juga dapat diimplementasikan ke dunia pendidikan untuk dijadikan sumber belajar biologi.

Ada berbagai macam jenis dan format sumber belajar yang tersedia untuk memenuhi kebutuhan belajar. Sumber belajar tersebut dapat berupa bahan cetak seperti buku teks, tetapi juga sumber belajar lainnya seperti radio pendidikan, televisi, komputer, email, video interaktif, komunikasi satelit, dan teknologi multimedia komputer. Upaya untuk meningkatkan interaksi dan umpan balik siswa (Supriadi, 2017). Apalagi pembelajaran merupakan suatu proses sistematis yang menyediakan sumber belajar untuk membantu siswa dalam proses belajarnya. Pembelajaran merupakan suatu disiplin ilmu yang menitikberatkan pada upaya menyempurnakan dan memperbaiki proses pembelajaran. Pembelajaran merupakan upaya menata lingkungan luar dan memfasilitasi belajar siswa. Upaya perbaikan lingkungan dilakukan melalui penyediaan sumber belajar (Samsinar, 2020).

Media pembelajaran sangat diperlukan untuk menunjang keberhasilan pembelajaran. Karena proses pembelajaran pada dasarnya juga merupakan proses komunikasi, maka media yang digunakan untuk pembelajaran disebut media pembelajaran. Media pembelajaran merupakan sarana penyampaian pesan dan informasi pembelajaran. Dengan kata lain, pembelajaran yang dimediasi media terjadi ketika ada komunikasi yang dimediasi media antara penerima dan pengirim pesan. Hal ini disebabkan karena tersedianya media pembelajaran memungkinkan siswa berpikir lebih konkrit sehingga lebih sedikit melakukan verbalisasi. Artinya siswa termasuk guru dapat memilih atau menggunakan media pembelajaran dalam proses pembelajaran. Dalam kegiatan ini kehadiran media dalam proses pembelajaran sangatlah penting, karena ketidakjelasan materi yang disajikan dapat didukung oleh penyajian media. Media dapat mengungkapkan dengan kata dan

kalimat tertentu apa yang tidak dapat diungkapkan oleh guru (Ardhyantama et al., 2022).

Penelitian ini mendukung kajian biologi khususnya materi bakteri ditujukan untuk siswa SMA/MA kelas X pada kurikulum merdeka dengan capaian pembelajaran (CP) yaitu pada akhir fase F Peserta didik memahami proses klasifikasi bakteri, peranan bakteri, bakteri dalam kehidupan, dan pemanfaatan bakteri dalam berbagai bidang kehidupan. Tujuan pembelajaran (TP) Peserta didik dapat menjelaskan bentuk dan struktur bakteri, dapat memahami cara hidup bakteri, dapat melaksanakan Praktikum Pengamatan Bakteri, dapat memahami Peranan bakteri yang menguntungkan dan peranan bakteri yang merugikan. Oleh karena itu peneliti kemudian menggunakan penelitian ini sebagai bahan ajar biologi yang dalam bentuk *booklet*, karena *booklet* merupakan buku yang berisi tulisan-tulisan dan gambar-gambar yang menarik, sehingga siswa dapat mempelajari *booklet* tersebut tanpa rasa jenuh dan bosan, karena *booklet* itu menarik (Utami & Bestari, 2018).

Berdasarkan observasi dan wawancara yang dilakukan pada 3 sekolah yaitu SMAN 3 Majene, SMAN 2 Majene, dan MAN 1 Majene mengenai pemanfaatan sumber belajar yaitu *booklet* oleh guru biologi kelas X dimana pemanfaatan *booklet* tersebut sangat dibutuhkan sebagai tambahan bahan ajar dalam pembelajaran dikarenakan pada buku paket yang digunakan belum membahas secara rinci. Pada kegiatan pembelajaran guru hanya memanfaatkan buku paket sebagai bahan ajar sehingga sering kali siswa bosan dalam mengikuti pembelajaran. Adanya *booklet* yang dibuat akan membuat siswa lebih semangat dalam belajar dikarenakan dalam isi *booklet* dilengkapi dengan gambar yang sesuai dengan yang terdapat di lingkungan sekitar siswa. Menurut Ardhyantama et al., (2022) *booklet* juga praktis sehingga memudahkan siswa dapat belajar secara mandiri. Pada observasi dan wawancara yang saya lakukan kepada guru biologi ke 3 sekolah tersebut yaitu SMAN 3 Majene, SMAN 2 Majene, dan MAN 1 Majene mengenai sumber belajar dalam bentuk *booklet* masih sangat dibutuhkan dalam proses pembelajaran di sekolah.

Berdasarkan uraian diatas maka peneliti perlu melakukan penelitian yang berjudul “Isolasi, skrining dan identifikasi bakteri rhizosfer penambat nitrogen

kandidat *biofertilizer* pada tanaman jewawut (*Setaria italica*) sebagai sumber belajar biologi”.

## **B. Identifikasi Masalah**

Berdasarkan latar belakang diatas dapat diuraikan identifikasi masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Terbatasnya informasi ilmiah mengenai potensial bakteri rhizosfer penambat nitrogen yang di isolasi dari tanaman Jewawut (*S. italica* L.) dari Sulawesi Barat.
2. Terbatasnya pupuk nitrogen sintesis yang diisolasi dari tanaman Jewawut (*S. italica* L.).
3. Terbatasnya formulasi *biofertilizer* komsursium bakteri pada tanaman Jewawut (*S. italica* L.)
4. Belum adanya implementasi hasil penelitian mengenai isolasi, skrining dan idintifikasi rhizosfer penambat nitrogen kandidat *biofertilizer* pada tanaman Jewawut (*S. italica* L.) kedalam dunia pendidikan 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 yang akan dilakukan yaitu pada isolasi, skrining mikroba dan uji kemampuan bakteri rhizosfer penambat nitrogen pada tanaman Jewawut (*S. italica* L) serta diimplementasikan sebagai sumber belajar biologi dalam bentuk *Booklet* materi bakteri kelas X SMA.

### **2. Rumusan Masalah**

Berdasarkan batasan masalah diatas rumusan masalah penelitian ini adalah:

- a. Bagaimana mengisolasi, mengkarakterisasi bakteri rhizosfer penambat nitrogen pada tanaman Jewawut (*S. italica* L.)?
- b. Bagaimana skrining dan identifikasi bakteri rhizosfer penambat nitrogen pada tanaman Jewawut (*S. italica* L.)?

- c. Bagaimana implementasi hasil penelitian dalam bentuk *Booklet* sebagai sumber belajar dengan materi bakteri untuk mendukung pembelajaran biologi?

#### **D. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan penelitian ini adalah:

1. Untuk mengisolasi bakteri rhizosfer dari tanaman Jewawut (*S. italica* L.).
2. Untuk melakukan skrining terhadap bakteri rhizosfer penambat nitrogen kandidat *biofertilizer* pada tanaman Jewawut (*S. italica* L.)
3. Untuk melakukan skrining terhadap bakteri yang menghasilkan IAA dan Giberelin
4. Untuk mengidentifikasi bakteri rhizosfer yang potensial sebagai *biofertilizer*
5. Untuk menyusun *booklet* sebagai sumber belajar biologi pada materi bakteri

#### **E. Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat penelitian ini terbagi menjadi dua yaitu sebagai berikut:

##### **1. Manfaat Teoritis**

Diharapkan dapat memberikan bukti ilmiah tentang kemampuan mikroba penambat nitrogen dari tanaman jewawut (*S. italica* L.).

##### **2. Manfaat Praktis**

###### **a. Bagi peneliti**

Penelitian ini dapat dijadikan sebagai bahan informasi ilmiah mengenai kemampuan mikroba rhizosfer penambat nitrogen dari tanaman Jewawut (*S. italica* L.).

###### **b. Bagi pendidik**

Penelitian ini dapat dijadikan sebagai sumber belajar biologi dalam bentuk *booklet* pada materi bakteri kelas X SMA.

###### **c. Bagi Masyarakat**

Hasil isolat bakteri ini diharapkan mampu memberikan informasi kepada masyarakat bahwa bakteri rhizosfer penambat nitrogen dari tanaman Jewawut (*S. italica* L.) ini mengandung mikroba yang dapat dimanfaatkan sebagai pupuk hayati.

## F. Penelitian Relevan

1. Berdasarkan penelitian oleh Saputri et al., (2021) dengan judul “Isolasi dan karakterisasi bakteri penambat nitrogen dari rizosfer mangrove di kuala singkawang” disimpulkan isolasi bakteri rizosfer mangrove pada kelurahan Kuala kota Singkawang diperoleh 16 isolat. Hasil tes penambat nitrogen menunjukkan bahwa 2 dari 16 isolat dapat menambat nitrogen. Hasil tes pengekskresi amonia menunjukkan dari 16 isolat ada 5 isolat yang dapat menghasilkan amonia. Genus bakteri yang dihasilkan adalah mengarah ke genus *Nitrosococcus* dan *Bacillus*. Berdasarkan penelitian sebelumnya terdapat persamaan dan perbedaan dengan judul penelitian. Adapun persamaan penelitian tersebut dengan penelitian yang akan dilaksanakan adalah untuk mengetahui Uji penambat nitrogen dari isolat bakteri rhizosfer. Perbedaan penelitian tersebut dan penelitian yang akan dilakukan adalah memperoleh isolat bakteri penambat nitrogen sebagai pengekskresi amonia dari rhizosfer mangrove di Kuala Singkawang. Pengambilan sampel tanah menggunakan metode komposit sampling sedangkan pada penelitian ini menggunakan tanaman jiwawut yang dimana isolat bakteri penambat nitrogen didapatkan dari rhizosfer jiwawut dan data yang diperoleh dari hasil pengujian kemudian dianalisis.
2. Berdasarkan penelitian oleh Dewi & Trimulyono, (2023) dengan judul “Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Penambat Nitrogen dari Rizosfer Tanaman Nanas di Lereng Gunung Kelud Kediri” hasil yang diperoleh menunjukkan Sembilan belas isolat bakteri berhasil diisolasi dari rizosfer tanaman nanas di lereng Gunung. Kelud Kediri Sebanyak 19 isolat yang diperoleh dipisahkan berdasarkan karakter morfologi koloni seperti ciri optik, ciri permukaan, warna, bentuk, ukuran, tinggi dan bentuk tepi koloni diberi kode untuk isolat sebagai berikut: P21-P52 dan B21-B51. Berdasarkan penelitian sebelumnya terdapat perbedaan dan persamaan dengan judul penelitian. Adapun persamaan penelitian tersebut dengan penelitian yang akan dilaksanakan adalah melihat dari pemisahan isolat bakteri berdasarkan karakter morfologi koloni seperti ciri optik, ciri permukaan, warna, bentuk, ukuran, tinggi dan bentuk tepi koloni sedangkan perbedaannya peneliti sebelumnya dengan penelitian yang

akan dilaksanakan adalah penelitian sebelumnya menggunakan sampel rhizosfer tanaman nanas sedangkan penelitian yang akan dilaksanakan menggunakan sampel rhizosfer jewawut.

