

**ISOLASI DAN IDENTIFIKASI BAKTERI RHIZOSFER PENAMBAT
NITROGEN PADA TANAMAN NILAM (*Pogostemon cablin*)
SEBAGAI SUMBER BELAJAR BIOLOGI**



Oleh :
RAHMADINASARI
H0320333

**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**

HALAMAN PENGESAHAN

**ISOLASI DAN IDENTIFIKASI BAKTERI RHIZOSFER PENAMBAT
NITROGEN PADA TANAMAN NILAM (*Pogostemon cablin*)
SEBAGAI SUMBER BELAJAR BIOLOGI**

**RAHMADINASARI
NIM H0320333**

Dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi
Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Tanggal: Mei 2025

PANITIA UJIAN

Ketua Penguji	: Dr. H. Ruslan, M.Pd.	
Sekretaris Ujian	: Ramlah, S.Si., M.Sc.	
Pembimbing I	: Dr. Jirana., S. Pd, M.Pd.	()
Pembimbing II	: Nurmuliayanti Muis., S.Si., M.Si.	()
Penguji I	: Mesra Damayanti., S.Pd., M.Pd.	()
Penguji II	: Alexander Kurniawan Sariyanto Putera., S.Si., M.Si.	()

Majene, 01 Mei 2025

Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Univesitas Sulawesi Barat

Dekan


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

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama Mahasiswa : Rahmadinasari
NIM : H0320333
Program Studi : Pendidika Biologi

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi ini merupakan hasil karya sendiri dan belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar sarjana di satuan perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya dalam skripsi ini tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang 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, 01 Mei.....2025

Yang membuat pernyataan



Rahmadinasari
NIM. H0320333

ABSTRAK

Rahmadinasari: Isolasi dan Identifikasi Bakteri Rhizosfer Penambat Nitrogen Pada Tanaman Nilam (*Pogostemon cablin*) Sebagai Sumber Belajar Biologi. **Skripsi, Majene: Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sulawesi Barat, 2025.**

Tujuan dari penelitian ini adalah memperoleh Isolat Bakteri Penambat Nitrogen, mengetahui Karakteristik Bakteri Penambat Nitrogen dari Hasil Isolasi dan mengidentifikasi Bakteri Penambat Nitrogen pada Rhizosfer tanaman nilam (*Pogostemon cablin*) serta membuat Infografis sebagai implementasi hasil penelitian dalam mendukung pembelajaran biologi. Penelitian ini adalah penelitian kuantitatif dengan jenis penelitian eksperimen menggunakan desain penelitian deskriptif kuantitatif. Sampel yang digunakan adalah tanah yang melekat pada akar tanaman nilam (*P. cablin*). Dari penelitian yang dilakukan menggunakan media Jensen diperoleh 11 isolat yang tumbuh dengan karakteristik morfologi meliputi bentuk, elevasi dan tepi yang beragam tetapi memiliki warna yang seragam yaitu berwarna putih susu. Dengan menggunakan media NA semi padat terdapat 3 isolat Bakteri rhizosfer yaitu NR18, NR19 dan NR24, berdasarkan analisis dari BLAST diperoleh 3 spesies bakteri yang bisa memfiksasi nitrogen daerah perakaran tanaman nilam (*P. cablin*) yaitu *Enterobacter eurogenes*, *Azobacter sp* dan *Bacillus sp*. Hasil penelitian tersebut dibuat kedalam bentuk infografis sebagai sumber ajar biologi yang telah divalidasi dan dinyatakan layak untuk digunakan.

Kata kunci: Bakteri Rhizosfer Penambat Nitrogen, Nilam (*Pogostemon cablin*), Infografis.

ABSTRACT

Rahmadinasari: Isolation and Identification of Nitrogen Fixing Rhizosphere Bacteria in Patchouli Plants (*Pogostemon cablin*) as a Biology Learning Resource Undergraduate, Majene: Faculty Of Teacher Training and Education, Universitas Sulawesi Barat, 2025.

This study aims to obtain isolates of nitrogen-fixing bacteria, determine the characteristics of nitrogen-fixing bacteria from the isolation results and identify nitrogen-fixing bacteria in the rhizosphere of patchouli plants (*Pogostemon cablin*) and make infographics as an implementation of research results in supporting biology learning. This research is quantitative research with experimental research type using quantitative descriptive research design. The sample used was soil attached to the roots of patchouli plants (*P. cablin*). From the research conducted using Jensen media, 11 isolates were obtained that grew with morphological characteristics including shape, elevation and diverse edges but had a uniform color, namely milky white. By using semi-solid NA media, there were 3 isolates of rhizosphere bacteria, namely NR18, NR19 and NR24, from the results of BLAST analysis, 3 bacterial species were obtained that were able to fix nitrogen in the root zone of patchouli plants (*P. cablin*), namely *Enterobacter eurogenes*, *Azobacter* sp and *Bacillus* sp. The results of the research were made into infographics as a biology teaching resource that had been validated and declared suitable for use.

Keywords: *Nitrogen Fixing Rhizosphere Bacteria, Patchouli (Pogostemon cablin), Infographics.*

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Tumbuhan nilam (*Pogostemon cablin*) adalah tumbuhan obat asli Indonesia. Tanaman nilam (*P. cablin*) memiliki nilai ekspor tinggi dikarenakan tanaman tersebut dapat menghasilkan minyak nilam atau minyak atsiri (*Patchouli oil*) yang mempunyai nilai ekonomi yang termasuk tinggi serta salah satu produk ekspor Indonesia (Evi et al., 2021). *Patchouli oil* dapat digunakan dalam industri pembuatan parfum, obat-obatan, sabun, dan kosmetik. Keunggulan dari minyak atsiri tanaman nilam (*P. cablin*) yaitu bersifat *fiksatif* sehingga mampu mempertahankan aroma yang wangi dan mengurangi penguapan zat pewanginya sehingga aroma yang dihasilkan dapat bertahan lebih lama (Akbar et al., 2023).

Budidaya tanaman nilam (*P. cablin*) memiliki peluang ekonomi yang sangat baik karena dibutuhkan secara berkelanjutan di berbagai industri, namun produksi minyak atsiri cenderung mengalami penurunan dari tahun ke tahun (Setya et al., 2018). Di Sulawesi Tenggara pada tahun 2015 produksi tanaman nilam (*P. cablin*) beratnya 92 ton dan luas daerah 200 ha (Halfin et al., 2017). Sedangkan pada tahun 2018 produksi tanaman nilam (*P. cablin*) menurun hingga 6 ton pada luas lahan 65 ha (Direktorat Jenderal Perkebunan, 2018). Aceh pada tahun 2015 produksi tanaman nilam (*P. cablin*) mencapai 300 kg pada luas lahan 52 ha, sedangkan pada tahun 2016 produksi tanaman nilam (*P. cablin*) menurun hingga 240 kg pada luas lahan 201,50 ha (Direktorat Jenderal Perkebunan, 2018). Sulawesi Barat pada tahun 2019 produksi tanaman nilam (*P. cablin*) mencapai 28,1 ton, sedangkan pada tahun 2020 produksi tanaman nilam (*P. cablin*) menurun hingga 27,6 ton ((Badan Pusat Statistik, 2021). Penurunan produksi tanaman nilam (*P. cablin*) terpengaruh oleh faktor selama perawatan. Faktor yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan budidaya tanaman nilam (*P. cablin*) yakni tempat tumbuh serta hara tanaman yang cukup atau tidak (Tanari & Kamelia, 2022).

Proses perkembangan tanaman tidak bisa terpisah dari keberadaannya unsur hara dalam tanah. Dalam pemenuhan kebutuhan unsur hara ditingkat petani dilakukan dengan menggunakan pupuk anorganik. Pengaplikasian pupuk anorganik

dapat mencukupi hara untuk tumbuhan tetapi juga memberikan dampak negatif yaitu adanya residu pada tanah sehingga mengakibatkan pencemaran tanah yang kemudian berdampak kepada penurunan kualitas kesuburan tanah (Asrul & Nyoman, 2021). Salah satu alternatif pengganti pupuk kimia yang kini mulai banyak dilirik adalah pemanfaatan *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* yang menjadi produk dari tumbuhan. Kehadiran PGPR tidak hanya membantu menyuburkan tanah, tapi juga berperan dalam menjaga kelestarian lingkungan dengan menekan dampak negatif dari penggunaan pupuk anorganik yang berlebihan (Marom et al., 2017). PGPR sendiri merupakan jenis bakteri yang hidup di sekitar zona akar atau rhizosfer. Bakteri ini punya kemampuan untuk menjajah area akar dan turut andil dalam menunjang pertumbuhan tanaman. Untuk mencukupi kebutuhan unsur hara nitrogen (N), tanaman sangat bergantung pada kelompok bakteri PGPR yang mampu mengikat nitrogen bebas dari udara, baik melalui hubungan simbiotik langsung dengan tanaman maupun secara independen tanpa ikatan simbiosis (Jannah et al., 2022).

