



**PENGARUH KONSENTRASI *L-TRYPTOPHAN* TERHADAP PRODUKSI
INDOLE ACETIC ACID (IAA) PADA MEDIA CAIR DAN APLIKASINYA
PADA TANAMAN KEDELAI (*Glycine max* L.)**

SKRIPSI

Oleh

Putri Maulinda Izzatul Jannah

211510301058

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS JEMBER
FAKULTAS PERTANIAN
PROGRAM STUDI ILMU TANAH
JEMBER
2025**



**PENGARUH KONSENTRASI *L-TRYPTOPHAN* TERHADAP PRODUKSI
INDOLE ACETIC ACID (IAA) PADA MEDIA CAIR DAN APLIKASINYA
PADA TANAMAN KEDELAI (*Glycine max* L.)**

*Diajukan Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan Memperoleh Gelar
Sarjana. Pada Program Studi Ilmu Tanah*

SKRIPSI

Oleh

Putri Maulinda Izzatul Jannah

211510301058

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS JEMBER
FAKULTAS PERTANIAN
PROGRAM STUDI ILMU TANAH
JEMBER
2025**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk :

1. Kedua Orang Tua saya tercinta yang sudah memberikan seluruh cinta dan kasihnya, memberikan semangat dan doa yang tidak ada hentinya demi kesuksesan saya.
2. Dosen pembimbing saya, Dosen penguji saya juga dosen-dosen pengampu mata kuliah lainnya yang selalu sabar dalam memberikan ilmu dan bimbingannya hingga saat ini.
3. Diri saya sendiri yang mau terus berusaha bertanggung jawab, melewati berbagai proses hidup yang luar biasa.
4. Segenap civitas akademika Program Studi Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Jember dalam membantu dan menunjang tugas akhir.
5. Almater tercinta di Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Jember.

MOTTO

“Orang lain ga akan bisa paham *struggle* dan masa sulit nya kita yang mereka ingin tahu hanya bagian *succes stories*. Berjuanglah untuk diri sendiri walaupun tidak ada yang tepuk tangan. Kelak diri kita dimasa depan akan sangat bangga dengan apa yang kita perjuangkan hari ini”.

Hidup bukan saling mendahului. Bermimpilah sendiri-sendiri.

(Baskara Putra)

PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Putri Maulinda Izzatul Jannah

NIM : 211510301058

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul **“PENGARUH KONSENTRASI *L-TRYPTOPHAN* TERHADAP PRODUKSI *INDOLE ACETIC ACID* (IAA) PADA MEDIA CAIR DAN APLIKASINYA PADA TANAMAN KEDELAI (*Glycine max* L.)”** adalah benar-benar karya saya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Dengan demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 05 Juni 2025

Yang menyatakan,

(Putri Maulinda Izzatul Jannah)

NIM. 211510301058

HALAMAN PERSETUJUAN

Skripsi berjudul “**Pengaruh Konsentrasi *L-Tryptophan* Terhadap Produksi *Indole Acetic Acid* (IAA) Pada Media Cair Dan Aplikasinya Pada Tanaman Kedelai (*Glycine Max L.*)**” karya Putri Maulinda Izzatul Jannah telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Pertanian Universitas Jember pada :

Hari : Kamis

Tanggal : 05 Juni 2025

Tempat : Fakultas Pertanian Universitas Jember

Pembimbing

Tanda Tangan

1. Pembimbing Utama

Nama : Laily Mutmainnah, S.P., M.Si.

NIP : 199304212022032017

(.....)

Penguji

Tanda Tangan

1. Penguji Utama

Nama : Prof. Dr. Ir.Tri Candra Setiawati, M.Si.

NIP : 196505231993022001

(.....)

2. Penguji Anggota 1

Nama : Dr. Ir.Cahyoadi Bowo

NIP : 196103161989021001

(.....)