3. Berdasarkan penelitian oleh Apriliya et al., (2020) dengan judul “Isolasi Bakteri Rhizosfer Resisten Pestisida dan Herbisida pada Berbagai Jenis Tutupan Lahan” disimpulkan bahwa didapatkan 10 isolat bakteri dapat tumbuh pada media dengan sumber karbon pestisida dan herbisida, 6 dapat mendegradasi herbisida dan 4 mendegradasi pestisida hasil pengujian patogenesis diperoleh hanya pada 5 isolat keunggulan yang bisa dikembangkan termasuk 3 isolat degradasi herbisida dan 2 isolat degradasi pestisida rhizosfer mentimun dan jagung untuk bakteri degradasi pestisida dan rhizosfer padi sawah, jambu biji dan vegetasi hutan. Berdasarkan penelitian sebelumnya terdapat persamaan dan perbedaan dengan judul penelitian. Adapun persamaan penelitian tersebut dengan penelitian yang akan dilakukan adalah sampel yang digunakan yaitu sampel tanah yang digunakan berasal dari rhizosfer sedangkan perbedaan penelitian sebelumnya dengan peneliti yang akan dilakukan adalah pada penelitian sebelumnya menguji isolat yang dapat mendegradasi herbisida dan pestisida, sedangkan penelitian yang akan dilaksanakan menguji bakteri yang mampu penambat nitrogen dari tanaman jewawut.
4. Berdasarkan penelitian Tarigan et al., (2013) dengan judul “Seleksi bakteri penambat nitrogen dan penghasil hormon IAA (*indole acetic acid*) dari rizosfer tanah perkebunan kedelai (*Glycine max L.*)” dapat disimpulkan 5 isolat penghasil IAA dan 8 isolat penambat nitrogen terpisah dari area tersebut rizosfer tanaman kedelai di perkebunan Tanjung Selamat Medan Sumatera Utara. Isolat I3 memiliki kemampuan dalam menghasilkan IAA secara *in-vitro* dengan konsentrasi sebanyak 33.3 ppm sedangkan isolat N3 memiliki kemampuan menambat nitrogen yang paling potensial setelah diuji secara kualitatif dan kuantitatif sebesar 29.93 ppm. Berdasarkan penelitian sebelumnya terdapat persamaan dan perbedaan dengan judul penelitian. Adapun persamaan penelitian tersebut dengan penelitian yang akan dilakukan adalah menguji isolat yang dapat menghasilkan IAA. Perbedaan penelitian tersebut dengan penelitian yang akan dilakukan adalah peneliti sebelumnya

menggunakan sampel berupa tanah yang akan di uji menggunakan rhizosfer dari tanaman kedelai sedangkan peneliti yang akan dilaksanakan menggunakan rhizosfer dari jewawut untuk mengisolasi bakteri dan menguji kemampuan bakteri tersebut dalam penambat nitrogen.

5. Berdasarkan penelitian Hafni et al., (2022) dengan judul ‘‘Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Penambat Nitrogen Asal Rizosfer Tanaman Mimba’’ disimpulkan Bakteri penambat nitrogen yang diisolasi dari rizosfer tanaman memiliki kemampuan penambatan nitrogen yang baik tetapi memiliki kemampuan yang berbeda-beda untuk pembentukan partikel serta menghasilkan hormon AIA yang tinggi berkisar 14,01 hingga 15,15 ppm. Berdasarkan hasil penelitian diketahui isolat dengan kode RMB1 menghasilkan pelikel yang tebal dibandingkan isolate yang lain dan juga menghasilkan hormon AIA yang cukup tinggi sehingga diharapkan ketika isolate bakteri ini digunakan sebagai inokulum pupuk hayati dapat membantu pertumbuhan tanaman pada lahan kering. Berdasarkan penelitian sebelumnya terdapat persamaan dan perbedaan dengan judul penelitian. Adapun persamaan penelitian sebelumnya dengan penelitian yang akan dilaksanakan adalah menguji rhizosfer tanaman yang memiliki kemampuan penambatan nitrogen yang baik, sedangkan perbedaan penelitian sebelumnya dengan penelitian yang akan dilakukan adalah peneliti sebelumnya menguji kemampuan bakteri penambat nitrogen memiliki kemampuan yang berbeda-beda untuk pembentukan pelikel serta menghasilkan hormon AIA sedangkan peneliti yang akan dilaksanakan tidak melakukan pengujian kemampuan bakteri penambat nitrogen memiliki kemampuan yang berbeda-beda untuk pembentukan pelikel serta menghasilkan hormon AIA.
6. Berdasarkan penelitian Supriadi. (2017) dengan judul ‘‘Pemanfaatan Sumber Belajar Dalam Proses Pembelajaran’’ disimpulkan Pemanfaatan berbagai sumber belajar pada suatu satuan pendidikan cenderung dipengaruhi oleh dua faktor utama, yaitu faktor internal dan faktor eksternal (lingkungan). Faktor internal yang mempunyai pengaruh dominan adalah kesadaran pengguna, antusiasme, minat, keterampilan, dan kenyamanan. Sedangkan faktor eksternal yang mempengaruhi adalah ketersediaan sumber belajar yang beragam, jumlah

sumber belajar, kemudahan akses terhadap sumber belajar, proses pembelajaran, ruang, sumber daya manusia, serta tradisi dan praktik yang diterapkan di sekolah. Berdasarkan penelitian sebelumnya terdapat persamaan dan perbedaan dengan judul penelitian. Adapun persamaan penelitian sebelumnya dengan penelitian yang akan dilaksanakan adalah mengembangkan suatu sumber belajar dengan melihat kondisi lingkungan dan kemudahan dalam menggunakan sumber belajar, sedangkan perbedaan penelitian sebelumnya dengan penelitian yang akan dilakukan adalah dimana penelitian yang akan dilakukan akan menghasilkan suatu sumber belajar dalam bentuk *booklet* sedangkan penelitian terdahulu hanya menjelaskan tentang penerapan suatu sumber belajar.

7. Berdasarkan penelitian Kismiati, (2020) dengan judul “Pengembangan e-Modul Pengayaan Isolasi dan Karakterisasi Bakteri sebagai Sumber Belajar Biologi” disimpulkan bahwa E-modul pengayaan isolasi dan karakterisasi bakteri sangat layak digunakan sebagai sumber belajar biologi bila ditinjau dari aspek tampilan dan kebenaran isi. Adapun keterbatasan dalam pengembangan e-modul ini adalah hingga saat ini, e-modul isolasi dan karakterisasi bakteri hanya dapat ditampilkan dengan browser Mozilla firefox, sehingga sangat diharapkan pada pengembangan e-modul selanjutnya, dapat digunakan web browser lain seperti chrome, internet explorer maupun opera mini. Berdasarkan penelitian sebelumnya terdapat persamaan dan perbedaan dengan judul penelitian. Adapun persamaan antar penelitian terdahulu dengan penelitian yang akan dilakukan yaitu mengembangkan suatu sumber belajar yang sesuai dengan materi yang akan diajarkan pada siswa yaitu materi bakteri yang didapatkan dari isolasi dan karakterisasi bakteri, sedangkan perbedaan penelitian sebelumnya dengan penelitian yang akan dilakukan adalah dimana penelitian sebelumnya mengembangkan media pembelajaran dalam bentuk E-modul sedangkan penelitian yang akan dilakukan membuat media pembelajar dalam bentuk *booklet* pada materi bakteri kelas X SMA.
8. Berdasarkan penelitian Butar et al., (2022) dengan judul “Isolasi dan Identifikasi Bakteri Limbah Minyak Bumi dari Perairan Pelabuhan Sungai Duku Kota Pekanbaru sebagai Rancangan Modul Pembelajaran Biologi SMA”

disimpulkan bahwa Isolat bakteri yang ditemukan di perairan pelabuhan Sungai Duku kota Pekanbaru terdiri dari 5 genus yakni genus *Enterobacter*, *Acinetobacter*, *Citrobacter*, *Klebsiella* dan *Bacillus*. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai rancangan modul pembelajaran guna memperkaya bahan ajar pada konsep eubacteria Biologi SMA. Berdasarkan penelitian sebelumnya terdapat persamaan dan perbedaan dengan judul penelitian. Adapun persamaan antara penelitian terdahulu dengan penelitian yang akan dilakukan yaitu melakukan isolasi dan indentifikasi bakteri, sedangkan perbedaan penelitian sebelumnya dengan penelitian yang akan dilakukan adalah dimana penelitian sebelumnya merancang modul sebagai sumber belajar sedangkan penelitian yang akan dilakukan membuat media pembelajar dalam bentuk *booklet* sesuai dengan materi yang akan di ajarkan.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. Kajian Pustaka

##### 1. Jewawut (*Setaria italica* L.)

Jewawut (*Setaria italica* L.) merupakan tanaman sereal yang termasuk dalam subfamili Panicoideae dan suku Paniceae dengan angka kromosom  $2n = 2x = 18$  (AA). Peran jewawut sebagai makanan alternatif potensial sudah lama diketahui masyarakat dunia mengandung asam amino lengkap dan kandungan mineral kalsium dan zat besi yang tinggi. Keanekaragaman dan distribusi jewawut sangat bervariasi dan tersebar luas di Indonesia (Syahrudin et al., 2021).