Penelitian terkait uji bakteri endofit akar pada tanaman nilam (*P. cablin*) telah dilakukan oleh Yuniawati & Akhdiya (2021) menemukan bahwa aktifitas bakteri endofit untuk melarutkan fosfat diukur menggunakan zona bening yang jadi disekitar kumpulan bakteri. Penelitian tersebut belum meneliti terkait bakteri penambat nitrogen pada tanaman nilam (*P. cablin*), sehingga peneliti menyimpulkan harus dilaksanakan penelitian demi memahami potensi bakteri apa yang mampu menambat nitrogen pada tanaman nilam (*P. cablin*).

Hasil penelitian ini nantinya diimplementasikan ke dalam dunia pendidikan sebagai alternatif sumber belajar biologi dalam bentuk Infografis. Tujuan Infografis merupakan pemberian pesan singkat dan jelas yang berubah menjadi semakin sederhana dan memberikan informasi yang pendek tetapi gampang untuk dipahami. Kemudahan akses informasi bagi peserta didik dalam meningkatkan pengetahuan peserta didik dari berbagai sumber, sangat mungkin memunculkan masalah baru. Peserta didik akan merasa sulit untuk menarik kesimpulan ketika diberikan terlalu banyak informasi. Penelitian ini digukung oleh Noh et al. (2017) mengatakan, otak manusia memproses 75% informasinya secara visual. Hal tersebut membuktikan

jika informasi yang diberikan dengan gaya visual merupakan pendukung utama dalam meningkatkan pemahaman peserta didik.

Infografis yang dibuat akan memuat materi biologi tentang tanaman serta bakteri yang ditujukan untuk kelas X SMA. Menurut tanggapan peserta didik bahwa pelajaran biologi adalah pelajaran yang banyak menggunakan istilah asing, monoton dan sukar dipahami. Untuk itu perlu adanya inovasi sumber bahan pembelajaran yang menarik serta bisa dengan mudah dipahami siswa, seperti Infografis yang akan disajikan dengan penampilan visualisasi, variasi, warna dan gambar. Pernyataan ini didukung Wenny et al. (2019) mengatakan, keinginan siswa dalam belajar suatu pembelajaran dapat ditingkatkan dengan informasi yang disajikan secara singkat tapi mudah dipahami dan tampilan yang menarik dalam infografis. Infografis ini dapat dibuat dengan menggunakan aplikasi Canva. Hal tersebut bermaksud agar siswa bisa menggunakan dengan baik sumber daya ini untuk mempelajari cara menggunakan infografis untuk menampilkan informasi.

Berdasarkan latar belakang tersebut peneliti memiliki ketertarikan dalam melakukan penelitian mengenai "Isolasi dan Identifikasi Bakteri Rhizosfer Penambat Nitrogen Pada Tanaman Nilam (*Pogostemon cablin*) Sebagai Sumber Belajar Biologi". Hasil penelitian ini akan dimanfaatkan sebagai sumber belajar biologi berupa infografis untuk peserta didik SMA Kelas X.

B. Identifikasi Masalah

Merujuk pada latar belakang yang telah dipaparkan sebelumnya, maka dapat dirumuskan identifikasi masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Produksi tanaman nilam mengalami penurunan dari tahun ke tahun, yang diduga disebabkan oleh penurunan kualitas tanah, serangan hama, serta penggunaan pupuk kimia secara berlebihan yang dapat mengganggu keseimbangan mikroorganisme tanah.
2. Diperlukan kondisi yang mendukung proses budidaya tanaman nilam (*P. cablin*) seperti pupuk yang memadai dan hara yang terpenuhi, sehingga perlu dilaksanakan penelitian mengenai isolasi serta identifikasi bakteri penambat nitrogen dengan menggunakan sampel tumbuhan nilam (*P. cablin*).
3. Belum ada peneliti yang meneliti terkait bakteri rhizosfer penambat Nitrogen (N) pada tanaman nilam (*P. cablin*).

4. Anggapan peserta didik terhadap pembelajaran biologi yang sulit dan monoton dikarenakan kurangnya penyajian materi yang menarik sehingga harus didukung dengan adanya media ajar yang dapat meningkatkan motivasi belajar peserta didik berupa infografis.

C. Batasan dan Rumusan Masalah

1. Batasan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah yang telah dikemukakan, peneliti kemudian memberikan batasan masalah pada penelitian ini yaitu:

- a. Bagian dari tanaman nilam (*P. cablin*) yang digunakan adalah bagian dari rhizosfer atau tanah yang melekat pada akar tanaman.
- b. Indikator bakteri penambat nitrogen ditinjau dari hasil isolasi dan identifikasi bakteri terhadap tumbuhan nilam.
- c. Implementasi penelitian dilakukan dalam mendukung pembelajaran biologi SMA dalam bentuk infografis.

2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah penelitian ini yaitu:

- a. Bakteri apa yang diperoleh dari bagian rhizosfer yang digunakan dalam penelitian?
- b. Bagaimanakah hasil yang diperoleh dari isolasi dan identifikasi bakteri penambat nitrogen pada tanaman nilam (*P. cablin*)?
- c. Belum ada media pembelajaran yang berbentuk infografis pada materi bakteri di kelas X SMA.

D. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

- a. Untuk mengetahui isolat apa yang diperoleh dari hasil isolasi pada tanaman nilam (*P. cablin*).
- b. Untuk mengidentifikasi bakteri penambat nitrogen pada rhizosfer tanaman nilam (*P. cablin*).
- c. Untuk membuat infografis sebagai bentuk implementasi hasil penelitian dalam mendukung pembelajaran biologi di materi bakteri di kelas X SMA.

E. Manfaat Penelitian

1. Manfaat Teoritis
 - a. Penelitian ini mengembangkan serta memberikan ilmu terkait bakteri penambat nitrogen dari tanaman nilam (*P. cablin*).
 - b. Menjadi masukan dalam memberikan dukungan dasar teori kepada penelitian berikutnya..
 - c. Untuk menjadi bahan kepustakaan untuk Jurusan Pendidikan Biologi Universitas Sulawesi Barat.
2. Manfaat Praktis
 - a. Bagi sekolah yaitu produk yang terbentuk dari penelitian ini bisa meningkatkan kualitas pendidikan dan dapat mendukung dalam pembelajaran Biologi.
 - b. Bagi guru yaitu produk yang terbentuk dari penelitian ini bisa membantu guru terkait penggunaan sumber belajar sehingga peserta didik memiliki ketertarikan untuk belajar khususnya pada materi bakteri.
 - c. Bagi peserta didik diharapkan dengan adanya produk yang dihasilkan dari penelitian ini peserta didik dapat dengan mudah memahami materi mengenai bakteti serta menghasilkan pengalaman belajar yang menyenangkan.
 - d. Bagi peneliti yaitu dengan adanya penelitian yang dilakukan terkait bakteri penambat nitrogen yang akan dituangkan dalam produk berupa infografis diharapkan dapat mengembangkan pengetahuan peneliti, untuk menjadi bahan dalam memperluas wawasan demi mempersiapkan diri sebagai calon guru.

F. Penelitian Relevan

Dalam studi ini, penulis merujuk pada sejumlah penelitian sebelumnya yang memiliki keterkaitan dengan topik yang sedang diteliti. Beberapa hasil penelitian terdahulu dijadikan sebagai bahan kajian untuk mendukung pelaksanaan penelitian ini.