ABSTRACT

Soybean (Glycine max L.) is a legume crop that closely interacts with soil microorganisms, particularly rhizobacteria in the rhizosphere, which can promote plant growth through the production of phytohormones such as Indole Acetic Acid (IAA). This study aimed to determine the effect of L-tryptophan concentration on IAA production by rhizobacteria isolated from soybean roots, to identify the most effective isolate for IAA production, and to examine the impact of IAA on soybean growth. The research was conducted using two bacterial isolates with six levels of L-tryptophan concentration (0, 100, 200, 300, 400 and 500 ppm). IAA production was analyzed quantitatively using a spectrophotometer at 530 nm after reaction with salkowsky's reagent. The experiment used a completely random design in factorial and single-factor arrangements. The results showed that L-tryptophan significantly affected IAA production, with the optimal concentration observed at 200 ppm. Isolate A2 demonstrated the highest IAA production, reaching 17,79 ppm. The application of IAA-production isolates significantly influenced the fresh weight of soybean plants at 14 days after sowing. These findings suggest that rhizobacteria with high IAA-producing potential can be further developed as biofertilizers to enhance sustainable soybean cultivation.

Keywords : Glycine max, Rhizobacteria, Indole Acetic-Acid, L-tryptophan, Biofertilizer

RINGKASAN

Pengaruh Konsentrasi *L-Tryptophan* Terhadap Produksi *Indole Acetic Acid* (IAA) Pada Media Cair Dan Aplikasinya Pada Tanaman Kedelai (*Glycine Max* L.); Putri Maulinda Izzatul Jannah; 211510301058; 2025; 59 halaman; Program Studi Ilmu Tanah; Fakultas Pertanian; Universitas Jember.

Lahan pertanian membutuhkan pendekatan ramah lingkungan untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman secara berkelanjutan. Salah satunya dengan memanfaatkan mikroorganisme tanah seperti rizobakteri penghasil *Indole Acetic Acid* (IAA). IAA merupakan hormon auksin yang berperan penting dalam stimulasi pertumbuhan akar dan penyerapan hara. Produksi IAA oleh rizobakteri dipengaruhi oleh ketersediaan prekursor *L-tryptophan*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi *L-tryptophan* terhadap produksi IAA oleh dua isolat rizobakteri asal kedelai, serta mengevaluasi pengaruh aplikasinya terhadap pertumbuhan tanaman kedelai.

Penelitian dilakukan pada Juni 2024 di Laboratorium Kesuburan dan Kesehatan Tanah serta green house Fakultas Pertanian Universitas Jember. Tahapan penelitian meliputi peremajaan isolat, uji biokimia, pembuatan kurva standar IAA, uji kuantitatif produksi IAA, dan uji pertumbuhan tanaman. Rancangan percobaan menggunakan RAL faktorial dengan dua faktor: jenis isolat (2 taraf) dan konsentrasi *L-tryptophan* (6 taraf), serta RAL tunggal untuk uji pertumbuhan dengan 4 perlakuan isolat. Seluruh perlakuan diulang dua hingga tiga kali.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi *L-tryptophan* berpengaruh nyata terhadap produksi IAA. Produksi IAA tertinggi dihasilkan pada konsentrasi 200 ppm, terutama oleh isolat A2 (17,79 ppm). Uji pendahuluan menunjukkan kedua isolat memiliki bentuk bulat dan batang dengan hasil pewarnaan gram berbeda, serta hasil positif pada uji katalase. Aplikasi isolat berpengaruh nyata terhadap berat basah tanaman, sedangkan tinggi tanaman, jumlah daun, dan berat kering tidak menunjukkan pengaruh signifikan. Parameter panjang akar meningkat paling tinggi pada kombinasi isolat A1 dan A2.

Hasil ini menunjukkan bahwa pemberian *L-tryptophan* dalam konsentrasi optimum dapat meningkatkan kemampuan rizobakteri dalam mensintesis IAA. Aplikasi isolat IAA berpotensi sebagai biofertilizer untuk meningkatkan pertumbuhan awal tanaman kedelai. Namun, untuk peningkatan hasil yang maksimal, diperlukan uji lebih lanjut dalam skala lapang dan pengamatan hingga fase generatif tanaman.

