

**ISOLASI DAN KARAKTERISASI BAKTERI RIZOSFER  
TANAMAN PADI (*Oryza sativa* L) PADA SAWAH  
DENGAN SISTEM SAWAH-TAMBAK  
DI LAMONGAN**

**SKRIPSI**



**NEELAM AISYAH**  
**NIM. 190.302.0005**

**PROGRAM STUDI S1 BIOLOGI  
FAKULTAS SAINS TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH LAMONGAN  
2023**

**ISOLASI DAN KARAKTERISASI BAKTERI RIZOSFER  
TANAMAN PADI (*Oryza sativa* L) PADA SAWAH  
DENGAN SISTEM SAWAH-TAMBAK  
DI LAMONGAN**

**SKRIPSI**

Diajukan kepada Program Studi S1 Biologi Fakultas Sains Teknologi dan Pendidikan  
Universitas Muhammadiyah Lamongan sebagai Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Sains Bidang Biologi

**NEELAM AISYAH**  
**NIM: 1903020005**

**PROGRAM STUDI S1 BIOLOGI  
FAKULTAS SAINS TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH LAMONGAN  
2023**

## LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Neelam Aisyah

NIM : 1903020005

Tempat, tanggal Lahir : Lamongan, 29 Januari 2001

Institusi : Prodi S1 Biologi Fakultas Sains Teknologi dan Pendidikan  
Universitas Muhammadiyah Lamongan

Menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul “Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Rizosfer Tanaman Padi (*Oryza sativa* L) pada Sawah dengan Sistem Sawah-Tambak Di Lamongan” adalah bukan skripsi orang lain baik sebagian maupun keseluruhan, kecuali dalam bentuk kutipan yang sudah disebutkan sumbernya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya, dan apabila pernyataan ini tidak benar, saya bersedia mendapatkan sanksi akademik.

Lamongan, 24 Agustus 2023



Neelam Aisyah  
NIM. 1903020005

## LEMBAR PERSETUJUAN

Karya Tulis

Oleh : Neelam Aisyah

NIM : 1903020005

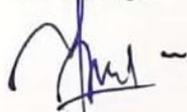
Judul : Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Rizosfer Tanaman Padi (*Oryza sativa*  
L) pada Sawah dengan Sistem Sawah-Tambak Di Lamongan.

Telah disetujui untuk diujikan dihadapan Dewan Penguji Skripsi pada tanggal:

24 Agustus 2023

Mengetahui:

Pembimbing I,



M. Ainul Mahbubillah, S.Si., M.Si.  
NIK. 19910427202009176

Pembimbing II,



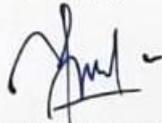
Rofiatun Solekha, S.Pd., M.Sc.  
NIK. 19920118201909120

## LEMBAR PENGESAHAN NASKAH SKRIPSI

Judul : Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Rizosfer Tanaman Padi  
(*Oryza sativa* L.) pada Sawah dengan Sistem Sawah-Tambak  
di Lamongan.  
Penyusun : Neelam Aisyah  
NIM : 1903020005  
Tanggal Sidang : 24 Agustus 2023

Telah diuji dan disetujui oleh Tim Penguji pada Ujian Sidang Skripsi  
di Prodi S1 Biologi Fakultas Sains Teknologi dan Pendidikan  
Universitas Muhammadiyah Lamongan  
Tanggal : 24 Agustus 2023

Penguji I,



M. Ainul Mahbubillah, S.Si., M.Si.  
NIK. 19910427202009176

Penguji II,



Rofiatun Solekha, S.Pd., M.Sc.  
NIK. 19920118201909120

Penguji III



Putri Ayu Ika Setiyowati, S.Si., M.Si.  
NIK. 19930714201909116

Mengetahui,

Dekan

Fakultas Sains Teknologi dan Pendidikan  
Universitas Muhammadiyah Lamongan



Eko Handoyo, S.Kom., M.Kom.  
NIK. 19910217201905105

## KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kehadirat Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayahnya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Rizosfer pada Sawah dengan Sistem Sawah-Tambak Tanaman Padi (*Oryza sativa* L.) di Lamongan sesuai waktu yang di tentukan

Skripsi ini saya susun sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh Sarjana Biologi di Fakultas Sains Teknologi dan Pendidikan Universitas Muhammadiyah Lamongan.

Dalam penyusunan, penulis mendapatkan banyak pengarahan dan bantuan dari berbagai pihak, untuk itu saya tidak lupa mengucapkan terima kasih kepada yang terhormat Bapak/ Ibu :

1. Prof. Dr. Aziz Alimul Hidayat, S.Kep.,Ns.,M.K selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Lamongan.
2. Eko Handoyo, S.Kom.,M. Kom selaku Dekan Fakultas Sains Teknologi dan Pendidikan Universitas Muhammadiyah Lamongan.
3. Putri Ayu Ika Setiyowati, S.Si., M.Si. selaku Ka-Prodi S1 Biologi Fakultas Sains Teknologi dan Pendidikan Universitas Muhammadiyah Lamongan.
4. M. Ainul Mahbubillah, S.Si., M.Si. selaku pembimbing I, yang telah banyak memberikan petunjuk, saran, dorongan moril selama penyusunan skripsi ini.
5. Rofiatun Solekha, S,Pd., M.Sc.selaku pembimbing II, yang telah banyak memberikan petunjuk, saran, dorongan moril selama penyusunan skripsi ini.
6. Putri Ayu Ika Setiyowati, S.Si., M.Si. selaku penguji I, yang telah banyak memberikan saran dan masukan selama penyusunan skripsi ini.
7. Semua pihak yang telah memberikan dukungan moril dan materiil demi terselesaikannya skripsi ini.

Semoga Allah SWT memberi balasan pahala atas semua amal kebaikan yang diberikan. Saya menyadari skripsi ini masih banyak kekurangan, untuk itu segala kritik dan saran yang bersifat membangun sangat saya harapkan, akhirnya saya berharap semoga skripsi ini bermanfaat bagi penulis pada khususnya dan bagi semua pembaca pada umumnya.

Lamongan, 24 Agustus 2023

Penyusun,

Neelam Aisyah

## ABSTRAK

Sawah tambak merupakan sistem penggunaan lahan secara bergantian menurut musim, seperti pada saat musim kemarau lahan tersebut digunakan untuk lahan sawah penanaman padi, dan pada saat musim hujan lahan tersebut digunakan untuk tambak pengolahan budidaya ikan. Dalam mengelola pertanian padi, sawah harus kaya akan bakteri fungsional di daerah rizosfer. Mikroba pada daerah rizosfer dapat mempengaruhi akar tumbuhan melalui interaksi biologis, fisik, dan kimiawi. Penelitian ini bertujuan untuk mengungkap karakteristik bakteri yang diisolasi dari rizosfer (akar) tanaman padi (*Oryza sativa* L.) yang tumbuh di area sawah tambak. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk memahami perbedaan kapasitas bakteri dalam menghasilkan IAA serta dalam melarutkan fosfat. Identifikasi koloni dilakukan dengan mengisolasi sampel tanah yang di dapat dari 3 titik yang berbeda, isolat dilakukan menggunakan uji streak plate, identifikasi Karakteristik dilakukan dengan pengamatan secara langsung yaitu pengamatan secara makroskopis. mikroskopis dan uji reaksi biokimia, seleksi bakteri penghasil iaa dilakukan dengan menyeleksi 19 isolat menggunakan spektrofotometri pada panjang gelombang 535 nm, uji penghasil IAA dilakukan dengan menggunakan salkovski kemudian diamati selama 7hari dan diuji menggunakan spektrofotometri pada panjang gelombang 535nm, Nilai indeks pelarutan fosfat diukur dengan membandingkan total luas koloni dan luas zona bening dengan Pikovskaya agar Hasil uji pelarut fosfat Isolat K1 memiliki konsentrasi tertinggi yaitu (5,42%), konsentrasi terendah ada pada isol K5 yakni (0.18%). Hasil uji penghasil IAA isolat B3 memiliki nilai konsentrasi tertinggi yaitu (18,286 ppm) pada hari ke-enam, S7 hari ketujuh yaitu (17,754 ppm) K1 hari ketujuh yaitu (17,678 ppm) dan K5 hari ketujuh (17,513 ppm) sedangkan nilai konsentrasi terendah pada isolat B2 hari ke-dua yaitu (3, 414 ppm)

Kata kunci : Bakteri Rizosfer, Padi, Sawah Tambak, IAA, Fosfat

## ABSTRACT

Rice-field pond is a land utilization system alternated by seasons. During the dry season, the land is used for rice cultivation, and during the rainy season, it's employed for fish cultivation in ponds. In managing rice farming, the field must be rich in functional bacteria in the rhizosphere area. Microbes in the rhizosphere can influence plant roots through biological, physical, and chemical interactions. This research aims to uncover the characteristics of bacteria isolated from the rhizosphere (roots) of rice plants (*Oryza sativa* L.) grown in the rice-field pond area. Furthermore, the study also aims to understand the differences in bacterial capacity to produce IAA (indole-3-acetic acid) and to solubilize phosphate. Bacterial colony identification was performed using the streak plate method, and the bacteria's ability to produce IAA was measured using a spectrophotometer. The phosphate solubilization test was conducted using Pikovskaya medium. The research results reveal variations in characteristics among the 19 analyzed bacterial isolates, as well as significant differences in IAA production capacity and phosphate solubilization ability among these bacterial isolates. The identification of colonies was carried out by isolating soil samples obtained from 3 different points. Isolation was performed using the streak plate method, and the characteristics were identified through direct observations, including macroscopic and microscopic observations, as well as biochemical tests. The selection of IAA-producing bacteria was done by selecting 19 isolates using spectrophotometry at a wavelength of 535 nm. The IAA production test was conducted using the Salkowski method, and observations were made for 7 days, followed by testing using spectrophotometry at a wavelength of 535 nm. The phosphate solubilization index value was measured by comparing the total colony area and the clear zone area using Pikovskaya agar. The results of the phosphate solubility test showed that Isolate K1 had the highest concentration at (5.42%), while the lowest concentration was found in Isolate K5 at (0.18%). In the IAA production test, Isolate B3 had the highest concentration, which was (18,286 ppm) on the sixth day, (17,754 ppm) on the seventh day. Isolate K1 on the seventh day had a concentration of (17,678 ppm), and Isolate K5 on the seventh day had a concentration of (17,513 ppm). The lowest concentration was observed in Isolate B2 on the second day, which was (3,414 ppm).

*Keywords: Rhizosphere, Rice Plants, Rice-Fish Farming, IAA, Phosphate*

## DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL .....	i
LEMBAR PERNYATAAN .....	ii
LEMBAR PERSETUJUAN.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN NASKAH SKRIPSI.....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
ABSTRAK .....	vii
ABSTRACT .....	viii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	4
1.4 Manfaat Penelitian .....	4
1.4.1 Bagi Akademis .....	4
1.4.2 Bagi Praktis .....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1 Tanaman Padi ( <i>Oryza sativa</i> L.) .....	5
2.1.1 Morfologi Padi.....	5
2.1.2 Fase Hidup Padi.....	7
2.2 Lahan Sawah-Tambak .....	9
2.3 Daerah Rizosfer .....	10
2.4 Bakteri Rizosfer .....	13
2.5 Bakteri Penghasil IAA .....	16
2.6 Bakteri Pelarut Fosfat .....	18
2.7 Hipotesis .....	19
BAB III METODOLOGI.....	20
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....	20

3.2	Alat dan Bahan.....	20
3.3	Metode .....	20
3.3.1	Pengambilan Sampel Tanah.....	20
3.3.2	Isolasi dan Pemurnian Isolat Bakteri Rizosfer.....	21
3.3.3	Pengamatan Secara Makroskopik .....	21
3.3.4	Uji Pewarnaan Gram .....	22
3.3.5	Uji Endospora .....	23
3.3.6	Uji Katalase.....	23
3.3.7	Uji Indole .....	23
3.3.8	Uji Oksidase.....	24
3.3.9	Seleksi Bakteri Penghasil Auksin .....	24
3.3.10	Pembuatan Kurva Standar IAA.....	24
3.3.11	Uji Kemampuan Penghasil IAA.....	25
3.3.12	Uji Pelarut Fosfat .....	25
3.3.13	Analisis Data .....	26
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		27
4.1	Hasil Penelitian .....	27
4.1.1	Hasil Uji Karakteristik Isolat.....	27
4.1.2	Hasil Seleksi Bakteri Penghasil Auksin .....	29
4.1.3	Hasil Uji Kemampuan Penghasil IAA .....	30
4.1.4	Hasil Uji Pelarut Fosfat .....	31
4.2	Pembahasan.....	32
4.2.1	Identifikasi dan Karakterisasi Bakteri .....	32
4.2.2	Seleksi Bakteri penghasil Auksin.....	37
4.2.3	Uji Kemampuan Penghasil IAA.....	38
4.2.4	Uji Pelarut Fosfat.....	40
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		43
5.1	Kesimpulan .....	43
5.2	Saran .....	43
DAFTAR PUSTAKA .....		45
JADWAL PENELITIAN .....		56
SKEMA KERJA .....		57
LAMPIRAN .....		58



## DAFTAR GAMBAR

Nomor	Judul Gambar	Halaman
2.1	Morfologi Tanaman Padi ( <i>Oryza sativa</i> L) (1), Daun Padi, (2) Batang Padi, (3)Akar Padi, (4) Bunga Padi,(5) Malai Padi, (6) Gabah (Gigih Bertani, 2017)	7
2.2	Fase Pertumbuhan Tanaman Padi (HSS: Hari Setelah Semai, HST: Hari Setelah Tanam) (Gigih Bertani, 2017)	9
2.3	Skematik Potongan Akar Untuk Menggambarkan Struktur Dari Rizosfer (McNear, 2013)	12
2.4	Morfologi Rizosfer (Liu, J., HA <i>et al.</i> , 2018)	14
2.5	Struktur molekul IAA ( <i>Indole Acetic Acid</i> ) (Mendrofa NR, 2019)	17
3.1	Pengambilan titik sampling	21
3.2	Bentuk Koloni (Cappucino & Sherman, 2014)	22
3.3	Jenis Tepi Koloni (Cappucino & Sherman, 2014)	22
4.1	Grafik seleksi bakteri penghasil auksin	29
4.2	Grafik uji kemampuan penghasil IAA	30
4.3	Grafik Uji Pelarut Fosfat	31

## DAFTAR TABEL

Nomor	Judul Tabel	Halaman
2.1	Jumlah Koloni Rhizobakteri Asal Rizosfer Padi Sawah Pada Fase Pertumbuhan Vegetatif, Generatif Dan Fase Pematangan (Kuswinanti <i>et al.</i> , 2014)	8
4.1	Uji Karakteristik Isolat	27
4.2	Karakterisasi Morfologi Koloni	28

## DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Judul Tabel	Halaman
Lampiran 1. Tabel Hasil		58
1.1	Tabel Karakterisasi Isolat	58
1.2	Tabel Kurva Standar <i>Indole Acetid Acid</i> (IAA)	58
1.3	Kurva Standar <i>Indole Acetid Acid</i> (IAA) dengan persamaan $y = ax - b$	59
1.4	Tabel Pengamatan Seleksi Bakteri Penghasil IAA	59
1.5	Tabel Pengamatan Uji Kemampuan Penghasil IAA	60
1.6	Tabel Pengamatan Uji Pelarut Fosfat	61
1.7	Penomoran dan penandaan	61
1.8	Hasil Uji <i>Oneway Annova</i>	62
Lampiran 2. Dokumentasi		69
2.1	Dokumentasi Makroskopik	69
2.2	Dokumentasi Pewarnaan Gram	71
2.3	Dokumentasi Uji Endospora	71
2.4	Dokumentasi Uji Katalase	72
2.5	Dokumentasi Uji Indole	73
2.6	Dokumentasi Uji Oksidase	74
2.7	Dokumentasi Uji pelarut fosfat	75
2.8	Dokumentasi Hasil Perubahan Warna Uji Kemampuan Penghasil IAA	76
Lampiran 3. Analisis data		77
3.1	Analisis Data <i>One Way annova</i>	77
3.2	Uji Lanjut <i>Duncan Multiple Range Test</i> (DMRT)	77

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Berdasarkan geografis, Kabupaten Lamongan terletak pada 6° 51' 54"- 7° 23'6"LS dan diantara 112° 4'4"-112° 33' 12" BT. Kabupaten Lamongan memiliki luas wilayah kurang lebih 1.812,8 km<sup>2</sup> (3,78% dari total luas wilayah Provinsi Jawa Timur), panjang garis pantai sepanjang 47 kilometer. Berdasarkan kondisi sumber daya alam yang ada, potensi unggulan daerah Kabupaten Lamongan masih didominasi sektor pertanian khususnya nampak pada sub sektor tanaman pangan dan sub sektor perikanan. Potensi perikanan di Kabupaten Lamongan cukup besar yang meliputi perikanan tangkap, perikanan budidaya dan sektor perikanan lainnya. Pada sektor lahan sawah-tambak mendapatkan hasil produksi yang paling besar dibanding dengan sistem kolam dan tambak biasa.

Rata-rata sawah-tambak di Lamongan terletak di bagian utara Kab. Lamongan diantaranya, Kecamatan Glagah, Deket, Karangbinangun, Turi, Kalitengah, Karanggeneng. Di daerah tersebut sekitar 88% dari luas wilayahnya adalah berupa sawah-tambak (3.888ha). Berdasarkan BPS Kab Lamongan pada 2018, luas lahan sawah-tambak sekitar 19.522,44 ha dengan penghasilan per panen mencapai 45.348.247,00 ton dan rata-rata produktivitas 2.322,88 kg/ha. Pertanian yang menggunakan sistem pertanian sawah biasa menunjukkan hasil luas lahan 157.000,00 ha dengan penghasilan per panen mencapai 1.053.796,10 ton dan rata-rata produktivitas 6.60 ton/ha, dari data tersebut menjadikan Lamongan sebagai pemasok beras terbesar yang ada di Jawa Timur. Pada tahun 2012 Jawa Timur berada pada urutan pertama sebagai provinsi penghasil produksi beras terbanyak dengan kontribusi sebesar 17,67%. Di Provinsi Jawa Timur terdapat beberapa daerah yang menjadi daerah produksi padi tertinggi diantaranya yaitu Kabupaten Jember, Kabupaten Bojonegoro, dan peringkat ketiga adalah Kabupaten Lamongan. Kecamatan Kembangbahu menjadi salah satu daerah yang merupakan salah satu penghasil padi terbesar di Kabupaten Lamongan dengan mencapai 74 ton/ha. Pertanian di Lamongan membawa peran penting bagi kelangsungan hidup

masyarakat juga sebagai sumber ekonomi (Ahmadi & Rahaju, 2018).

Sawah-tambak merupakan sistem penggunaan lahan secara bergantian menurut musim, seperti pada saat musim kemarau lahan tersebut digunakan untuk lahan sawah penanaman padi, dan pada saat musim hujan lahan tersebut digunakan untuk tambak pengolahan budidaya ikan (Unair News, 2022). Tambak darat (sawah-tambak) di Lamongan pada umumnya terletak di dataran rendah/daerah rawa, dimana suplai airnya banyak tergantung dari air hujan. Oleh karena itu, lebih dikenal dengan sawah-tambak. Disamping itu suplai air juga diperoleh dari sungai yang merupakan sisa air hujan yang tertampung, pada musim kemarau panjang keadaan air sungai kotor karena semua kegiatan manusia akan terkumpul disana. Sebaliknya, mengakibatkan pada musim penghujan air sungai sangat keruh karena banyak mengandung lumpur, bahkan tidak lepas dari sisa buangan hasil pertanian (Prawiro *et al.*, 2019).

Pertanian padi harus dilakukan pada sawah yang subur, ciri daerah pertanian yang mempunyai daerah rizosfer dengan berbagai jenis bakteri dengan potensi fungsional yang sebagian besar tidak diketahui. Penelitian sebelumnya yang dilakukan pada tanaman padi menunjukkan banyak jenis bakteri rizosfer yaitu *Pseudomonas fluorescence*, *Bacillus subtilis*, *Serratia marcescens strain B2* dan *Bacillus megaterium* (Quintao *et al.*, 2015). Total populasi bakteri rizosfer berada di kisaran  $10^4$ - $10^6$  CFU/g tanah, secara statistik total populasi pada tanah salin moderat berbeda secara signifikan dibandingkan dengan tanah salin rendah dan sangat rendah (Susilowati *et al.*, 2015). Mikroba pada daerah rizosfer dapat mempengaruhi akar tumbuhan melalui interaksi biologis, fisik, dan kimiawi. Pada rizosfer IAA yang dihasilkan oleh mikroba dapat meningkatkan jumlah rambut akar, ukuran, dan jumlah akar adventif tanaman (Ribeiro *et al.*, 2018). Interaksi mikroba dalam akar melibatkan endofitik atau mikroorganisme yang hidup bebas dapat bersimbiotik di alam seperti bakteri pemfiksasi N<sub>2</sub> berasosiasi dengan leguminosa dan interaksi akar dengan mikoriza, semuanya mampu memfiksasi nitrogen, melarutkan fosfat dan mensintesis IAA (*indole acetyc acid*).

Populasi bakteri rizosfer berkaitan dengan pH tanah dan kandungan bahan organik (Taylor *et al.*, 2019; Buee *et al.*, 2019, Thanh & Diep, 2014). Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa sebanyak 9 isolat bakteri berasal dari rizosfer tanaman hortikultura. Setelah dilakukan seleksi isolat bakteri penghasil auksin didapat sebanyak 2 isolat bakteri positif yang mampu menghasilkan IAA, yaitu isolat IBPA 3 dan IBPA 5. Nilai konsentrasi IAA pada isolat IBPA 3 sebesar 42,178 ppm dan pada isolat IBPA 5 sebesar 27,65 ppm. Karakteristik IBPA 3 mengarah ke genus *Bacillus* dan IBPA 5 mengarah ke genus *Pseudomonas*.

Bakteri memiliki kemampuan yang berbeda dalam melarutkan fosfat. Hal ini disebabkan karena setiap mikroba pelarut fosfat menghasilkan jenis dan jumlah asam organik yang berbeda. Asam-asam organik yang dihasilkan mikroorganisme berbeda-beda kualitas dan kuantitasnya dalam membebaskan fosfat. Bakteri pelarut fosfat (BPF) mengubah P yang tidak tersedia (baik  $P_i$  dan  $P_o$ ) menjadi P yang tersedia untuk memenuhi kebutuhan tanaman melalui perombakan dan penyerapan (Chen & Liu, 2019). Selama ini belum ada yang meneliti tentang karakterisasi bakteri rizosfer pada sawah dengan sistem sawah-tambak, sehingga perlu dilakukan penelitian mengenai isolasi dan karakterisasi bakteri rizosfer penghasil IAA dan pelarut fosfat pada sawah dengan sistem sawah-tambak. Penelitian ini dapat memberi informasi tentang bakteri rizosfer penghasil IAA dan pelarut fosfat pada tanaman padi (*Oryza sativa* L.) menggunakan sistem sawah- tambak.