- a. Penelitian yang dilakukan oleh Feizia Huslina dan Diannita harahap (2019) dengan judul “Isolasi Bakteri Pengikat Nitrogen Dengan Menggunakan Media *Jensen*”. Hasil penelitian yang didapatkan adalah terdapat empat jenis isolat (IS-A, IS-B, IS-C, dan IS-D) diperoleh dengan pengenceran serial 10-2 dan 10-4

berdasarkan temuan penelitian setiap isolat mempunyai bentuk koloni melingkar dengan ciri permukaan, tepi, dan warna yang hampir sama. Keempat isolat berbentuk *circular*, dengan tepian koloni (rata), serta koloni berwarna (putih susu). Isolat D (IS-D) nilainya adalah 0,373 merupakan isolat yang mempunyai densitas optik (OD) tertinggi. Tingginya nilai OD menandakan bahwa isolat memiliki kemampuan tumbuh yang sangat baik. Hal ini bisa terjadi karena adanya pH yang pas, suhu yang mendukung, dan ketersediaan nutrisi yang cukup, sehingga pertumbuhan sel menjadi lebih padat dan cepat. Persamaan dari penelitian ini ada di variabel independen yakni bakteri pengikat nitrogen, dan sama sama memakai media *Jensen*, ada juga perbedaan penelitian adalah variabel dependen di sampel yang digunakan yaitu tanah pada tanaman sedangkan pada penelitian ini menggunakan sampel tanah dan akar pada tanaman nilam.

- b. Penelitian yang telah dilakukan oleh Yuniawati & Akhdiya Alina (2021) dengan judul “Karakterisasi Isolat Bakteri Endofit Nilam (*Pogestomon cablin B*) Sebagai Kandidat Biostimulan Pertumbuhan Tanaman”. Hasil penelitian mengungkapkan bahwa terdapat 14 isolat yang terdeteksi mampu memproduksi senyawa sejenis IAA. Dari total 29 isolat yang diuji, empat di antaranya yakni isolat B63.8, B63.10, NSD 20, dan P 35 tidak menunjukkan sifat patogenik. Keempat isolat ini juga diketahui memiliki kemampuan dalam memfiksasi nitrogen serta melarutkan fosfat. Di antara semuanya, isolat NSD 20 tampak paling menjanjikan dalam pengembangan menjadi bagian biostimulan. Hasil analisis genetik isolat, didapatkan tingkat kemiripan paling tinggi (93,95%) dengan *Bacillus* sp. strain Y14. Untuk memastikan sejauh mana *Bacillus* sp dapat merangsang pertumbuhan tanaman nilam, dibutuhkan pengujian lanjutan di rumah kaca maupun di lahan terbuka. Bakteri ini punya kelebihan tersendiri selain membentuk endospora, ia juga mampu memproduksi IAA, melarutkan fosfat, memfiksasi nitrogen, serta berperan sebagai agen biokontrol dan penginduksi sistem imun tanaman. Adapun kesamaan antara penelitian ini dengan studi sebelumnya terletak pada fokusnya yang sama-sama menguji kemampuan IAA terhadap tanaman nilam. Bedanya, penelitian ini akan lebih menyoroti proses isolasi serta potensi bakteri pengikat nitrogen dari sampel

tanaman nilam, sedangkan penelitian terdahulu lebih berfokus pada seleksi dan karakterisasi bakteri endofit nilam.

- c. Penelitian yang dilakukan oleh Hendri (2019) dengan judul “Produktivitas Tanaman Nilam (*Pogostemon cablin*) pada hutan rakyat di Desa Bone-bone Kec Baraka. Hasil penelitian menunjukkan produktivitas rata-rata tanaman nilam 2.994 kg/ha/tahun. Produktivitas minyak nilam rata-rata 87,07kg/ha/tahun. Rendaman minyak nilam rata-rata 3,00% Perbedaan dari penelitian ini karna pada penelitian tersebut hanya membahas terkait produksi tanaman nilam yang ada di Desa Bone-bone dan penelitian tersebut juga berfokus pada minyak yang dihasilkan oleh tanaman nilam sedangkan pada penelitian ini berfokus pada bakteri yang ada pada tanaman nilam.
- d. Penelitian yang dilakukan oleh Asrul & Nyoman Pugeg Aryantha (2021) dengan judul “Isolasi dan Identifikasi Bakteri Penambat Nitrogen Untuk Pembuatan Biofertilizer”. Berdasarkan hasil penelitian, morfologi bakteri yang ditemukan mencakup 5 basil pendek, 3 kokus, 4 basil panjang, dan 1 basil sedang. Sementara itu, hasil pewarnaan Gram menunjukkan bahwa 9 isolat tergolong Gram negatif (berwarna merah) dan 4 isolat termasuk Gram positif (berwarna biru-ungu). Perbedaan warna ini berkaitan dengan variasi dalam struktur dan ketebalan dinding sel masing-masing jenis bakteri. Baik bakteri Gram positif maupun Gram negatif diketahui memiliki kemampuan untuk mengikat nitrogen. Sebanyak 13 isolat bakteri yang berbentuk basil dan kokus ditemukan dalam penelitian ini, serta teridentifikasi 25 isolat bakteri penambat nitrogen dari lapisan tanah gambut yang juga memiliki morfologi basil dan kokus. Temuan ini mengindikasikan bahwa bakteri berbentuk basil dan kokus berpotensi dalam proses fiksasi nitrogen. Dalam hal bakteri, untuk menyediakan nitrogen bagi tanaman dapat dilakukan dengan cara mengisolasi dan membuatkan agen pupuk hayati. Bakteri didapatkan dari sampel tanah *rhizosper* pada wilayah pangkalan Bun, perkebunan kelapa sawit PT Astra Agro Lestari. Persamaan penelitian ini adalah bakteri diperoleh dari sampling tanah rhizosfer. Sedangkan perbedaan penelitian ini adalah lokasi pengambilan sampel di lokasi perkebunan kelapa sawit.

- e. Saidah, Puspitasari & Aminah (2022) Penelitian yang dilakukan oleh oleh dengan judul “Uji Aktivitas Bakteri Penambat Nitrogen dan Penghasil IAA Dari Rhizosfer Tanaman Kedelai (*Glicine max L*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa jumlah N yang difiksasi oleh tiga isolat bakteri rhizosfer tanaman kedelai berpengaruh sangat nyata. Rata-rata jumlah nitrogen yang difiksasi oleh ketiga bakteri menunjukkan bahwa IB-3 (isolat 3.2) mempunyai potensi yang tinggi dalam fiksasi nitrogen, yaitu 20,31%, diikuti oleh IB-2 (isolat 2.3) berjumlah 17,33%, dan IB-1 (isolat 2.2) berjumlah 16,67%. Pemilihan bakteri penambat nitrogen ini dilakukan menggunakan rancangan acak kelompok. Hasil seleksi menunjukkan bahwa IB-3 menempati posisi teratas dalam kemampuan menambat nitrogen. Meskipun demikian, kemampuan tertinggi dari isolat tersebut hanya mampu memperoleh 3,13 ppm nitrogen, berasal dari isolat bakteri akar kelapa sawit. Ini membuktikan isolat bakteri dari rhizosfer kedelai mempunyai potensi fiksasi nitrogen unggul. Pengujian dilakukan secara kuantitatif dengan mengukur aktivitas enzim nitrogenase, yang berperan untuk mereduksi asetilen (C_2H_2) menjadi etilen (C_2H_4). Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa IB-3 memiliki potensi paling besar dalam fiksasi nitrogen. Penelitian ini memiliki kesamaan dengan penelitian Saidah, yaitu sama-sama menguji aktivitas bakteri penambat nitrogen dan produksi IAA. Namun, perbedaan terletak pada sumber sampel yang digunakan, di mana Saidah menggunakan rhizosfer kedelai, sedangkan penelitian ini menggunakan rhizosfer tanaman nilam.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

A. Landasan teori

1. Tanaman Nilam (*P. cablin*)

Tumbuhan nilam (*P. cablin*) dibudidayakan untuk diekstrak minyaknya serta termasuk bagian dari jenis tumbuhan penghasil minyak atsiri yang dipakai untuk industri kosmetik. Tanaman nilam (*P. cablin*) menghasilkan minyak nilam (*Patchouli oil*) melalui proses penyulingan dan minyak yang dihasilkan mempunyai karakteristik yang susah untuk menguap jika dilakukakan perbandingan dengan minyak atsiri yang lain (Akbar et al., 2023).



Gambar 2.1 Morfologi Tanaman Nilam (*P. cablin*)
(Akbar et al., 2023)

b. Taksonomi Tanaman Nilam (*P. cablin*)

Tanaman nilam (*P. cablin*) merupakan jenis tanaman perdu yang memiliki ukuran setengah hingga satu meter. Tanaman nilam (*P. cablin*) saat berumur 6 bulan dapat tumbuh setinggi lebih dari 1 meter, dengan radius cabang sekitar 60 cm (Hendri, 2019). Akar sekunder tanaman nilam (*P. cablin*) dewasa memanjang 20–30 cm. Tumbuhan yang diperbanyak secara vegetatif (dengan stek) yang biasanya mempunyai akar kuat supaya bisa berdiri kokoh serta tegak (Kusumaningrum et al., 2016).