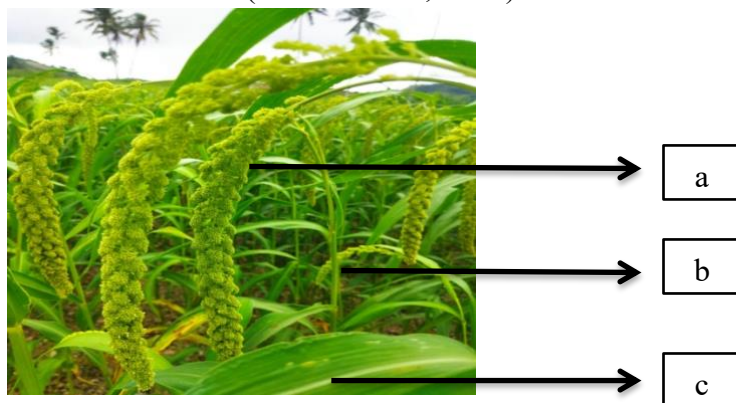
Jewawut (*S. italica* L.) adalah tanaman sereal anggota keluarga rumput *Poaceae*. Jewawut sekeluarga dengan pangan sereal termasuk jagung, beras, sorgum, gandum, hanjeli dan tanaman lain seperti bambu dan tebu. Jewawut (*S. italica* L.) banyak digunakan dalam makanan manusia dan hewani. Tanaman ini merupakan salah satu jenis tumbuhan yang mempunyai jalur fotosintesis C<sub>4</sub>, umumnya direkomendasikan sebagai tanaman penting di daerah tropis semi-kering dan dianggap tanaman model yang bagus. Jewawut (*S. italica* L.) adalah makanan fungsional sudah lama didomestikasi oleh masyarakat dunia karena pertumbuhan dan kemampuan beradaptasinya baik di daerah beriklim tropis dan subtropis. Tergolong tanaman sereal potensial bernilai sebagai tanaman pangan fungsional gizi dan manfaatnya terhadap kesehatan (Ramlah et al., 2023).

Morfologi tanaman jewawut terdiri atas beberapa bagian yaitu:

- a. Akar jewawut diklasifikasikan sebagai akar serabut dan terdiri dari akar primer, sekunder, akar sekunder disebut juga akar tambahan, yang berkembang dari batang sumber pertama terutama dalam fase dua daun atau tiga daun. Node berikutnya memunculkan sepasang akar sekunder lainnya dan setelah itu empat hingga enam inti lahir setiap node. Akar ini berkembang dari redikula dan bertindak sebagai media untuk mengangkut air dan unsur hara bagi tunas di dalam tanah. Sederhananya Perkembangan ini berlangsung

selama 45-60 hari. Dari pertumbuhan tanaman, muncul akar sekunder dan menggantikan fungsi akar primer (Ramlah et al., 2023).

- b. Daun jewawut seperti pita, tepi halus, ujung runcing, urat/tulang daun sejajar dan strukturnya terdiri dari helaian daun. Daunnya tersebar secara simetris pada batang, pada pangkalnya daunnya menempel pada bagian tengah batang, pada pangkal daun mereka mempunyai pelepah daun yang biasanya pendek, berwarna hijau atau ungu (Ramlah et al., 2023).
- c. Batang jewawut berbentuk rangkaian serangkaian dari ruas dan buku, serta tidak berkambium. Pada bagian tengah batang terdapat selubung pembuluh yang ditutupi dengan lapisan keras (sel parenkim). Bentuk batang tanaman jewawut berbentuk silinder dan tinggi batang bervariasi dari hijau muda hingga hijau tua (Ramlah et al., 2023).
- d. Rangkaian bunga jewawut terdapat pada malai di bagian atas tanaman. jewawut merupakan tumbuhan hari pendek, mulai berbunga dengan periode penyinaran pendek dan suhu tinggi. Bunga jewawut merupakan tipe *panicle* malai (rangkain bunga pada batang). Bunga jewawut secara Keseluruhannya terdiri dari malai (*peduncle*), rangkaian bunga (*raceme*), dan bunga (*spikelet*) (Ramlah et al., 2023).
- e. Biji jewawut merupakan bagian dari tanaman memiliki ciri fisik agak membulat, dalam bentuk butiran, berukuran 1-3 ul. Benih jewawut tertutup sekam dengan warna yang bervariasi warna krem, merah bata, atau coklat tergantung pada varietas/kultivar (Ramlah et al., 2023).



Gambar 2.1 Morfologi Tanaman Jewawut a. Biji, b. Batang, c. Daun  
(Dokumentasi Pribadi)

Adapun sistematika nama ilmiah jiwawut menurut Ramlah et al., (2023)

|            |                                         |
|------------|-----------------------------------------|
| Kingdom    | : Plantae                               |
| Subkingdom | : Tracheobionta                         |
| Division   | : Mangnoliophyta                        |
| Class      | : Liliopsida                            |
| Subclas    | : Commelinidae                          |
| Order      | : Cyperales                             |
| Family     | : Poacoideae                            |
| Genus      | : Setaria                               |
| Spesies    | : <i>Setaria italica</i> (L.) P. Beauv. |

## 2. Mikroorganisme Tanah

Tanah adalah kumpulan benda-benda alam di atas bumi, terdiri dari campuran bahan mineral, bahan organik, air dan udara, serta merupakan media tumbuh tumbuhan. Bahan organik tanah adalah seluruh zat organik yang terdapat di dalam tanah, termasuk fraksi organik ringan, biomassa mikroorganisme, bahan organik terlarut dan bahan organik stabil, atau humus. Bahan organik tanah harus diuraikan menjadi senyawa yang lebih sederhana agar dapat dimanfaatkan secara optimal oleh tanaman (Wicaksono et al., 2015).

Mikroorganisme melakukan berbagai aktivitas yang berinteraksi dengan mikroorganisme lain. Peranan mikroorganisme dalam tanah sangat penting bagi kehidupan, mengingat semua proses penguraian dan mineralisasi sampah organik menjadi bahan anorganik terjadi karena peranan mikroorganisme dalam tanah. Mikroorganisme berperan penting dalam ekosistem karena menguraikan sisa-sisa organik yang mati menjadi unsur-unsur yang dikembalikan ke tanah, seperti nitrogen (N), Fosfor (P), Kalium (K), Calsium (Ca), Mangan (Mn) dan keatmosfer (CH<sub>4</sub> atau CO<sub>2</sub>) sebagai hara yang dapat digunakan kembali oleh tanaman. Aktivitas mikroba tanah merupakan suatu proses yang dihasilkan dari adanya mikroorganisme yang melakukan aktivitas kehidupan pada suatu massa tanah. Aktivitas mikroorganisme tanah berbanding lurus dengan jumlah mikroorganisme dalam tanah. Apabila jumlah mikroorganisme tinggi maka aktivitas mikroorganisme juga semakin tinggi (Wicaksono et al., 2015).

Lima kelompok utama mikroorganisme, yang terdapat di dalam tanah, adalah bakteri, actynomicetes, fungi, algae, dan protozoa. Banyaknya bakteri dalam tanah dipengaruhi oleh berbagai kondisi, kondisi pertumbuhannya seperti suhu, kelembaban, aerasi dan sumber energi (Budhisurya et al., 2013).

### 3. Karakterisasi Makroskopis Mikroba

Karakterisasi makroskopis atau biasa disebut pengamatan langsung, mikroorganisme yang dapat diidentifikasi secara langsung berdasarkan bentuknya. Karakterisasi mikroba, dapat dilihat dari pengamatan morfologi secara makroskopis dapat dilihat pada tabel 2. 1 sebagai berikut:

**Tabel 2.1 Pengamatan Morfologi Makroskopi**

| Variabel         | Kriteria                                                                                                                                                                                            |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Bentuk koloni    | Bulat, bulat dengan tepi bergelombang, bulat dengan tepi timbul, permukaan kusut, konsetrik, mrnyebar 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 | Bewarna (sebutkan), tidak berwarna.                                                                                                                                                                 |

(Akhriani, 2021).

### 4. Bakteri Rhizosfer

Rhizosfer merupakan bagian tanah di sekitar akar tanaman yang terkena dampak langsung oleh mikroba tanah dan sekresi akar tanaman. Rhizosfer membantu tanaman tumbuh melalui berbagai mekanisme seperti meningkatkan penyerapan unsur hara dan produksi hormon pertumbuhan tanaman. Mikroba seperti jamur dapat diperoleh dari rhizosfer, banyak mikroba terutama jamur rhizosfer yang mampu menginisiasi pertumbuhan tanaman dan mencegah berkembangnya patogen di dalam tanah. Rhizosfer merupakan lapisan tanah pada zona perakaran yang masih dipengaruhi oleh aktivitas akar dan merupakan tempat berkembang biak yang baik bagi mikroba karena akar dapat menyediakan berbagai bahan organik mikroba di dalam tanah (Gassing, 2021).

Bakteri rhizosfer adalah zona lingkungan mikro di sekitar akar tumbuhan biasanya diartikan atau dibatasi pada bahan atau material makro berukuran mikroorganisme yang masih menempel pada akar tanaman yang luasnya masih mencakup oleh aktivitas perakaran tanaman dan mikroorganisme yang berasosiasi dengannya. Biasanya populasi mikroorganisme lebih banyak dan beragam di rhizosfer dibandingkan dengan pada bagian tanah lain. Beberapa mikroorganisme rhizosfer memiliki peran penting dalam siklus hara dan proses pembentukan tanah, pertumbuhan tanaman, mempengaruhi aktivitas mikroorganisme dan pengendalian hayati terhadap patogen akar. Keberadaan populasi organisme baik yang bersifat antagonis, patogen atau saprofit meningkatkan keanekaragaman jenis spesies di dalam komunitas alami tanaman (Ariani, 2018).

Bakteri tanah hidup di rhizosfer mempunyai pengaruh yang sangat besar terhadap proses pertumbuhan tanaman. Bakteri dapat menunjang pertumbuhan tanaman dengan menghasilkan hormon pertumbuhan (Nuraini et al., 2020). Bakteri di rizosfer mempunyai peran yang berbeda-beda cara memberi nutrisi pada tanaman, melindungi tanaman terhadap infeksi bakteri patogen (terutama di zona akar) menghasilkan hormon pertumbuhan, seperti indol *acetic acid*, pelarut fosfat dan pengikat nitrogen. Selain bakteri rhizosfer dapat mempengaruhi ketersediaan dan siklus nutrisi tanaman dengan menjaga stabilitas struktur tanah (Khairani & Riany, 2019). Mikroba rhizosfer banyak peran penting dalam proses tersebut aktivasi biokontrol, yang mengurangi penyakit tanaman dengan menghambat patogen tanah melalui kompetisi nutrisi dan antibiosis sebagai pemicu pertumbuhan tanaman sekaligus mampu menghambat perkembangan patogen di dalam tanah (Murniati et al., 2022).