## 1.2 Rumusan Masalah

- 1) Apakah terdapat keragaman karakteristik isolat bakteri penghasil IAA yang ditemukan pada rizosfer tanaman padi (*Oryza sativa* L.) pada sawah dengan sistem sawah tambak?
- 2) Apakah terdapat perbedaan kemampuan bakteri penghasil IAA dan pelarutan fosfat oleh isolat bakteri yang ditemukan pada rizosfer tanaman padi (*Oryza sativa* L.) pada sawah dengan sistem sawah tambak?

### 1.3 Tujuan Penelitian

- 1) Penelitian ini dapat mengetahui karakteristik isolat bakteri yang ditemukan pada rizosfer tanaman padi (*Oryza sativa* L.) pada sawah dengan sistem sawah tambak.
- 2) Penelitian dapat mengetahui perbedaan kemampuan bakteri penghasil IAA dan pelarutan fosfat oleh isolat bakteri yang ditemukan pada rizosfer tanaman padi (*Oryza sativa* L.) pada sawah dengan sistem sawah tambak.

### 1.4 Manfaat Penelitian

#### 1.4.1 Bagi Akademis

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat untuk mengetahui karakterisasi bakteri rizosfer yang berada pada tanaman padi (*Oryza sativa* L.) dengan sistem sawah-tambak. Penelitian ini juga dapat digunakan sebagai bahan pengetahuan, referensi serta kepustakaan tentang isolasi dan karakterisasi bakteri rizosfer pada tanaman padi (*Oryza sativa* L.) dengan sistem sawah-tambak

#### 1.4.2 Bagi Praktis, penelitian ini bermanfaat bagi :

##### 1) Bagi Institusi

Penelitian yang telah dilakukan diharapkan mampu bermanfaat bagi institusi sebagai saran untuk institusi terkait dalam mengembangkan usaha tani sawah-tambak guna meningkatkan efektivitas serta produktivitas pertanian.

##### 2) Bagi Penulis

Penelitian ini diharapkan mampu menjadi salah satu cara penulis untuk mengimplementasikan ilmu pengetahuan yang dimiliki mengenai keragaman dan karakterisasi bakteri rizosfer pada tanaman padi.

##### 3) Bagi Masyarakat

Hasil dari penelitian yang telah dilakukan diharapkan dapat memberikan tambahan ilmu serta wawasan yang bermanfaat, khususnya bagi masyarakat yang bermata pencaharian sebagai petani.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Tanaman Padi (*Oryza sativa* L.)**

Tanaman padi (*Oryza sativa* L.) merupakan tanaman semusim yang mampu beradaptasi pada berbagai kondisi lingkungan. Tanaman ini masuk kedalam golongan Graminae atau rumput-rumputan. Menurut Tripethi (2011) taksonomi tanaman padi (*Oryza sativa* L.) sebagai berikut :

Kingdom : Plantae  
Divisi : Magnoliophyta  
Kelas : Liliopsida  
Ordo : Poales  
Famili : Poaceae  
Genus : *Oryza*  
Spesies : *Oryza sativa* L.

Genus *Oryza* terdiri tidak kurang dari 25 spesies yang tersebar di daerah tropik dan subtropik. *Oryza sativa* merupakan spesies yang paling banyak dibudidayakan di dunia karena memiliki nilai ekonomis tinggi serta kandungan gizi yang dibutuhkan oleh tubuh khususnya karbohidrat (Utama *et al.*, 2015). Pertumbuhan padi diawali dengan proses perkecambahan. Pada benih yang berkecambah timbul calon akar (*radicula*) maupun calon batang (*plumula*). Mula- mula akar dari benih padi yang berkecambah hanya berupa akar pokok, kemudian setelah 5-6 hari berkecambah akan tumbuh akar serabut atau disebut dengan akar seminal Akar serabut keluar dari akar tunggang yang berfungsi pada proses penyerapan air dan unsur hara pada konsentrasi kedalaman 20-30 cm (Purwono dan Purnawati, 2017).

##### **2.1.1 Morfologi Padi**

Tanaman padi memiliki batang berbentuk bulat, berongga dan beruas-ruas. Warna batang padi berwarna hijau kekuningan. Tinggi tanaman padi bisa mencapai 160 cm. Berdasarkan karakteristik tinggi tanaman, varietas yang tinggi memiliki tanaman yang pendek dapat diakibatkan oleh beberapa faktor seperti faktor genetik, iklim atau faktor lainnya. Semakin tinggi tanaman

semakin tinggi kecenderungan untuk rebah. Batang berfungsi sebagai penopang tanaman, mendistribusikan unsur hara dan air (Donggulo *et al.*, 2017).

Padi merupakan tanaman semusim dengan sistem perakaran serabut. Tiap daun padi terdiri dari helaian daun pelepah daun, lidah daun (*ligule*), telinga daun (*auricle*) dan permukaan daun tidak berambut. Daun tanaman padi pada umumnya warna daun padi berwarna hijau dengan lidah daun berwarna putih atau tidak berwarna dan telinga daun berwarna hijau. Jumlah daun tanaman padi berbeda-beda tergantung pada varietasnya, tetapi biasanya tanaman padi memiliki jumlah daun 12-18 helai pada batang utama (Janne *et al.*, 2018).

Bunga padi tergolong bunga sempurna tetapi tidak lengkap. Bunga padi secara keseluruhan disebut malai. Tiap unit bunga pada malai dinamakan spikelet yaitu bunga yang terdiri atas tangkai, bakal buah, lemma, palea, putik, dan benang sari serta beberapa organ lainnya. Tiap unit bunga pada malai terletak pada cabang-cabang bulir yang terdiri atas cabang primer dan sekunder. Tiap unit bunga padi pada hakikatnya adalah floret yang hanya terdiri atas satu bunga, yang terdiri atas satu organ betina (*pistil*) dan enam organ jantan (*stamen*) (Masniawati *et al.*, 2015).

Buah padi yang sehari-hari kita sebut gabah yang sebenarnya bukan gabah melainkan buah padi yang tertutup oleh lemma dan palea. Lemma dan palea serta bagian lain akan membentuk sekam atau kulit gabah, lemma selalu lebih besar dari palea dan menutupi hampir 2/3 permukaan beras, sedangkan sisi palea tepat bertemu pada bagian sisi lemma. Gabah terdiri atas biji yang terbungkus sekam (Janne *et al.*, 2018). Gambar morfologi tanaman padi secara lengkap disajikan pada Gambar 2.1.



**Gambar 2.1** Morfologi Tanaman Padi (*Oryza sativa* L) (1) Batang Padi, (2) Bunga Padi, (3) Akar Padi, (4) Malai Padi, (5) Daun Padi, (Dokumen Pribadi, 2022)

### 2.1.2 Fase Hidup Padi

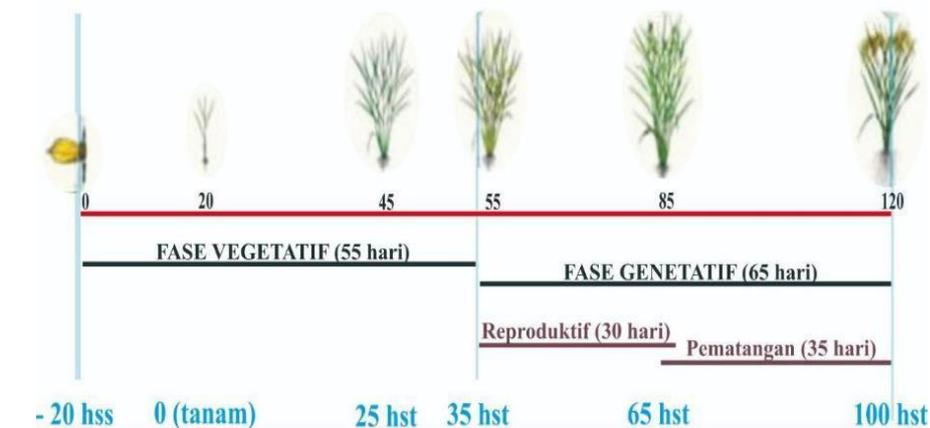
Pertumbuhan tanaman padi dibagi dalam tiga fase, yaitu fase vegetatif (awal pertumbuhan sampai pembentukan bakal (malai/primordial), fase generatif/reproduktif (primordial sampai pembungaan) dan fase pematangan (pembungaan sampai gabah matang). Fase vegetatif merupakan fase pertumbuhan organ-organ vegetatif, seperti penambahan jumlah anakan, tinggi tanaman, bobot, dan luas daun (Makarim *et al.*, 2019).

Irigasi genangan merupakan cara pemberian air dengan cara menggenangi lahan tempat tanaman tumbuh. Koloni rhizobakteri saat proses penggenangan yaitu pada fase vegetatif dan generatif, cenderung lebih banyak dibanding pada fase pematangan. Hal tersebut dapat disebabkan karena pada fase vegetatif dan generatif masih berlangsung proses penggenangan, sehingga memungkinkan jumlah koloni meningkat karena terjadi perubahan pH. Seperti yang diketahui bahwa pada tanah masam jika dilakukan penggenangan akan meningkatkan pH, sedangkan pada tanah alkalis akan menurunkan pH.

Tabel 2.1 Jumlah Koloni Rhizobakteri Asal Rizosfer Padi Sawah Pada Fase Pertumbuhan Vegetatif, Generatif Dan Fase Pematangan (Kuswinanti *et al.*, 2014)

Asal Sedimen	Fase			Total koloni (CFU/ml)
	Vegetatif	Generatif	Pematangan	
Gowa	21	16	13	50
Maros	13	21	13	47
Takalar	12	6	13	27
Pinrang	10	9	8	31

Selain kenyataan tersebut juga didukung oleh nisbah C/N (tabel 2.1) untuk semua tanah sawah berada pada kategori sangat rendah sampai rendah, hal ini membuktikan bahwa terjadi proses mineralisasi yang tinggi pada saat proses penggenangan. Jadi meskipun kandungan bahan organik rendah namun didukung oleh pH optimum dan tersedia cukup air, maka dapat merangsang pertumbuhan dan aktivitas rhizobakteri seperti jumlah koloni yang tertera pada tabel. Persentase rhizobakteri pada fase vegetatif dan reproduktif lebih besar dibandingkan pada fase pematangan, juga dapat disebabkan oleh karena pada fase vegetatif merupakan fase pertumbuhan organ-organ vegetatif. Pada fase ini tanaman memerlukan banyak asupan unsur hara namun juga disertai dengan pelepasan sisa-sisa metabolisme aktivitas sel berupa gula, asam-asam amino, asam-asam organik yang merupakan sumber energi bagi rhizobakteri. Selain itu pada fase vegetatif terjadi penambahan jumlah anakan yang menyebabkan semakin banyak dan merata jumlah perakaran tanaman semakin besar distribusi eksudat ke area rizosfer sehingga dapat merangsang aktivitas rhizobakteri (Nontji *et al.*, 2022). Fase reproduktif terjadi saat tanaman berbunga, dengan lama fase reproduktif untuk kebanyakan varietas padi di daerah tropis umumnya 35 hari dan fase pematangan sekitar 30 hari. Perbedaan masa pertumbuhan ditentukan oleh lamanya 10 fase vegetatif (Makarim *et al.*, 2019). Fase pemasakan dimulai dari pembentukan biji sampai panen yang terdiri atas 4 stadia yaitu stadia masak susu, stadia masak kuning, stadia masak penuh dan stadia masak mati (Santoso *et al.*, 2018). Gambar fase pertumbuhan tanaman padi secara lengkap disajikan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Fase Pertumbuhan Tanaman Padi (HSS: Hari Setelah Semai, HST: Hari Setelah Tanam) (Gigih Bertani, 2017)

Fase pemasakan tanaman padi ketika terbentuknya bulir padi yang berisi sampai berwarna kuning-kekuningan dan berat malai bertambah dengan cepat sedangkan berat jerami semakin menurun. Fase pemasakan tersebut merupakan tanda tanaman padi siap dipanen (Wibowo dan Puji, 2010).

## 2.2 Lahan Sawah-Tambak

Tanah sawah adalah tanah yang digunakan untuk bertanam padi, baik terus-menerus sepanjang tahun maupun bergiliran dengan tanaman palawija. Istilah tanah sawah bukan merupakan istilah taksonomi, tetapi merupakan istilah umum seperti halnya tanah hutan, tanah perkebunan, tanah pertanian dan sebagainya. Segala macam jenis tanah dapat disawahkan asalkan air cukup tersedia. Kecuali itu padi sawah juga ditemukan pada berbagai macam iklim yang jauh lebih beragam dibandingkan dengan jenis tanaman lain. Karena itu tidak mengherankan bila sifat tanah sawah sangat beragam sesuai dengan sifat tanah asalnya (Hardjowigeno *et al.*, 2018).

Tambak dalam perikanan adalah kolam buatan, biasanya terdapat di daerah pantai yang diisi air dan dimanfaatkan sebagai sarana budidaya perairan (akuakultur). Hewan yang dibudidayakan adalah hewan air, terutama ikan, udang, serta kerang. Penyebutan “Tambak” ini biasanya dihubungkan dengan air payau atau air laut. Kolam yang berisi air tawar biasanya disebut kolam saja atau empang (Nasution *et al.*, 2018).

Lahan sawah-tambak merupakan lahan alih fungsi dari lahan tambak menjadi

lahan tani guna meningkatkan produktivitas usaha tani. Usaha tani padi-udang windu (Pandu) di lahan sawah-tambak Kabupaten Lamongan dikenal petani sejak tahun 1994 dan berkembang pesat pada tahun 1996. Berkembangnya usaha tani Pandu di lahan tersebut karena adanya kegagalan panen udang di lahan tambak payau yang disebabkan oleh penyakit bakteri *Vibrio* sp. Sedangkan udang windu di lahan sawah-tambak dapat terhindar dari penyakit tersebut (Santoso *et al.*, 2018) Sawah-tambak adalah kolam tadah hujan yang unik. Ini adalah sistem usaha tani yang terkenal dilakukan di Jawa Timur, terutama di daerah banjir seperti Lamongan, Gresik, Bojonegoro. Luas lahan sawah-tambak sekitar 19.522,44 ha dengan penghasilan per panen mencapai 45.348.247,00 ton dan rata-rata produktivitas 2.322,88 kg/ha. Sedangkan untuk pertanian yang menggunakan sistem pertanian sawah biasa menunjukkan hasil luas lahan 157.000,00 ha dengan penghasilan per panen mencapai 1.053.796,10 ton dan rata-rata produktivitas 6.60 ton/ha (BPS Kab. Lamongan, 2018).

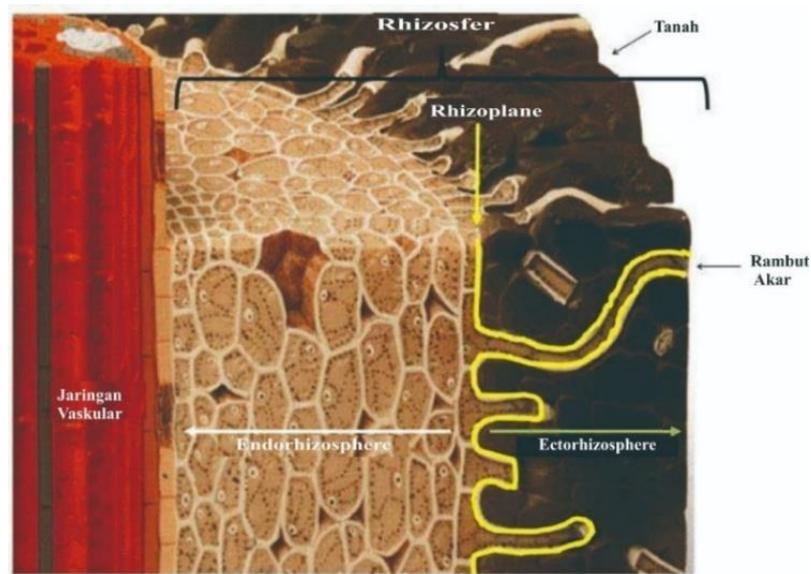
Beberapa karakteristik lahan tambak yang ideal untuk dialih fungsikan menjadi lahan tani adalah lahan yang berada di daerah dataran rendah, memiliki iklim basah (banyak hujan) sehingga memiliki banyak bakteri fungsional di dalam dan sekitar tanahnya. Bakteri di dalam dan sekitar akar padi berperan sebagai penyedia unsur hara bagi tanaman, seperti bakteri rizosfer yang berada di area perakaran yang masih dipengaruhi oleh aktivitas akar dan sebagai habitat yang baik untuk pertumbuhan mikroba, karena akar dapat menyediakan berbagai bahan organik yang dibutuhkan mikroba yang berada dalam tanah (Gassing *et al.*, 2021).

### **2.3 Daerah Rizosfer**

Daerah rizosfer mengandung berbagai bakteri dengan potensi fungsional yang sebagian besar tidak diketahui. Penelitian sebelumnya telah meneliti karakteristik fungsional komunitas mikroba menggunakan *high throughput sequencing*, menyimpulkan bahwa taksa tertentu memainkan peran penting dalam kesuburan tanah (Yurgel *et al.*, 2019). Mikroba daerah rizosfer dapat mempengaruhi akar tumbuhan melalui interaksi biologis, fisik, dan kimiawi. Keterbatasan informasi mengenai mikroba rizosfer tumbuhan yang ada saat ini, sehingga dilakukan penelitian mengenai mikroba rizosfer untuk mempelajari interaksi antara tumbuhan

dan mikroba tanah memahami berbagai proses terkait tumbuhan (Kumaret *et al.*, 2018), serta untuk mengeksplorasi keanekaragaman mikroba dari tanah. Di dalam tanah, khususnya pada daerah rizosfer suatu tanaman umumnya terdapat berbagai macam mikroorganisme yang hidup dan menguntungkan bagi pertumbuhan suatu tanaman.

Rizosfer merupakan daerah perakaran yang menyediakan berbagai bahan organik yang dapat merangsang pertumbuhan mikroba sehingga rizosfer adalah habitat yang sangat baik bagi pertumbuhan mikroba. Bahan organik yang dikeluarkan oleh akar dapat berupa eksudat akar, gula, asam amino, asam organik dan asam lemak (Sari *et al.*, 2015). Bakteri pada daerah rizosfer berasal dari tanah dan jenis tanaman yang berbeda memiliki jumlah populasi bakteri yang berbeda, karena keberadaan suatu bakteri dalam tanah terutama pada daerah rizosfer dipengaruhi oleh kelembaban tanah dan juga dipengaruhi oleh akar tanaman itu sendiri. Populasi bakteri tanah dengan jumlah yang banyak, menunjukkan bahwa pada suatu daerah rizosfer tanaman terdapat suplai makanan atau energi yang cukup, temperatur yang sesuai untuk keberlangsungan hidup bakteri dan ketersediaan air yang cukup serta keadaan lingkungan lainnya yang menyokong pertumbuhan bakteri tanah (Sahara *et al.*, 2019). Populasi bakteri pada daerah rizosfer memiliki lebih dari satu jenis bakteri yang masing-masing memiliki karakter berbeda-beda. Karakter suatu bakteri adalah suatu sifat khas yang dimiliki oleh suatu jenis bakteri tertentu untuk membedakannya dengan jenis bakteri lainnya. Proses karakterisasi bakteri dapat dilakukan dengan melakukan pengamatan berdasarkan morfologi koloni, morfologi sel, jenis Gram, dan uji biokimia (Pambudi *et al.*, 2019).



**Gambar 2.3** Skematik potongan akar untuk menggambarkan struktur dari rizosfer (McNear, 2013).

Menurut Soemarno (2016), struktur rizosfer terdiri dari tiga zona berdasarkan kedekatannya dengan sistem perakaran yaitu *Endorizosfer*, *Rhizoplane* dan *Ektorhizoplane*.

Rizosfer tanah dibagi menjadi tiga zona yaitu:

- 1) *Endorizosfer* merupakan zona rizosfer yang terdiri dari jaringan akar termasuk endodermis dan lapisan kortikal. Efek rizosfer adalah terlihat pada perbedaan struktur populasi mikroorganisme yang ditanami dan tidak ditanami serta variasi dalam struktur komunitas bakteri dan jamur. Populasi bakteri lebih banyak ditemukan di rizosfer dibandingkan dengan mikroorganisme lainnya. Mikroorganisme tanah lebih banyak ditemukan pada permukaan tanah karena banyak tersedia bahan organik. Oleh karena itu, mikroorganisme lebih banyak berada pada lapisan tanah yang paling atas (Raut *et al.*, 2017).
- 2) *Rhizoplane* adalah permukaan akar, *rhizoplane* ini terdiri dari epidermis, korteks dan polisakarida. Pada *rhizoplane* terdapat senyawa organik yang dikeluarkan oleh akar tanaman ke lingkungan sekitar.
- 3) *Ektorizosfer* terdiri dari tanah yang berdekatan dengan akar (Robika *et al.*, 2019).

Mikroba sangat melimpah pada saat dimana akar tanaman sangat banyak atau dominan beraktivitas. Atas dasar kenyataan ini, mikroorganisme *rhizoplane* cenderung dijumpai pada akar-akar tanaman tua dibandingkan dengan akar-akar tanaman yang lebih muda. Bakteri maupun jamur (fungi) yang hidup dalam sel-sel akar tanaman tidak dianggap merupakan bagian dari *rhizoplane*, tetapi disebut sebagai endophyta (Rodriguez, 2018 & Sylvia, 2015).

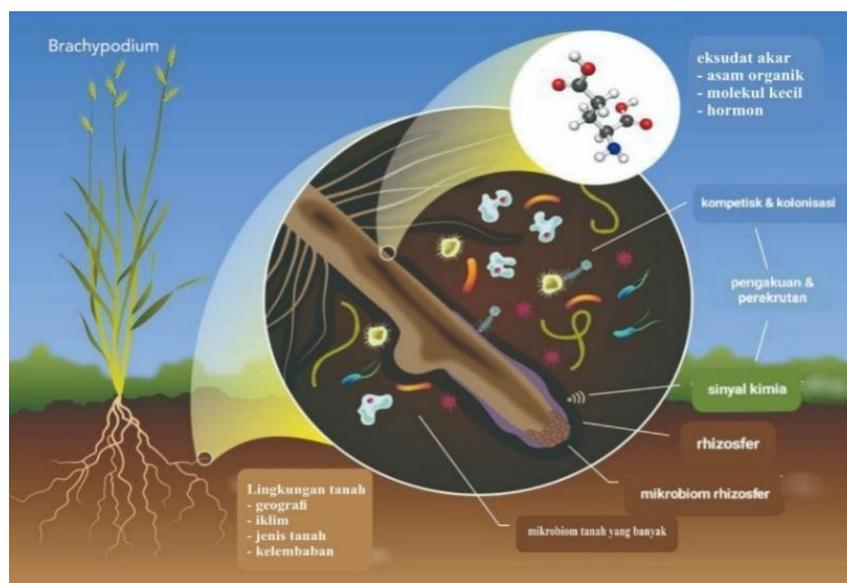
#### **2.4 Bakteri Rizosfer**

Mikroorganisme yang berada di rizosfer berperan penting dalam pertumbuhan dan ekologi tanaman. Interaksi mikroba di akar termasuk mikroorganisme endofit atau hidup bebas yang mungkin bersimbiosis di alam, seperti bakteri pemfiksasi N<sub>2</sub>. Bakteri Rizosfer adalah bakteri yang terdapat pada daerah perakaran tanaman yang memiliki keanekaragaman tinggi (Khairani *et al.*, 2019). Bakteri rizosfer adalah bakteri yang hidup di bawah tanah, dan bersimbiosis dengan bintil akar tanaman kacang-kacangan (*leguminoceae*). Populasi bakteri Rizosfer berkaitan dengan pH tanah dan kandungan bahan organik (Taylor *et al.*, 2009; Buee *et al.*, 2009, Thanh & Diep, 2014). Bakteri Rizosfer memiliki berbagai peran seperti menyediakan nutrisi bagi tanaman, melindungi tanaman dari infeksi bakteri patogen (terutama di daerah perakaran) menghasilkan hormon pertumbuhan, seperti *indol acetic acid*, pelarut fosfat, pengikat nitrogen, dan lain-lain. Selain itu, bakteri rizosfer dapat mempengaruhi ketersediaan dan siklus nutrisi tanaman dengan menjaga kestabilan tekstur tanah (Susilawati *et al.*, 2016). Bakteri Rizosfer memiliki keunikan dibanding mikroorganisme tanah lainnya dalam kemampuannya bersimbiosis dengan tanaman legum untuk menambat N<sub>2</sub>. Agar dapat melakukan simbiosis, rizosfer tidak hanya harus bisa hidup secara saprofit, tetapi juga mengalahkan (berkompetisi) dengan rizosfer yang lain dalam memperoleh tempat infeksi pada akar tanaman. Oleh karena itu, kemampuan fisiologi untuk bertahan dalam keadaan yang bagaimanapun merupakan syarat yang penting agar dapat beradaptasi pada lingkungan yang banyak persaingan dan lingkungan tanah yang kompleks (Rahmawati *et al.*, 2005). Karakteristik utama rizosfer adalah pelepasan senyawa organik ke dalam tanah oleh akar tanaman.