Batang tanaman nilam (*P. cablin*) berkayu berbentuk segiempat yang memiliki panjang kisaran 20-40 cm dan diameter kurang lebih 10-20 mm. Batang tumbuhan nilam (*P. cablin*) tumbuh tegak di permukaan tanah. Tanaman nilam (*P.*

cablin) memiliki struktur percabangan bertingkat, biasanya berjumlah 3 sampai 5 cabang per tingkat (Hendri, 2019).

Daun tanaman nilam (*P. cablin*) berwarna hijau yang tersusun secara *phyllotaxy* berlawanan, berbentuk lonjong, panjang daun tanaman nilam (*P. cablin*) sekitar 10-12 cm dengan lebar 8 cm, dengan ujung meruncing. Tangkai pada daun warna hijau-kemerahan dan panjangnya sekitar 4 cm, Permukaan atas daun kasar dan ditumbuhi trikoma. Mayoritas daun menempel pada ranting dengan pasangan yang hampir sempurna. Daun yang diremukkan akan mengeluarkan aroma manis. Daun nilam dulunya digunakan untuk mengeluarkan aroma harum dan sebagai pengganti sabun (Kusumaningrum et al., 2016).

Menurut Gembong (2014) tanaman nilam (*P. cablin*) diklasifikasikan berikut ini:

Kingdom : Plantae
Divisi : Spermatophyta
Subdivisi : Angiospermae
Kelas : Dicotyledonae
Ordo : Labiales
Family : Labiatae
Genus : Pogostemon
Spesies : *Pogostemon cablin*

Tumbuhan nilam (*P. cablin*) hampir di beberapa jenis sulit berbunga diharapkan saat penanaman nilam tidak mencapai proses generatif guna mencegah tingginya minyak atsiri yang dihasilkan. Bunga tanaman nilam (*P. cablin*) bertumbuh di ujung tangkai, berkarakteristik warna ungu kemerahan, dengan diameter tangkai bunganya 1 sampai 15 cm dan panjang 2 sampai 8 cm. Mahkotanya berbentuk pipa, memiliki dua kepala putik dan sebuah stylus, berukuran 8 mm. Bentuk dari buah dan bijinya seperti polong berjumlah 4 dengan ukuran yang kecil (Kasmudjo, 2014).

b. Syarat Tumbuh Tanaman Nilam (*P. cablin*)

Tanaman nilam (*P. cablin*) membutuhkan sejumlah faktor untuk tumbuh, antara lain tanah, sinar matahari, ketinggian, kelembapan dan curah hujan. Intensitas cahaya yang redup dibutuhkan dalam proses pertumbuhan tanaman nilam

(*P. cablin*) dikarnakan jika tumbuhan nilam kekurangan air maka tanaman tersebut akan sangat mudah layu. Tanaman nilam (*P. cablin*) mampu tumbuh dengan baik di berbagai jenis lahan, seperti sawah, pematang, pekarangan, serta hutan yang baru dibuka. Meski demikian, tanah yang paling ideal untuk menghasilkan nilam berkualitas tinggi adalah tanah yang gembur, subur, kaya akan humus, dan tidak mudah tergenang air (Kasmudjo, 2014). Tanah tersebut sebaiknya memiliki tingkat keasaman (pH) antara 6 hingga 7, mampu menyerap air dengan baik, dan tidak menimbulkan genangan selama musim hujan (Setiawan & Sukamto, 2016).

Tanaman nilam (*Pogostemon cablin*) adalah tanaman tropis yang mampu tumbuh optimal hingga pada tinggi 1.200 meter atas permukaan laut, sedangkan ketinggian ideal untuk budidaya berada pada kisaran 100 hingga 400 meter. Tanaman ini lebih cocok ditanam di daerah beriklim hangat dan lembap, dengan curah hujan tahunan antara 1.500 hingga 3.000 mm yang merata sepanjang tahun. Selain itu, tanaman nilam memerlukan tanah dengan pH 5,5 hingga 7,0, kelembapan udara antara 70–90%, serta suhu lingkungan berkisar antara 24 hingga 28 °C. Karakter tanah yang berdebu, berpasir atau lempung, daya serapnya kuat, dan tidak meluap pada musim hujan merupakan kondisi tanah yang baik bagi pertumbuhan nilam (*P. cablin*) selain itu nilam juga dikenal dapat tumbuh diberbagai jenis tanah (Aluvial, latosol, dan regosol) (Setiawan & Sukamto, 2016). Kondisi pertumbuha lain yang dibutuhkan nilam adalah curah hujan, suhu maksimum 30 °C-21 °C, setidaknya 18-21 °C, suhu optimal adalah 27 °C, serta reproduksi tanaman nilam biasanya secara vegetatif (Kusumaningrum et al., 2016).

2. Bakteri Rhizosfer

Bakteri rhizosfer adalah mikroorganisme yang hidup di wilayah sekitar akar tanaman dan dikenal memiliki tingkat keanekaragaman yang tinggi. Mikroba ini memiliki peran penting dalam mendukung pertumbuhan tanaman, seperti membantu penyediaan unsur hara, melindungi tanaman dari serangan patogen, menghasilkan hormon pertumbuhan seperti indol asetat, melarutkan fosfat, serta mengikat nitrogen dari udara. Selain itu, bakteri rhizosfer juga berperan dalam menjaga ketersediaan nutrisi serta mendukung siklus hara tanaman dengan membantu mempertahankan kestabilan struktur tanah (Khairani et al., 2019).

Bakteri rhizosfer tampaknya habitat paling kompleks dari beragam populasi mikroba yang mencakup jaringan akar tanaman, komunitas mikroba yang beragam, dan tanah. Bagian rhizosfer merupakan zona tanah yang dinamis dan dihuni secara padat yang terbukti menjadi lokasi luar biasa bagi serangkaian interaksi antarspesies dan komunikasi jaring makanan yang memiliki pengaruh kuat terhadap aliran karbon, serta transformasi (Sharma, 2021).

3. Bakteri Penambat Nitrogen

Bakteri penambat nitrogen merupakan mikroorganisme yang dapat hidup secara bebas dan tetap tumbuh optimal meskipun berada di lingkungan yang tidak mengandung nitrogen. Dalam proses pembentukan protein selulernya, bakteri ini memanfaatkan nitrogen dari udara. Nitrogen tersebut kemudian memberi manfaat bagi tanaman karena protein yang dihasilkan bisa mengalami proses mineralisasi di dalam tanah. Secara umum, bakteri penambat nitrogen dapat dikelompokkan menjadi dua jenis, yaitu bakteri yang membentuk hubungan simbiosis dan bakteri yang hidup bebas (non-simbiosis). Keanekaragaman bakteri penambat nitrogen, terutama yang bersifat simbiotik, biasanya ditemukan di tanah-tanah yang subur, baik di wilayah dataran tinggi maupun dataran rendah. Keberlangsungan hidup bakteri penambat nitrogen dipengaruhi oleh Carbon (C), Fosfor (P), Kalium (K), Nitrogen (N) yang merupakan tingkat keasaman dan kandungan hara yang utama (Lisa, 2019).

Bakteri penambat nitrogen memiliki kemampuan untuk menangkap nitrogen bebas (N_2) dari udara dan mengkonversinya menjadi amonia (NH_3), yang selanjutnya akan disintesis menjadi asam amino sebagai bahan penting dalam pertumbuhan tanaman. Pemanfaatan bakteri ini dapat mengurangi ketergantungan terhadap nitrogen sintetis, sekaligus meningkatkan hasil produksi dan pendapatan pertanian karena input yang digunakan lebih hemat biaya. Selain itu, keberadaan bakteri ini juga berkontribusi dalam meningkatkan ketersediaan nitrogen di dalam tanah (Huslina & Diannita, 2019).

Mikroba penyusun pupuk hayati golongan bakteri penambat nitrogen terdiri atas dua jenis, diantaranya yaitu simbiosis (*root-nodulating bacteria*) atau bakteri yang hidup di akar membentuk bintik-bintik akar (*Nodul*) contohnya *Rhizobium*. Dan bukan termasuk simbiosis, terdapat bakteri penambat nitrogen yang hidup

secara bebas di lingkungan, seperti *Azotobacter* dan *Azospirillum*. Jenis bakteri lain seperti *Streptomyces* dan *Lactobacillus* sp juga berperan penting karena mampu menghasilkan enzim pemecah selulosa, yang membantu mempercepat dekomposisi bahan organik serta meningkatkan kandungan hara dalam tanah (Karina, 2016).