PRAKATA

Puji Syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Pengaruh Konsentrasi *L-Tryptophan* Terhadap Produksi *Indole Acetic Acid* (IAA) Pada Media Cair Dan Aplikasinya Pada Tanaman Kedelai (*Glycine Max L.*)”. Skripsi ini ditulis untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan Pendidikan Strata Satu (S1) pada Program Studi Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terimakasih kepada :

1. Prof. M. Rondhi, S.P., MP., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Jember;
2. Prof. Dr. Ir. Tri Candra Setiawati, M.Si., selaku koordinator Program Studi Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Jember serta Dosen Penguji 1 yang telah meluangkan waktu, pikiran, memberi saran serta perhatian dalam penulisan skripsi ini;
3. Laily Mutmainnah, S.P., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang selalu sabar dan telaten memberikan motivasi dan bimbingan baik dari segi akademik maupun pengembangan diri sehingga saya menjadi pribadi yang penuh tanggung jawab;
4. Dr. Ir. Cahyoadi Bowo., selaku Dosen Pembimbing Akademik dan Dosen Penguji 2 yang telah memberikan saran serta perhatian dalam penulisan skripsi ini;
5. Kedua Orang Tua saya, Bapak Moh. Khoiri dan Ibu Asih Faqihanah Fiddin yang sudah memberikan seluruh cinta dan kasih nya, memberikan semangat dan doa yang tidak ada hentinya, memberikan banyak pelajaran dan makna hidup yang berarti dan selalu berusaha memberikan saya segala upaya untuk bisa meraih Pendidikan sebaik mungkin demi kesuksesan saya;
6. Kakak saya tercinta, Safira Dini Nur'aini yang selalu memberikan dukungan dan motivasi saya selama menempuh bangku perkuliahan.

7. Teman dekat saya Mita, Alicia, Dea dan Dita yang mendukung dan memberi semangat serta tidak berhenti untuk menjadi teman saya di saat semangat naik turun;
8. Rekan satu riset saya yakni Miranda, Jarni dan Dita yang telah menjadi partner riset penulis selama penelitian hingga selesainya penelitian;
9. Teman pesantren saya di Pondok Pesantren Mahasiswa Syafiurrohman, Fathin Aqidatur yang selalu kebersamai dari awal hingga akhir;
10. Keluarga besar Ilmu Tanah 2021, rekan-rekan HIMAHITA yang memberikan banyak pengalaman yang sulit dilupakan;
11. Teknisi laboratorium Pak Ilham dan Pak Jimmy, Cak yono yang selalu sabar dan telaten memberikan ilmunya dan menjelaskan dengan detail perihal analisis sehingga saya mampu menyelesaikan skripsi ini;
12. Seluruh pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu-persatu yang menjadi alasan saya tetap maju dalam menyelesaikan skripsi ini;
13. Untuk diri saya sendiri, yang mau terus berusaha bertanggung jawab, melewati berbagai proses hidup yang luar biasa, yang selalu mau bangkit sekalipun berada di titik terjauh dari kata rendah, yang selalu yakin bahwa kehidupan selalu berputar yang nantinya tiba giliran saya ada di titik terbaik.

Penulis menyadari bahwa karya ilmiah ini masih memiliki keterbatasan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan untuk perbaikan di masa mendatang. Semoga karya ini dapat bermanfaat bagi pembaca serta semua pihak yang berkepentingan.

Jember, 05 Juni 2025

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
PERSEMBAHAN	ii
MOTTO	iii
PERNYATAAN ORISINALITAS	iv
HALAMAN PERSETUJUAN	v
ABSTRACT	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA	viii
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Kedelai (<i>Glycine max</i> L.).....	4
2.2 Rizobakteri IAA.....	4
2.3 <i>Tryptophan</i> sebagai Prekursor IAA	5
2.4 Waktu Inkubasi	6
2.5 Hipotesis	7
BAB 3. METODE PENELITIAN	8
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	8
3.2 Alat dan Bahan Penelitian.....	8
3.3 Diagram Alir Penelitian	9
3.4 Prosedur Penelitian	9
3.3.1 Peremajaan Isolat	9
3.3.2 Uji Pendahuluan.....	10
3.3.3 Pembuatan Kurva Standar <i>Indole Acetic Acid</i> (IAA)	10
3.3.4 Analisis Media Tanam	12
3.3.5 Uji Kuantitatif Produksi <i>Indole Acetic Acid</i> (IAA).....	12