Senyawa ini, yang disebut eksudat, membuat lingkungan rizosfer sangat

berbeda dengan lingkungan di tanah curah. Eksudat dapat digunakan untuk meningkatkan ketersediaan nutrisi di rizosfer dan juga menyediakan sumber makanan bagi mikroorganisme. Hal ini menyebabkan jumlah mikroorganisme jauh lebih banyak di rizosfer daripada di tanah curah. Kehadiran mereka menarik organisme tanah yang lebih besar yang memakan mikroorganisme dan konsentrasi organisme di rizosfer bisa mencapai 500 kali lebih tinggi daripada di tanah curah.

Karakteristik lain dari rizosfer adalah penyerapan air dan nutrisi oleh tanaman. Tumbuhan mengambil air dan nutrisi ke akarnya kemudian menarik air dari tanah disekitarnya menuju akar dan rizosfer. Keseimbangan antara pergerakan air dan unsur hara menuju akar dan pemindahannya dari tanah oleh akar berarti bahwa konsentrasinya di rizosfer biasanya sangat berbeda dengan konsentrasinya di tanah curah (Liu *et al.*, 2018). Gambar morfologi rizosfer secara lengkap disajikan pada Gambar 2.4.



**Gambar 2.4** Morfologi Rizosfer (Liu, J., HA *et al.*, 2018)

Selain berperan untuk mengambil unsur hara dan menjangkarkan tumbuhan ke alam tanah, akar juga secara aktif mengeluarkan berbagai macam senyawa yang disebut eksudat akar ke lingkungan tanah. Berikut senyawa organik dan enzim pada eksudat akar dan fungsinya di rizosfer:

- 1) Asam organik terdiri dari 20 asam amino proteogenik,  $\gamma$ -asam amino

butirat, sistasionin, sistin, homoserin, asam mughat, ornitin, fotosiderofot, betain, stakidrin. Berfungsi untuk menghambat pertumbuhan akar, memacu pertumbuhan pada mikroba (*chemoattractants*), pelindung cairan sel akar (*osmoprotectants*) dan pengikat besi (*iron scavengers*).

- 2) Molekul kecil terdiri dari saponin, skopoletin, nukleotida, kaistegin, trigonelin, santon, strigolakton yang berfungsi sebagai pengatur pertumbuhan tanaman, pertahanan tanaman, pemacu pertumbuhan mikroba, inisiator interaksi mikoriza arbuskula (MA).
- 3) Hormon terdiri dari auksin, etilen dan prekursornya 1-asam aminosiklopropan 1-karbosilat (AAK), putreskin, jasmonat, asam salisilat yang berperan sebagai pengatur pertumbuhan tanaman.

Melimpahnya eksudat akar yang kaya akan karbon organik merupakan alat komunikasi untuk mengundang berbagai mikroba tanah untuk mengkoloni daerah tersebut. Eksudat akar merupakan sumber makanan dan energi yang utama bagi organisme yang hidup di rizosfer (Zhuang *et al.*, 2013).

Keberhasilan suatu tanaman tumbuh di suatu tempat tergantung pada kemampuannya beradaptasi terhadap lingkungan barunya termasuk berkompetisi dengan tumbuhan lain. Tumbuhan harus mampu memahami komunikasi “isyarat” dari tetangganya di tempat baru dan mengurangi pengaruh negatif dari kompetisi tersebut (Ninkovic *et al.*, 2006).

Sinyal kimiawi pada rizosfer seperti senyawa pertahanan tanaman (*allamones*), faktor virulensi patogen (*allamones*), sinyal peringatan yang menginduksi pertahanan tanaman (*kairomones* dan *synomones*) dan sinyal yang terlibat dalam pertumbuhan akar ke dalam matriks tanah (*kairomones*, *synomones*, dan *autoinhibitors*) digunakan tanaman untuk berdialog antara akar dengan fungi Mikoriza Arbuskula (MA) sebelum dibentuk kolonisasi. Tanaman melepaskan senyawa gula dan asam amino, yang akan menstimulir fungi melepaskan senyawa fenol terutama flavonoid yang merupakan senyawa “kunci” pada sebagian besar interaksi mikroba-tanaman (Steinkellner *et al.*, 2007).

Mikroba rizosfer berperan penting dalam siklus hara dan proses pembentukan

tanah, pertumbuhan tanaman, mempengaruhi aktivitas mikroba serta sebagai pengendali hayati terhadap patogen akar (Prayudyaningsih *et al.*, 2015).

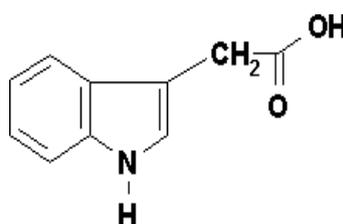
## 2.5 Bakteri Penghasil *Indole Acetic Acid* (IAA)

Bakteri endofit adalah mikroba yang hidup di dalam jaringan membentuk koloni dalam jaringan tanaman tanpa membahayakan inangnya. Setiap tanaman tingkat tinggi dapat mengandung beberapa bakteri endofit yang mampu menghasilkan senyawa biologi atau metabolit sekunder yang diduga sebagai akibat koevolusi atau transfer genetik dari tanaman inangnya ke mikroba endofit (Tan *et al.*, 2014). Bakteri penghasil IAA memiliki potensi untuk bergabung dengan proses fisiologis tanaman sehingga membuat tanaman tersebut lebih sensitif dalam mengubah konsentrasi IAA yang dimilikinya (Leveau *et al.*, 2014).

*Indole Acetic Acid* (IAA) adalah salah satu hormon yang dihasilkan oleh PGPR (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria*). Hormon IAA ini adalah auksin yang berperan dalam pembesaran sel, menghambat pertumbuhan tunas samping, merangsang terjadinya imbibisi, berperan dalam pembentukan jaringan xilem dan floem dan juga berpengaruh terhadap perkembangan dan pemanjangan akar (Kurniati *et al.*, 2018). Idris *et al.*, (2017) menyatakan IAA berperan penting bagi pertumbuhan tanaman, sehingga keberadaan bakteri tertentu penghasil IAA menyebabkan terjadinya peningkatan pertumbuhan tanaman tersebut. Produksi IAA oleh bakteri bervariasi karena faktor lingkungan, tingkat pertumbuhan dan ketersediaan asam amino dan sumber N lainnya (Yurnaliza, *et al.* 2010).

Hormon IAA merupakan fitohormon auksin yang memiliki IAA eksogen dan endogen. IAA eksogen merupakan hormon yang dihasilkan oleh sel di luar sel tumbuhan, yaitu oleh bakteri seperti *Agrobacterium tumefaciens*, *Pseudomonas* sp, dan *Azotobacter* sp. Sementara itu, IAA endogen merupakan hormon yang dihasilkan oleh sel-sel tanaman itu sendiri. Kandungan bahan IAA rendah pada tanaman dapat menstimulasi pemanjangan akar utama, sedangkan bila kandungan bahan IAA tinggi dapat menstimulasi pembentukan akar lateral dan akar adventif (Astriani *et al.*, 2015). Manfaat IAA untuk tanaman antara lain, memacu pemanjangan sel, sehingga perkembangan akar menjadi optimal. Jalur pembentukan IAA yang paling umum digunakan mikroorganisme adalah Indol-3-

asam piruvat (IPA) (Anandawarih *et al.*, 2018). Adapun jalur lainnya seperti jalur Indol-3-asetamida (IAM), jalur triptamin (TAM), jalur Indol-3-asetonitril (IAN) (Spaepen *et al.*, 2017). Larosa *et al.*, (2013) menyatakan hormon IAA yang dihasilkan oleh rizobakteri dapat meningkatkan akar lateral dan jumlah rambut akar, sehingga membuat penyerapan hara dalam tanah meningkat. Biosintesis IAA dalam tanah dapat dipacu oleh triptofan alami yang dihasilkan oleh eksudat akar yang diubah oleh mikroba menjadi IAA (Kholida & Zulaika, 2015). Adapun tiga tahapan triptofan diubah menjadi IAA, yaitu pertama, triptofan diubah menjadi asam indol piruvat melalui reaksi transaminasi, kedua, asam indol piruvat diubah menjadi *indole acet aldehyde* melalui reaksi dekarboksilasi, dan ketiga, proses oksidasi *indole acetic aldehyde* yang menghasilkan IAA (Asra *et al.*, 2020). Struktur molekul IAA (*Indole Acetic Acid*) disajikan pada Gambar 2.5.



**Gambar 2.5** Struktur molekul IAA (*Indole Acetic Acid*) (Mendrofa NR, 2019).

Secara kimia, IAA mirip dengan asam amino triptofan. IAA terdapat di akar, pada konsentrasi yang hampir sama di bagian tumbuh lainnya. Pemberian auksin memacu pada pemanjangan potongan akar atau bahkan akar utuh pada banyak spesies, tapi hanya pada konsentrasi yang sangat rendah (bergantung pada umur akar). Pada konsentrasi yang lebih tinggi, pemanjangan hampir selalu terhambat.

Diperkirakan, sel akar umumnya mengandung cukup atau hampir cukup auksin untuk memanjang secara normal. Setelah beberapa hari atau beberapa minggu penambahan auksin pada kultur *In Vitro*, banyak akar tumbuh yang menandakan bahwa kebutuhan tanaman akan hormon sudah terpenuhi dari hasil sintesis sendiri (Salisbury *et al.*, 2018).

## 2.6 Bakteri Pelarut Fosfat

Bakteri pelarut fosfat adalah bakteri yang dapat melarutkan fosfat sukar larut menjadi terlarut, baik yang berasal dari dalam tanah maupun dari pupuk, sehingga dapat diserap oleh tanaman (Alfiah *et al.*, 2016). Prinsip mekanisme pelarutan mineral fosfat adalah produksi asam-asam organik, dan enzim asam fosfatase yang berperan dalam mineralisasi fosfat organik pada tanah (Setiawati & Pranoto, 2015). Menurut Prayudyaningsih *et al.*, (2015) BPF (Bakteri Pelarut Fosfat) dijumpai di tanah perakaran rizosfer 10-1000 kali lebih banyak dibandingkan daerah lainnya. Rizosfer disebut sebagai daerah yang memiliki tingkat aktivitas metabolisme tinggi yang dipengaruhi oleh adanya interaksi antar tanaman dan mikroba yang hidup di rizosfer. Hal ini menjelaskan bahwa terdapat banyak jenis mikroorganisme yang dapat hidup di sekitar tanah perakaran rizosfer (Herman & Pranowo, 2017).

Fosfor merupakan unsur hara makro primer yang dibutuhkan oleh tanaman dalam jumlah besar, selain nitrogen dan kalium (Kalayu *et al.*, 2019). Tanaman membutuhkan fosfor dalam proses pembentukan makromolekul, seperti protein, asam nukleat, membran plasma, ATP, vitamin dan beberapa senyawa sekunder. Selain itu, fosfor juga memainkan peran penting dalam perkembangan akar, penguatan batang, pembentukan bunga dan biji, produksi energi, reaksi penyimpanan, reaksi transfer, pertumbuhan akar, pembelahan dan pembesaran sel, ketahanan terhadap penyakit tanaman, transformasi gula menjadi pati, serta pengangkutan sifat genetik (Sharma *et al.*, 2013; Satyaprakash *et al.*, 2017). Terlepas dari pentingnya fosfor untuk pertumbuhan dan metabolisme tanaman, unsur hara ini memiliki ketersediaan yang rendah di dalam tanah. Jumlah fosfor di tanah top soil umumnya berkisar antara  $50^{-1}$  sampai 3000 mg kg tanah, tetapi hanya sedikit dari total fosfor yang dapat diserap oleh tanaman (Zhu *et al.*, 2018). Ketersediaan yang rendah dalam tanah disebabkan oleh unsur fosfor yang mudah membentuk kompleks tidak larut (*imobilisasi*) dengan kation seperti aluminium dan besi di bawah kondisi tanah asam ataupun kalsium dan magnesium di bawah kondisi tanah basa (Krishnaraj & Dahale, 2014).

## 2.7 Hipotesis

Hipotesis pada penelitian ini adalah :

H0 : Tidak ditemukan keragaman karakteristik dan tidak terdapat perbedaan kemampuan bakteri penghasil IAA bakteri rizosfer tanaman padi (*Oryza Sativa* L.).

H1 : Ditemukan keragaman karakteristik dan tidak terdapat perbedaan kemampuan bakteri penghasil IAA bakteri rizosfer tanaman padi (*Oryza Sativa* L.).

## **BAB III**

### **METODOLOGI**

#### **3.1 Waktu Dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilakukan pada bulan September 2022-Januari 2023, pengambilan sampel dilakukan tiga titik di Kabupaten Lamongan yaitu, Kecamatan Sukodadi, Kecamatan Babat dan Kecamatan Kedungpring. Isolasi dan karakterisasi bakteri Rizosfer dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi Universitas Muhammadiyah Lamongan.

#### **3.2 Alat dan Bahan**

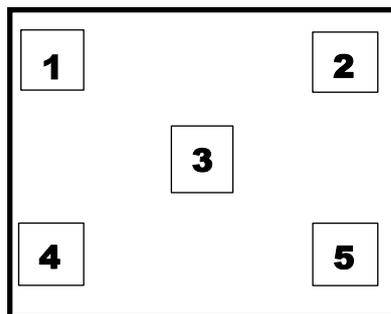
Alat yang digunakan meliputi autoklaf, tabung reaksi, Erlenmeyer, neraca analitik, jarum ose, *hot plate*, aluminium foil, plastik wrap, cawan Petri, mikroskop, alat tulis, kaca objek, rak tabung reaksi, batang L, mikro pipet, *Laminar Air Flow* (LAF), mikrotube.

Bahan yang digunakan penelitian adalah media NA, larutan fisiologis (NaCl 0,9%), sampel tanah, alkohol, cat gram A (*kristal violet*), cat gram B (larutan lugol), larutan H<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 3%, L-triptofan, larutan Salkovvski, Pikovkaya padat (glukosa 10 g; Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> 2,5g; (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,5 g; NaCl 0,2 g; MgSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O 0,1 g; KCl 0,2 g; yeast ekstrak 0,5 g; MnSO<sub>4</sub>. H<sub>2</sub>O 0,002 g; FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O 0,002 g).

#### **3.3 Metode**

##### **3.3.1 Pengambilan Sampel Tanah**

Sampel tanah yang dipakai pada penelitian ini adalah tanah dari sawah dengan sistem sawah-tambak di daerah Babat, Sukodadi, Kedungpring. Sampel tanah diambil pada kedalaman ±5–10 cm di sekitar perakaran tanaman yang diambil dari 5 titik. Pengambilan titik sampel dimodifikasi dari Fallo *et al.*, (2015) yang disajikan pada gambar 3.1.



**Gambar 3.1** Pengambilan titik sampling

### 3.3.2 Isolasi dan Pemurnian Isolat Bakteri Rizosfer

Sampel tanah ditimbang sebanyak 12gr yang diambil dari 5 titik pengambilan sampel masing-masing diambil sebanyak 2gr. Di tambahkan ke dalam larutan fisiologis sebanyak 90ml kemudian di vortex selama 3 menit hingga homogen. Dilakukan pengenceran secara berseri pada larutan campuran hingga  $10^{-5}$ . Selanjutnya, hasil pengenceran  $10^{-5}$ ,  $10^{-6}$  dan  $10^{-7}$  diambil masing-masing sebanyak 0,1 ml dan disebar menggunakan batang spreader pada setiap cawan Petri yang telah berisi media NA dan kemudian diinkubasi pada suhu  $37^{\circ}$  selama 48 jam (Astriani *et al*, 2015).

Koloni yang dapat dilakukan dengan pemurnian dalam cawan Petri yang berisi NA, cara ini menggunakan metode *streak plate*. Koloni diinkubasi pada suhu ruang selama 48 jam. Kemudian koloni yang tumbuh dapat diambil menggunakan ose lalu digores pada media NA miring dengan pola *streak plate*. Dengan demikian, diperoleh isolat murni. Kemudian isolat diinkubasi pada suhu ruang selama 48 jam (Prasetyo *et al.*, 2016). Isolat yang lolos pemurnian diberikan penomoran sebagai nama dan ditambah kode lokasi pengambilan sampel. Kode S untuk sampel yang diambil dari Sukodadi, kode B untuk sampel dari Babat dan kode K untuk sampel yang diambil dari Kadungpring.

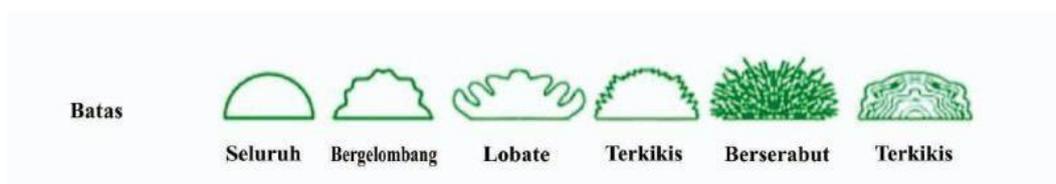
### 3.3.3 Pengamatan Secara Makroskopik

Bentuk koloni diamati secara langsung dengan melihat pertumbuhan koloni diatas permukaan agar, berupa *rhizoid*, *circular* atau *irregular* (Cappucino & Sherman, 2014). Gambar bentuk koloni secara lengkap disajikan pada Gambar 3.2.



**Gambar 3.2** Bentuk Koloni (Cappucino & Sherman, 2014).

Tepi Koloni, diamati dengan melihat setiap pinggiran koloni pada permukaan media agar, pertumbuhan tepi koloni dapat berlekuk, rata, bergelombang atau bergerigi. Gambar jenis tepi koloni secara lengkap disajikan pada Gambar 3.3.



**Gambar 3.3** Jenis Tepi Koloni (Cappucino & Sherman, 2014).

### 3.3.4 Uji Pewarnaan Gram

Setiap isolasi dilakukan tahap pewarnaan Gram dengan mengoleskan isolat murni pada gelas objek yang telah dibersihkan menggunakan alkohol 70%. Kemudian di fiksasi diatas api bunsen lalu ditetesi dengan cat Gram A (kristal violet) sebanyak 2-3 tetes yang didiamkan selama 1 menit. Kemudian gelas objek dicuci dengan menggunakan air mengalir lalu dikeringkan. Sebanyak 2-3 tetes cat Gram B (larutan lugol) ditetaskan diatas gelas objek dan dibiarkan selama 1 menit. Gelas ojek dicuci dengan air mengalir lalu dikering anginkan. Gelas objek kembali ditetsi 2-3 cat Gram C (alkohol-aseton) dan dibiarkan selama 30 detik lalu dicuci kembali dan dikering anginkan. Selanjutnya gelas objek ditetesi dengan larutan cat Gram D (larutan safranin) sebanyak 2-3 tetes dan didiamkan selama 30 detik, lalu dicuci dan dikeringkan (Cappucino & Sherman, 2014). Isolat yang telah dilakukan pewarnaan Gram selanjutnya diamati di bawah mikroskop dengan pembesaran 1000x.

### 3.3.5 Uji Endospora

Pengujian endospora dilakukan pada isolat bakteri tahan panas. Masing-masing isolat diambil secara aseptik dengan menggunakan jarum ose. Bakteri dioleskan secara merata pada gelas objek steril dan diberi akuades. Isolat bakteri di fiksasi diatas nyala bunsen sampai kering. Preparat ditutup dengan kertas yang mudah menyerap air, kemudian diletakkan diatas air mendidih selanjutnya ditetesi larutan pewarna malachite green dan didiamkan selama lebih kurang 10 menit. Preparat selanjutnya dicuci dengan air mengalir selama 30 detik. Setelah dikeringkan selanjutnya ditetesi dengan larutan safranin dan didiamkan selama 1 menit kemudian dibilas dengan air mengalir dan dikeringkan. Preparat diamati dibawah mikroskop dengan pembesaran kuat. Sebagai indikasi terdapatnya endospora akan berwarna hijau, dan bagian sel yang tidak mengandung endospora akan berwarna merah terang (Ahyani *et al.*, 2017).

### 3.3.6 Uji Katalase

Keberadaan enzim katalase diuji dengan pemberian larutan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 3% pada koloni bakteri. Koloni bakteri diambil dengan tusuk gigi yang telah disterilisasi dan diletakkan di atas gelas obyektif, lalu larutan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 3% ditetaskan pada bakteri di gelas obyektif. Bakteri yang menunjukkan katalase positif ditandai dengan terbentuknya buih pada koloni (Barkay *et al.*, 2013).

### 3.3.7 Uji Indole

Uji indol dilakukan dengan menginokulasikan isolat pada media air pepton kemudian diinkubasikan selama 1x24 jam pada suhu 37°C. Pada waktunya, reagen *Kovac* ditetaskan perlahan pada dinding tabung hingga terlihat garis pemisah antara media dan reagen. Semua isolat yang diuji menunjukkan hasil positif. Hasil positif ditunjukkan dengan terbentuknya cincin warna merah pada garis pemisah, sedangkan tidak terbentuknya cincin merah antara media dan reagen menunjukkan hasil negatif. Hasil positif pada uji indol menunjukkan bahwa bakteri mengandung enzim triptofanase yang merupakan katalis pengurai gugus indol yang terkandung dalam asam amino triptofan (Alfian *et al.*, 2016).

### 3.3.8 Uji Oksidase

Biakan masing-masing bakteri dioleskan pada kertas oksidase *Himedia* menggunakan jarum ose secara aseptik. Perubahan koloni bakteri diamati sekitar  $\pm 5$  detik, jika koloni berubah warna *deep blue/violet* pada kertas oksidase menunjukkan positif oksidase, sementara reaksi negatif ditandai dengan warna merah pada kertas oksidase (Alpriyan *et al.*, 2018).