4. Media Pembelajaran

Kata “media”, yang berarti “pengantar” atau “perantara”, berasal dari kata Latin “*medio*” atau “*medius*”, yang merupakan bentuk jamak dari kata tersebut. Sebaliknya, media dalam bahasa Arab berfungsi sebagai penyampai pesan atau perantara antara pengirim dan tujuan pesan. Secara khusus, media dapat dipahami sebagai alat atau saluran komunikasi yang berfungsi sebagai penyampai pesan atau perantara, penyampai informasi dari sumber pesan kepada penerima yang dituju (Sapriyah, 2019).

Dalam bidang pendidikan, media dipandang sebagai media komunikasi yang digunakan guru untuk menyampaikan ilmu kepada siswanya dalam bentuk bahan ajar sehingga menggugah minat mereka dalam mengikuti kelangsungan pembelajaran di kelas. Jika penggunaan media tidak selaras dengan isi dan tujuan pembelajaran yang telah ditetapkan, maka kontribusinya tidak akan terlihat. Secanggih apapun media tidak bisa disebut menunjang pembelajaran jika bertentangan dengan tujuan dan pokok bahasan pembelajaran. Berbagai jenis media yang bisa dipakai dalam penyampaian pesan dari pengirim kepada penerima memiliki peran penting dalam membangkitkan minat serta motivasi belajar siswa (Sadiman & Arif, 2014). Penggunaan media yang selaras dengan kebutuhan pembelajaran pasti mendukung terciptanya pembelajaran yang efisien, sehingga peserta didik bisa mengetahui apa yang diberikan oleh guru. Untuk menunjang perkembangan siswa di sekolah dan meningkatkan efektivitas penyerapan materi dari guru, penggunaan media pembelajaran yang mendalam sangat berperan penting dalam proses belajar mengajar (Karwono & Achmad, 2020).

a. Macam-macam Media Pembelajaran

Andriyani, (2017) membagi media pembelajaran menjadi 3 yaitu :

- 1) Media *Auditif* adalah media yang hanya menggunakan audio dalam pemanfaatannya seperti radio, *cassete recorder*, dan piringan hitam.

- 2) Media *Visual* merupakan media yang menggunakan penglihatan dalam pemanfaatannya, simbol atau gambar bergerak merupakan tampilan dari media visual contohnya foto dan lukisan.
- 3) Media *Audio Visual* adalah media yang menggunakan suara sekaligus gambar atau yang mengkombinasikan media *auditif* dan *visual* dalam pemanfaatannya. Contohnya film dan video pembelajaran.

Berdasarkan jenis media pembelajaran tersebut maka dalam penelitian ini yaitu hasil dari “Isolasi dan Identifikasi Bakteri Rhizosfer Penambat Nitrogen Pada Tanaman Nilam (*P. cablin*)” akan diimplementasikan ke dalam media *visual* berupa Infografis.

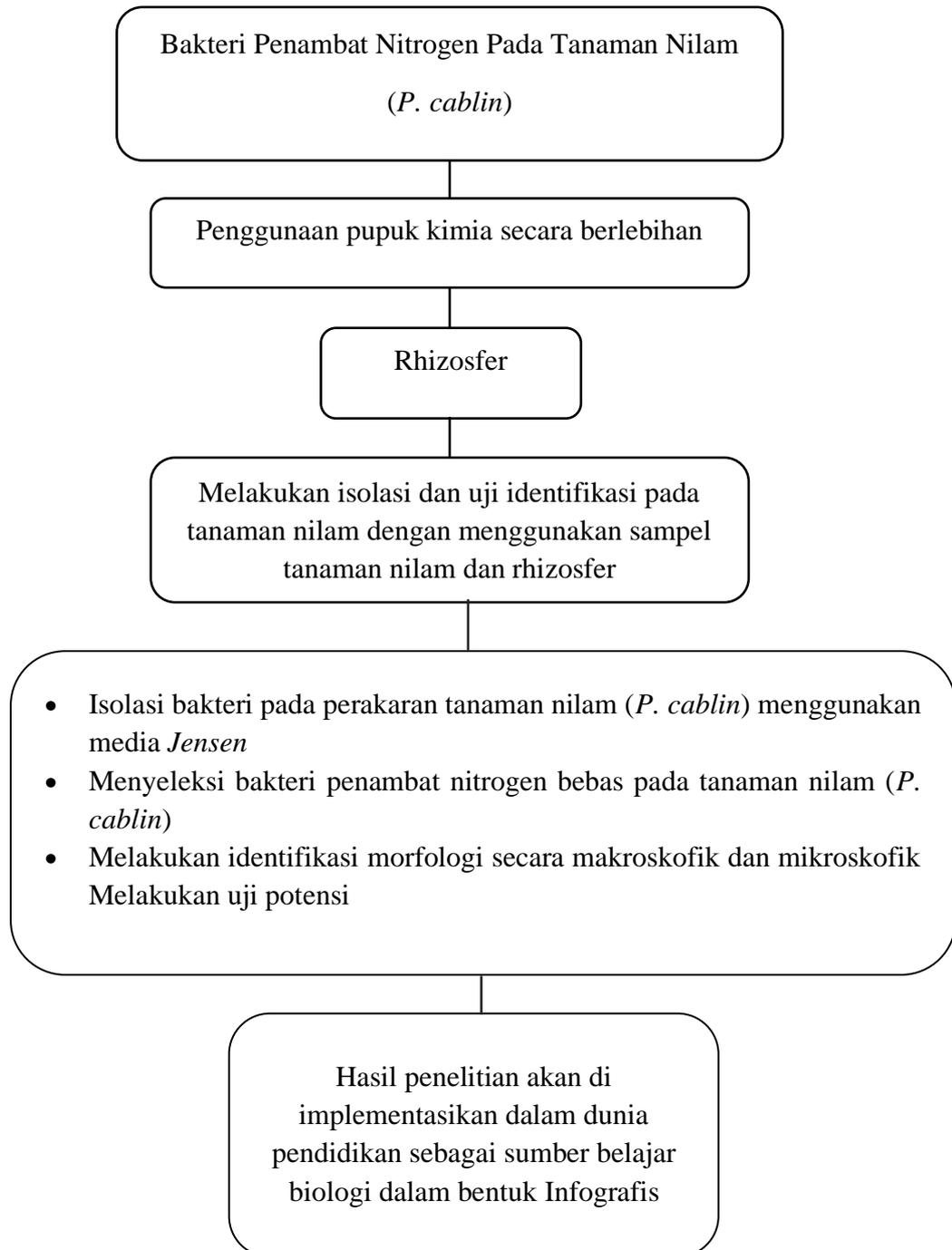
5. Infografis sebagai sumber ajar

Infografis merupakan bentuk penyajian data secara visual yang menggabungkan teks dan ilustrasi menarik. Dalam ranah jurnalisme online, khususnya media massa cetak, telah berkembang berbagai ide, gagasan, dan inovasi kreatif melalui penggunaan infografis. Infografis menyajikan informasi secara visual untuk menggambarkan suatu cerita atau proses berdasarkan data, dengan memanfaatkan elemen-elemen seperti gambar, ilustrasi, tipografi, peta, dan bentuk visualisasi lainnya (Hikmah & Hafizah, 2022).

Infografis diharapkan membantu para pembaca untuk mengetahui narasi suatu berita atau mengetahui perbandingan ilmiah langkah publikasi. Infografis memiliki beberapa tujuan diantaranya adalah memperoleh, melibatkan dan mengingatkan para pembaca agar dapat meluangkan waktunya untuk membaca, mempelajari, dan memberikan kesimpulan sesuai bacaannya di infografis (Primayenti, 2022)

B. Kerangka Pikir

Penelitian ini diawali dengan dilaksanakannya isolasi dan identifikasi bakteri rhizosfer penambat nitrogen kepada tanaman nilam kemudian hasilnya akan diimplementasikan ke dunia pendidikan berupa infografis.