## **5. Bakteri Penambat Nitrogen**

Nitrogen merupakan unsur penting dalam pembentukan senyawa penting di dalam sel, termasuk protein, DNA dan RNA. Tanaman harus mendapatkan kebutuhan nitrogennya dari dalam tanah (Sari & Prayudyaningsih, 2015). Nitrogen ( $N_2$ ) merupakan unsur penting bagi makhluk hidup, khususnya tumbuhan. Unsur nitrogen termasuk salah satu komponen penyusun protein dan berperan dalam proses fotosintesis. kandungan nitrogen di atmosfer sangat banyak yaitu sekitar 78%, tetapi nitrogen dalam bentuk molekul, yang

kebanyakan tidak reaktif, sehingga tidak dapat diserap secara langsung oleh tanaman penambat nitrogen oleh bakteri menyediakan keuntungan bagi tanaman, sehingga berguna untuk masa sekarang banyak digunakan saat ini di bidang pertanian, karena merupakan alternatif pengganti pupuk anorganik (Sapalina et al., 2022).

## 6. Macam-macam Bakteri Penambat Nitrogen

Nitrogen selalu ditemukan di tanah dalam dua Bentuk utama yaitu bentuk anorganik seperti nitrogen mineral (2%) dan organik (98%). Bentuk anorganik meliputi amonia ( $\text{NH}_3$ ), amonium ( $\text{NH}_4$ ), nitrit ( $\text{NO}_2$ ) dan nitrat ( $\text{NO}_3$ ), sedangkan bentuk organik ditemukan pada bahan organik hidup seperti organisme tanah, hewan dan sisa tanaman Nitrogen organik tidak langsung tersedia bagi tanaman dan harus diubah menjadi amonium atau nitrat oleh bakteri penambat nitrogen. Bakteri penambat nitrogen yang hidup bebas tidak dapat melakukan interaksi langsung dengan organisme lain, seperti *Azotobacter*, *Bacillus*, *Clostridium*, *Klebsiella* dan lainnya. Bakteri penambat nitrogen *Azospirillum* bisa dapat membentuk asosiasi yang erat dengan beberapa famili *Poaceae* (rumput) yaitu padi, gandum, dan jagung (Sapalina et al., 2022).

### a. *Azotobacter*

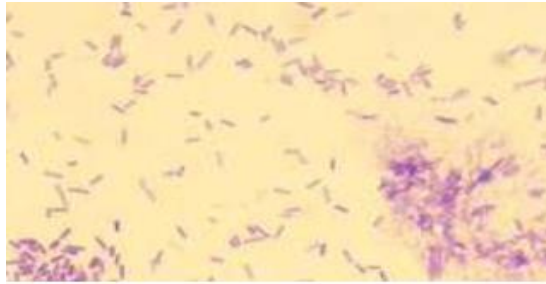
*Azotobacter* adalah bakteri penambat nitrogen non-simbiosis yang hidup bebas di dalam tanah dan merupakan salah satu sekelompok bakteri aerobik yang mengkolonisasi permukaan akar, jadi Penggunaannya dapat menambah jumlah volume akar. Volume akar besar meningkatkan penyerapan air dan nutrisi (Puspawati et al., 2021).



Gambar 2.2 Koloni bakteri *Azotobacter*  
(Erfin et al., 2016)

b. *Bacillus*

*Bacillus* adalah bakteri antagonis yang ditemukan di air, tanah, udara dan residu tanaman yang membusuk. Beberapa spesies *Bacillus* sp. diketahui mempunyai potensi zat biologis. *Bacillus* dapat menghasilkan senyawa fengycin dan bacillomycin yang dikenal antijamur dan masih banyak lagi antibiotik lainnya yang diproduksi (Abidin et al., 2015).



Gambar 2.3 Koloni bakteri *Bacillus*  
(Marjayandari & Shovitri, 2016)

## 7. IAA dan Giberelin

a. IAA (*Indole acetic acid*)

Hormon IAA adalah auksin endogen yang berperan dalam pembesaran sel, menghambat pertumbuhan tunas lateral, merangsang eksisi, berperan dalam pembentukan jaringan xilem dan floem, serta berperan dalam perkembangan dan pemanjangan akar. Hormon IAA merupakan hormon yang berperan dalam pertumbuhan dan perkembangan tanaman dan sintesis hormon IAA oleh bakteri tertentu menjadi alasan mengapa meningkatkan pertumbuhan tanaman (Herlina et al., 2016).

Hormon IAA berperan dalam pembesaran sel, menghambat pertumbuhan tunas lateral, merangsang penyebaran, berperan dalam pembentukan jaringan xilem dan floem, serta mempengaruhi perkembangan dan pemanjangan akar auksin endogen. Hormon IAA merupakan hormon yang berperan dalam pertumbuhan tanaman dan perkembangan tanaman, oleh karena itu sintesis hormon IAA oleh bakteri tertentu mendorong pertumbuhan tanaman (Herlina et al., 2016).

b. Giberelin

Giberelin merupakan salah satu hormon pada tanaman yang berperan dalam pembesaran dan pembelahan sel pada tanaman. Giberelin merupakan zat pengatur tumbuh yang berperan dalam merangsang pemanjangan batang. Ia terlibat dalam inisiasi pertumbuhan buah setelah penyerbukan (terutama ketika auksin tidak memainkan peran optimal). Giberelin juga meningkatkan ukuran daun buah pada berbagai spesies tumbuhan. Respon terhadap giberelin meliputi peningkatan pembelahan sel dan hipertrofi sel. Pemberian giberelin 250 ppm menjamin pertumbuhan dan hasil tertinggi pada tanaman gandum varietas Dewata karena memiliki bobot biji per malai tertinggi dan bobot biji per tanaman (Wicaksono et al., 2016).

## **8. PCR (*Polymerase Chain Reaction*)**

PCR adalah teknik sintesis dan amplifikasi DNA in vitro yang terdiri dari beberapa langkah berulang (siklus) dan beberapa jumlah target untai DNA dalam setiap siklus. Proses PCR memiliki beberapa tahapan, yaitu :

a. pra-denaturasi templat DNA

Fungsi DNA cetakan pada proses PCR adalah sebagai cetakan untuk membentuk molekul DNA baru yang sama. Templat DNA ini dapat berupa DNA kromosom, DNA plasmid, atau fragmen DNA apa pun, asalkan templat DNA tersebut berisi fragmen DNA target yang diinginkan. Persiapan DNA cetakan untuk proses PCR dapat dilakukan dengan metode lisis sel atau dengan mengisolasi DNA kromosom atau plasmid menggunakan metode standar yang ada. Pilihan metode untuk menyiapkan DNA cetakan bergantung pada tujuan percobaan (Handoyo & Rudiretna, 2000).

Persiapan templat DNA dengan metode lisis biasanya digunakan. Cara ini merupakan cara cepat dan mudah untuk mengekspos DNA kromosom atau plasmid. Prinsip lisis adalah menghancurkan dinding sel tanpa merusak DNA target. Oleh karena itu, gangguan dinding sel biasanya dilakukan dengan mengganggu dinding sel menggunakan buffer lisis. Komposisi buffer lisis yang digunakan bergantung pada jenis sampel (Handoyo & Rudiretna, 2000).

#### b. Denaturasi DNA cetakan

Langkah denaturasi pertama dilakukan pada awal PCR dan memisahkan DNA cetakan beruntai ganda menjadi untai tunggal sehingga primer dapat berikatan pada daerah target dan memulai ekstensi. Denaturasi lengkap dari DNA masukan memungkinkan amplifikasi urutan target secara efisien selama siklus amplifikasi pertama. Selain itu, suhu tinggi pada langkah ini membantu menonaktifkan protease atau nuklease termostabil yang mungkin ada dalam sampel, dengan dampak minimal pada DNA polimerase termostabil. Jika menggunakan DNA polimerase hot-start, langkah ini juga membantu mengaktifkan enzim, namun pemasok enzim mungkin merekomendasikan langkah aktivasi yang berbeda. Tahap denaturasi pertama biasanya dilakukan pada suhu 94–98 °C selama 1–3 menit. Waktu dan suhu langkah ini akan bervariasi tergantung pada jenis DNA cetakan dan konsentrasi garam buffer. Misalnya, DNA genom mamalia mungkin memerlukan waktu inkubasi lebih lama dibandingkan plasmid atau produk PCR karena kompleksitas dan ukuran DNA. Demikian pula, DNA dengan kandungan GC tinggi (misalnya >65%) seringkali memerlukan inkubasi yang lebih lama atau suhu denaturasi yang lebih tinggi. Buffer dengan garam tinggi (seperti yang dibutuhkan oleh beberapa DNA polimerase) umumnya memerlukan suhu denaturasi yang lebih tinggi (misalnya 98 °C) untuk memisahkan DNA untai ganda (Handoyo & Rudiretna, 2000).

#### c. Pengikatan (*annealing*) primer ke template

Pengikatan (*annealing*) adalah tahap dimana primer berikatan dengan cetakan DNA. Suhu yang digunakan pada tahap anil merupakan faktor penting keberhasilan amplifikasi DNA dengan metode PCR, karena primer dapat melakukan anil pada cetakan DNA jika suhu yang digunakan optimal. Jika suhu anil terlalu tinggi untuk, amplifikasi DNA mungkin gagal, dan jika suhu anil terlalu rendah untuk, primer dapat dianil pada posisi yang tidak spesifik (Amanda, 2019).