### 3.3.9 Seleksi Bakteri Penghasil Auksin

Proses seleksi isolasi bakteri penghasil auksin melibatkan penggunaan spektrofotometer dalam analisisnya. Media NB yang ditambahkan dengan L-triptofan sebanyak 0,1 gram. Kemudian kultur diinkubasi pada shaker dengan kecepatan 100 rpm selama enam hari pada suhu ruang hingga isolat bakteri tumbuh pada media. Warna isolat bakteri yang tumbuh akan menjadi keruh dan diambil sebanyak 5ml dengan mikro pipet dan dipindahkan ke dalam mikrotube dan disentrifius selama 30 menit dengan kecepatan 7.000 rpm. Selanjutnya diambil 1 ml supernatan dan dibubuhkan dengan 4 ml Salkowski. Supernatan diinkubasi menggunakan suhu 37°C selama 24 jam dan diamati perubahan warna yang terjadi. Selanjutnya dilakukan pengukuran absorbansi dengan menggunakan alat spektrofotometer pada panjang gelombang sekitar 535 nm. Jika terjadi perubahan warna dan isolat bakteri mengubah warna sampel menjadi merah muda, ini menunjukkan bahwa bakteri tersebut mampu menghasilkan auksin (Pattern & Glick 2020). Seleksi dilakukan dengan mengambil enam dari 19 koloni dengan dua nilai absorbansi tertinggi dari setiap sampel.

### 3.3.10 Pembuatan Kurva Standar IAA

Pembuatan kurva standar IAA dilakukan dengan menggunakan sebanyak 2,5 mg IAA sintetik yang dilarutkan ke dalam 50 ml metanol. Kemudian, larutan IAA sintetik dimasukkan ke dalam tabung reaksi dengan menggunakan mikro pipet masing-masing 20  $\mu$ l, 100  $\mu$ l, 200  $\mu$ l, 300  $\mu$ l, 400  $\mu$ l, dan 900  $\mu$ l. Lalu dibubuhkan larutan metanol sampai volume masing-masing tabung reaksi tersebut menjadi 1000  $\mu$ l, kemudian dibubuhkan sebanyak empat ml reagen Salkowski pada setiap tabung reaksi, lalu

dihomogenkan dan diinkubasi selama 60 menit pada suhu ruang (Pattern & Glick 2017). Setelah itu, dilakukan pengukuran absorbansi larutan standar dengan menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 535 nm. Selanjutnya dilakukan pembuatan kurva larutan standar IAA menggunakan hasil spektrofotometer yang dinyatakan dengan hubungan antara larutan standar IAA (x) dan absorbansinya (y).

### **3.3.11 Uji Kemampuan Penghasil IAA**

Satu lup koloni bakteri dimasukkan ke dalam 50ml media NB+L-triptofan 0,1%, kemudian di inkubasi goyang selama 24 jam dengan kecepatan 120 rpm. Setelah 24 jam diambil 1ml inokulum dan dimasukkan ke dalam 10 ml media NB+L-triptofan 0,1% lalu di inkubasi goyang selama 6 hari dengan kecepatan 120 rpm. Uji kemampuan penghasil IAA dilakukan setiap hari dengan mengambil 10 ml inokulum bakteri kemudian di sentrifugasi dengan kecepatan 600 rpm selama 30 menit. Setelah di sentrifugasi, diambil 1ml supernatan dimasukkan pada tabung reaksi yang sudah dilapisi aluminium foil. Ditambahkan 4ml larutan Salkovwski (150 ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 250 ml aquades, 7,5ml 0,5M FeCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O), dan di inkubasi selama 30 menit pada ruang gelap (Patten & Glick, 2017).

Absorbansi IAA diukur dengan menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 535 nm (Sharma & Rai, 2015). Pengukuran konsentrasi IAA pada sampel dengan sumbu X sebagai kadar IAA dan sumbu Y sebagai nilai absorbansi sampel terkoreksi.

### **3.3.12 Uji Pelarut Fosfat**

Uji kemampuan bakteri dalam melarutkan fosfat dilakukan dengan menumbuhkan isolat bakteri yang telah dimurnikan pada media Pikovskaya padat yang mengandung (10g C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>, 5 g Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>, 0,5g (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 0,2g KCl, 0,1g MgSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O, 0,002 g MnSO<sub>4</sub>. 7H<sub>2</sub>O, 0,002 g FeSO<sub>4</sub>. 7H<sub>2</sub>O, 0,1 gram NaCl, 0,5g *yeast extract*) dan 20g agar yang dilarutkan dalam 1000 ml akuades dengan cara di totol kan dan diinkubasi selama 7hari pada suhu 30°C (Asril & Lisafitri, 2020). Kultur bakteri yang berumur 24 jam yang ditumbuhkan media NB diambil sebanyak 5 µl diinokulasikan pada media

Pikovskaya padat dan diinkubasi selama 7 hari pada suhu ruang. Zona bening yang terbentuk di diukur dan dihitung indeks pelarutan (IP) dengan rumus sebagai berikut (Paul & Sinha, 2016).

$$IP = \frac{\text{luas zona bening} - \text{luas koloni bakteri}}{\text{luas koloni}}$$

*Keterangan:*

*IP* : Indeks Pelarutan (mm)

Luas Zona Bening : Zona bening yang terbentuk setelah terbentuk beberapa hari inokulasi

Luas Koloni : Terbentuk setelah inokulasi.

### **3.3.13 Analisis Data**

Data yang diperoleh pada penelitian ini disajikan secara deskriptif meliputi karakteristik makroskopis (bentuk dan tepian) dan mikroskopik berupa (bentuk dan Gram) uji biokimia (uji katalase, uji indol, dan uji oksidase), uji kualitatif bakteri pelarut fosfat dengan adanya zona bening yang terbentuk, Sedangkan pengujian terhadap bakteri penghasil hormon IAA yang diisolasi dari rizosfer tanaman padi (*Oryza sativa* L.) dengan dilakukan pengukuran konsentrasi IAA menggunakan spektrofotometer.

Data kuantitatif pada penelitian ini menggunakan uji *One Way ANNOVA* dilakukan untuk menunjukkan perbedaan yang nyata dengan rentang keberterimaan untuk menyatakan perbedaan signifikan nilai ( $p < 0,05$ ), yang akan dilanjutkan dengan uji DMRT (*Duncan Multiple Range Test*).

**BAB IV**  
**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**4.1 Hasil Penelitian**

**4.1.1. Uji Karakteristik Isolat**

Uji karakteristik isolat dilakukan untuk mengetahui keragaman karakteristik bakteri penghasil IAA, berikut merupakan hasil yang uji karakteristik isolat.

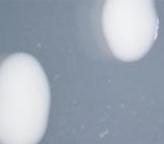
**Tabel 4.1 Uji Karakteristik Isolat**

Isolat	Makroskopik		Mikroskopik		Uji Biokimia			
	Tepi	Warna	Bentuk	Gram	Endospora	Katalase	Indole	Oksidase
S1	<i>Umbonate</i>	Putih	<i>Coccus (Tetrads)</i>	-	-	+	-	-
S2	<i>Umbonate</i>	Hijau	<i>Coccus (Staphylococci)</i>	+	+	+	-	-
S3	<i>Lobate</i>	Putih	<i>Coccus (Staphylococci)</i>	-	-	+	-	-
S4	<i>Circular</i>	Putih	<i>Coccus (Streptococci)</i>	-	-	+	-	-
S5	<i>Circular</i>	Kuning	<i>Bacilli (Streptobacilli)</i>	+	+	-	-	-
S6	<i>Irregular</i>	Kuning	<i>Coccus (Staphylococci)</i>	+	+	-	-	-
S7	<i>Punctiform</i>	Putih	<i>Bacilli (Streptobacilli)</i>	-	-	-	-	-
S8	<i>Punctiform</i>	Kuning	<i>Coccus (Streptococci)</i>	+	+	+	-	-
B1	<i>Umbonate</i>	Putih	<i>Coccus (Streptococci)</i>	+	+	-	-	-
B2	<i>Umbonate</i>	Hijau	<i>Coccus (Tetrads)</i>	+	+	-	-	-
B3	<i>Lobate</i>	Putih	<i>Coccus (Diplococci)</i>	-	-	+	-	-
B4	<i>Circular</i>	Putih	<i>Coccus (Streptococci)</i>	+	+	-	-	-
B5	<i>Circular</i>	Kuning	<i>Bacilli (Coccobacillus)</i>	-	-	+	-	-
K1	<i>Umbonate</i>	Putih	<i>Coccus (Streptococci)</i>	+	+	+	-	-
K3	<i>Lobate</i>	Putih	<i>Coccus (Streptococci)</i>	+	+	-	-	-
K4	<i>Circular</i>	Putih	<i>Batang</i>	-	-	-	-	-
K5	<i>Circular</i>	Kuning	<i>Coccus (Streptococci)</i>	-	-	+	-	-
K11	<i>Undulate</i>	Putih	<i>Coccus (Streptococci)</i>	+	+	+	-	-
K12	<i>Umbonate</i>	Kuning	<i>Coccus (Streptococci)</i>	-	-	+	-	-

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan 6 sampel memiliki tepian *Umbonate* berwarna hijau, 3 sampel memiliki tepi *Lobate* berwarna putih, 6 isolat bertepi *Circular* berwarna putih dan kuning, 2 isolat bertepi *Punctiform* berwarna putih dan kuning, 1 isolat bertepi *Undulate* berwarna putih dan *Irregular* berwarna kuning. Sementara itu untuk bentuk, sebanyak 11

isolat berbentuk tidak teratur, 3 isolat berbentuk rizoid, 2 isolat berbentuk Bundar, 1 isolat Serabut, Poros dan Pensil (**Tabel 4.1**). Berikut bentuk morfologi pada sampel isolat: (**Tabel 4.2**).

**Tabel 4.2 Karakterisasi Morfologi Koloni**

<i>Lobate</i>	<i>Umbonate</i>	<i>Circular</i>	<i>Iregular</i>	<i>Punctiform</i>	<i>Undulate</i>
					
(Agung <i>et al.</i> , 2013)	(Hudson <i>et al.</i> , 2021)	(Agung <i>et al.</i> , 2013)	(Agung <i>et al.</i> , 2013)	(Hudson <i>et al.</i> , 2021)	(Hudson <i>et al.</i> , 2021)
S3, B3, K3	S1, S2, B1, B2, K1, K12	S4, S5, B4, B5, K4, K5	S6	S7 & S8	K11

Pada pengamatan mikroskopik karakterisasi isolat di dominasi dengan bentuk Coccus (*Streptococci*) sebanyak 9 isolat, 2 isolat berbentuk Coccus (*Tetrads*), 2 isolat dengan bentuk Bacilli (*Streptobacilli*), 1 isolat berbentuk Coccus (*Diplococci*), 1 isolat berbentuk Batang, bentuk Coccus (*Staphylococci*) sebanyak 3 dan 1 isolat berbentuk Bacilli (*Coccobacillus*).

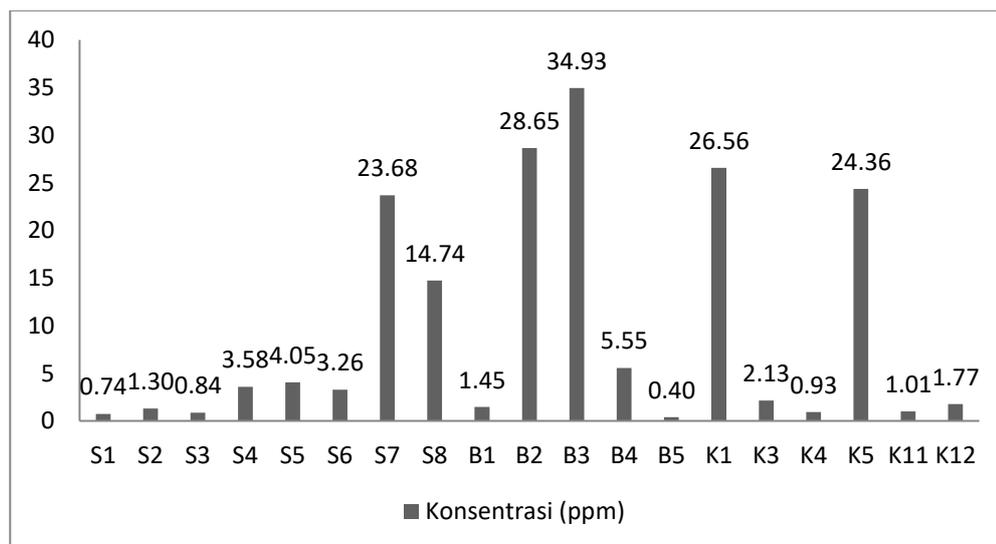
Pewarnaan Gram pada uji karakteristik isolat menandakan terdapat warna merah menunjukkan Gram negatif (-), sedangkan Gram (+) menunjukkan warna biru. Uji endospora apabila berwarna hijau maka menandakan positif (+) sedangkan jika endospora berwarna merah terang menunjukkan negatif (-). Uji katalase menunjukkan berbuih berarti menandakan positif (+) sedangkan hasil tidak menunjukkan berbuih maka dikatakan negatif (-) (Kaur & Sharma, 2013). Uji indole dilihat dari adanya cincin menandakan positif (+), sedangkan yang tidak terdapat cincin menandakan negatif (-), dan uji oksidase mengalami perubahan warna menjadi violet menandakan positif (+) dan tidak mengalami perubahan warna menandakan negatif (-) (Fitriani *et al.*, 2016).

Hasil uji biokimia berupa 19 isolat yaitu dari daerah Sukodadi sebanyak 8 isolat, daerah Babat sebanyak 5 isolat, dan daerah Kedungpering sebanyak 6 isolat. Isolat bakteri yang sudah terpilih kemudian dilakukan karakterisasi meliputi pengamatan makroskopik, mikroskopik dan uji biokimia berupa perubahan biokimia diantaranya isolat S1, S2, S3, S4, S8, B3, K11, K12 dan

B5 menghasilkan perubahan koloni yang berbuih. Isolat S2, S5, S6, S8, B1, B2, B4, K1, K3 dan K11 menghasilkan Gram yang positif, menampakkan buih dan berwarna hijau. Isolat S2, S5, S6, S8, B1, B2, K1, K3, K11 dan B4 menunjukkan warna biru dan menampakkan buih. Uji karakteristik isolat biokimia indole dan oksidase menunjukkan hasil yang negatif (**Tabel 4.2**).

#### 4.1.2. Seleksi Bakteri Penghasil Auksin

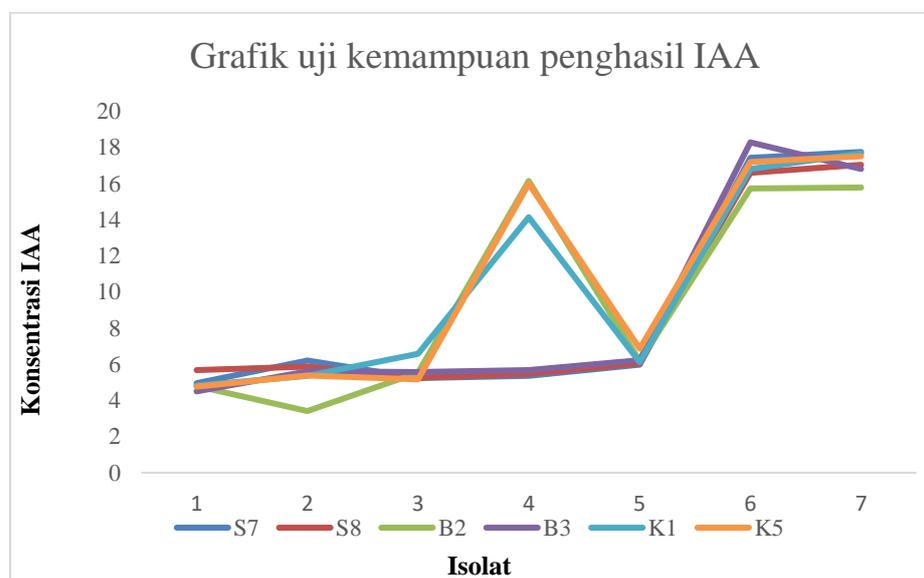
Seleksi bakteri penghasil IAA dilakukan pada 19 isolat (**Lampiran 1.4**) kemudian isolat tersebut diukur nilai absorbansinya pada panjang gelombang sekitar 535 nm, lalu dihitung nilai konsentrasi IAA dengan menggunakan persamaan yang diperoleh dari kurva standar IAA (**Lampiran 1.3**). Nilai Konsentrasi tertinggi pada setiap sampel akan diuji lanjut penghasil IAA, hasil tersebut dapat dilihat pada grafik 4.1.2



**Gambar 4.1** Grafik seleksi bakteri penghasil auksin

Bakteri penghasil IAA dapat diamati melalui nilai tertinggi absorbansi, dan warna isolat sampel berubah menjadi merah muda dari seleksi bakteri penghasil IAA didapatkan 6 isolat yang memiliki nilai konsentrasi substrat tertinggi yaitu S7 dengan nilai (23,683 ppm) S8 dengan nilai (14,746 ppm), B3 dengan nilai (34,936 ppm), B2 dengan nilai (28,657 ppm), K1 dengan nilai (26,569 ppm) dan K5 dengan nilai (24,366 ppm) (**Gambar 4.1**)

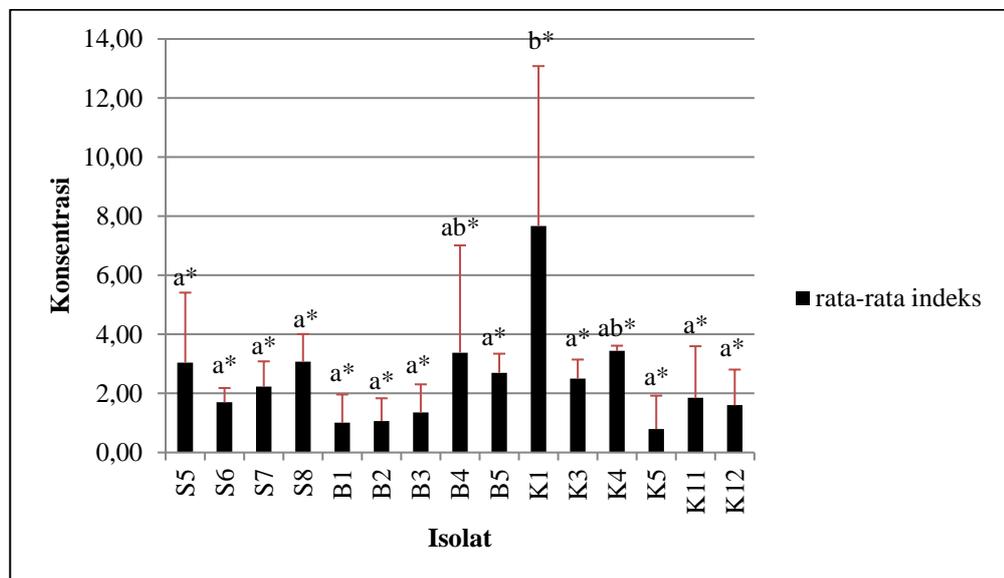
#### 4.1.3. Hasil Uji Kemampuan Penghasil IAA



**Gambar 4.2.** Grafik uji kemampuan penghasil IAA

Hasil uji kemampuan penghasil IAA pada keenam isolat penghasil IAA digunakan untuk menghitung konsentrasi isolat selama 7 hari. sebelum melakukan pengukuran seperti yang telah dijabarkan pada point 3.3.12 menghasilkan nilai konsentrasi pada lampiran tabel 1.5 selanjutnya dilakukan uji kemampuan penghasil IAA selama 7 hari menunjukkan pada hari pertama, kedua dan ketiga isolat tidak menunjukkan perubahan warna atau isolat dinyatakan tidak dapat menghasilkan IAA, sedangkan pada hari keempat terdapat 4 isolat yang menghasilkan IAA yaitu B2, B3, K1, K5, pada hari keenam dan ketujuh semua isolat mengalami perubahan warna dari yang berwarna kuning menjadi warna merah muda hal tersebut dinyatakan bahwa isolat dapat menghasilkan IAA, selanjutnya pada gambar 4.1.3 menunjukkan bahwa isolat B3 memiliki nilai konsentrasi tertinggi yaitu (18,286 ppm) pada hari ke-enam, S7 hari ketujuh yaitu (17,754 ppm) K1 hari ketujuh yaitu (17,678 ppm) dan K5 hari ketujuh (17,513 ppm) sedangkan nilai konsentrasi terendah pada isolat B2 hari ke-dua yaitu (3,414 ppm) sehingga penghasil IAA nya tidak maksimal.

#### 4.1.4. Hasil Uji Pelarut Fosfat



**Gambar 4.3** Grafik Uji Pelarut Fosfat

Pengamatan uji pelarut fosfat menghasilkan isolat (S5, S6, S7, S8, B1, B2, B3, B4, B5, K1, K3, K4, K5, K11 dan K12) memiliki pengaruh pelarut yang tinggi dan pengaruh pelarut yang rendah. Isolat K1 memiliki konsentrasi tertinggi yaitu (5,42%) sedangkan konsentrasi terendah ada pada isolat K5 yakni (0,18%). Dapat dilihat pada tabel (**Lampiran 1.6**) disajikan dalam mean  $\pm$ STDV dengan nilai signifikansi  $p < 0,05 = *$ , symbol menunjukan perbandingan signifikansi. Terdapat data yang menunjukkan perbedaan yang signifikan ditandai dengan penandaan kode diatas standar deviasi sebagai berikut, terdapat dua kode yang menunjukkan letak kolom subset pada hasil uji duncan dimana terdapat isolat yang memiliki perbedaan yang signifikan oleh karena itu kode yang digunakan a,b dan ab isolat yang mengalami perbedaan yang sangat signifikan adalah K1. Simbol huruf menunjukkan tingkatan pengaruh signifikansi isolat dalam pelarut fosfat (**Lampiran 3.3**).

## 4.2 Pembahasan

### 4.2.1 Identifikasi dan Karakterisasi Bakteri

Tanah yang diambil  $\pm 5-10$  cm dari lapisan luar tanah masing-masing di tiap 5 titik yang telah ditentukan dan dimodifikasi dalam penelitian *Fallo et al.*, (2015) karena di dalam kedalaman tersebut banyak bakteri yang berpotensi fungsional untuk mikroba yang akan membantu pertumbuhan tanaman yang disebut rizosfer yang kemudian akan dilakukan identifikasi dan karakteristik bakteri yang dapat membantu pertumbuhan tanaman padi dengan menggunakan proses karakterisasi bakteri dengan menggunakan pengamatan berdasarkan morfologi koloni, morfologi sel, jenis Gram dan uji biokimia dengan cara yang telah tertulis pada point 3.1.6.