3.3.6 Uji Pertumbuhan Tanaman Kedelai (<i>Glycine max</i> L.).....	14
3.3.7 Analisis Data.....	15
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	16
4.1 Peremajaan Isolat	16
4.2 Analisis Pendahuluan.....	16
4.3 Pengaruh Konsentrasi <i>L-Tryptophan</i> Terhadap Produksi (IAA)	19
4.4 Pengaruh Isolat Terhadap Produksi <i>Indole Acetic Acid</i> (IAA)	22
4.5 Analisis Media Tanam	25
4.6 Pengaruh Isolat Terhadap Pertumbuhan Tanaman Kedelai (<i>Glycine max</i> L.).....	26
4.6.1 Pengaruh Aplikasi Isolat Terhadap Tinggi Tanaman.....	27
4.6.2 Pengaruh Aplikasi Isolat Terhadap Jumlah Daun Pertanaman	28
4.6.3 Pengaruh Aplikasi Isolat Terhadap Berat Basah Tanaman.....	29
4.6.4 Pengaruh Aplikasi Isolat Terhadap Berat Kering Tanaman	30
4.6.5 Pengaruh Aplikasi Isolat Terhadap Panjang Akar Tanaman	31
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN.....	33
5.1 Kesimpulan	33
5.2 Saran	33
DAFTAR PUSTAKA	34
LAMPIRAN.....	41

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Parameter Analisis Media Tanam	12
Tabel 3.2 Rancangan Percobaan Uji Kuantitatif	13
Tabel 3.3 Variabel Pengamatan Tanaman	14
Tabel 3.4 Rancangan Percobaan Uji Pertumbuhan.....	15
Tabel 4.1 Morfologi bakteri	17
Tabel 4.2 Hasil Uji Lanjut DMRT pada Konsentrasi <i>L-Tryptophan</i>	20
Tabel 4.3 Pengaruh Isolat dan <i>L-Tryptophan</i> terhadap Produksi <i>Indole Acetic Acid</i>	24
Tabel 4.4 Hasil Analisis Media Tanam.....	25
Tabel 4.5 Rangkuman Nilai F-Hitung Variabel Pengamatan	27
Tabel 4.6 Hasil Rerata Variabel Tinggi Tanaman	28
Tabel 4.7 Hasil Rerata Variabel Jumlah Daun.....	29
Tabel 4.8 Hasil Uji Lanjut DMRT Berat Basah.....	30
Tabel 4.9 Hasil Rerata Variabel Berat Kering	30
Tabel 4.10 Hasil Uji Lanjut DMRT Panjang Akar	31

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Kurva Standar IAA	11
Gambar 4.1 Hasil Uji Peremajaan Bakteri	16
Gambar 4.2 Hasil Uji Katalase	18
Gambar 4.3 Hasil Pewarnaan Gram.....	18
Gambar 4.4 Grafik Produksi IAA Pada Berbagai Konsentrasi.....	21
Gambar 4.5 Grafik Produksi IAA Pada Konsentrasi 200 PPM	23
Gambar 4.6 Perbedaan Hasil Panen 14 HST	26

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.1 Hasil Analisis Data Penelitian	41
Lampiran 1.2 Nilai Absorbansi Kurva Standar IAA	42
Lampiran 1.3 Dokumentasi	43
Lampiran 1.4 Perbandingan Hasil Panen.....	43
Lampiran 1.5 Hasil Uji Pewarnaan Gram.....	44

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kedelai (*Glycine max* L.) merupakan salah satu tanaman legum yang memiliki interaksi erat dengan mikroorganisme tanah, khususnya di daerah perakaran atau rizosfer. Menurut Adisarwanto (2005) interaksi ini terjadi dengan bakteri rhizobium yang berperan penting dalam fiksasi nitrogen. Rizosfer kedelai merupakan daerah yang kaya akan aktivitas mikroorganisme, terutama bakteri yang bersimbiosis dengan akar tanaman (Saida et al., 2022). Salah satu kelompok mikroba yang banyak ditemukan adalah rizobakteri yang mampu memberikan manfaat bagi pertumbuhan tanaman melalui berbagai mekanisme, contohnya produksi hormon tumbuhan seperti *Indole Acetic Acid* (IAA) (Sukmadi, 2013). Penelitian oleh Puspita Sari & Sudiarso (2019) menunjukkan aktivitas rizobakteri dalam memproduksi IAA juga berperan dalam meningkatkan efisiensi penyerapan hara dan memperbaiki kondisi biologi tanah.