Gambar 2.2 kerangka pikir

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian serta pembahasan yang telah dipaparkan, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Diperoleh sebanyak 11 isolat dari hasil isolasi bakteri penambat nitrogen yang ditumbuhkan pada media Jensen, yaitu NR14, NR15, NR16, NR17, NR18, NR19, NR20, NR21, NR22, NR23 dan NR24.
2. Karakteristik bakteri penambat nitrogen yang diperoleh meliputi bentuk *circular, irregular, punciform, filaments, Spindle* dan *rhizoid*, elevasi koloni berupa *convex, pulvinate, umbonate* dan *raised*, tepian koloni yang *undulate* dan *entire* serta warna koloni putih susu.
3. Dari hasil identifikasi 16S rRNA menggunakan analisis BLAST diperoleh 3 spesies bakteri rhizosfer tanaman nilam (*P. cablin*) yaitu *Entrobacter aurogenes, Azobacter sp* dan *Bacillus sp*,
4. Hasil penelitian diimplementasikan berupa infografis yang diharapkan dapat digunakan sebagai bahan ajar alternatif dan membantu dalam Pendidikan.

B. Saran

1. Adapun saran pada penelitian ini adalah diperlukan studi lebih lanjut untuk mengeksplorasi interaksi antara bakteri penambat nitrogen dengan tanaman nilam, serta dampaknya terhadap hasil panen dan kualitasnya.
2. Penelitian selanjutnya diharapkan bisa mengembagakan infografis yang lebih menarik serta memanfaatkan perkembangan teknologi yang ada dan dilanjutkan dengan uji validasi untuk diaplikasikan dalam pembelajaran biologi.

DAFTAR PUSTAKA

- Adryan, A., Widyastuti, R., & Djajakirana, G. (2017). Isolasi dan Identifikasi Mikroba Tanah Pendegradasi Selulosa dan Pektin Dari Rhizosfer. *Jurnal Buletin*. 1 (1). 58-64
<https://journal.ipb.ac.id/index.php/btanah/article/download/17692/12666>
- Agisti, A., Alami, N. H., & Nurhidayati, T. (2014). Isolasi dan dentifikasi bakteri penambat nitrogen non simbiotik pada lahan restorasi dengan metode *Legume Cover Crop* (LCC) di Daerah Pasirian Lumajang Jawa Timur. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 3(2), E36-E39.
http://ejurnal.its.ac.id/index.php/sains_seni/article/view/6728
- Agustina, N., Purnawati, A., & Prasetyawati, E. T. (2022). Potensi Konsorsium *Bacillus* spp. dan *Pseudomonas Fluorescens* untuk Mengendalikan Penyakit Layu *Fusarium* pada Tanaman Cabai Rawit. *Plumula: Berkala Ilmiah Agroteknologi*, 10(1), 1-8.
<https://plumula.upnjatim.ac.id/index.php/plumula/article/view/64>
- Aisyah, S., Hadija, S., & Nirawati, N. (2022). Isolasi dan Identifikasi Bakteri Pelarut Fosfat dari Rhizosfer Tanaman Aren (*Arenga Pinnata (Wurb) Merr*). *Jurnal Eboni*, 4(2), 64-70.
<http://ejournals.umma.ac.id/index.php/eboni/article/view/1496>
- Akbar, H. Z., Hariyono, D., Pradana, O. C. P., Septiana, S., & Saitama, A. (2023). Analisis Pertumbuhan Dan Hasil Tiga Varietas Tanaman Nilam (*Pogostemon cablin Benth*) Akibat Pengaturan Jarak Tanam. *J-Plantasimbiosa*, 5(1), 6-18.
<https://www.researchgate.net/publication/376511348>
- Andriyani, Y. (2017). Pengaruh Penggunaan Media Pembelajaran Terhadap Hasil Belajar Siswa Di Smp Negeri 01 Meraksa Aji Tulang Bawang (Doctoral dissertation, IAIN Metro). <https://repository.metrouniv.ac.id/id/eprint/1822/>
- Anton, W. (2018). *Mikrobiologi Umum*. Malang: UB Press
- Asrul & Nyoman. P. A. (2021). Isolasi dan Identifikasi Bakteri penambat Nitrogen untuk Pembuatan Biofertilizer. *Journal Viabel Pertanian*. 15(1) 16-23.
<https://warta.iopri.org/index.php/Warta/article/view/80>
- Badan Pusat Statistik. (2021). *Statistik Indonesia 2021*.
- Cholil, A. (2015). Eksplorasi Jamur Endofit Daun Kacang Tanah (*Arachis hypogaea L*) Dan Uji Antagonis Terhadap Patogen *Sclerotium rolfsii Sacc*. *Jurnal HPT (Hama Penyakit Tumbuhan)*, 3(3), 9-15.
<https://jurnalhpt.ub.ac.id/index.php/jhpt/article/view/195>
- Cokrosudibyo, F. M., Dinarti, D., & Aisyah, S. I. (2023). Pengaruh Giberelin (GA3) terhadap Pertumbuhan dan Komponen Hasil Bawang Merah (*Allium cepa var.*

- aggregatum*) Varietas Bima Brebes. Buletin Agrohorti, 11(2), 277-285. <https://journal.ipb.ac.id/index.php/bulagron/article/view/46936>
- Darna, D., Turnip, M., & Rahmawati, R. (2018). Deteksi dan Identifikasi Bakteri Anggota *Enterobacteriaceae* pada Makanan Tradisional Sotong Pangkong. Jurnal Labora Medika, 2(2), 6-12. <https://jurnal.unimus.ac.id/index.php/JLabMed/article/download/3838/pdf>
- Dini, I. R., Wawan, W. W., Hapsoh, H. H., & Devi, R. (2020). eksplorasi dan karakterisasi bakteri rhizobium asal tanaman *Mucuna bracteata* di tanah gambut. Jurnal Agroekoteknologi, 12(1), 1-12. <https://jurnal.untirta.ac.id/index.php/jav/article/view/8765>
- Direktorat Jenderal Perkebunan. (2018). Statistik Perkebunan Indonesia: Nilam 2018–2020. Kementerian Pertanian Republik Indonesia.
- Ekowati, C. N., Mirani, M., Handayani, K., & Agustrina, R. (2021). Detection of nitrogenase producing bacteria from the soil of Liwa botanical garden. Jurnal Ilmiah Biologi Eksperimen dan Keanekaragaman Hayati (J-BEKH), 8(2), 53-58. <https://jurnalbiologi.fmipa.unila.ac.id/index.php/jbekh/article/view/204>
- Evi, D. S., Jalaluddin, J., & Ginting, Z. (2021). Pemanfaatan Nilam Aceh Utara Sebagai Fixatif Agent Dalam Pembuatan Pengharum Ruangan Berbasis Cair. Cemical Engineering Journal Storage. 1(1). 51-62 <https://ojs.unimal.ac.id/jtk/article/download/3609/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.poliije.ac.id/index.php/journal/article/download/v1i2f/pdf/231>
- Fitri, L. (2017). Isolasi dan pengamatan morfologi koloni bakteri kitinolitik. Jurnal Ilmiah Pendidikan Biologi, 3(2), 20-25. <https://www.e-jurnal.com/2015/02/isolasi-dan-pengamatan-morfologi-koloni.html>
- Gembong, T. (2014). Taksonomi Tumbuhan. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Hafni, W., Yusmina, H & Hartono. (2022) Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Penambat Nitrogen Asal Rhizosfer Tanaman Mimba. 1(1). 334-343. <https://journal.uinjkt.ac.id/index.php/kaunyah/article/view/11723>
- Halfin, L. O., Salahuddin, & Wunawarsih, I. A. (2017). Motivasi Petani dalam Membudidayakan Tanaman Nilam (*Pogostemo cablin Benth*) di Desa Kilambibito Kecamatan Kontukowuna Kabupaten Muna. Jurnal Ilmiah