#### d. Ekstensi Primer (*extension*)

Ekstensi primer adalah metode diskriminasi alel yang paling banyak digunakan untuk genotipe SNP dan analisis mutasi titik dan dikombinasikan dengan berbagai platform deteksi. Penggabungan nukleotida komplementer oleh

DNA polimerase membedakan dua alel lebih tepat daripada perbedaan termostabilitas hibridisasi probe spesifik alel. Pengujian ekstensi primer bersifat fleksibel, kuat, dan cocok untuk aplikasi throughput tinggi. Beberapa pengujian ekstensi primer telah dikembangkan yang menggunakan MALDI sebagai platform deteksi. Dalam semua tes ini, urutan DNA target diamplifikasi dengan PCR. dNTP dan sisa primer merupakan senyawa yang tidak diinginkan yang mengganggu reaksi perluasan primer selanjutnya dan dikeluarkan dari reaksi melalui berbagai cara. Ekstensi primer berikatan dengan basis terminal 3' tepat sebelum SNP pada urutan target (Handoyo & Rudiretna, 2000).

e. Pemantapan (*pos-textension*)

Pemantapan (*pos-textension*) yaitu reaksi PCR mengulangi siklus ini 25 hingga 35 kali dan memakan waktu sekitar 2 hingga 4 jam, tergantung pada panjang DNA yang disalin. Jika reaksinya efisien, wilayah target dapat berkisar dari hanya satu atau beberapa salinan hingga miliaran. Karena terdapat salinan primer (dupleks) dan banyak molekul Taq polimerase yang beredar selama reaksi, jumlah molekul DNA kira-kira dapat berlipat ganda pada setiap putaran siklus. Pola pertumbuhan eksponensial ini diilustrasikan pada diagram di bawah ini. Hasil reaksi PCR dapat divisualisasikan menggunakan elektroforesis gel. Prinsip elektroforesis gel adalah menggunakan elektroda positif dan negatif untuk menarik fragmen DNA dalam matriks gel melalui arus listrik, memisahkan fragmen DNA berdasarkan ukurannya. Biasanya tangga DNA digunakan untuk mengukur ukuran fragmen DNA hasil PCR. Fragmen DNA dengan panjang yang sama membentuk "pita" pada gel, yang terlihat matte jika gel diwarnai dengan pewarna pengikat DNA (Handoyo & Rudiretna, 2000).

Tahapan (2) sampai (4) merupakan tahapan berulang (siklus) dimana jumlah DNA direplikasi dalam setiap siklus. Komponen yang diperlukan untuk proses PCR adalah cetakan DNA. Sepasang primer (*Forward*) dan (*Reverse*), oligonukleotida pendek yang memiliki urutan nukleotida yang melengkapi urutan nukleotida dari cetakan DNA dNTP (*Deoxynucleotide triphosphates*); Magnesium klorida (MgCl<sub>2</sub>) dan enzim DNA polimerase (Saiallagan et al., 2022).

## 9. Sumber Belajar Biologi Dalam Bentuk *Booklet*

Berdasarkan pada kurikulum merdeka dengan capaian pembelajaran (CP) yaitu pada akhir fase F Peserta didik memahami proses klasifikasi bakteri, peranan bakteri, bakteri dalam kehidupan, dan pemanfaatan bakteri dalam berbagai bidang kehidupan. Materi ini khusus untuk kelas X SMA. Uraian materi ini dijelaskan secara detail, jelas dan berurut dalam format *booklet* sebagai sumber belajar yang dapat digunakan siswa. Selain ulasan materi terkait bakteri, disajikan juga gambar hasil penelitian.

Sumber belajar adalah daya yang digunakan untuk kepentingan proses belajarmengajar, baik secara langsung maupun tidak langsung, secara langsung, sebagian atau seluruhnya. Sumber belajar adalah bahan yang meliputi media belajar, alat peraga, alat permainan untuk memberi pengetahuan dan berbagai keterampilan kepada anak dan orang dewasa yang berperan mendampingi anak dalam belajar. sumber belajar dapat berupa tulisan (dengan tangan atau cetakan), gambar, foto, nara sumber, benda alamiah dan budaya (Khanifah & Sukaesih, 2012).

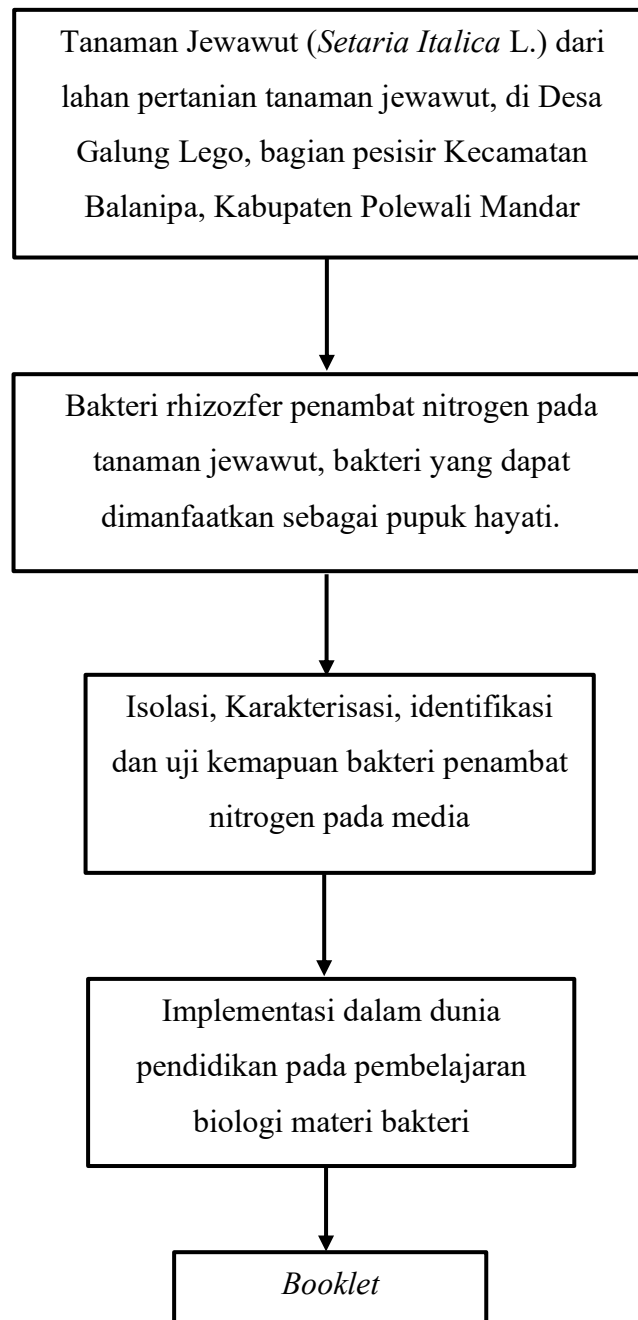
Media pembelajaran merupakan bagian penting dalam proses pembelajaran. Adanya Media pembelajaran dalam pembelajaran mempunyai pengaruh yang positif. Agar media dapat memberikan dampak positif, media yang dibuat tentunya harus bersifat edukatif dan menarik. Media yang menarik dapat menciptakan suasana pembelajaran yang berbeda, hal ini mempengaruhi kinerja siswa dalam proses pembelajaran. *Booklet* merupakan media pendidikan berupa buku-buku kecil yang berisi tulisan, gambar atau keduanya. *Booklet* ini dapat membantu siswa memahami materi yang disampaikan guru dan menciptakan suasana belajar yang menarik (Apriyeni et al., 2021). Penyajian *booklet* yang dibuat Menggunakan banyak gambar dan warna memberikan tampilan yang menarik (Rehusisma et al., 2017).

*Booklet* adalah buku kecil yang terdiri dari minimal 5 halaman dan tidak lebih dari 48 halaman, tidak termasuk sampul. Oleh karena itu, buku ini sangat ringan dan tidak memiliki banyak halaman sehingga dapat di bawa kemana saja. *Booklet* merupakan media berbentuk buku kecil yang berisi gambar dan teks yang memberikan informasi tentang materi. Penggunaan media tersebut

bertujuan untuk merangsang minat belajar siswa dan melibatkan mereka secara aktif dalam proses pembelajaran. Buku ini juga memiliki media sederhana yang dapat dibawa kemana saja sehingga memudahkan siswa dalam memahami konsep. Pembuatan *Booklet* media pembelajaran ini akan membantu siswa menunjukkan minat belajar matematika, mendorong keaktifan belajar siswa, menciptakan suasana belajar yang aktif, fasilitatif, dan menyenangkan di kelas, dan yang lebih penting lagi, membantu menjamin keberhasilan pembelajaran. Pembelajaran biologi meningkat dan kebisingan kelas berkurang (Ardhyantama et al., 2022).

*Booklet* sebagai salah satu bentuk implementasi pendidikan berisi beberapa halaman dan dengan desain yang menarik untuk menarik perhatian siswa. Hasil penelitian dalam hal ini disajikan secara tertulis dan bergambar dalam *booklet*, *booklet* ini memuat struktur bakteri yang menjelaskan jenis-jenisnya dan peran bakteri. Pembahasan mengenai bakteri rhizosfer penambat nitrogen pada tanaman jewawut akan menjadi pembahasan utama di dalam *booklet* tersebut.

## B. Kerangka Pikir



Gambar 2.4 Bagan Karangka Pikir

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian isolasi bakteri penambat nitrogen dari rhizosfer tanaman jewawut dan implementasinya dalam mendukung pembelajaran biologi, dapat disimpulkan bawah:

1. Karakterisasi morfologi penambat nitrogen yang diisolasi dari rhizosfer tanaman jewawut diperoleh 10 isolat bakteri penambat nitrogen yang mana bentuk isolat bakteri didominasi *circular* dengan warna putih susu, memiliki tepi yang beragam dengan disominasi bentuk tepi *entire*, serta elevasi yang didominasi *convex*.
2. Hasil seleksi kemampuan penambat nitrogen menunjukkan 5 isolat mampu menambat nitrogen yaitu isolat JMPR19, JMPR22, JMPR28, JMPR29 dan JMPR31 dengan melihat adanya cincin yang terbentuk pada media serta banyak gelembung yang terbentuk.
3. Uji IAA dan Gibereling GA3 menunjukkan 3 isolat dapat menghasilkan IAA dan GA3 dengan konsentrasi yang berbeda-beda. Pada produksi IAA tertinggi ditemukan pada isolat JMPR29 yaitu 281.814 ppm, sedangkan yang terendah pada isolat JMPR28 dikisaran 5.889 ppm. Sedangkan produksi gibereling GA3 tertinggi pada isolat JMPR29 dikisaran 95.416 ppm dan terendah produksi giberelin GA3 pada isolat JMPR28 yaitu 92.416 ppm.
4. Hasil analisis BLAST maka didapatkan 2 spesies bakteri yang mampu menambat nitrogen daerah rhizosfer tanaman jewawut yaitu *Bacillus Toyonensis* dan *Bacillus Cereus*.
5. Hasil penelitian ini diimplementasikan berupa *booklet* yang diharapkan dapat digunakan sebagai bahan ajar alternatif bagi siswa SMA kelas X dengan memperhatikan standar dari aspek-aspek penilaian pembuatan booklet untuk mendukung pembelajaran biologi di kelas X, pada kurikulum merdeka dengan capaian pembelajaran (CP) yaitu pada akhir fase F Peserta didik

memahami proses klasifikasi bakteri, peranan bakteri, bakteri dalam kehidupan, dan pemanfaatan bakteri dalam berbagai bidang kehidupan.