IAA adalah salah satu bentuk auksin sintesis yang berperan dalam merangsang perkembangann akar, meningkatkan kerja enzim, serta memengaruhi proses pembelahan dan pemanjangan sel pada tanaman (Kusbianto et al., 2022). Dalam konteks ilmu tanah, kemampuan mikroorganisme dalam menghasilkan hormon pertumbuhan menjadi indikator penting dalam menilai potensi hayati tanah, khususnya pada wilayah yang didominasi oleh aktivitas pertanian. Aktivitas mikroba penghasil IAA dapat menjadi penunjang dalam strategi pengelolaan tanah secara berkelanjutan, karena meningkatkan ketersediaan hara dan mendorong efisiensi pemupukan (Saida et al., 2022). Sementara itu, penelitian oleh Moge et al. (2022) menemukan bahwa *Bacillus sp.* dari tanah rizosfer mampu menghasilkan IAA yang berperan dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman.

Produksi IAA yang disintesis rizobakteri sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan, termasuk ketersediaan prekursor utama yaitu *L-tryptophan*. Hal ini sesuai dengan pernyataan Ahmad et al. (2008) yang menyatakan bahwa *L-tryptophan* merupakan prekursor utama dalam biosintesis IAA pada banyak bakteri, dan produksi IAA sering kali bergantung pada keberadaan *L-tryptophan*. *L-*

tryptophan merupakan asam amino yang dapat digunakan mikroba pada jalur biosintesis hormon IAA. Sehingga penting untuk mengetahui konsentrasi *L-Tryptophan* yang sesuai untuk memproduksi IAA. Selain itu, penelitian oleh Tangapo (2020) menunjukkan bahwa penambahan *L-tryptophan* meningkatkan jumlah isolat bakteri akar yang dapat menghasilkan IAA dengan konsentrasi IAA yang diproduksi meningkat signifikan.

Rizobakteri penghasil IAA dapat dimanfaatkan sebagai biofertilizer yang mendukung pertumbuhan tanaman melalui peningkatan ketersediaan hormon pertumbuhan alami seperti hormon IAA (*Indole-3-Acetic Acid*). Menurut Patten & Glick (2011) IAA yang dihasilkan oleh rizobakteri memiliki peran penting untuk merangsang pertumbuhan akar juga meningkatkan serapan nutrisi pada tanaman, sehingga menjadikannya komponen penting dalam pengembangan biofertilizer berbasis mikroba. Oleh karena itu, penelitian ini perlu dilakukan untuk menguji isolat indigenous dalam memproduksi IAA, sehingga dapat berkontribusi dalam upaya mengoptimalkan fungsi tanah dalam sistem pertanian melalui pemanfaatan *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR).

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh konsentrasi *L-tryptophan* terhadap produksi *Indole Acetic Acid* (IAA) oleh rizobakteri asal rizosfer tanaman kedelai (*Glycine max* L.)?
2. Isolat rizobakteri mana yang memiliki efektivitas tertinggi dalam memproduksi IAA pada kondisi optimal konsentrasi *L-tryptophan* dengan media cair?
3. Bagaimana pengaruh inokulasi isolat bakteri penghasil IAA terhadap pertumbuhan tanaman kedelai (*Glycine max* L.)?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui pengaruh konsentrasi *L-tryptophan* terhadap produksi *Indole Acetic Acid* (IAA) oleh rizobakteri asal tanaman kedelai (*Glycine max* L.) pada media TSB.
2. Mengetahui isolat rizobakteri yang memiliki efektivitas tertinggi dalam memproduksi *Indole Acetic Acid* (IAA) pada kondisi optimal konsentrasi *L-tryptophan* dengan media cair.

3. Mengetahui pengaruh inokulasi isolat bakteri penghasil IAA terhadap pertumbuhan tanaman kedelai (*Glycine max* L.).

1.4 Manfaat Penelitian

1. Bagi mahasiswa dapat menambah ilmu pengetahuan tentang produksi *Indole Acetic Acid* (IAA) oleh rizobakteri asal kedelai.
2. Menjadi dasar pengembangan lebih lanjut dalam pembuatan biofertilizer berbasis mikroorganisme, khususnya rizobakteri IAA untuk mendukung peningkatan produksi tanaman kedelai.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kedelai (*Glycine max* L.)