Perbedaan karakter morfologi pada sampel isolat rizosfer tanaman padi dipengaruhi oleh beberapa faktor. Faktor genetik merupakan salah satu penyebab perbedaan tersebut, karena setiap isolat memiliki informasi genetik unik yang mempengaruhi perkembangan morfologi mereka, termasuk bentuk dan struktur (*Jumarddin et al.*, 2022). Selain faktor genetik, lingkungan tempat isolat rizosfer tumbuh juga berperan penting. Suhu, kelembaban, dan komposisi tanah yang berbeda dapat mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan morfologi pada isolat-isolat tersebut, menghasilkan variasi dalam bentuk dan ukuran koloni, serta struktur lainnya (*Kusmawati et al.*, 2023). Interaksi antara mikroba juga turut berkontribusi pada perbedaan karakter morfologi. Kompleksitas rizosfer melibatkan interaksi antara berbagai jenis mikroba di sekitar akar tanaman padi, yang dapat mempengaruhi perkembangan morfologi melalui proses komunikasi seluler dan pertukaran sinyal kimia (*Salamiah & Wahdah*, 2015). Selain itu, ketersediaan sumber karbon dan nutrisi di lingkungan rizosfer juga mempengaruhi karakter morfologi isolat-isolat rizosfer. Variasi dalam sumber daya nutrisi dapat mempengaruhi ukuran dan kepadatan koloni, serta bentuk dan struktur morfologi pada isolat rizosfer tanaman padi (*Anastia et al.*, 2022).

Hasil dari pewarnaan Gram 9 dari 19 sampel diantaranya terdapat warna merah yang menandakan Gram bersifat negatif (-) dan 10 dari 19 sampel

menunjukkan warna biru yang menandakan Gram Positif (+) (**Tabel 4.1**), hal tersebut disebabkan karena Gram positif memiliki dinding sel tebal yang dapat menyusut saat pembilasan alkohol, sehingga pori-porinya menutup dan mencegah keluarnya warna kompleks pewarna primer pada saat pemucatan (Ramadhan *et al*, 2015). Isolat dengan hasil uji positif memiliki kemampuan yang lebih baik untuk bertahan hidup pada periode pasca-panen dimana sumber daya dan nutrisi tanah terbatas. Kehadiran bakteri Gram positif yang mayoritas dalam isolat rizosfer tanaman padi mungkin memiliki dampak positif pada tanaman setelah panen, dengan kemungkinan berkontribusi pada pemecahan bahan organik dan siklus nutrisi yang berkelanjutan dalam tanah (Fitriani *et al*, 2016). sedangkan Isolat yang memiliki Gram negatif hal ini disebabkan karena kondisi sampel yang memiliki tingkat kesuburan tanah yang rendah tidak kompleks dalam memproteksi pertahanan dari gangguan fisik dan patogen dalam jaringan inang. (Jumardin *et al.*, 2018). Gram negatif berwarna merah karena dinding sel mereka mengandung lebih sedikit peptidoglikan dan memiliki pori-pori peptidoglikan yang lebih besar dibandingkan dengan bakteri Gram positif. (Kusmawati *et al.*,2013). Faktor yang mempengaruhi pewarnaan Gram termasuk komposisi dinding sel bakteri. Bakteri Gram positif memiliki dinding sel peptidoglikan tebal, sementara bakteri Gram negatif memiliki struktur yang lebih kompleks dengan lapisan peptidoglikan, lipopolisakarida, dan lipoprotein. Selain itu, usia kultur bakteri, metode pewarnaan, dan waktu pewarnaan juga berpengaruh. Penggunaan metode dan waktu yang tepat sangat penting untuk hasil yang akurat (Hanafi *et al.*, 2018).

Uji pewarnaan Gram pada isolat rizosfer tanaman padi berfungsi untuk mengidentifikasi jenis bakteri berdasarkan dinding sel mereka (Gram positif atau negatif) untuk memperoleh informasi awal tentang komposisi mikroba di dalam tanah dan pada rizosfer dan memahami struktur sel guna memahami karakteristik morfologi tiap isolat (Azizah & Wahyuno, 2013).

Selain pengamatan makroskopik dan mikroskopik, dilakukan juga uji biokimia. Berdasarkan hasil uji endospora, mayoritas isolat bakteri yang diperoleh dari rizosfer tanaman padi ditemukan endospora yaitu isolat S2, S5,

S6, S8, B1, B2, B4, K1, K3 dan K11 (Tabel 4.1). Faktor yang mempengaruhi pembentukan endospora meliputi usia kultur mikroba dan kondisi lingkungan. Endospora memiliki keunggulan dapat bertahan hidup dalam keadaan tidak aktif sampai bertahun-tahun, tahan terhadap panas, kering dan paparan zat kimia (Devinta *et al.*, 2021). Pada uji katalase, hasil menunjukkan mayoritas sampel isolat dari rizosfer tanaman padi berbuih (+) yang menandakan mayoritas sampel memiliki kemampuan untuk mendekomposisi  $H_2O_2$  menjadi  $H_2O$  dan  $O_2$ . Terdapatnya gelembung dikarenakan bakteri memiliki enzim katalase yang dapat memecah  $H_2O_2$  menjadi  $2H_2O$  dan  $O_2$ . Katalase merupakan enzim yang mengkatalis penguraian hidrogen peroksida menjadi  $H_2O$  dan  $O_2$ , 2 Hidrogen peroksida bersifat toksik terhadap sel karena bahan ini menginaktifkan enzim dalam sel. (Khairunnisa *et al.*, 2018). Hasil uji Indol didapatkan seluruh sampel seluruhnya tidak memiliki cincin yang berarti semua isolat bakteri tidak mampu mendegradasi asam amino triptofan menjadi indol. Hasil ini ditunjukkan dengan tidak terbentuknya lapisan tipis (cincin) berwarna merah.

Peran-peran ini dapat disesuaikan dengan waktu pengambilan sampel sesuai kondisi tanah. Pada kondisi pertumbuhan bakteri yang lebih muda atau di lingkungan yang kurang menguntungkan, kemampuan endospora untuk bertahan dalam kondisi tidak aktif dapat menjadi penting. Endospora memiliki kemampuan resistensi terhadap bahan kimia yang terdapat di alam, tahan terhadap panas ekstrem, kondisi kurang air, dan radiasi. Adanya endospora pada isolat rizosfer menandakan tanaman mampu beradaptasi dalam lingkungan yang ekstrim (Mukamto *et al.*, 2015). Penggunaan enzim katalase dalam isolat bakteri dapat memiliki peran penting dalam mengatasi stres oksidatif akibat paparan  $H_2O_2$ , yang dapat terjadi dalam berbagai kondisi lingkungan (Yuniarti & Purwani, 2022). Isolat yang dapat menghasilkan indol mungkin memiliki kemampuan untuk berkontribusi pada pertumbuhan dan kesehatan tanaman melalui pengaruh hormon auksin (Yustisia *et al.*, 2022). Penentuan waktu pengambilan sampel yang tepat, berdasarkan fase pertumbuhan tanaman atau perubahan kondisi lingkungan, dapat membantu

dalam memahami peran fungsional dari bakteri rizosfer pada berbagai tahap pertumbuhan tanaman padi.

Berdasarkan hasil uji karakteristik semua isolat tidak terdapat cincin sehingga Variabel yang mempengaruhi uji indol salah satunya adalah keberadaan enzim tryptophanase dalam mikroba. Enzim ini berfungsi untuk mengkatalisis reaksi deaminasi oksidatif triptofan menjadi indol, piruvat, dan amonia. Reaksi ini menghasilkan indol sebagai produk utama, yang memiliki peran penting dalam berbagai proses biologis. Mikroba yang memiliki enzim tryptophanase aktif memiliki kemampuan yang lebih besar dalam menghasilkan indol yang dapat terdeteksi dalam uji. Ketersediaan triptofan dan pH lingkungan juga berpengaruh terhadap hasil uji ini. Perubahan pH lingkungan dapat mempengaruhi aktivitas enzim dan, akibatnya, produksi indole oleh mikroba.

Selanjutnya, faktor genetik juga dapat mempengaruhi produksi indole, beberapa mikroorganisme memiliki gen-gen yang terlibat dalam jalur biosintesis indol. Gen-gen ini mengkode enzim-enzim yang terlibat dalam reaksi kimia yang menghasilkan indol dari triptofan. Aktivitas genetik ini dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk kondisi lingkungan, tahap pertumbuhan mikroorganisme, dan sinyal-sinyal molekuler dari lingkungan. Metode dan waktu inkubasi yang digunakan dalam uji indol juga dapat mempengaruhi hasilnya. Metode yang digunakan untuk mendeteksi indole dapat bervariasi, dan waktu inkubasi yang tepat diperlukan untuk memungkinkan produksi indole oleh mikroba. (Nurul *et al.*, 2016). Berdasarkan hasil uji oksidase seluruh isolat menunjukkan hasil negatif (-) yang menandakan semua isolat tidak memiliki enzim oksidase atau enzim oksidase nya tidak aktif (**Tabel 4.1**). Menurut (Putri Ajeng *et al.*, 2017), uji oksidase dilakukan untuk mengetahui apakah bakteri memiliki enzim sitokrom oksidase. Enzim sitokrom oksidase akan berubah menjadi bentuk tidak aktif dengan mereduksi sitokrom. Enzim ini akan menjadi aktif kembali jika terjadi transfer elektron ke molekul oksigen. Keberadaan oksigen pada enzim oksidase akan mereduksi substansi-substansi organik diantaranya substansi yang

terdapat pada kertas saring. Reaksi tersebut akan menghasilkan molekul indophenol blue yang mengakibatkan warna kertas saring akan berwarna biru violet. Bakteri *B. glumae* merupakan bakteri yang memiliki enzim sitokrom oksidase.

Isolat rizosfer tanaman padi apabila tidak mengalami perubahan warna sama sekali saat diuji oksidase, menunjukkan bahwa isolat-isolat tersebut tidak memiliki enzim oksidase atau enzim oksidase tersebut tidak aktif. Ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor, seperti adanya variasi genetik dalam populasi bakteri rizosfer, ketidakhadiran enzim oksidase dalam jalur metabolik isolat tersebut, atau kondisi lingkungan yang tidak memfasilitasi ekspresi enzim oksidase (Wahyudi *et al.*, 2013). Faktor-faktor yang mempengaruhi uji oksidase meliputi keberadaan enzim oksidase, kondisi lingkungan, metode uji, waktu pembacaan, dan kondisi mikroba. Mikroba yang memiliki enzim oksidase aktif akan menghasilkan hasil positif, sementara mikroba yang tidak memiliki enzim oksidase atau enzimnya tidak aktif akan menghasilkan hasil negatif (Fitriani *et al.*, 2013)

Kondisi lingkungan seperti pH, suhu, dan kelembaban dapat mempengaruhi aktivitas enzim oksidase dalam mikroba. Aktivitas enzim oksidase dapat bervariasi tergantung pada pH lingkungan. Enzim oksidase bekerja optimal pada kisaran pH tertentu. Perubahan suhu juga dapat mengubah laju kinerja enzim oksidase karena perubahan kecepatan molekul dalam reaksi kimia. Sedangkan kelembaban mempengaruhi kelarutan substrat dan enzim serta reaksi kimia dalam lingkungan sel. Aktivitas enzim mungkin berkurang karena substrat tidak larut dengan baik atau karena interaksi molekuler terganggu oleh kekurangan air. Metode yang digunakan dalam uji oksidase juga dapat mempengaruhi hasilnya. Kemudian, kondisi mikroba pada saat itu juga berpengaruh. Mikroba yang sedang dalam fase pertumbuhan aktif dan memiliki aktivitas enzim yang tinggi cenderung menghasilkan hasil positif yang lebih kuat pada uji oksidase.

#### **4.2.2 Seleksi Bakteri Penghasil IAA**

Penelitian ini dilakukan selama 6 hari dengan menggunakan media NB yang telah ditambah L-triptofan dan di shaker dengan kecepatan 100 rpm pada suhu ruang kemudian bakteri yang tumbuh pada media akan berwarna keruh dan dapat diambil sebanyak 5 ml dipindahkan pada mikrotube dan disentrifius selama 30 menit dengan kecepatan 7.000 rpm setelah itu diambil 1 ml supernatan dan diinkubasi selama 24 jam dan diamati perubahan warna yang terjadi. L-triptofan merupakan asam amino yang berfungsi sebagai prekursor dalam biosintesis auksin (IAA) pada tanaman dan mikroba. Penambahan L-triptofan pada media kultur dapat meningkatkan produksi IAA (Dewi *et al.*, 2016). Apabila perubahan warna yang terjadi menjadi warna merah muda maka isolat dapat menghasilkan IAA dan dapat dilakukan uji lanjut yang terdapat poin ke 3.3.11.

Nilai konsentrasi IAA yang didapat ditulis dalam satuan ppm. Berdasarkan hasil dari seleksi uji bakteri auksin terdapat 6 isolat yang memiliki nilai konsentrasi substrat tertinggi diantaranya B3 sebesar (34,936 ppm), isolat B2 sebesar (28, 657 ppm), isolat K1 sebesar (26,569 ppm), Isolat S7 sebesar (23,683 ppm), isolat K5 sebesar (24,366 ppm) dan isolat S8 sebesar (14,476 ppm) sehingga 6 isolat tersebut akan diuji lanjutan yaitu uji kemampuan penghasil auksin yang digunakan untuk mengetahui bakteri terbesar yang dihasilkan keenam isolat tersebut dalam 7 hari. Sehingga dapat diketahui dari keenam isolat yang memiliki nilai konsentrasi substrat dan absorbansi tertinggi dari keenam isolat tersebut.

Seleksi bakteri penghasil auksin digunakan agar dapat mengetahui bakteri rizosfer berperan penting dalam proses pertumbuhan diantaranya sebagai penghambat pertumbuhan akar dan memacu pertumbuhan pada mikroba, pelindung cairan sel akar dan pengikat besi, pengatur pertumbuhan, pertahanan tanaman, pemicu pertumbuhan mikroba, inisiator interaksi mikoriza arbuskula (MA) (M.V & Wibowo, 2021). Keberhasilan suatu tanaman tumbuh di suatu tempat tergantung pada kemampuannya beradaptasi terhadap lingkungan barunya termasuk berkompetisi dengan tumbuhan lain. Tumbuhan harus mampu memahami komunikasi “isyarat” dari tetangganya di

tempat baru dan mengurangi pengaruh negatif dari kompetisi tersebut (Ninkovic *et al.*, 2006).

#### 4.2.3 Uji Kemampuan Penghasil IAA

Uji kemampuan penghasil IAA digunakan untuk mengetahui bakteri yang menghidupkan mikroba di dalam sebuah jaringan berbentuk koloni sehingga keberadaan bakteri tidak mengganggu inangnya (Tan *et al.*, 2014). Bakteri penghasil IAA akan bekerjasama dalam proses fisiologis pada tanaman yang akan membuat tanaman lebih sensitif terhadap bakteri penghasil auksin yang dimiliki tanaman tersebut (Leveau *et al.*, 2014). Hasil dari IAA berupa hormon auksin yang berperan sebagai pertumbuhan dan perkembangan tanaman itu sendiri. Akan tetapi banyaknya IAA yang dihasilkan bakteri tergantung pada kondisi lingkungan, tingkat pertumbuhan dan ketersediaan asam amino dan sumber N lainnya di dalam tanah. Oleh karena itu kandungan hormon yang rendah yang dihasilkan oleh bakteri akan mengakibatkan stimulasi pemanjangan akar utama sedangkan kandungan hormon yang tinggi yang dihasilkan oleh bakteri akan mengakibatkan stimulasi akar lateral dan akar adventif.

Hormon IAA akan mengakibatkan perpanjangan sel sehingga akar akan tumbuh optimal. Akar yang tumbuh lebih banyak dan optimal akan menyerap hara dan H<sub>2</sub>O semakin banyak sehingga pertumbuhan tanaman akan sempurna (Kholida & Zulaika, 2015).

Hasil dari penelitian ini yang telah dilakukan selama 7 hari menunjukkan bahwa terdapat 6 isolat yaitu (S7, S8, B2, B3, K1 dan K5) terseleksi sebagai kemampuan penghasil IAA menggunakan spektrofotometer dengan nilai konsentrasi dan absorbansi tertinggi, isolat B3 memiliki nilai konsentrasi paling tinggi di hari ke-enam yaitu (18,286 ppm) dan isolat B2 memiliki nilai konsentrasi paling rendah pada hari ke-dua yaitu (3,414 ppm). konsentrasi IAA bervariasi dari masing-masing isolat., 6 isolat tersebut diambil dari masing-masing sampel sebanyak 2 (Lampiran 1.3) Absorbansi terbesar adalah isolat S7 yaitu sebesar 1,263 (mg/L) dan absorban terkecil adalah isolat KN yaitu sebesar 0,937 (mg/L). Isolat S7 memiliki karakteristik berbentuk *Bacilli*

(*Streptobacili*), warna Gram dan hasil seluruh uji biokimia negatif (-). Pada kurva pertumbuhan bakteri tersebut memasuki fase stasioner dimulai pada hari kedua dan mencapai produksi tertinggi pada hari ketujuh. Sebanyak 12 isolat yang tidak mampu menghasilkan IAA yaitu S1, S2, S3, S4, S5, S6, B1, B4, B5, K3, K4 dan K11. IAA yang dihasilkan oleh bakteri rizosfer mampu meningkatkan tinggi tanaman, akar tanaman serta kandungan klorofil secara signifikan jika dibandingkan dengan kontrol (Mohite *et al.*, 2013).

Sistem perakaran yang lebih panjang meningkatkan kemampuan tanaman untuk memperoleh air dan nutrisi seperti nitrogen yang cenderung berada pada lapisan tanah yang lebih dalam. IAA juga meningkatkan jumlah rambut akar dan akar lateral sehingga memperluas permukaan akar untuk penyerapan air dan nutrisi. Uji kemampuan penghasil IAA dipengaruhi oleh berbagai faktor yaitu komposisi mikroba dalam rizosfer, interaksi antara mikroba dengan rizosfer dan faktor lingkungan seperti suhu, kelembaban pH tanah dan lainnya. Kondisi lingkungan yang optimal dapat meningkatkan kemampuan mikroba untuk menghasilkan IAA dengan jumlah yang lebih signifikan. (Sutrisno *et al.*, 2021).

Hormon IAA, yang dihasilkan sebagai metabolit sekunder dalam kondisi pertumbuhan bakteri yang suboptimal atau ketika terdapat prekursor asam amino triptofan, dapat ditingkatkan biosintesisnya dengan menambahkan L-triptofan ke dalam media tumbuh bakteri. Triptofan telah terbukti menjadi prekursor fisiologis dalam pembuatan auksin baik pada tanaman maupun mikroorganisme. Bakteri dapat memproduksi IAA melalui beberapa jalur, salah satunya melalui jalur Indole-3-pyruvate. Dalam jalur ini, triptofan diubah menjadi IpyA oleh aminotransferase. Kemudian, IpyA mengalami dekarboksilasi menjadi indole-3-acetaldehyde (IAAId) oleh enzim indole-3-pyruvate decarboxylase (IPDC). Tahap terakhir dalam jalur biosintesis ini adalah oksidasi IAAId menjadi IAA (Lin *et al.*, 2018).

Pengujian hipotesis merupakan proses logis dalam penelitian ilmiah kuantitatif dan merupakan wilayah statistika inferensial dengan mempergunakan alat uji statistik dan hasilnya menjadi bahan analisis penelitian

berikutnya (Jim *et al.*, 2020). Hasil penelitian yang telah dilakukan mendukung hipotesis H1 karena mengindikasikan adanya keragaman karakteristik dan kemampuan bakteri penghasil IAA pada rizosfer tanaman padi (*Oryza sativa* L.). Temuan bahwa hanya 6 dari 18 isolat (S7, S8, B2, B3, K1, dan K5) yang memiliki kemampuan menghasilkan IAA dengan nilai konsentrasi dan absorbansi tertinggi menunjukkan variasi dalam kemampuan produksi IAA di antara isolat-isolat tersebut. Selanjutnya karakteristik morfologi dan sifat biokimia yang berbeda antara isolat-isolat, seperti bentuk dan sifat uji biokimia yang negatif pada isolat S7 juga menunjukkan variasi dalam karakteristik bakteri. Puncak produksi IAA pada hari ketujuh berhubungan dengan fase stasioner pertumbuhan bakteri. Ini menunjukkan hubungan antara pertumbuhan bakteri dan produksi IAA, yang sesuai dengan ide keragaman dalam kemampuan bakteri menghasilkan senyawa tersebut. Temuan-temuan tersebut sesuai dengan ekspektasi hipotesis H1 yang mengajukan adanya perbedaan dalam kemampuan bakteri menghasilkan IAA.

#### **4.2.4 Uji Pelarut Fosfat**

Uji pelarut fosfat digunakan untuk melarutkan fosfat yang sukar larut menjadi fosfat yang terlarut, baik dari luar tanah seperti pupuk atau dari dalam tanah yang akan diserap oleh tanaman. Uji pelarut fosfat digunakan untuk untuk mengetahui bakteri yang ada pada rizosfer yang memiliki fungsi untuk memetabolisme aktivitas yang dipengaruhi adanya saling interaksi antar tanaman dan mikroba yang hidup didalam rizosfer. Bahan kimia fosfor digunakan dalam uji pelarut fosfat karena merupakan unsur hara yang dibutuhkan tanaman untuk diserap sebagai energi, fosfor juga dibutuhkan tanaman karena membantu pembentukan makromolekul dapat mengubah menjadi protein, asam nukleat, membrane plasma, ATP, vitamin dan beberapa senyawa sekunder lainnya.

Hasil penelitian yang dilakukan menunjukkan semua isolat Rizosfer berpotensi melarutkan fosfat yang ditunjukkan dengan terbentuknya zona bening di sekitar koloni. Pada tabel hasil uji fosfat (**Lampiran 3.3**), terlihat bahwa rata-rata tertinggi pelarut fosfat terdapat pada isolat K1 dengan nilai

rata-rata 7,67 mm dan SD 6,63. Isolat bakteri yang membentuk zona bening lebih cepat dan memiliki nilai Indek Pelarut (IP) yang luas merupakan bakteri pelarut fosfat yang berpotensi sebagai “biofertilizer” dengan cara melarutkan unsur fosfat yang terikat dengan unsur lain seperti Fe, Al, Ca, dan Mg sehingga unsur fosfat menjadi tersedia (Sutariati *et al.*, 2014).

Uji pelarut fosfat dipengaruhi oleh beberapa faktor yang perlu dipertimbangkan, yaitu komposisi mikroba dalam sampel yang diuji memiliki peran penting. Mikroba yang ada dalam lingkungan tertentu dapat memiliki enzim fosfatase yang aktif, yang berperan dalam melarutkan fosfat yang tidak larut. Mikroba dengan aktivitas enzim fosfatase yang tinggi cenderung memiliki kemampuan yang lebih baik dalam melarutkan fosfat. Aktivitas enzim fosfatase juga dipengaruhi oleh pH lingkungan. Mikroba memiliki rentang pH optimal di mana aktivitas enzim fosfatase berjalan dengan baik. Perubahan pH lingkungan dapat mempengaruhi aktivitas enzim tersebut, sehingga mempengaruhi kemampuan pelarutan fosfat.

Ketersediaan sumber karbon dan nutrisi juga berperan dalam uji pelarut fosfat. Mikroba membutuhkan sumber daya ini untuk menjalankan aktivitas enzim fosfatase dengan efisien. Interaksi antar mikroba dalam lingkungan berpengaruh terhadap uji fosfat karena beberapa mikroba mungkin bekerja secara sinergis atau saling melengkapi dalam pelarutan fosfat, meningkatkan kemampuan secara keseluruhan.