- Membangun Desa Dan Pertanian, 2(1), 10–14.
<https://media.neliti.com/media/publications/281387>
- Hendri. (2019). Produktifitas Tanaman Nilam (*Pogostemon cablin Benth*) Pada Hutan Rakyat di Desa Bone-bone. Skripsi. Makassar: Fakultas Pertanian UnIversitas Muhammadiyah Makassar.
<https://ejournal.unisbablitar.ac.id/index.php/viabel>
- Hikmah, A. S., & Hafizah, H. G. (2022). Efektivitas penggunaan media infografis dalam meningkatkan prestasi belajar pada mata pelajaran IPA. Dirasatul Ibtidaiyah, 2(2), 181-195.
<https://www.researchgate.net/publication/366807078>
- Huslina, F. F. (2020). Isolasi dan karakterisasi bakteri pengikat nitrogen tanah gambut hutan dari Kecamatan Trumon Aceh Selatan. Quagga: Jurnal Pendidikan Dan Biologi, 12(2), 117-129.
<https://journal.uniku.ac.id/index.php/quagga/article/view/2794>
- Huslina, F., & Harahap, D. (2019). Isolasi bakteri pengikat nitrogen dengan menggunakan media jensen. Jurnal Agrotek Ummat, 6(2), 91-94.
<https://doi.org/10.31764/agrotek.v6i2.1238>
- Husna, M., & Sugiyanta, P. E. (2019). Kemampuan konsorsium Bacillus pada pupuk hayati dalam memfiksasi N₂, melarutkan fosfat dan mensintesis fitohormon Indole-3-Acetic-Acid. J Tanah Iklim. 43 (2): 113-121.
<https://epublikasi.pertanian.go.id/berkala/jti/article/view/3248>
- Istiqomah, I., Aini, L. Q., & Abadi, A. L. (2017). Kemampuan Bacillus subtilis dan Pseudomonas fluorescens dalam melarutkan fosfat dan memproduksi hormon 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>
- Jannah, M., Jannah, R., & Fahrunsyah, F. (2022). Kajian literatur: penggunaan plant growth promoting Rhizobacteria (PGPR) untuk meningkatkan pertumbuhan dan mengurangi pemakaian pupuk anorganik pada tanaman pertanian. Jurnal Agroekoteknologi Tropika Lembab, 5(1), 41-49.
<https://ejournals.unmul.ac.id/index.php/agro/article/view/7940>
- Jnawali, A. D., R. B. Ojha and S. Marahatta. 2015. Role of azotobacter in soil fertility and sustainability—a review. Advances in Plants & Agriculture Research, 2 (6): 250 - 253. <https://jurnal.uns.ac.id/tanah/article/view/45130>
- Juariah, S. & Riska (2021). Media alternatif pertumbuhan Staphylococcus aureus dari biji durian (*Durio zibethinus murr*). Meditory: The Journal of Medical Laboratory, 9(1), 19-25. <https://doi.org/10.33992/m.v9i1.1400>

- Kaburuan, R., Hapsoh, & Gusmawartati. (2014). Isolasi Dan Karakterisasi Bakteri Penambat Nitrogen Non-Simbiotik Tanah Gambut Cagar Biosfer Giam Siak Kecil-Bukit Batu. *Jurnal Agroteknologi*, 5(1), 35–39. <https://ejournal.uin-suska.ac.id/index.php/agroteknologi/article/view/1146>
- Karina, A.I. (2016). Isolasi Dan Identifikasi Bakteri Penambat Nitrogen Pelarut Fosfat Dan Bakteri Pendegradasi Selulosa Pada Tanah Bekas Tanaman Yang Diberi Biofertilizer. Skripsi. Jakarta: Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Airlangga. <https://repository.unair.ac.id/52992/>
- Karwono & Achmad, I. M. (2020). Strategi Pembelajaran Dalam Profesi Keguruan. Depok: PT Raja Grafindo Persada.
- Kasi, P. D. (2020). Karakterisasi Morfologis Isolat Bakteri Termofilik Dari Sumber Air Panas Pincara. *Indigenous Biologi: Jurnal Pendidikan dan Sains Biologi*, 3(2), 51-56. <https://www.jurnal.pendidikanbiologiukaw.ac.id/index.php/JIBUKAW/article/view/40>
- Kasmudjo. (2014). Hasil Hutan Non Kayu. Padang Sumatra Barat : Cakrawala Media.
- 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>
- Kusumaningrum, H.P., Endang, D.P & Agus, S. (2016). Pemuliaan Tanaman Nilam (*Pogostemon Cablin*) Lokal Melalui Perkembangbiakan Vegetatif. *Jurnal Biokimia*. Vol 18(12). 123-130. <https://doi.org/10.14710/bioma.18.2.123-130>
- Lisa, M. (2019). Isolasi Dan Karakteristik Bakteri Pengikat Nitrogen Dari Tanah Gambut Kecamatan Trumon, Aceh Selatan. Skripsi. Banda Aceh: Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Darussalam-Banda Aceh. <https://journal.uniku.ac.id/index.php/quagga/article/download/2794/pdf>
- Maharina, K. E., Aini, N., & Aini, L. Q. (2017). Kemampuan Dua Spesie *Enterobacter* sp. Sebagai Bakteri Pemacu Pertumbuhan Tanaman Kentang (*Solanum tuberosum* L.) Pada Kondisi Cekaman Kekeringan. *Buana Sains*, 17(1), 85-94. <https://jurnal.unitri.ac.id/index.php/buanasains/article/view/581>
- Marom, N., Rizal, F. N. U., & Bintoro, M. (2017). Uji efektivitas saat pemberian dan konsentrasi PGPR (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria*) terhadap produksi dan mutu benih kacang tanah (*Arachis hypogaea* L.). *Agriprima, Journal of Applied Agricultural Sciences*, 1(2), 174-184. <https://doi.org/10.25047/agriprima.v1i2.43>

- Mashudi, M., & Mubarik, N. R. (2023). Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Penambat Nitrogen Indigenous Potensial Sebagai Pupuk Hayati Dalam Remediasi Lahan Bekas Tambang Batu Kapur. *Jurnal Purifikasi*, 22(1), 32-39. <https://www.purifikasi.id/index.php/purifikasi/article/view/452>
- 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), 11-25. <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/pharmacon/article/download/27405/26957>
- Napitupulu, H. G., Rumengan, I. F., Wullur, S., Ginting, E. L., Rimper, J. R. T. S. L., & Toloh, B. H. (2019). *Bacillus* sp. sebagai agensia pengurai dalam pemeliharaan *brachionus rotundiformis* yang menggunakan ikan mentah sebagai sumber nutrisi. *Jurnal Ilmiah Platax*, 7(1), 158-169. <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/platax/article/download/22627/22322>
- NauE, Karneli, Syailendra, Syafitri, Wulandari dan Julianti, 2022. Buah Bit Sebagai Alternatif Safranin Pada Pewarnaan Gram. *Husada Mahakam: Jurnal Kesehatan*, 24 (12), 19-24 https://www.researchgate.net/publication/373979703_Gram_Staining_A_Brief_Review
- Noer, S. (2021). Identifikasi Bakteri secara Molekular Menggunakan 16S rRNA. *EduBiologia: Biological Science and Education Journal*, 1(1), 1-6. <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/pharmacon/article/download/27405/26957>
- Noh, M. A. M., Fauzi, M. S. H. M., Jing, H. F., & Alias, M. F. (2017). Infographics: teaching and learning tool. *Attarbawiy: Malaysian Online Journal of Education*, 1(1), 58-63. <https://attarbawiy.kuis.edu.my/index.php/jurnal/article/view/119>
- Nurmas, A., Nofianti, N., Rahman, A., & Khaeruni, A. (2014). Eksplorasi dan karakterisasi *azotobacter* indigenous untuk pengembangan pupuk hayati tanaman padi gogo lokal di lahan marjinal. *Jurnal Agroteknos*, 4(2), 244-292. <https://jurnal.agroteknos.ac.id/index.php/psnp/article/view5798/4151>
- Primayenti, I. (2022). Pengaruh Infografis tirto.id Dalam Menyampaikan Informasi Kepada Pembaca. *Skripsi*. Riau: Program Studi Ilmu Komunikasi Fakultas Dakwah dan Komunikasi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. <https://repository.uin-suska.ac.id/58158/>
- 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>