Kedelai (*Glycine max* L.) merupakan tanaman polong-polongan yang memiliki nilai ekonomi dan gizi tinggi. Selain menjadi sumber utama protein dan minyak nabati, kedelai juga berkontribusi terhadap lingkungan melalui kemampuannya dalam mengikat nitrogen dari udara ke dalam tanah. Menurut Saputra et al. (2024) vegetasi memiliki peran penting untuk menurunkan laju erosi tanah melalui kanopi, seresah dan akar. Fiksasi nitrogen oleh kedelai berperan dalam meningkatkan kandungan nitrogen tanah, memperbaiki struktur tanah dan mendukung praktik pertanian ramah lingkungan (Zega & Lase, 2025). Proses ini terjadi melalui hubungan simbiotik dengan rhizobium yang hidup di akar tanaman, sehingga dapat meningkatkan kesuburan tanah secara alami. Menurut Nakei et al., (2022) kedelai juga memiliki kemampuan dalam mengurangi resiko degradasi tanah pada lahan kering melalui perannya dalam mempertahankan kelembaban tanah.

Kedelai (*Glycine max* L.) tidak hanya menjadi sumber pangan, tetapi juga berperan dalam menyediakan *L-Tryptophan* alami melalui eksudat akarnya yang berfungsi sebagai prekursor utama dalam biosintesis *Indole Acetic Acid* (IAA) (Danapriatna 2014). *L-Tryptophan* yang dihasilkan kedelai memungkinkan rizobakteri seperti *Bradyrhizobium japonicum* dan *Pseudomonas fluorescens* memproduksi IAA dalam jumlah yang signifikan (Arora et al., 2012). IAA memiliki peran penting dalam mendukung pemanjangan akar dan meningkatkan penyerapan nutrisi oleh tanaman (Danapriatna 2014). Glick (2012) menambahkan bahwa penerapan rizobakteri sebagai biofertilizer dapat memberikan manfaat signifikan dalam meningkatkan produktivitas tanaman secara berkelanjutan.

2.2 Rizobakteri IAA

Rizobakteri merupakan sekelompok bakteri yang berada di area perakaran tanaman dan berperan signifikan dalam menunjang pertumbuhan tanaman. Salah satu mekanisme utama yang digunakan oleh rizobakteri untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman adalah produksi hormon *Indole Acetic Acid* (IAA). IAA

merupakan salah satu bentuk auksin pada tumbuhan yang berfungsi dalam mengataur berbagai tahapan pertumbuhan serta perkembangan tanaman, termasuk proses pembelahan sel, pemanjangan sel, serta diferensiasi jaringan (Nassar et al., 2005). Rizobakteri penghasil *Indole Acetic Acid* (IAA) telah berhasil diisolasi dari beragam jenis tanah dan lingkungan perakaran, termasuk dari tanaman budidaya seperti kedelai, jagung, dan padi. Dalam penelitian Mutmainnah et al. (2023) menemukan hormon yang diproduksi oleh bakteri rizosfer, seperti auksin, sitokinin, dan giberelin, memiliki pengaruh signifikan terhadap proses pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Mikroorganisme rizosfer seperti *Azospirillum* sp., *Azotobacter* sp. dan *Enterobacter* sp., mampu mendukung pertumbuhan pada tanaman melalui kemampuannya dalam memproduksi hormon pertumbuhan IAA (Sukmadi, 2013).

IAA endogen adalah hormon pemacu pertumbuhan yang disintesis oleh tanaman itu sendiri, sedangkan hormon IAA eksogen dihasilkan oleh bakteri dan berperan dalam mempercepat pertumbuhan tanaman dengan merangsang proses diferensiasi, khususnya dalam pembentukan ramabut akar (Saida et al., 2022). Studi oleh Santi et al., (2013) mengungkapkan bahwa *Azospirillum brasilense* pada tanaman jagung tidak hanya membantu meningkatkan efisiensi pemanfaatan nitrogen, tetapi juga memperkuat ketahanan tanaman terhadap stres lingkungan atau kondisi tumbuh yang kurang ideal. Efek ini menjadikan rizobakteri sebagai pengembangan biofertilizer yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.