Data uji pelarut fosfat diuji menggunakan *One Way Anova* dengan taraf signifikansi  $p < 0,05$ , Tujuan dari uji *One Way Anova* adalah untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan yang signifikan dari sebuah data yang terdiri dari 3 kelompok data independen. Sebaliknya, apabila nilai sig (2-tailed) pada tabel  $< 0,05$  maka data tersebut dikatakan tidak signifikan artinya tidak ada perbedaan hasil uji pelarut fosfat. Hasil uji oneway anova memiliki nilai signifikansi (2-tailed) per sampel diantaranya S5 memiliki nilai signifikansi (2-tailed) 0,628 isolat tersebut dinyatakan signifikan. Isolat S6 memiliki nilai signifikansi (2-tailed) 0,972 isolat tersebut dinyatakan signifikan. Isolat S7 memiliki nilai signifikansi (2-tailed) 0,989 isolat tersebut dinyatakan

signifikan. Isolat S8 memiliki nilai signifikansi (2-tailed) 0,225 isolat tersebut dinyatakan signifikan. Isolat B1 memiliki nilai signifikansi (2-tailed) 0,594 isolat tersebut dinyatakan signifikan. Isolat B2 memiliki nilai signifikansi (2-tailed) 0,317 isolat tersebut dinyatakan signifikan. Isolat B3 memiliki nilai signifikansi (2-tailed) 0,073 isolat tersebut dinyatakan signifikan. Isolat B4 memiliki nilai signifikansi (2-tailed) 0,369 isolat tersebut dinyatakan signifikan. Isolat b5 memiliki nilai signifikansi (2-tailed) 0,316 isolat tersebut dinyatakan signifikan. Isolat k1 memiliki nilai signifikansi (2-tailed) 0,062 isolat tersebut dinyatakan signifikan. Isolat K3 memiliki nilai signifikansi (2-tailed) 0,341 isolat tersebut dinyatakan signifikan. Isolat K4 memiliki nilai signifikansi (2-tailed) 0,620 isolat tersebut dinyatakan signifikan. Isolat K5 memiliki nilai signifikansi (2-tailed) 0,00 isolat tersebut dinyatakan tidak signifikan. Isolat K11 memiliki nilai signifikansi (2-tailed) 0,618 isolat tersebut dinyatakan signifikan. Dan Isolat K12 memiliki nilai signifikansi (2-tailed) 0,666 isolat tersebut dinyatakan signifikan.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Simpulan**

- 1) Terdapat keragaman karakteristik isolat bakteri penghasil IAA yang ditemukan pada 19 isolat rizofe tanaman padi (*Oryza sativa* L.) pada sawah dengan sistem sawah tambak.
- 2) Terdapat perbedaan kemampuan bakteri penghasil IAA dan pelarut fosfat oleh isolat bakteri yang ditemukan pada rizofe tanaman padi (*Oryza sativa* L.) pada sawah dengan sistem sawah tambak. Isolat yang memiliki aktivitas tertinggi dan terendah dalam menghasilkan IAA adalah isolat B3 di hari ke-enam (18,286 ppm) dan isolat B2 di hari ke-dua (3,414 ppm). Sementara itu isolat K1 memiliki konsentrasi fosfat tertinggi sebesar (5,42 ppm) dan isolat K4 memiliki konsentrasi fosfat terendah (0,18 ppm).

#### **5.2 Saran**

Dengan melihat hasil kesimpulan diatas, maka ada beberapa saran dari peneliti yakni sebagai berikut :

##### 1) Bagi Akademik

Untuk penelitian selanjutnya agar menggali lebih dalam lagi tentang karakteristik isolat dan kemampuan penghasil IAA dan pelarut fosfat oleh isolat bakteri yang ditemukan pada rizofe tanaman padi (*Oryza sativa* L.) pada sawah dengan sistem sawah-tambak. Dikarenakan masih banyak isolat lain yang memiliki karakteristik dan banyak kemampuan penghasil IAA yang lainnya.

##### 2) Bagi Peneliti

Penelitian ini dijadikan sebagai inspirasi dalam melakukan suatu kegiatan yang berguna di bidang pertanian maupun kesehatan. Peneliti menyadari bahwa hasil penelitian ini bukanlah hasil penelitian yang sempurna. Jadi perlu adanya peningkatan bagi peneliti selanjutnya agar memperoleh hasil penelitian yang lebih sempurna.

##### 3) Bagi Penelitian Selanjutnya

Penelitian ini masih memiliki batas penelitian yang belum dilakukan oleh karena itu peneliti berharap penelitian mengetahui karakterisasi bakteri rizofer yang berada pada tanaman padi (*oryza sativa L*) dengan sistem sawah-tambak agar digunakan sebagai bahan penelitian selanjutnya oleh kurang sempurna untuk itu diharapkan untuk penelitian selanjutnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- A. Tkacz, J. Cheema, G. Chandra, A. Grant, P.S. (2015). Poole Stability and Succession Of The Rhizosphere Microbiota Depends Upon Plant Type and Soil Composition. *Multidisciplinary Journal of Microbial Ecology*, 9 (11), 2349–2359.
- A.J. Dumbrell, M. Nelson, T. Helgason, C. Dytham, A.H. (2017). Fitter Relative roles of Niche and Neutral Processes in Structuring a Soil Microbial Community. *Ismej*, 4 (3), 337-345.
- Acuna, J.J., & Jorquera, M.A. (2011). Indole Acetic Acid and Phytase Activity Produced by Rhizosphere Bacilli As Affected by Ph and Metals. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 11 (3) : 1-12
- Ahmadi, F. F., & Rahaju, T. (2018). Implementasi Program Intensifikasi Pertanian Sub Sektor Padi Pada Gapoktan Mukti Jaya Desa Sidomukti Kecamatan Kembangbahu Kabupaten Lamongan. *Publika*, 6(6).
- Ahyani, M. (2011). Pengaruh Kegiatan Penambangan Emas Terhadap Kondisi Kerusakan Tanah pada Wilayah Pertambangan Rakyat di Bombana Provinsi Sulawesi Tenggara. *Universitas Negeri Diponegoro Semarang*, 1-23
- Alfiah, M. N., Hartini, S., & Cahyanti, M. N. (2017). Mathematical models and thermodynamic properties of moisture sorption isotherms of fermented cassava flour by red yeast rice. *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*, 13(1), 29-40.
- Alfian, Z. (2006). Merkuri: Antara Manfaat dan Efek Penggunaannya Bagi Kesehatan Manusia dan Lingkungan. Retrieved from <http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/708/1/08E00123.p>
- Alpriyan D, Karyawati AS. (2018). Pengaruh Konsentrasi dan Lama Perendaman Hormon Auksin Pada Bibit Tebu (*Saccharum officinarum* L.) Teknik Bud Chip. *Jurnal Produksi Tanaman*, 6(7), 1354–1362.
- Amaria, W., Kasim, N. N., & Munif, A. (2019). Kelimpahan Populasi Bakteri Filosfer, Rizosfer dan Endofit Tanaman Kemiri Sunan (*Reutealis Trisperma* (Blanco) Airy Shaw), Serta Potensinya Sebagai Agens Biokontrol. *Journal TABARO Agriculture Science*, 3(1), 305-317.
- Anastia, N. (2022). Karakterisasi dan Uji Potensi Bakteri Pelarut Fosfat dari Rizosfer Mangrove Terhadap Pertumbuhan Tanaman Jagung (*Zea mays*) (Doctoral dissertation, UIN Ar-Raniry).

- Arsyadi, A. (2018). *Uji Kemampuan Produksi Indole Acetic Acid (IAA) Terhadap Bakteri Lysobacter sp. dan Burkholderia sp.*
- Aryaldi,R.,Saida,S.,& Nontji,M. (2021). Identifikasi Morfologi Dan Uji Pelarut Fosfat Bakteri Rizosfer Tanaman Kacang Tunggak (*Vigna unguiculata* L). *AGrotekMAS Jurnal Indonesia: Jurnal Ilmu Peranian*,2(1),1-10.
- Asra R, Samarlina RA, dan Silalahi M. 2020. *Hormon Tumbuhan Cet. 1*. UKI Press. Jakarta.
- Asri, A. C., & Zulaika, E. (2016). Sinergisme antar isolat *Azotobacter* yang dikonsorsiumkan. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 5(2).
- Astriani M. (2015). *Seleksi Bakteri Penghasil Indole Acetic Acid(IAA) dan Pengujian Pada BibitKelapa Sawit (Elais guineensisJacq.)*. [Tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor
- Azizah S, T., Sembiring, L., & Wahyuono, S. (2013). *Uji Aktivitas Antifungi Isolat Actinomycetes Yang Berasosiasi Dengan Rizosfer Padi*.
- BANYUMAS. *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan Tropika*, 11(1), 35–46. <https://doi.org/10.23960/j.hptt.11135-46>
- Barkay, T., Dobler. & Irene W. (2013). *Microbial Transformations of Mercury:Potentials, Challenges, and Achievements in Controlling Mercury Toxicity inthe Environment*.
- Barkay. T, Miller. S. M., Summers. (2003). *Bacterial Mercury Resistance from Atom to Ecosystems*.Elsevier Science.
- Benjamin/Cummings Publishing Company,Inc,Menlo Park. Nuraini, C., Saida,S., Suryanti,S., & Nontji,M. (2020). Isolasi Dan Identifikasi Bakteri Rizosfer Tanaman Jagung Pada Fase Vegetatif Dan Generatif. *AGrotekMAS Jurnal Indonesia: Jurnal Ilmu Peranian*,1(1),24-30.
- Budiasih,K. S. (2017). Kajian potensi farmakologis bunga telang (*Clitoria ternatea*). *In Prosiding Seminar Nasional Kimia UNY* 21(4), 183-188
- Candradewi,S. A.,Nurnawati,E.,& Muharni,M. (2021). *Analisis Metagenomik Bakteri Rizosfer Tumbuhan Bengkal (Nauclea orientalis L)* (Doctoral dissertation,Sriwijaya University).
- Carrier. *Jurnal Ilmiah Biologi Eksperimen dan Keanekaragaman Hayati (J-BEKH)*, 8(1), 8–13. <https://doi.org/10.23960/jbekh.v8i1.184>

- D. (2019). Previously Unidentified Indonesian Throughflow Pathways and freshening in the Indian Ocean During Recent Decades. *Scientific Reports*, **9**(1), 7364.
- Devinta, A., & Zulaika, E. (2021). *Viability and Production Calcifying Bacterial Endospore On Sand-Cement*
- Dewanti, A. N., & Santoso, E. B. (2018). Penentuan Alternatif Lokasi Pengembangan Kawasan Agroindustri Berbasis Komoditas Pertanian Unggulan di Kabupaten Lamongan. *Jurnal Teknik ITS*, **1**(1), C33-C37.
- Dewi, T. K., Suryanggono, J., & Agustiyani, D. (2016). Isolasi dan uji aktivitas bakteri penghasil hormon tumbuh IAA (Indole-3-Acetic Acid) dan bakteri perombak protein dari tanah pertanian tual, Maluku Tenggara. In *Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversitas Indonesia* (Vol. 2, No. 2, pp. 271-276). Yogyakarta: International Conference on Biodiversity.
- Djarmiko, H. A., Prakoso, B., & Prihatiningsih, N. (2013). *Penentuan Patotipe Dan Keragaman Genetik Xanthomonas oryzae pv. Oryzae Pada Tanaman Padi Di Wilayah Karesidenan*
- Fitriani, F., Meylina, L., & Rijai, L. (2016). Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Penghasil Antibiotik dari Tanah Sawah. In *Proceeding of Mulawarman Pharmaceuticals Conferences*, 125-132.
- Fernando, H., & Napoleon, A. (2022). *Populasi Bakteri Dan Fungi Tanah Di Rizosfer Tanaman Tomat Cherry (Solanum Lycopersicum Var. Cerasiforme) Akibat Aplikasi Vermikompos Di Ultisol* (Doctoral dissertation, Sriwijaya University).
- Ferry, Y., Herman, M., Tarigan, E. B., & Pranowo, D. (2017). Improvements of soil quality and cocoa productivity with agricultural waste biochar. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 974(1)
- Fua, Jumarddin Ia. (2022). *Isolasi, Seleksi Dan Karakterisasi Bakteri Toleran Kekeringan Dari Tumbuhan Mangrove Sebagai Pemacu Pertumbuhan Tanaman Di Lahan Kering*. Institut Agama Islam Kediri.
- Gassing, S. (2021). *Identifikasi dan Karakterisasi Mikroba Rizosfer Pada Tanaman Padi (Oryza sativa L.) di Kecamatan Kajang Kabupaten Bulukumba* (Doctoral dissertation, Universitas Hasanuddin).
- Gordon SA, Weber RP. (1951). *Colorimetric estimation of indole acetic acid*. *Plant Physiol.* 192-195.

- Hanafi, A., Purwantisari, S., & Raharjo, B. (2018). Uji Potensi Bakteri Endofit Kitinolitik Tanaman Padi (*Oryza sativa* L.) Sebagai Penghasil Hormon IAA (Indole Acetic Acid). *Bioma : Berkala Ilmiah Biologi*, 19 (1), 76–82.
- Handayani, N. M. Y., Pradnyawathi, N. L. M., Mayun, I., & Raka, I. G. N. (2020). Pengaruh Aplikasi Beberapa Rhizobakteria terhadap Hasil dan Mutu Benih Padi Beras Merah (*Oryza nivara* L.) Lokal Jatiluwih. *Jurnal Agroekoteknologi Tropika* ISSN, 2301, 6515.
- Hardjowigeno, S., Subagyo, H., & Rayes, M. L. (2018). Morfologi dan klasifikasi tanah sawah. *Di dalam Tanah Sawah dan Teknol pengelolaannya Pus Penelit Tanah dan Agroklimat Dep Pertan Bogor*.
- Imtiyaz, A. N., & Octavia, B. (2023). *Identifikasi Bakteri Pada Bintil Akar Aktif Dan Tidak Aktif Serta Rizosfer Kacang*
- Iswara, F. V., & Nuraini, Y. (2022). Pengaruh Pemberian Dolomit Dan Pupuk Anorganik Terhadap Serapan Fosfat, Populasi Bakteri Pelarut Fosfat Dan Produksi Padi. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 9(2), 255-265.
- Janne H.W. Rembang, Abdul W. Rauf dan Joula O.M. Sondakh. (2018). *Karakter Morfologi Padi Sawah Lokal di Lahan Petani Sulawesi Utara*. Buletin Plasma Nutfah Vol. 24 No. 1, hlm 1–8.
- Jim, H., Y. (2020). Ambiguitas Statistika Deskriptif & Statistika Inferensial. *PELITA*, Vol 20, (2), 117-124. doi.org/10.33592/pelita.
- Jufri, S. W., Restu, M., & Gusmiaty, G. (2017). *Identifikasi dan Karakterisasi Mikroba Rizosfer pada Hutan Rakyat Tanaman Bitti (vitexcofassus reinw), Jati (tectona grandis) dan Jabon Merah (anthocephalus macrophyllus)*. Universitas Hasanuddin.
- Jumardin, J., Fathurrahman, F., Kadekoh, I., & Ete, A. (2018). *Eksplorasi Mikroba Epifit, Endofit Dan Rizosfer Dari Berbagai Sumber Padi Gogo Di Kecamatan Kulawi Kabupaten*
- Junianti, E., Proklamasiningsih, E., & Purwanto, P. (2020). Efek Inokulasi PGPR Terhadap Pertumbuhan Tanaman Padi Fase Vegetative di Media Salinitas Tinggi. *Jurnal Agro*, 7 (2), 193-202.
- Kalayu, G. (2019). Phosphate Solubilizing Microorganisms: Promising Approach as Biofertilizers. *International Journal of Agronomy*, 2019, 1-7.
- Kaur N, Sharma P. (2013). *Exploitation of Rhizobacteria for Functional Traits in Mungbean*. *Int J Agri Environ Biotech*. 6 (4):533-543.
- Khairani, K., Aini, F., & Riany, H. (2019). Karakterisasi Dan Identifikasi Bakteri

Rizosfer Tanaman Sawit Jambi. *Al-Kauniyah: Jurnal Biologi*, **12 (2)**, 198-206

Khairunnisa, M., Helmi, T. Z., Dewi, M., & Hamzah, A. (2018). *Isolasi Dan Identifikasi Staphylococcus Aureus Pada Ambing Kambing Peranakan Etawa (PE)*.

Krishnaraj, P. U., & Dahale, S. (2014). Mineral phosphate solubilization: concepts and prospects in sustainable agriculture. In *Proc Indian Natl Sci Acad* (Vol. 80, No. 2, pp. 389-405).

Kumaret, R., Srinivasan, V., Hamza, S., Sarathambal, C., Gowda, S. A., Ganeshamurthy, A. N., ...& Divya, V. C. (2018). Isolation and characterization of potential Zn solubilizing bacteria from soil and its effects on soil Zn release rates, soil available Zn and plant Zn content. *Geoderma*, *321*, 173-186.

Kusmawati, I. (t.t.). *Tanaman Padi Lokal Pulu Mandoti (Oryza sativa L.)*.

Kusmawati, I. (2013). *Isolasi Bakteri Nitrifikasi Pada Daerah Rizosfer Tanaman Padi Lokal Pulu Mandoti (Oryza sativa L.) di Desa Salukanan, Kabupaten Enrekang, Sulawesi Selatan* (Doctoral dissertation, Universitas Hassanuddin).

Kuswinanti, T., Baharuddin., Sri Sukmawati. (2014). Efektivitas Bakteri Rizosfer dan Bahan Organik Terhadap *Ralstonia Solanacearum* dan *njingFusarium oxysporum* pada Tanaman Kentang. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*. 10: 68- 72.

Laila, R. R. (2018). *Diversitas Dan Potensi Bakteri Produksi Iaa Rhizosfir Pinus Sp. Dari Hutan Universitas Brawijaya Kabupaten Malang* (Doctoral dissertation, Universitas Brawijaya)

Larosa, S. F., Kusdiyantini, E., Raharjo, B., & Sarjiya, A. (2013). Kemampuan Isolat Bakteri Penghasil Indole Acetic Acid (IAA) Dari Tanah Gambut Sampit Kalimantan Tengah. *Jurnal Akademika Biologi*, **2(3)**, 41-54.

Leveau, J. H. J Uroz, S., Tech, J. J., Sawaya, N. A. & Frey-Klett, P. (2014). Structure and function of bacterial communities in ageing soils: insights from the Mendocino Ecological Staircase. *Soil Biology and Biochemistry*, *69*, 265-274.

Liu, J., Ha, V. N., Shen, Z., Zhu, H., Zhao, F., & Zhao, Z. (2018). Characteristics of Bulk and Rhizosphere Soil Microbial Community in an Ancient Platycladus Orientalis Forest. *Applied Soil Ecology*, *132*, 91-98.

Makarim, S., Sprintall, J., Liu, Z., Yu, W., Santoso, A., Yan, X. H., & Susanto, R.

- Marista, E., Khotimah, S., & Linda, R. (2013). Bakteri Pelarut Fosfat Hasil Isolasi Dari Tiga Jenis Tanah Rizosfer Tanaman Pisang Nipah (*Musa paradisiaca* var. nipah) di Kota Singkawang. *Jurnal Protobiont*, **2**(2).
- Masniawati, A., Baharudin, J. T., & Abdullah, A. (2015). Pemuliaan tanaman padi aromatik lokal Kabupaten Enrekang Sulawesi Selatan. *Jurnal Sainsmat*, **4** (2), 205-213.
- Matsuda, R., Handayani, M. L., Sasaki, H., Takechi, K., Takano, H., & Takio, S. (2018). Production of indoleacetic acid by strains of the epiphytic bacteria *Neptunomonas* spp. Isolated from the red alga *Pyropia yezoensis* and the seagrass *Zostera marina*. *Archives of Microbiology*, *200*(2), 255–265. <https://doi.org/10.1007/s00203-017-1439-1>
- McNear Jr., D.H.(2013). *The Rhizosphere - Roots, Soil and Everything In Between*. Nature Education Knowledge **4**(3):1
- Mendrofa, N. R. (2019). *Pengaruh Pemberian Zat Pengatur Tumbuh Auksin Dan Sitokinin Terhadap Perbanyakan Mikro Tanaman Anggrek Dendrobium Sp.*
- Mirta, B., Rois, R., & Amelia, R. (2022). Isolasi Dan Karakteristik Bakteri Asal Rizosfer Padi Sawah Intensif Di Kabupaten Sigi. *Agrotekbis: E-Jurnal Ilmu Pertanian*, **10**(1), 17-29.
- Mogea, R. A., Putri, W. I. C. L. H., & Abubakar, H. (2022). Isolasi Bakteri Penghasil Indole Acetic Acid pada Tanaman Hortikultura di Perkebunan Prati SP 1, Manokwari. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, **27**(1), 1-6.
- Mohite, B. (2013). Isolation and characterization of indole acetic acid (IAA) producing bacteria from rhizospheric soil and its effect on plant growth. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, (ahead), 0–0. <https://doi.org/10.4067/S0718-95162013005000051>
- Mukamto, M., Ulfa, S., Mahalina, W., Syauqi, A., Istiqfaroh, L., & Trimulyono, G. (2015). Isolasi dan karakterisasi *Bacillus* sp. pelarut fosfat dari rizosfer tanaman Leguminosae. *Sains dan Matematika*, **3**(2).
- Muntalim, M. (2011). Hubungan Kualitas Air Sawah-tambak Terhadap Komunitas Plankton Pada Musim Kemarau Dan Musim Penghujan Di Desa Dinoyo Kecamatan Deket Kabupaten Lamongan. *Grouper: Jurnal Ilmiah Fakultas Perikanan Universitas Islam Lamongan*, **2**(1), 1-11.
- 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.

Nasution, D. F. (2018). *Strategi Pengembangan Usaha Budidaya Tambak Ikan Nila (Studi Kasus: Kelurahan Paya Pasir, Kec. Medan Marelan* (Doctoral dissertation)

Nurmas, A., Nofianti, N., Rahman, A., & Khaeruni, A. (2014). Eksplorasi dan Karakterisasi Azotobacter Indigenus untuk Pengembangan Pupuk Hayati Tanaman Padi Gogo Lokal di Lahan Marjinal. *Jurnal Agroteknos*, *4(2)*, 244-292.

NURUL LITA AZIZAH. (2016). *Solasi Dan Identifikasi Bakteri Yang Toleran Terhadap Insektisida Chlorpyrifos Dan Fungisida Mancozeb Pada Tanah Pertanian Tomat Di Desa Kutabawa, Kecamatan Karangreja, Kabupaten Purbalingga* (Other, Universitas Muhammadiyah Purwokerto). Universitas Muhammadiyah Purwokerto. Diambil dari <https://repository.ump.ac.id/5251/>

Prawiro, R. H., (2019). *Ekologi Lingkungan Pencemaran*. Satya Wacana, Semarang.

Pakaya, M. S., Akuba, J., Papeo, D. R. P., Makkulawu, A., & Puspitadewi, A. A. (2022). Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Endofit dari Akar Pare (*Momordica charantia* L). *Journal Syifa Sciences and Clinical Research*, **4(1)**.