- Rianto, F. (2017). Karakterisasi Bakteri Penambat N Asal Bayam Liar (*Amaranthus spinosus* L.) Sebagai Pemacu Perkecambahan Benih Bayam Hijau (*Amaranthus* spp. L.). *Agrovigor: Jurnal Agroekoteknologi*, 10(2), 80-86. <https://journal.trunojoyo.ac.id/agrovigor/article/view/2850>
- 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>
- Rusmana, A., Rizal, M. H & Desi, N. (2018). Pengenceran Serial Teknik Pencawanan Untuk Menghitung Sel hidup, 12(1), 79-88 <https://id.scribd.com/document/380987758/pengenceran-serial-docx>
- Sabdaningsih, A., Budiharjo, A., & Kusdiyantini, E. (2015). 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>
- Sadiman & Arif S. (2014). *Media Pendidikan*. Jakarta: Rajawali Pers.
- Saida, S., Puspitasari, P., & Aminah, A. (2022). Uji Aktivitas Bakteri Penambat Nitrogen Dan Penghasil Iaa Dari Rizosfer Tanaman Kedelai (*Glycine max* L.). *AGROTEK: Jurnal Ilmiah Ilmu Pertanian*, 6(1), 68–73. <https://doi.org/10.33096/agrotek.v6i1.176>
- Sangkala, S., Bakhtiar, A., & Syam'un, E. (2021). Keragaman Morfologi Bakteri Penambat Nitrogen dan Pelarut Fosfat Dari Berbagai Lingkungan Agroekosistem Di Kabupaten. *Jurnal Biotek*, 9(1), 93-112. <https://journal3.uin-alauddin.ac.id/index.php/biotek/article/view/20424>
- Saptodewo, F. (2014). Desain infografis sebagai penyajian data menarik. *Jurnal Desain*, 1(03), 193-198. https://journal.lppmunindra.ac.id/index.php/Jurnal_Desain/article/view/563/528
- Sapriyah, S. (2019). Media pembelajaran dalam proses belajar mengajar. In *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan FKIP*, 2 (1), 470-477. <https://jurnal.untirta.ac.id/index.php/psnp/article/view5798/4151>
- Sari, R., & Prayudaningsih, R. (2015). Rhizobium: Pemanfaatannya Sebagai Bakteri Penambat Nitrogen. *Buletin Eboni*, 12(1), 51-64. <http://103.148.80.12/ejournal-litbang/index.php/buleboni/article/view/5054>
- Setiawan, E., Setyaningtyas, T., Kartika, D., & Ningsih, D. R. (2017). Potensi ekstrak metanol daun mangga bacang (*Mangifera foetida* L.) sebagai antibakteri terhadap *Enterobacter aerogenes* dan identifikasi golongan senyawa aktifnya. *Jurnal Kimia Riset*, 2(2), 108-117 <https://ejournal.unair.ac.id/JKR/article/download/5753/4131/21189>

- Setiawati, M. R., Suryatmana, P., Herdiyantoro, D., & Ilmiyati, Z. (2014). Karakteristik pertumbuhan dan waktu generasi isolat *Azotobacter* sp. dan bakteri endofitik asal ekosistem lahan sawah. *Jurnal Agroekoteknologi*, 6(1).
- Setiawan, N., & Sukanto, N. (2016). Karakter morfologis dan fisiologis tanaman nilam di bawah naungan dan tanpa naungan. *Bul. Littro*, 27, 137-146. <https://www.researchgate.net/publication/312187619>
- Senjaya, W. F., Karnalim, O., Handoyo, E. D., Santoso, S., Tan, R., Wijanto, M. C., & Edi, D. (2019). Peran infografis sebagai penunjang dalam proses pembelajaran siswa. *Abdimas Altruis: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 2(1), 55-62. <https://journal.usd.ac.id/index.php/ABDIMAS/article/view/2136>
- Setya, N. H., Budiarti, A., & Mahfud, M. (2018). Proses pengambilan minyak atsiri dari daun nilam dengan pemanfaatan gelombang mikro (*microwave*). *Jurnal Teknik ITS*, 1(1), 25-29. <https://ejournal.its.ac.id/index.php/teknik/article/view/453>
- Sharma. (2021). Respon Tanaman Kedelai Terhadap Pemupukan Kombinasi Bio-slurry dengan Pupuk Nitrogen. *Jurnal Agroteknologi*, 2(3), 8-12. <https://ejournal2.undip.ac.id/index.php/joac/article/view/1829>
- Sinaga, D. (2014). *Statik Dasar*. Jakarta Timur: UKI PRESS
- Sondang, Y., Muflihayati, M., Anty, K., & Siregar, R (2023). Kompatibilitas Beberapa Spesies *Bacillus* Sebagai Bioaktivator Pupuk Organik Hayati. *Jurnal Agroteknologi*, 13(2), 53-60. <https://ejournal.uin-suska.ac.id/index.php/agroteknologi/article/view/19526>
- Sugiyono. (2014). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Sulistyawati, W., Wahyudi, W., & Trinuryono, S. (2022). Analisis (Deskriptif Kuantitatif) Motivasi Belajar Siswa Dengan Model Blended Learning Di Masa Pandemi Covid19. *Jurnal Matematika dan Pendidikan Matematika*, 13(1), 68-73. <http://eprints.umpo.ac.id/11641/>
- Suryatmana, P., Shabrina, A., Kamaluddin, N. N., Fitriatin, B. N., Hindersah, R., & Setiawati, M. R. (2020). Potensi Tanaman Sorgum (*Sorghum bicolor* L.), *Azotobacter* sp. dan *Pseudomonas* sp. Sebagai agen biologis dalam proses Fitoremediasi Hidrokarbon minyak bumi. *Jurnal Soilrens*, 18(1), 25-33. <https://jurnal.unpad.ac.id/soilrens/article/download/29039/13790>
- Susanti, W.I & Trinada,R. (2017). Potensi Bakteri Asal Tanah Rhizosfer, Sedimen Tanah Dan Pupuk Kandang Sapi untuk Biodegradasi Minyak Berat dan Oli Bekas. *Jurnal Tanah dan Iklim*. 41 (1): 37-44. <https://epublikasi.pertanian.go.id/berkala/jti/article/view/3191>

- Tanari, Y., & Kamelia. D. (2022). Respon Pertumbuhan dan Biomassa Nilam Akibat Perbedaan Tingkat Naungan dan Zat Pengatur Tumbuh Alami. *Jurnal Agrotech*, 12(1), 16-22. <https://www.neliti.com/id/publications/442746/respon-pertumbuhan-dan-biomassa-nilam-akibat-perbedaan-tingkat-naungan-dan-zat-p>
- Timur, H. D. L. (2017). Isolasi Dan Identifikasi Bakteri Endofit Mangrove *Sonneratia Alba* Penghasil Enzim Gelatinase Dari Pantai Sendang Biru, Malang, Jawa Timur (Doctoral dissertation, Universitas Brawijaya). *Kadikma*, 13(1), 68-76. <https://ejournal2.undip.ac.id/index.php/ijh/article/view/3114>
- Turang, A. J., Golung, A. M., & Pasoreh, Y. (2023). Manfaat Klasifikasi Bahan Pustaka Di UPT Perpustakaan Untuk Temu Kembali Informasi Bagi Pengguna Khususnya Mahasiswa UNSRAT. *ACTA DIURNA KOMUNIKASI*, 5(1), 6-6. <https://ejournal.unsrat.ac.id/v3/index.php/actadiurnakomunikasi/article/view/47378>
- Tyas, D. E., WIdyorini, N., & Solichin, A. (2018). Perbedaan jumlah bakteri dalam sedimen pada kawasan bermangrove dan tidak bermangrove di perairan Desa Bedono, Demak. *Management of Aquatic Resources Journal (MAQUARES)*, 7(2), 189-196. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/maquares/article/view/22541>
- Tyas, D. E., WIdyorini, N., & Solichin, A. (2018). Perbedaan jumlah bakteri dalam sedimen pada kawasan bermangrove dan tidak bermangrove di perairan Desa Bedono, Demak. *Management of Aquatic Resources Journal (MAQUARES)*, 7(2), 189-196. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/maquares/article/viewFile/22541/20659>
- Wenny, M. N., Rizal, E., & Anwar R. K. (2019). Pola Literasi Visual Infografer dalam Pembuatan Informasi Grafis (Infografis). *Jurnal Kajian Informas & Perpustakaan*, 87-94. <https://www.mendeley.com/catalogue/5a622fd1-5aff-32bc-b8d0-9467e5cd7556>
- Wulandari, S., Nisa, Y. S., Taryono, T., Indarti, S., & Sayekti, R. S. (2021). Sterilisasi peralatan dan media kultur jaringan. *Agrotechnology Innovation (Agrinova)*, 4(2), 16-19. <https://doi.org/10.22146/a.77010>
- Yuniawati, R., & Akhdiya, A. (2021). Karakterisasi Isolat Bakteri Endofit Nilam (*Pogostemon cablin B.*) sebagai Kandidat Biostimulan Pertumbuhan Tanaman. *Buletin Plasma Nutfah*, 27(1), 21-28. <https://ejurnal.litbangpertanian.id/index.php/bpn/article/view/12392>
- Zuraidah, P. D. (2020). Karakterisasi Morfologis Isolat Bakteri Termoflik Dari Sumber Air Panas Pincara. *Indigenous Biologi: Jurnal Pendidikan dan Sains Biologi*, 3(2), 51-56. <https://www.jurnal.pendidikanbiologiukaw.ac.id/index.php/JIBUKAW/article/view/40>