## **B. Saran**

Berdasarkan kesimpulan dari hasil penelitian, maka saran yang ingin disampaikan oleh peneliti sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan penelitian lanjut dalam pembuatan *biofertilizer* dari bakteri yang telah diisolasi dari rhizosfer tanaman jiwawut.
2. Penelitian selanjutnya diharapkan bisa mengembagakan *booklet* yang lebih menarik serta memanfaatkan perkembangan teknologi yang ada dan dilanjutkan dengan uji validasi untuk diaplikasikan dalam pembelajaran biologi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, Z., Aini, L. Q., & Abadi, A. L. (2015). Pengaruh Bakteri *Bacillus Sp.* Dan *Pseudomonas Sp.* Terhadap Pertumbuhan Jamur Patogen *Sclerotium Rolfsii Sacc.* Penyebab Penyakit Rebah Semai Pada Tanaman Kedelai. Jurnal HPT (Hama Penyakit Tumbuhan), 3(1), 1-10.  
<https://jurnalhpt.ub.ac.id/index.php/jhpt/article/view/158>
- Akhriani, V. (2021). Isolasi Dan Uji Aktivitas Biologi Bakteri Yang Terdapat Pada Tandan Kosong Kelapa Sawit (Doctoral Dissertation, Uin Sultan Syarif Kasim Riau). <http://repository.uin-suska.ac.id/38518/2/skripsi%20%20lengkap%20kecuali%20bab%20iv.pdf>
- Amanda, K. (2019). Optimasi Suhu Annealing Proses PCR Amplifikasi Gen shv Bakteri *Escherichia coli* Pasien Ulkus Diabetik. Jurnal Mahasiswa Farmasi Fakultas Kedokteran UNTAN, 4(1), 10-25.  
<https://mail.ojs.uma.ac.id/index.php/agrotekma/article/view/4466>
- Andriani, R. (2016). Pengenalan alat-alat laboratorium mikrobiologi untuk mengatasi keselamatan kerja dan keberhasilan praktikum. Jurnal Mikrobiologi, 1(1),  
[https://www.academia.edu/35031215/Jurnal\\_Mikrobiologi](https://www.academia.edu/35031215/Jurnal_Mikrobiologi)
- Apriliya, I., Prasetyo, D., & Selvany, R. (2020). Isolasi Bakteri Rhizosfer Resisten Pestisida dan Herbisida pada Berbagai Jenis Tutupan Lahan. *Agrotekma: Jurnal Agroteknologi dan Ilmu Pertanian*, 5(1), 64-71.  
<https://mail.ojs.uma.ac.id/index.php/agrotekma/article/view/4466>
- Apsari, G. R., Adawiyah, R., Linatari, M. A., Rahmayadi, D., & Pradana, M. S. (2018). Bioinformatika: Analisis Pensejajaran Sequence.
- Apriyeni, O., Syamsurizal, S., Alberida, H., & Rahmi, Y. L. (2021). Booklet pada materi bakteri untuk peserta didik kelas X SMA. Jurnal Edutech Undiksha, 9(1), 8-13.  
<https://ejournal.undiksha.ac.id/index.php/JEU/article/view/33805>
- Ardhyantama, V., Ananda, R. A., & Sugiyono, S. (2022). Pengembangan Media Booklet untuk Meningkatkan Hasil Belajar Matematika Materi Segi Banyak. Faktor: Jurnal Ilmiah Kependidikan, 9(3), 254-264.  
<https://journal.lppmunindra.ac.id/index.php/Faktor/article/view/14048>
- Arsyadi, A. (2018). Karakterisasi Dan Identifikasi Bakteri Penambat Nitrogen Dari Rizosfer Tanaman Kentang Hitam (*Solenostemon Rotundifolius* (Poir.) Jk Morton) Dan Kacang Tanah (*Arachis Hypogaea* L.) Asal Bangka. [https://www.researchgate.net/profile/Ahmad-Arsyadi/2/publication/328354594\\_Proposal\\_Kolokium\\_P\\_Kleci\\_Com\\_6\\_rev/links/5bc8436ca6fdcc03c78f1816/Proposal-Kolokium-P-Kleci-Com-6-rev.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Ahmad-Arsyadi/2/publication/328354594_Proposal_Kolokium_P_Kleci_Com_6_rev/links/5bc8436ca6fdcc03c78f1816/Proposal-Kolokium-P-Kleci-Com-6-rev.pdf)

- Ariani, N. (2018). Kelimpahan Bakteri Rizosfer Pada Pertanaman Polikultur Kopi dan Pinus Dengan Penggunaan Herbisida dan Tanpa Herbisida Di Hutan Pendidikan Ub Forest (Doctoral dissertation, Universitas Brawijaya). <http://repository.ub.ac.id/id/eprint/12681#>
- Azzahra, S. C., Effendy, Y., & Slamet, S. (2021). Isolasi dan karakterisasi bakteri pemacu pertumbuhan tanaman (plant growth promoting rhizobacteria) asal tanah Desa Akar-Akar, Lombok Utara. Jurnal Al-Azhar Indonesia Seri Sains dan Teknologi, 6(2), 70. <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/ebiomedik/article/view/22820>
- Buak, A., Fallo, G., & Pardosi, L. (2022). Seleksi dan Identifikasi Bakteri Penambat Nitrogen pada Perakaran Tanaman Kacang Hijau (*Vigna radiata* L.) dan Tomat (*Solanum lycopersicum* L.) di Kabupaten Belu. Jurnal biologi, 34-41. <https://ojs.unpkediri.ac.id/index.php/biologi/article/view/17751>
- 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>
- Budhisurya, E., Anggono, R. C. W., & Simanjuntak, B. H. (2013). Analisis kesuburan tanah dengan indikator mikroorganisme tanah pada berbagai sistem penggunaan lahan di Plateau Dieng. Agric, 25(1), 64-72. <https://ejournal.uksw.edu/agric/article/view/152>
- Butar-Butar, I. H., Sayuti, I., & Nusras, N. (2016). Isolasi dan Identifikasi Bakteri Limbah Minyak Bumi dari Perairan Pelabuhan Sungai Duku Kota Pekanbaru sebagai Rancangan Modul Pembelajaran Biologi SMA (Doctoral dissertation, Riau University). <https://www.neliti.com/publications/205351/isolasi-dan-identifikasi-bakteri-limbah-minyak-bumi-dari-perairan-pelabuhan-sung>
- Cahyanti, E., Wandira, A., Jannah, M., & Nisrina Wadi'ah Ahdar, A. (2021). Budidaya dan Karakterisasi Hama Penyakit Pada Tanaman Jawawut (*Setaria italica*). <http://eprints.unm.ac.id/21394/>
- Dewi, P. R., & Trimulyono, G. (2023). Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Penambat Nitrogen dari Rizosfer Tanaman Nanas di Lereng Gunung Kidul Kediri. LenteraBio: Berkala Ilmiah Biologi, 13(1), 73-85. <https://journal.unesa.ac.id/index.php/lenterabio/article/view/23547>
- Dewanto, F. G., Londok, J. J., Tuturoong, R. A., & Kaunang, W. B. (2017). Pengaruh Pemupukan Anorganik dan Organik Terhadap Produksi Tanaman Jagung Sebagai Sumber Pakan. Zootec, 32(5). <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/zootek/article/view/982>
- Erfin, E., Sandiah, N., & Malesi, L. (2016). Identifikasi Bakteri *Azospirillum* dan *Azotobacter* Pada Rhizosfer Asal Komba-komba (*Chromolaena*

- Odorata*). Jurnal Ilmu dan Teknologi Peternakan Tropis, 3(2), 30-38.  
<https://media.neliti.com/media/publications/98808-ID-none.pdf>
- Fallo, G., Buak, A., & Pardosi, L. (2022). Seleksi Seleksi Dan Identifikasi Bakteri Penambat Nitrogen Pada Perakaran Tanaman Kacang Hijau (*Vigna Radiata* L) Dan Tomat (*Solanum Lycopersicum* L) Di Kabupaten Belu. Jurnal Biologi Dan Pembelajarannya (*Jb&P*), 9(1), 34-41.  
<https://ojs.unpkediri.ac.id/index.php/biologi/article/view/17751>
- Fallo, G., Pardosi, L., & Boluk, A. Y. (2022). Seleksi bakteri pelarut fosfat dari rhizosfer tanaman cabai rawit (*capsicum annum* l.) Di kabupaten timor tengah utara. Jurnal Biosense, 5(01), 24-33.  
<https://media.neliti.com/media/publications/98808-ID-none.pdf>
- Fajrin, V. N., Erdiansyah, I., & Damanhuri, F. N. U. (2017). Koleksi dan Identifikasi Bakteri Penambat N pada Pusat Lokasi Tanaman Kedelai Edamame (*Glycine max* (L.) Merr.) di Kabupaten Jember. Agriprima: Journal of Applied Agricultural Sciences, 1(2), 143-153.  
<https://agriprima.polije.ac.id/index.php/journal/article/view/v1i2-f>
- Gassing, S. (2021). Identifikasi dan Karakterisasi Mikroba Rhizosfer Pada Tanaman Padi (*Oryza sativa* L.) di Kecamatan Kajang Kabupaten Bulukumba (Doctoral dissertation, Universitas Hasanuddin).  
<http://repository.unhas.ac.id/id/eprint/9555/>
- Hafni, W., Hala, Y., & Hartono. (2022). Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Penambat Nitrogen Asal Rizosfer Tanaman Mimba. Prosiding Seminar Nasional Biologi FMIPA UNM.  
<https://ojs.unm.ac.id/semnasbio/article/view/40942>
- Handayani, W., Munir, M., & Hidayati, I. (2020). Pengelompokan isolat bakteri penghasil hormon IAA (*indole acetic acid*) dari tanah rhizosfer bawang merah (*Allium cepa*) di Nganjuk dengan variasi wilayah yang berbeda. In Prosiding Seminar Nasional Biologi, 6(1), 183-190. <https://journal3.uin-alauddin.ac.id/index.php/psb/article/view/15787>
- Handayani, K., Royanti, V., & Ekowati, C. N. (2023). Indeks Keanekaragaman Bakteri Bacillus Sp. Dari Tanah Kebun Raya Liwa. In Gunung Djati Conference, Series, 1(8), 46-52.  
<http://www.conferences.uinsgd.ac.id/index.php/gdcs/article/view/1097>
- Handoyo, D., & Rudiretna, A. (2000). Prinsip umum dan pelaksanaan polymerase chain reaction (PCR)[general principles and implementation of polymerase chain reaction]. *Unitas*, 9(1), 17-29. <https://repository.ubaya.ac.id/35/>
- Herlina, L., Pukan, K. K., & Mustikaningtyas, D. (2016). Kajian bakteri endofit penghasil IAA (Indole Acetic Acid) untuk pertumbuhan tanaman. J. FMIPA, Universitas Negeri Semarang, 14(1), 51-58.  
<https://journal.unnes.ac.id/nju/sainteknol/article/view/7616/5295>