Pambudi, A., Noriko, N., & Sari, E. P. (2019). Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Tanah Sawah di Kecamatan Medan Satria dan Bekasi Utara, kota Bekasi, Jawa Barat. *Jurnal Al-Azhar Indonesia Seri Sains Dan Teknologi*, **3(4)**, 187-195.

Pattern CL, Glick BR. 2002. Regulation of indole acetic acid production in *Pseudomonas putida* GR 12-2 by tryptophan and the stationary-phase sigma factor RpoS. *Canadian Journal Microbiology*. **48**: 635-642.

Pattern CL, Glick BR. 2002. Role of *Pseudomonas putida* Indoleacetic Acid in Development of the Host Plant Root System. *Applied and Environmental Microbiology*. **68(8)**: 3795-3801.

Paul, D. & Sinha, S. N. 2016. Isolation and Characterization of Phosphate Solubilizing Bacterium *Pseudomonas aeruginosa* KUPSB12 with Antibacterial Potential from River Ganga, India. *Annals of Agrarian Science*. Hal **1-7**.

Prasetyo, B.H., D.A. Suriadikarta. 2006. Karakteristik, Potensi dan Teknologi Pengelolaan Tanah Ultisol untuk Pengembangan Pertanian Lahan Kering

di Indonesia. *Jurnal Litbang Pertanian*, **25(2)**.

- Prihatiningsih, N., Djatmiko, H. A., & Lestari, P. (2020). *Bakteri Rizosfer Padi Sebagai Agens Hayati Xanthomonas Oryzae Pv. Oryzae Dan Pengaruhnya Terhadap Perkecambahan Benih Padi*. Prosiding, **9(1)**.
- Putri Ajeng Sariyanti. (2017). *Identifikasi Bakteri Burkholderia Glumae Penyebab Penyakit Busuk Gabah Bakteri Dan Uji Ketahanan Pada Beberapa Varietas Tanaman Padi (Oryza sativa L.)* (Doctoral, Universitas Negeri Jakarta). Universitas Negeri Jakarta. diambil dari <http://repository.unj.ac.id/26447/>
- Putri, A. S., & Gofar, N. (2022). *Populasi Bakteri Penambat Nitrogen, Pelarut Fosfat Dan Kalium Pada Rizosfer Tanaman Cabai Merah (Capsicum Annuum L) Yang Diaplikasi Dengan Pusri Organik Cair (Poc) Dan Pupuk Anorganik Pada Ultisol* (Doctoral Dissertation, Sriwijaya University).
- Quintao, V., Suprpta, D. N., Temaja, I. G. R. M., & Khalimi, K. (2015). Potensi rizobakteri yang diisolasi dari rizosfer tanaman padi sebagai agen hayati untuk menghambat pertumbuhan jamur *Pyricularia oryzae*, penyebab penyakit blas pada tanaman padi. *Journal of Agricultural Science and Biotechnology*, **4(1)**.
- Rachmawati, A., Suprihadi, A., & Kusdiyantini, E. (2017). Identifikasi Senyawa Bioaktif Pada Isolat Bakteri Buah Belimbing Wuluh (*Averrhoa bilimbi L.*) Sebagai Agensia Hayati *Xanthomonas oryzae pv. Oryzae*. *Jurnal Akademika Biologi*, **6(3)**, 1–11.
- Rahmawati, N. (2005). *Pemanfaatan Biofertilizer pada Pertanian Organik*.
- Ramadhan, A. (2015). Uji aktivitas antibakteri senyawa-senyawa hasil modifikasi struktur etil p-metoksisinamat melalui reaksi esterifikasi terhadap bakteri gram negatif dan Gram positif.
- Raut, V., Shaikh, I., Naphade, B., Prashar, K., & Adhasure, N. (2017). Plant Growth Promotion Using Microbial IAA Producers in Conjunction with Azolla: A Novel Approach. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, **4(1)**, 1–11.
- Ribeiro, C. M., & Cardoso, E. J. B. N. (2012). Isolation, Selection and Characterization of Root-Associated Growth Promoting Bacteria in Brazil Pine (*Araucaria angustifolia*). *Microbiological Research*, **167(2)**, 69–78.
- Rini, I. A., Oktaviani, I., Asril, M., Agustin, R., & Frima, F. K. (2020). Isolasi Dan Karakterisasi Bakteri Penghasil Iaa (Indole Acetic Acid) Dari Rizosfer Tanaman Akasia (*Acacia mangium*). *Agro Bali: Agricultural Journal*, **3(2)**, 210-219.

- Rini, M. V., & Wibowo, L. (2021). Aplikasi Fungi Mikoriza Arbuskular Dan Bakteri Pelarut Fosfat Penghasil Indole Acetic Acid (IAA) Untuk Meningkatkan Pertumbuhan Bibit Kopi Robusta.
- Rizal, M. (2021). *Analisis Faktor Yang Berpengaruh Terhadap Alih Fungsi Lahan Tambak Menjadi Lahan Sawah Di Desa Mattombong Kecamatan Mattiro Sompe Kabupaten Pinrang*
- Robika, R., & Sari, E. (2019). Pertumbuhan dan Kadar Klorofil Daun Acacia mangium Pada Lahan Bekas Tambang Timah Di Pulau Bangka. *Ekotonia: Jurnal Penelitian Biologi, Botani, Zoologi Dan Mikrobiologi*, **4(1)**, 7– 11.
- Rodriguez, Rusty J, Joan Henson, Elizabeth Van Volkenburgh, Marshal Hoy, LeesWright, Fleur Beckwith, Yong-Ok Kim, Regina S Redman. 2008. "Stress toleranceimplantsvia habitat-adapted symbiosis" *The ISME Journal*)
- Saharan, V., Kumari, S., Kumaraswamy, R. V., Choudhary, R. C., Pal, A., Sharma, S. S., ... & Biswas, P. (2019). Chitosan-silicon nanofertilizer to enhance plant growth and yield in maize (*Zea mays* L.). *Plant Physiology and Biochemistry*, *159*, 53-66.
- Salamiah, S., & Wahdah, R. (2015, September). The utilization of Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) in controlling local rice tungro diseases in South Kalimantan. *In Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversitas Indonesia*, *1(6)*, 1448-1456.
- Salisbury, H., Raman, R., Diffey, S., Qiu, Y., McVittie, B., Barbulescu, D. M., ...& Delourme, R. (2018). Stable quantitative resistance loci to blackleg disease in canola (*Brassica napus* L.) over continents. *Frontiers in plant science*, *9*, 1622.
- Santoso, P., Muhariyanto, A., & Irianto, B. (2015).Kajian Adopsi dan Dampak Teknologi Sistem Usaha Pertanian Padi-Udang Windu di Lahan Sawah-tambak Kabupaten Lamongan.*J. Pengkajian dan Teknologi Pertanian*, **8(2)**, 207-217.
- Semiun,C. G. (2022). Karakterisasi Bakteri Akar Padi Sawah (*Oryza Sativa* L) Desa Noelbaki, Kabupaten (Duhu Et al., N.D.) Kupang. *Indigenous Biologi: Jurnal Pendidikan dan Sains Biologi*,**5(1)**,
- Semiun,C. G. (2022). Karakterisasi Bakteri Akar Padi Sawah (*Oryza Sativa* L) Desa Noelbaki,Kabupaten Kupang. *Indigenous Biologi: Jurnal Pendidikan dan Sains Biologi*,**5(1)**,15-24.
- Setiawati, M. R. & Pranoto, E. (2015). Perbandingan Beberapa Bakteri Pelarut

- Fosfat Eksogen pada Tanah Andisol sebagai areal Pertanaman Teh Dominan di Indonesia. *Jurnal Penelitian Teh dan Kina*, **8(2)**, 158- 164.
- Sharma, T., & Rai, N. (2015). Isolation of Plant Hormon (Indole-3-Acetic Acid) Producing Rhizobacteria and Study on Their Effects on Tomato (*Lycopersicum esculentum*) Seedling. *International Journal of PharmTech Research*, **7(1)**, 99–107
- SIGI. *Jurnal Agrotech*, **8(2)**, 73–78.
- Spaepen, S., Jos, V., & Roseline, R. (2017). *Indole-3-acetic inmicrobial and microorganism plant signaling*. FEMS Microbiol Rev: **1-24**.
- Steinkellner, S., Lenzemo, V., Langer, I., Schweiger, P., Khaosaad, T., Toussaint, J. P., & Vierheilig, H. (2007). Flavonoids and strigolactones in root exudates as signals in symbiotic and pathogenic plant-fungus interactions. *Molecules*, **12(7)**, 1290-1306.
- Sumarno, M., Budiharjo, A., & Pujiyanto, S. (2014). Potensi Rizobakteri Pembentuk Endospora Dari Tanaman Padi Sebagai Biokontrol Fitopatogen *Xanthomonas oryzae*. *Jurnal Akademika Biologi*, **3(3)**, 7–17.
- Susilawati, D. N., Budhisurya, S & Anggono, E. (2016). The potency of culturable fungi from tidal and non-tidal swamplands in Indonesia. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* **976**, (1), p. 012036. IOP Publishing.
- Susilowati, D. N. (2015). *Analisis Komunitas dan Fungsi Bakteri Rizosfer Tanaman Padi Pada Gradien Salinitas Tanah Pesisir* (Doctoral dissertation, IPB (Bogor Agricultural University)).
- Sutariati, G. A. K., Rakian, T. C., Sopacua, N., Mudi, L., & Haq, M. (2014). *Kajian Potensi Rizobakteri Pemacu Pertumbuhan Tanaman Yang Diisolasi Dari Rizosfer Padi Sehat*. 4.
- Sutrisno, S. (2021). Pengaruh Rizobakteri Penghasil Indole-3-Acetic Acid Terhadap Perkecambahan Biji Tanaman Padi (*Oryza sativa* L.). *Agroland: Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian*, **28(2)**, 117–123. <https://doi.org/10.22487/agrolandnasional.v28i2.780>
- Sylvia, D., Fuhrmann, J., Hartel, P., Zuberer, D. (2005). *Principles and Applications of Soil Microbiology*. Pearson Education Inc. New Jersey.
- Tanah. *Kingdom (The Journal of Biological Studies)*, **9(1)**, 63–74. <https://doi.org/10.21831/kingdom.v9i1.18626>

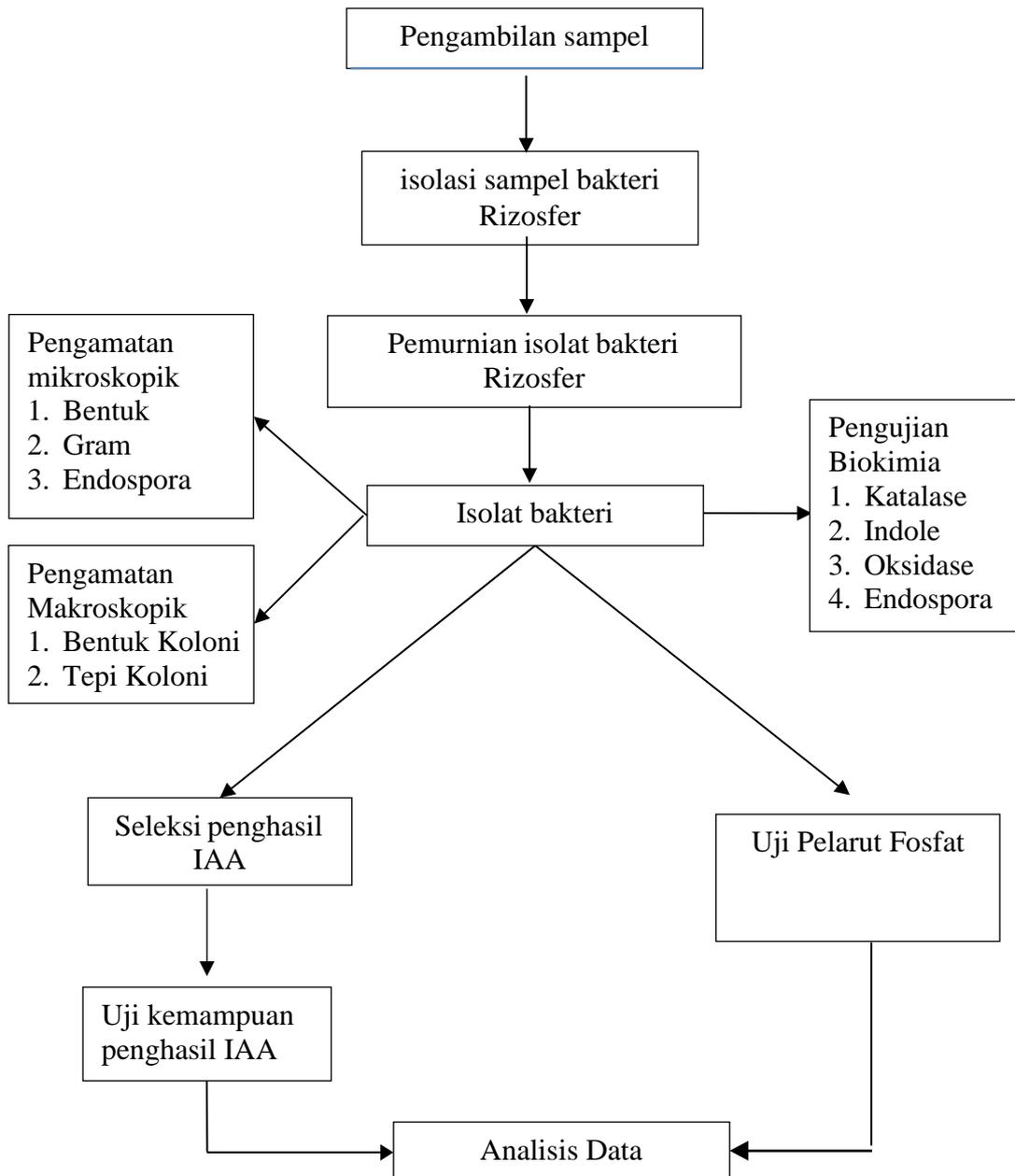
- Tribawono, D. (1986). Fish culture in" Sawah-tambak". In *Lokakarya Nasional Teknologi Tepat Guna Bagi Pengembangan Perikanan Budidaya Air Tawar, Bogor (Indonesia)*, 28-31 Jan 1980. BALITKANWAR.
- Wahyudi, A. T., Meliah, S., & Nawangsih, A. A. (2011). Xanthomonas oryzae pv. oryzae Bakteri Penyebab Hawar Daun Pada Padi: Isolasi, Karakterisasi, dan Telaah Mutagenesis Dengan Transposon. *Makara Journal of Science*. <https://doi.org/10.7454/mss.v15i1.885>
- Walida,H., Harahap, F.S., Hasibuan,M., & Yanti, F.F. (2019). Isolasi dan Identifikasi Bakteri Penghasil IAA dan Pelarut Fosfat Dari Rizosfer Tanaman Kelapa Sawit. *BIOLINK (Jurnal Biologi Lingkungan Industri Kesehatan)*,**6(1)**,1-7.
- Wibowo, P. (2010). *Pertumbuhan dan Produktivitas Galur Harapan Padi (oryza sativa l.) Hibrida di Desa Ketaon Kecamatan Banyudono Boyolali*.
- Widyati, E. (2017). Memahami Komunikasi Tumbuhan-Tanah Dalam Areal Rhizosfir Untuk Optimasi Pengelolaan Lahan. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, **11(1)**, 33-42.
- Wungo, P. P., Sutoyo, S., & Sumiati, A. (2021). *Eksplorasi Bakteri Peng hasil Iaa (Indole Acetic Acid) Pada Tanah Hutan Dan Sawah (Doctoral dissertation, Fakultas Pertanian Universitas Tribhuwana Tungadewi)*.
- Yuniarti, L. (2022). *Analisis Perbandingan Keuntungan Usaha Tani Rumput Laut Eucheuma Cattoni Dengan Usaha Tani Tambak Gracilaria Di Desa Bassiang Timur Kecamatan Ponrang Selatan Kabupaten Luwu(Doctoral dissertation, IAIN Palopo)*.
- Yuniarti, E., & Purwani, J. (2022). *Mikroba Penghasil Fitohormon. Metode Analisis Biologi tanah*, 173.
- Yurnaliza, Y., Lutfia, A.& Munir, E. (2020). Molecular Identification of Endophytic Fungi From Torch Ginger (Etlingera Elatior) Antagonist to Phytopathogenic Fungi. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, **21(6)**.
- Yustisia, D. (2022). Eksplorasi Cendawan Endofit Dari Padi Lokal Sinjai Dan Potensinya Sebagai Pemacu Pertumbuhan Tanaman Padi (Oryza sativa L.)= Exploration of Endophytic fungal from local rice Sinjai and it's potential as booster growth of rice plants (Oryza sativa. L).

### JADWAL PENELITIAN

Berikut adalah jadwal penelitian dan tahap menyiapkan alat serta bahan untuk peneliti dalam meneliti isolasi dan karakterisasi bakteri rizosfer pada tanaman padi.

Jenis Kegiatan	November				Desember				Januari				Februari				Maret			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Persiapan Alat & bahan	■																			
Pengambilan sampel		■																		
Proses isolasi bakteri			■																	
Pemurnian isolat bakteri					■	■														
Proses pengamatan secara makroskopis													■	■						
Perwarnaan Gram													■							
Uji Endospora													■							
Uji Katalase														■						
Uji Indole															■					
Uji Oksidasi																■				
Seleksi bakteri penghasil auksin																				
Pembuatan kurva standar IAA																	■	■		
Uji kemampuan penghasil IAA																	■			
Uji Pelarut Fosfat																				■
Analisis data																				■

## Skema Kerja



## Lampiran 1. Tabel Hasil

### 1.1. Tabel Karakterisasi Isolat

Isolat	Makroskopik		Mikroskopik	Gram	Uji Biokimia			
	Tepi	Warna			Bentuk	Endospora	Katalase	Indole
S1	<i>Umbonate</i>	Putih	<i>Coccus (Tetrads)</i>	-	-	+	-	-
S2	<i>Umbonate</i>	Hijau	<i>Coccus (Staphylococci)</i>	+	+	+	-	-
S3	<i>Lobate</i>	Putih	<i>Coccus (Staphylococci)</i>	-	-	+	-	-
S4	<i>Circular</i>	Putih	<i>Coccus (Streptococci)</i>	-	-	+	-	-
S5	<i>Circular</i>	Kuning	<i>Bacilli (Streptobacilli)</i>	+	+	-	-	-
S6	<i>Irregular</i>	Kuning	<i>Coccus (Staphylococci)</i>	+	+	-	-	-
S7	<i>Punctiform</i>	Putih	<i>Bacilli (Streptobacilli)</i>	-	-	-	-	-
S8	<i>Punctiform</i>	Kuning	<i>Coccus (Streptococci)</i>	+	+	+	-	-
B1	<i>Umbonate</i>	Putih	<i>Coccus (Streptococci)</i>	+	+	-	-	-
B2	<i>Umbonate</i>	Hijau	<i>Coccus (Tetrads)</i>	+	+	-	-	-
B3	<i>Lobate</i>	Putih	<i>Coccus (Diplococci)</i>	-	-	+	-	-
B4	<i>Circular</i>	Putih	<i>Coccus (Streptococci)</i>	+	+	-	-	-
B5	<i>Circular</i>	Kuning	<i>Bacilli (Coccobacillus)</i>	-	-	+	-	-
K1	<i>Umbonate</i>	Putih	<i>Coccus (Streptococci)</i>	+	+	+	-	-
K3	<i>Lobate</i>	Putih	<i>Coccus (Streptococci)</i>	+	+	-	-	-
K4	<i>Circular</i>	Putih	<i>Batang</i>	-	-	-	-	-
K5	<i>Circular</i>	Kuning	<i>Coccus (Streptococci)</i>	-	-	+	-	-
K11	<i>Undulate</i>	Putih	<i>Coccus (Streptococci)</i>	+	+	+	-	-
K12	<i>Umbonate</i>	Kuning	<i>Coccus (Streptococci)</i>	-	-	+	-	-

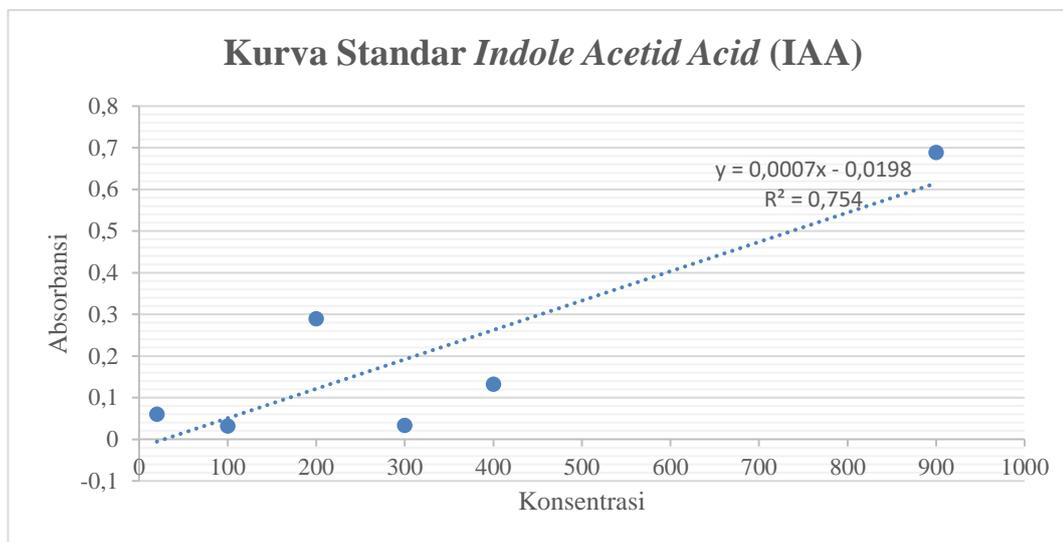
#### Keterangan :

- **Pewarnaan Gram** : Terdapat warna merah menunjukkan Gram negatif (-), terdapat warna biru menunjukkan Gram positif (+)
- **Uji Katalase** : Berbuih (+), Tidak Berbuih (-)
- **Uji Endospora** : Terdapat Endospora berwarna hijau (+), Tidak terdapat Endospora berwarna merah terang (-).
- **Uji Indole** : Tidak terdapat cincin (-), Terdapat cincin (+)
- **Uji Oksidase** : Berubah warna menjadi violet (+), Tidak berubah warna (-)

### 1.2 Tabel Kurva Standar *Indole Acetid Acid (IAA)*

Konsentrasi	Absorbansi
Blanko	0,000
20 $\mu$ l	0,060
100 $\mu$	0,032
200 $\mu$ l	0,289
300 $\mu$ l	0,033
400 $\mu$ l	0,132
900 $\mu$ l	0,689

### 1.3 Kurva Standar *Indole Acetid Acid* (IAA) dengan persamaan $y = ax - b$



### 1.4 Tabel Pengamatan Seleksi Bakteri Penghasil IAA

Isolat	Absorbansi $\lambda = 535\text{nm}$	Konsentrasi Substart (ppm)
blanko	0	0
S1	0,045	0,74
S2	0,089	1,30
S3	0,053	0,84
S4	0,269	3,58
S5	0,306	4,05
S6	0,244	3,26
S7	1,857	23,68
S8	1,151	14,74
B1	0,101	1,45
B2	2,25	28,65
B3	2,746	34,93
B4	0,425	5,55
B5	0,018	0,40
K1	2,085	26,56
K3	0,155	2,13
K4	0,06	0,93
K5	1,911	24,36
K11	0,066	1,01
K12	0,126	1,77
kontrol	0,005	0,24