- Hikmahwati, H., & Fitrianti, F. (2023). The Phytohormones (iaa and ga3) produced by rhizosphere mushrooms in shallot (*allium ascolonicum* l). As a biostimulant. Jurnal Pertanian, 14(1), 7-14. <https://ojs.unida.ac.id/jp/article/view/8300>
- Huslina, F. (2023). Potensi Bakteri Pengikat Nitrogen dari Tanah Gambut Terhadap Pertumbuhan Kol (*Brassica Oleracea*). <https://repository.ar-raniry.ac.id/id/eprint/31554/>
- Imamuddin H, Dewi TK, Agustiyani D & Antonius S. 2015. Kelimpahan Bakteri Pseudomonad fluoresen yang diisolasi dari Tanah Perakaran Sorgum di scs. Seminar Nasional Hasil Penelitian Unggulan Bidang Pangan Nabati Okoh, A.I. 2006. Biodegradation Alternative in the Clean Up of Petroleum Hydrocarbon Pollutants. Biotechnol and Molecular Biology. 1(2): 38-50. <https://repository.ar-raniry.ac.id/id/eprint/31554/>
- Jasmalinda, J. (2021). Pengaruh Citra Merek dan Kualitas Produk Terhadap Keputusan Pembelian Konsumen Motor Yamaha di Kabupaten Padang Pariaman. Jurnal Inovasi Penelitian, 1(10), 2199-2206. <https://stp-mataram.e-journal.id/JIP/article/view/422>
- Juhaeti, T, W Widodo, N Setyowati, P Lestari, F Syarif, Saefudin, I Gunawan, Budiarjo, & RH Agung. (2019). Serealia lokal jewawut (*Setaria italica* (L.) P. Beauv): Gizi, Budaya, dan Kuliner. Biologi & Sains, 1(8), 9–17.. <http://jurnal.unpad.ac.id/agrikultura/article/view/42795>
- Kalay, A. M., Hindersah, R., Ngabalin, I. A., & Jamlean, M. (2020). Pemanfaatan pupuk hayati dan bahan organik terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman jagung manis (*Zea mays saccharata*). Agric, 32(2), 129-138. <https://garuda.kemdikbud.go.id/documents/detail/3754461>
- Kamburuan, R., Hapsoh., & Gusmawartati. (2014). Isolasi dan karakteristik bakteri penambat nitrogen simbiotik tanah gambut cagar biosfer giam siak kecil bukit batu. Jurnal agroteknologi, 5(1), 10-20. <https://ejournal.uin-suska.ac.id/index.php/agroteknologi/article/view/1146>
- Kismiati, D. A. (2020). Pengembangan e-Modul Pengayaan Isolasi dan Karakterisasi Bakteri sebagai Sumber Belajar Biologi. Jurnal Bioeducation, 7(2), 29-36. <https://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ujbe/article/view/379/436>
- Khairani, K., Aini, F., & Riany, H. (2019). Karakterisasi dan identifikasi bakteri rizosfer tanaman sawit jambi. Al-Kauniyah: Jurnal Biologi, 12(2), 198-206. <https://journal.uinjkt.ac.id/index.php/kauniyah/article/view/11723>
- Khanifah, S., Pukan, K. K., & Sukaesih, S. (2012). Pemanfaatan lingkungan sekolah sebagai sumber belajar untuk meningkatkan hasil belajar siswa. Journal of Biology Education, 1(1). <https://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ujbe/article/view/379/436>

- Khairunnisa, N., Yuniati, L., Arsal, A. S. F., & Syamsu, R. F. (2023). Efektifitas Ekstrak Daun Kemangi & Ekstrak Daun Sirih Merah sebagai Anti Mikroba *Staphylococcus aureus* Penyebab Furunkle. *Fakumi Medical Journal: Jurnal Mahasiswa Kedokteran*, 3(2), 106-111. <https://fmj.fk.umi.ac.id/index.php/fmj/article/view/185>
- Kristianti, D., Siahaan, P., & Tangapo, A. M. (2023). Karakterisasi dan Uji Produksi IAA Bakteri Rizosfer dari Tanaman Putri Malu (*Mimosa pudica* L.). *Jurnal Ilmu Alam dan Lingkungan*, 14(2). <http://journal.unhas.ac.id/index.php/jai2/article/view/27901>
- Lisa, M. (2020). Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Nitrogen dari Tanah Gambut Kecamatan Trumon, Aceh Selatan (Doctoral dissertation, UIN AR-RANIRY). <https://repository.ar-raniry.ac.id/id/eprint/12476/>
- Lengkong, S. C., Siahaan, P., & Tangapo, A. M. (2022). Analisis karakteristik dan uji bioaktivitas bakteri rizosfer PGPR (*plant growth promoting rhizobacteria*) isolat kalasey. *Jurnal Bios Logos*, 12(2), 104-113. <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/bioslogos/article/view/42131>
- Mallombasi, N. A. (2018). Isolasi dan Identifikasi Bakteri Pengikat Nitrogen Non Simbiotik Daerah Perakaran Padi (*Oriza Sativa*) di Kelurahan Balang Kecamatan Binamu Kabupaten Jeneponto. UIN Alauddin Makassar. <http://repositori.uin-alauddin.ac.id/15097/1/SKRIPSI%20NUR%20ANUGRAH%20MALLOMBASI.pdf#>
- Marjayandari, L., & Shovitri, M. (2016). Potensi Bakteri *Bacillus* sp. dalam Mendegradasi Plastik. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 4(2). [http://ejurnal.its.ac.id/index.php/sains\\_seni/article/view/13387](http://ejurnal.its.ac.id/index.php/sains_seni/article/view/13387)
- Masyitah, L. A., Rasyidah, R., & Mayasari, U. (2023). Isolasi Dan Identifikasi *Azotobacter* Dari Rhizosfer Tanaman Jagung (*Zea Mays* L.) Di Desa Sei Mencirim Kecamatan Sunggal Kabupaten Deli Serdang. *Best Journal (Biology Education, Sains and Technology)*, 6(2), 338-344. <https://jurnal.uisu.ac.id/index.php/best/article/view/7334/5624>
- Mirsam, H., Aqil, M., Azrai, M., Efendi, R., Muliadi, A., Sembiring, H., & Azis, A. I. (2022). Molecular characterization of indigenous microbes and its potential as a biological control agent of *Fusarium* stem rot disease (*Fusarium verticillioides*) on maize. *Heliyon*, 8(12). <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844022032480>
- Murniati, A., Tahir, D., & Tahir, R. (2022). Identifikasi Mikroba Rizosfer Penghasil Hormon Pertumbuhan pada Tanaman Padi (*Oryza sativa* L.). *Agro Bali: Agricultural Journal*, 5(3), 608-615. <https://ejournal.unipas.ac.id/index.php/Agro/article/view/1040>

- Naimah, M. (2012). Peran positive deviance guru dalam mendukung perkembangan kognitif anak berkebutuhan khusus: Penelitian tindakan di SDN 04 Kreet, Ds. Sidowayah Kec. Jambon. Kab. Ponorogo (Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim). <http://etheses.uin-malang.ac.id/2218/>
- Napitupulu, H. G., Rumengan, I. F., Wullur, S., Ginting, E. L., Rimper, J. R., & Toloh, B. H. (2019). Bacillus sp. as a decomposition agent in the maintenance of Brachionus rotundiformis which uses raw fish as a source of nutrition. Jurnal Ilmiah Platax, 7(1), 158-169. <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/platax/article/view/22627>
- Nuraini, C., Saida, S., Suryanti, S., & Nontji, M. (2020). Isolasi Dan Identifikasi Bakteri Rhizosfer Tanaman Jagung Pada Fase Vegetatif Dan Generatif. AGrotekMAS Jurnal Indonesia: Jurnal Ilmu Peranian, 1(1), 24-30. <https://jurnal.fp.umi.ac.id/index.php/agrotekmas/article/view/103>
- Nurmala, T. (2011). Potensi dan Prospek Pengembangan Hanjeli (*Coix lacryma jobi L*) sebagai Pangan Bergizi Kaya Lemak untuk Mendukung Diversifikasi Pangan Menuju Ketahanan Pangan Mandiri. Jurnal Pangan, 20(1), 41-48. <http://jurnalpangan.com/index.php/pangan/article/view/10>
- Puspawati, N. M. I., Khalimi, K., & Wiryia, G. N. A. S. (2021). Pemanfaatan Bakteri Azotobacter untuk Meningkatkan Efisiensi Penggunaan Pupuk Urea pada Tanaman Padi (*Oryza sativa L.*). Jurnal Agroekoteknologi Tropika ISSN, 23(01), 65-15. <https://ojs.unud.ac.id/index.php/JAT/article/view/78341/41566>
- Rahim, I., Suherman, S., & Hakzah, H. (2019). Produksi Hormon Giberelin Dari Cendawan Pelapuk Asal Tanaman Kakao. In Prosiding Seminar Nasional Sinergitas Multidisiplin Ilmu Pengetahuan dan Teknologi, 2(1), 272-276. <https://www.jurnal.yapri.ac.id/index.php/semnassmpt/article/view/84>
- Ramlah, R., Indrastuti, I., Karim, H. A., & Pabendon, M. B. (2023). Karakteristik Morfologi Jewawut (*Setaria Italica L.*) Indonesia. Agrovital: Jurnal Ilmu Pertanian, 8(2), 186-193. <https://journal.lppm-unasman.ac.id/index.php/agrovital/article/view/4868>
- Ratminingsih, N. M. (2010). Penelitian eksperimental dalam pembelajaran bahasa kedua. Prasi, 6(11). <https://ejournal.undiksha.ac.id/index.php/PRASI/article/view/6816>
- Ramadhani, A. N. (2023). Keanekaragaman Morfoagronomi Beberapa Kultivar Jewawut Setaria Italica (*Bachelor's thesis*). <https://repository.uinjkt.ac.id/dspace/handle/123456789/72663>
- Rini, I. A., Oktaviani, I., Asril, M., Agustin, R., & Frima, F. K. (2020). Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Penghasil IAA (*Indole Acetic Acid*) dari Rhizosfer