**Keterangan :** Masing-masing isolat diambil 2 dengan nilai absorbansi yang paling tinggi yaitu, S7, S8, B2, B3, K1 dan K5

### 1.5 Tabel Pengamatan Uji Kemampuan Penghasil IAA

Sampel	Absorbansi H.1	Konsentrasi	Absorbansi H.2	Konsentrasi	Absorbansi H.3	Konsentrasi	Absorbansi H.4	Konsentrasi	Absorbansi H.5	Konsentrasi	Absorbansi H.6	Konsentrasi	Absorbansi H.7	Konsentrasi
Blanko	0,004	1,82	0,004	1,82	0,004	1,82	0,004	1,82	0,004	1,82	0,004	1,82	0,004	1,82
S7	0,252	4,96	0,351	6,21	0,275	5,25	0,284	5,36	0,333	5,98	1,238	17,44	1,263	17,75
S8	0,309	5,68	0,324	5,87	0,276	5,26	0,292	5,46	0,339	6,06	1,172	16,60	1,207	17,05
B2	0,239	4,79	0,236	3,41	0,298	5,54	1,136	16,15	0,348	6,17	1,103	15,73	1,108	15,79
B3	0,216	4,50	0,304	5,62	0,301	5,58	0,309	5,68	0,353	6,24	1,305	18,29	1,189	16,82
K1	0,242	4,83	0,284	5,36	0,381	6,59	0,978	14,15	0,344	6,12	1,188	16,81	1,257	17,68
K5	0,237	4,77	0,286	5,39	0,269	5,17	1,125	16,01	0,403	6,87	1,219	17,20	1,244	17,51

### 1.6 Tabel Pengamatan Uji Pelarut Fosfat

Isolat	IPF
S5	3,04 ± 2,91a*
S6	1,70 ± 0,59a*
S7	2,23 ± 1,04a*
S8	3,07 ± 1,15a*
B1	2,01 ± 1,18a*
B2	1,07 ± 0,94a*
B3	1,35 ± 1,17a*
B4	3,38 ± 4,45ab*
B5	1,70 ± 1,64a*
K1	7,67 ± 6,63b*
K3	1,95 ± 1,71a*
K4	2,28 ± 1,98ab*
K5	1,96 ± 1,78a*
K11	1,85 ± 2,14a*
K12	1,60 ± 1,48a*

### 1.7 Penomoran dan penandaan

Isolat	Indeks Pelarut Fosfat (mm)			Rata Rata	standar deviasi
	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3		
S5	0,51	2,39	6,22	3,04	2,91
S6	2,29	1,10	1,71	1,70	0,59
S7	1,19	2,24	3,27	2,23	1,04
S8	1,76	3,60	3,87	3,07	1,15
B1	0,72	2,30	3,02	2,01	1,18
B2	1,45	1,76	0,00	1,07	0,94
B3	1,98	2,07	0,00	1,35	1,17
B4	8,42	1,71	0,00	3,38	4,45
B5	1,80	3,28	0,00	1,70	1,64
K1	3,62	4,05	15,32	7,67	6,63
K3	3,23	2,62	0,00	1,95	1,71
K4	3,63	0,00	3,20	2,28	1,98
K5	2,39	3,49	0,00	1,96	1,78
K 11	4,19	1,36	0,00	1,85	2,14
K 12	2,91	1,90	0,00	1,60	1,48

### 1.8 Hasil Uji *Oneway Annova*

		Tests of Normality					
		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Sampel	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Nilai	S5	.255	3	.	.963	3	.628
	S6	.177	3	.	1.000	3	.972
	S7	.175	3	.	1.000	3	.989
	S8	.342	3	.	.844	3	.225
	B1	.263	3	.	.955	3	.594
	B2	.324	3	.	.877	3	.317
	B3	.372	3	.	.783	3	.073
	B4	.313	3	.	.895	3	.369
	B5	.324	3	.	.877	3	.316
	K1	.374	3	.	.778	3	.062
	K3	.319	3	.	.886	3	.341
	K4	.257	3	.	.961	3	.620
	K5	.385	3	.	.750	3	.000
	K11	.257	3	.	.961	3	.618
	K12	.246	3	.	.970	3	.666

a. Lilliefors Significance Correction

### Descriptives

				Statistic	Std. Error	
Nilai	Sampel					
S5	Mean			3.0400	1.68007	
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound		-4.1888		
		Upper Bound		10.2688		
	5% Trimmed Mean			.		
	Median			2.3900		
	Variance			8.468		
	Std. Deviation			2.90997		
	Minimum			.51		
	Maximum			6.22		
	Range			5.71		
	Interquartile Range			.		
	Skewness			.955	1.225	
	Kurtosis			.	.	
	S6	Mean			1.7000	.34356
		95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound		.2218	
Upper Bound				3.1782		
5% Trimmed Mean				.		
Median				1.7100		
Variance				.354		
Std. Deviation				.59506		
Minimum				1.10		
Maximum				2.29		
Range				1.19		
Interquartile Range				.		
Skewness				-.076	1.225	
Kurtosis				.	.	
S7		Mean			2.2333	.60045
		95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound		-.3502	
	Upper Bound			4.8169		
	5% Trimmed Mean			.		
	Median			2.2400		
	Variance			1.082		
	Std. Deviation			1.04002		
	Minimum			1.19		

	Maximum		3.27	
	Range		2.08	
	Interquartile Range		.	
	Skewness		-.029	1.225
	Kurtosis		.	.
S8	Mean		3.0767	.66293
	95% Confidence	Lower Bound	.2243	
	Interval for Mean	Upper Bound	5.9290	
	5% Trimmed Mean		.	
	Median		3.6000	
	Variance		1.318	
	Std. Deviation		1.14823	
	Minimum		1.76	
	Maximum		3.87	
	Range		2.11	
	Interquartile Range		.	
	Skewness		-1.625	1.225
	Kurtosis		.	.
B1	Mean		1.0067	.67925
	95% Confidence	Lower Bound	-1.9159	
	Interval for Mean	Upper Bound	3.9292	
	5% Trimmed Mean		.	
	Median		.7200	
	Variance		1.384	
	Std. Deviation		1.17649	
	Minimum		.00	
	Maximum		2.30	
	Range		2.30	
	Interquartile Range		.	
	Skewness		1.031	1.225
	Kurtosis		.	.
B2	Mean		1.0700	.54243
	95% Confidence	Lower Bound	-1.2639	
	Interval for Mean	Upper Bound	3.4039	
	5% Trimmed Mean		.	
	Median		1.4500	
	Variance		.883	

	Std. Deviation		.93952	
	Minimum		.00	
	Maximum		1.76	
	Range		1.76	
	Interquartile Range		.	
	Skewness		-1.522	1.225
	Kurtosis		.	.
B3	Mean		1.3500	.67550
	95% Confidence	Lower Bound	-1.5564	
	Interval for Mean	Upper Bound	4.2564	
	5% Trimmed Mean		.	
	Median		1.9800	
	Variance		1.369	
	Std. Deviation		1.17000	
	Minimum		.00	
	Maximum		2.07	
	Range		2.07	
	Interquartile Range		.	
	Skewness		-1.721	1.225
	Kurtosis		.	.
B4	Mean		3.3767	2.56953
	95% Confidence	Lower Bound	-7.6791	
	Interval for Mean	Upper Bound	14.4325	
	5% Trimmed Mean		.	
	Median		1.7100	
	Variance		19.807	
	Std. Deviation		4.45055	
	Minimum		.00	
	Maximum		8.42	
	Range		8.42	
	Interquartile Range		.	
	Skewness		1.449	1.225
	Kurtosis		.	.
B5	Mean		2.7000	.45622
	95% Confidence	Lower Bound	.7371	
	Interval for Mean	Upper Bound	4.6629	
	5% Trimmed Mean		.	

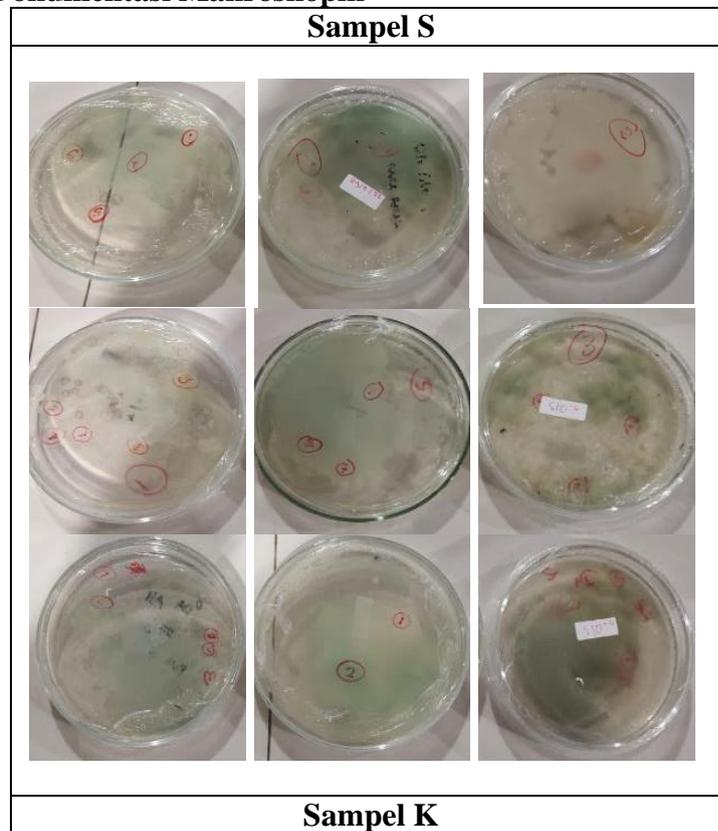
	Median		3.0200	
	Variance		.624	
	Std. Deviation		.79019	
	Minimum		1.80	
	Maximum		3.28	
	Range		1.48	
	Interquartile Range		.	
	Skewness		-1.523	1.225
	Kurtosis		.	.
K1	Mean		7.6633	3.83035
	95% Confidence	Lower Bound	-8.8173	
	Interval for Mean	Upper Bound	24.1440	
	5% Trimmed Mean		.	
	Median		4.0500	
	Variance		44.015	
	Std. Deviation		6.63435	
	Minimum		3.62	
	Maximum		15.32	
	Range		11.70	
	Interquartile Range		.	
	Skewness		1.724	1.225
	Kurtosis		.	.
K3	Mean		1.9500	.99077
	95% Confidence	Lower Bound	-2.3130	
	Interval for Mean	Upper Bound	6.2130	
	5% Trimmed Mean		.	
	Median		2.6200	
	Variance		2.945	
	Std. Deviation		1.71607	
	Minimum		.00	
	Maximum		3.23	
	Range		3.23	
	Interquartile Range		.	
	Skewness		-1.489	1.225
	Kurtosis		.	.
K4	Mean		3.4400	.12662
		Lower Bound	2.8952	

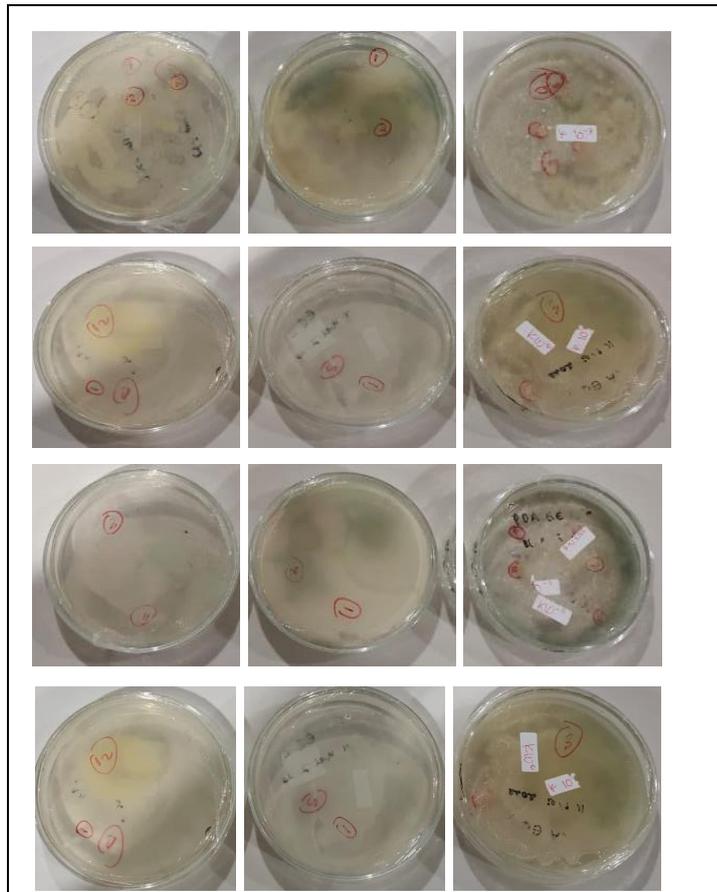
	95% Confidence Interval for Mean	Upper Bound	3.9848	
	5% Trimmed Mean		.	
	Median		3.4900	
	Variance		.048	
	Std. Deviation		.21932	
	Minimum		3.20	
	Maximum		3.63	
	Range		.43	
	Interquartile Range		.	
	Skewness		-.973	1.225
	Kurtosis		.	.
K5	Mean		.7967	.79667
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	-2.6311	
		Upper Bound	4.2244	
	5% Trimmed Mean		.	
	Median		.0000	
	Variance		1.904	
	Std. Deviation		1.37987	
	Minimum		.00	
	Maximum		2.39	
	Range		2.39	
	Interquartile Range		.	
	Skewness		1.732	1.225
	Kurtosis		.	.
K11	Mean		1.8500	1.23411
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	-3.4600	
		Upper Bound	7.1600	
	5% Trimmed Mean		.	
	Median		1.3600	
	Variance		4.569	
	Std. Deviation		2.13755	
	Minimum		.00	
	Maximum		4.19	
	Range		4.19	
	Interquartile Range		.	
	Skewness		.977	1.225

	Kurtosis		.	.
K12	Mean		1.6033	.85304
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	-2.0670	
		Upper Bound	5.2737	
	5% Trimmed Mean		.	
	Median		1.9000	
	Variance		2.183	
	Std. Deviation		1.47751	
	Minimum		.00	
	Maximum		2.91	
	Range		2.91	
	Interquartile Range		.	
	Skewness		-.867	1.225
	Kurtosis		.	.

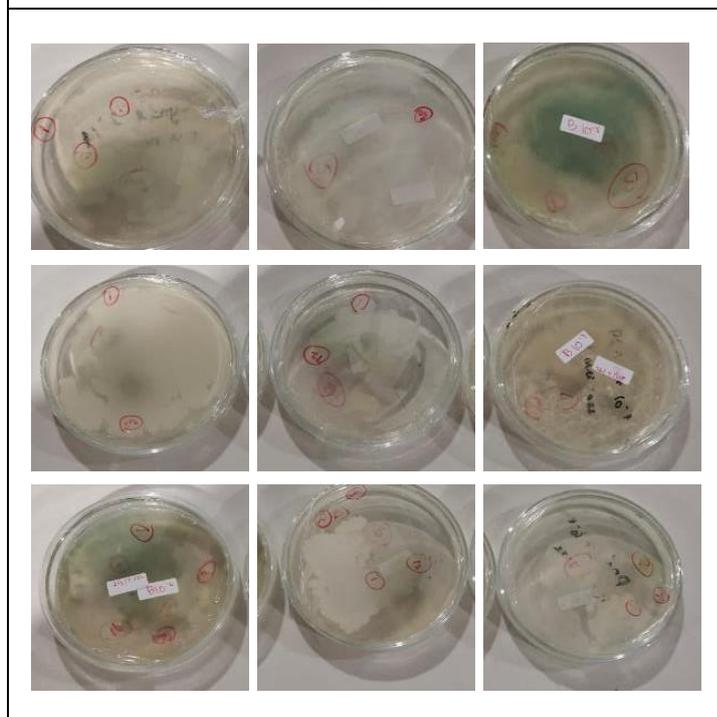
## Lampiran 2. Dokumentasi

### 2.1 Dokumentasi Makroskopik

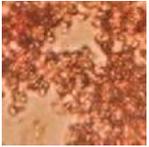
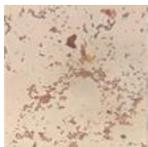
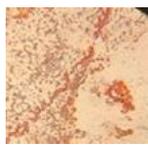
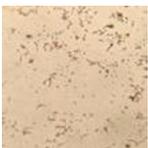
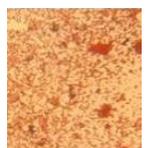




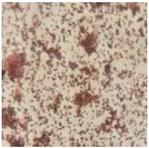
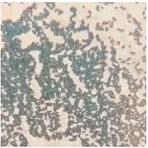
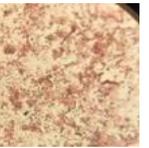
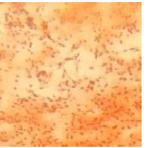
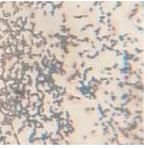
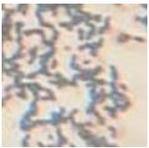
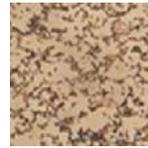
**Sampel B**

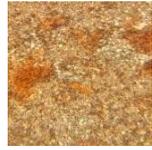
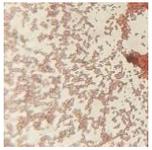


## 2.2 Dokumentasi Pewarnaan Gram

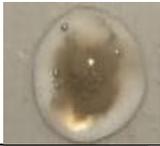
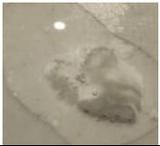
<b>S1 (-)</b>	<b>S2 (+)</b>	<b>S3 (-)</b>	<b>S4 (-)</b>	<b>S5 (+)</b>
				
<b>S6 (+)</b>	<b>S7 (-)</b>	<b>S8 (+)</b>	<b>B1 (+)</b>	<b>B2 (+)</b>
				
<b>B3 (-)</b>	<b>B4 (+)</b>	<b>B5 (-)</b>	<b>K1 (-)</b>	<b>K3 (+)</b>
				
<b>K4 (-)</b>	<b>K5 (-)</b>	<b>K11 (+)</b>	<b>K12 (-)</b>	<b>K. Positif (E. Coli)</b>
				

## 2.3 Dokumentasi Uji Endospora

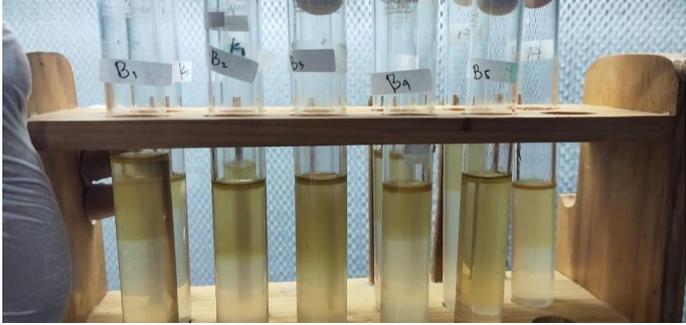
<b>S1 (-)</b>	<b>S2 (+)</b>	<b>S3 (-)</b>	<b>S4 (-)</b>	<b>S5 (+)</b>
				
<b>S6 (+)</b>	<b>S7 (-)</b>	<b>S8 (+)</b>	<b>B1 (+)</b>	<b>B2 (+)</b>
				

<b>B3 (-)</b>	<b>B4 (+)</b>	<b>B5 (-)</b>	<b>K1 (+)</b>	<b>K3 (+)</b>
				
<b>K4 (-)</b>	<b>K5 (-)</b>	<b>K11 (+)</b>	<b>K12 (-)</b>	
				

#### 2.4 Dokumentasi Uji Katalase

Sampel	Dokumentasi	Sampel	Dokumentasi
<b>S1</b>		<b>K4</b>	
<b>S2</b>		<b>K5</b>	
<b>S3</b>		<b>K11</b>	
<b>S4</b>		<b>K12</b>	
<b>S8</b>		<b>K.Positif (S.aureus)</b>	

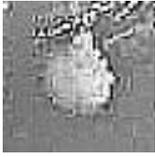
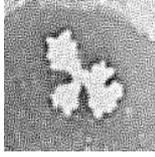
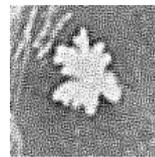
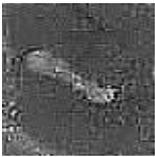
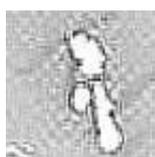
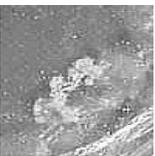
## 2.5 Dokumentasi Uji Indole

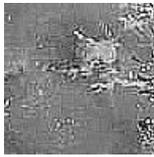
Sampel	Dokumentasi
S1,S2,S3,S4,S5,S6,S7,S8	
B1,B2,B3,B4,B5	
K1,K3,K4,K5,K11,K12	
<b>Kontrol Negatif</b> <i>(Pseudomonas aeruginosa)</i>	

## 2.6 Dokumentasi Uji Oksidase

Sampel	Dokumentasi
S1,S2,S3,S4,S5,S6,S7,S8	
B1,B2,B3,B4,B5	
	
<b>Kontrol Negatif</b> <i>(Pseudomonas aeruginosa)</i>	

## 2.7 Dokumentasi Uji pelarut fosfat

Ulangan 1				
S5	S6	S7	S8	B1
				
B2	B3	B4	B5	K1
				
K3	K4	K5	K11	K12
				
Ulangan 2				
S5	S6	S7	S8	B1
				
B2	B3	B4	B5	K1
				
K3	K4	K11	K12	
				

Ulangan 3				
S5	S6	S7	S8	B5
				
K1	K3	K4		
				

### 2.8 Dokumentasi Hasil Perubahan Warna Uji Kemampuan Penghasil IAA

Isolat	Dokumentasi
ALL SAMPEL 5	
ALL SAMPEL 6	
ALL SAMPEL 7	

### Lampiran 3. Analisis data

#### 3.1 Analisis Data *One Way annova*

##### ANOVA

Indeks Pelarut Fosfat

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	119.063	14	8.504	1.403	.212
Within Groups	181.907	30	6.064		
Total	300.970	44			

#### 3.2 Uji Lanjut *Duncan Multiple Range Test (DMRT)*

##### Indeks Pelarut Fosfat

Duncan<sup>a</sup>

Isolat	N	Subset for alpha = 0.05	
		a	b
K5	3	.7967	
B1	3	1.0067	
B2	3	1.0700	
B3	3	1.3500	
K12	3	1.6033	
S6	3	1.7000	
K11	3	1.8500	
K3	3	1.9500	
S7	3	2.2333	
B5	3	2.7000	
S5	3	3.0400	
S8	3	3.0767	
B4	3	3.3767	3.3767
K4	3	3.4400	3.4400
K1	3		7.6633
Sig.		.275	.051

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.