- Tanaman Akasia (*Acacia mangium*). Agro Bali: Agricultural Journal, 3(2), 210-219. <https://ejournal.unipas.ac.id/index.php/Agro/article/view/619>
- Rehusisma, L. A., Indriwati, S. E., & Suarsini, E. (2017). Pengembangan media pembelajaran booklet dan video sebagai penguatan karakter hidup bersih dan sehat. Jurnal Pendidikan: Teori, Penelitian, dan Pengembangan, 2(9), 1238-1243. <http://journal.um.ac.id/index.php/jptpp/article/view/9964>
- Saiallagan, C. S., Syafi'i, M., Samaullah, M. Y., Susanto, U., Pramudyawardani, E. F., & Prastika, D. (2022). Visualisasi Gel Akrilamida Sidik Jari Dna 49 Genotipe Padi (*Oryza Sativa* L) Menggunakan Marka Ssr (Simple Sequence Repeat). Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan, 8(8), 32-37. <http://Www.Jurnal.Peneliti.Net/Index.Php/Jiwp/Article/View/1675>
- Sahur, A., Ala, A., Patanjengi, B., & Syamun, E. (2017). Isolation and characterization of indigenous rhizosphere bacteria producing gibberellic acid and indole acetic acid from local soybeans in South Sulawesi. Int J Advanc Agric Scien Technol, 4(2), 7-15. <http://journal.um.ac.id/index.php/jptpp/article/view/9964>
- Sahuleka, A. S., Edy, H. J., & Abdullah, S. S. (2021). Formulasi Sediaan Krim Antibakteri Ekstrak Etanol Daun Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) Terhadap Bakteri *Staphylococcus aureus*. Pharmacon, 10(4), 1162-1168. <https://ejournal.unsrat.ac.id/v3/index.php/pharmacon/article/view/37414/34510>
- Sabdaningsih, A., Budiharjo, A., & Kusdiyantini, E. (2013). Isolasi dan karakterisasi morfologi koloni bakteri asosiasi alga merah (*Rhodophyta*) dari perairan Kutuh Bali. Jurnal Akademika Biologi, 2(2), 11-17. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/biologi/article/view/18986>
- Sapalina, F., Ginting, E. N., & Hidayat, F. (2022). Bakteri penambat nitrogen sebagai agen *biofertilizer*. War. Pus. Penelit. Kelapa Sawit, 27(1), 41-50. [https://www.researchgate.net/profile/Fadilla-sapalina/publication/359454062\\_bakteri\\_penambat\\_nitrogen\\_sebagai\\_agen\\_biofertilizer/links/623da00d21077329f2d22ca7/bakteri-penambat-nitrogen-sebagai-agen-biofertilizer.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Fadilla-sapalina/publication/359454062_bakteri_penambat_nitrogen_sebagai_agen_biofertilizer/links/623da00d21077329f2d22ca7/bakteri-penambat-nitrogen-sebagai-agen-biofertilizer.pdf)
- Saputri, K. E., Idiawati, N. S., & Sofiana, M. S. J. (2021). Isolasi dan karakterisasi bakteri penambat nitrogen dari rizosfer mangrove di Kuala Singkawang. Jurnal Laut Khatulistiwa, 4(2), 80-84. <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/lk/article/view/45316>
- Sari, R., & Prayudyaningsih, R. (2015). Rhizobium: pemanfaatannya sebagai bakteri penambat nitrogen. Buletin Eboni, 12(1), 51-64. <http://ejournal.forda-mof.org/ejournal-litbang/index.php/buleboni/article/view/5054>

- Septi, B. M. (2022). Pengaruh Konsentrasi Ekstrak Daun Putat (*Planchonia valida* (Blume) Blume) Terhadap Pertumbuhan *Escherichia coli* Sebagai Materi Mikrobiologi Terapan Dalam Bentuk Booklet Digital (Doctoral Dissertation, Universitas Jambi).
- Simanjuntak, A., Lahay, R. R., & Purba, E. (2013). Respon pertumbuhan dan produksi bawang merah (*Allium ascalonicum* L.) terhadap pemberian pupuk NPK dan kompos kulit buah kopi. *Jurnal Agroekoteknologi Universitas Sumatera Utara*, 1(3), 947-85. <https://www.neliti.com/id/publications/94785/respon-pertumbuhan-dan-produksi-bawang-merah-allium-ascalonicum-l-terhadap-pembe>
- Supriadi, S. (2017). Pemanfaatan sumber belajar dalam proses pembelajaran. *Lantanida Journal*, 3(2), 127-139. <https://jurnal.ar-raniry.ac.id/index.php/lantanida/article/view/1654>
- Sulistiyawati, W., Wahyudi, W., & Trinuryono, S. (2022). Analisis (Deskriptif Kuantitatif) Motivasi Belajar Siswa Dengan Model Blended Learning Di Masa Pandemi Covid19. *Kadikma*, 13, 68-73. <http://eprints.umpo.ac.id/11641/>
- Sudiarti, D. (2017). The Effectiveness Of Biofertilizer On Plant Growth Soybean N<sup>2</sup> (Edam Am<sup>2</sup> (*Glycin max*). *Jurnal SainHealth*, 1(2), 97-106. <https://e-journal.umaha.ac.id/index.php/sainhealth/article/view/110/148>
- Susanti, M., Khalimatussadiyah, S., & Rasyid, A. (2022). Pemanfaatan Variasi Sumber Karbohidrat Dari Palawija Sebagai Alternatif Media Sintetik Untuk Pertumbuhan Bakteri. *BIO EDUCATIO: (The Journal of Science and Biology Education)*, 7(2). <https://www.unma.ac.id/jurnal/index.php/BE/article/view/4365>
- Susilowati, D.M & Setyowati, M. (2016). Analisis aktivitas nitrogenase dan gen nifH isolat bakteri rhizosfer tanaman padi dari lahan sawah pesisir Jawa Barat. *Al-kauniyah: Journal of Biology* 9(2) : 126-138. <https://e-journal.umaha.ac.id/index.php/sainhealth/article/view/110/148>
- Suryanto, D., dan Munir, E., (2008). Potensi Pemanfaatan Isolat Bakteri Kitinolitik Lokal Untuk pengendali Hayati Jamur. *Prosiding Seminar Hasil – Hasil Penelitian USU, Medan*. Hal: 15-25. <http://repository.usu.ac.id/handle/123456789/16063>
- Sugiyono. (2019). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan r&d*. Bandung: Alfabeta, CV.
- Setyawati, R., & Zubaidah, S. (2021). Optimasi konsentrasi primer dan suhu annealing dalam mendeteksi gen leptin pada sapi peranakan ongole (PO) menggunakan polymerase chain reaction (PCR). *Indonesian Journal of Laboratory*, 4(1), 36-40. <https://journal.ugm.ac.id/ijl/article/view/65550>

- Syahrudin, K., Azrai, M., Pabendon, M. B., Abid, M., & Nur, A. (2021). Keragaman genetik koleksi plasma nutfah jewawut sister line dan lokal menggunakan marka SSR. *Kultivasi*, 20(3), 213-221. <http://journal.unpad.ac.id/kultivasi/article/view/34843>
- Syafar, F. M., & Syafii, I. (2024). Analisis Kemenangan Berdasarkan Kalah Persentase Ball Possession Pada Piala Dunia Sepakbola 2022. *Jurnal Prestasi Olahraga*, 7(1), 57-65. <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/jurnal-prestasi-olahraga/article/view/58227>
- Tarigan, R. S., Jamilah, I., & Elimasni, D. (2013). Seleksi bakteri penambat nitrogen dan penghasil hormon IAA (*indole acetic acid*) dari rizosfer tanah perkebunan kedelai (*Glycine max L.*). *Saintia Biologi*, 1(2), 42-48. <https://www.neliti.com/publications/221137/seleksi-bakteri-penambat-nitrogen-dan-penghasil-hormon-iaa-indole-acetic-acid-da>
- Utami, W. F., & Bestari, A. G. (2018). Pengembangan Media Booklet Teknik Kaitan Untuk Siswa Kelas X SMKN 1 Saptosari Gunung Kidul. *Jurnal Fesyen: Pendidikan dan Teknologi*, 7(1). <https://journal.student.uny.ac.id/index.php/busana/article/view/10561>
- Utama, A. (2003). Aplikasi Bioinformatika dalam Virology. Ilmu Komputer. com.
- Wicaksono, T., Sagiman, S., & Umran, I. (2015). Kajian Aktivitas Mikroorganisme Tanah Pada Beberapa Cara Penggunaan Lahan Di Desa Pal IX Kecamatan Sungai Kakap Kabupaten Kuburaya. *Jurnal Sains Mahasiswa Pertanian*, 4(1). <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jspp/article/view/9763>
- Wicaksono, F. Y., Nurmala, T., Irwan, A. W., & Putri, A. S. U. (2016). Pengaruh pemberian gibberellin dan sitokinin pada konsentrasi yang berbeda terhadap pertumbuhan dan hasil gandum (*Triticum aestivum L.*) di dataran medium Jatinangor. *J. Kultivasi*, 15(1).
- Wulandani, G. T. (2018). Uji Aktivitas Madu Pohon Gondang Dan Pohon Mangga Terhadap Pertumbuhan Bakteri Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus (Mrsa)* (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Semarang). <http://repository.unimus.ac.id/3143/>
- Wulandari, F., Lindawati, S. A., & Roni, N. G. K. (2023). Populasi Bakteri Penambat Nitrogen dan Karakteristik Tanah Pada Rhizosfer Tanaman Pakan Leguminosa dan Rumput di Lahan Kering Pada Musim Hujan pastura, 8. (2), 81 – 85. <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jspp/article/view/9763>