2.3 Tryptophan sebagai Prekursor IAA

Produksi *Indole Acetic Acid* (IAA) oleh bakteri rizosfer merupakan salah satu mekanisme utama dalam mendukung pertumbuhan tanaman. IAA memiliki peran penting dalam berbagai langkah metabolisme pada tanaman, seperti pembelahan sel, pemanjangan sel, dan transformasi jaringan. *L-Tryptophan*, sebagai salah satu asam amino esensial, berperan sebagai prekursor utama dalam proses biosintesis hormon IAA (Maya & Alami 2019). Namun, kandungan *Tryptophan* di tanah alami umumnya sangat rendah kurang dari 1 ppm, karena bersumber dari eksudat akar tanaman dan dekomposisi bahan organik dalam jumlah terbatas (Mohite, 2013). Penelitian oleh (F. Astriani et al., 2014) telah menunjukkan

bahwa penambahan *L-Tryptophan* dalam media kultur bakteri dapat meningkatkan produksi IAA secara signifikan dibandingkan dengan tanpa penambahan *L-Tryptophan*.

Pengaruh konsentrasi *L-Tryptophan* terhadap produksi IAA oleh bakteri telah dievaluasi dalam berbagai penelitian. Patten & Glick (2002) menemukan bahwa peningkatan konsentrasi *L-Tryptophan* hingga 200 µg/mL dalam media kultur meningkatkan produksi IAA oleh *Pseudomonas putida*. Hal ini sejalan dengan temuan Astriani & Murtiyaningsih (2018), yang menunjukkan bahwa penambahan *L-Tryptophan* hingga 400 µg/mL mampu meningkatkan produksi IAA oleh bakteri. Larosa et al., (2013) menemukan bahwa konsentrasi *L-Tryptophan* dalam kisaran 100 hingga 300 ppm menunjukkan peningkatan produksi IAA. Oleh karena itu, optimalisasi konsentrasi *L-Tryptophan* menjadi kunci penting dalam meningkatkan produksi IAA.

2.4 Waktu Inkubasi

Rizobakteri merupakan jenis bakteri yang dapat berkembang di wilayah zona akar tanaman dan memiliki peran penting sebagai penunjang pertumbuhan tanaman melalui berbagai mekanisme, termasuk produksi hormon *Indole Acetic Acid* (IAA). IAA sendiri merupakan salah satu bentuk auksin yang berfungsi mengatur proses pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Pembentukan IAA oleh rizobakteri dapat dipengaruhi oleh sejumlah faktor, salah satunya lama waktu inkubasi. Waktu inkubasi yang tepat sangat penting untuk mengoptimalkan produksi IAA dan memaksimalkan manfaatnya bagi pertumbuhan tanaman.

Waktu inkubasi merupakan faktor penting dalam produksi *Indole Acetic Acid* (IAA) oleh rizobakteri, karena mempengaruhi fase pertumbuhan dan metabolisme bakteri. Penelitian oleh Ketut et al., (2010) menunjukkan bahwa produksi hormon pemacu pertumbuhan IAA oleh bakteri mencapai tingkat tertinggi pada *stationer phase*. Sementara itu, Malhotra & Srivastava (2008) menemukan bahwa produksi IAA cenderung meningkat pada waktu inkubasi 48 hingga 72 jam, setelah itu produksi menurun akibat penghambatan aktivitas enzim.

Berbagai penelitian telah menyelidiki pengaruh durasi inkubasi terhadap produksi IAA, dengan hasil yang bervariasi tergantung pada jenis bakteri yang

digunakan. Ahmad et al., (2005) menemukan bahwa waktu inkubasi 72 jam menghasilkan produksi IAA tertinggi oleh *Azospirillum brasilense*. Sedangkan (Durán et al., 2016) menemukan bahwa inkubasi selama 96 jam lebih efektif untuk strain *Bacillus subtilis*. Hal ini menunjukkan bahwa setiap strain bakteri memiliki kebutuhan waktu inkubasi yang spesifik untuk mencapai produksi IAA optimal, sehingga penyesuaian waktu inkubasi berdasarkan karakteristik spesifik strain sangat diperlukan dalam penelitian.

2.5 Hipotesis

1. Konsentrasi *L-tryptophan* optimal untuk menghasilkan produksi maksimal *Indole Acetic Acid* (IAA) oleh rizobakteri asal tanaman kedelai (*Glycine max* L.) adalah 200 ppm.
2. Terdapat isolat rizobakteri yang dapat memproduksi *Indole Acetic Acid* (IAA) dengan efektivitas tertinggi pada kondisi optimal konsentrasi *L-tryptophan* dibandingkan isolat lainnya.
3. Pemberian hormon IAA berpengaruh terhadap peningkatan pertumbuhan tanaman kedelai (*Glycine max* L.).

BAB 3. METODE PENELITIAN

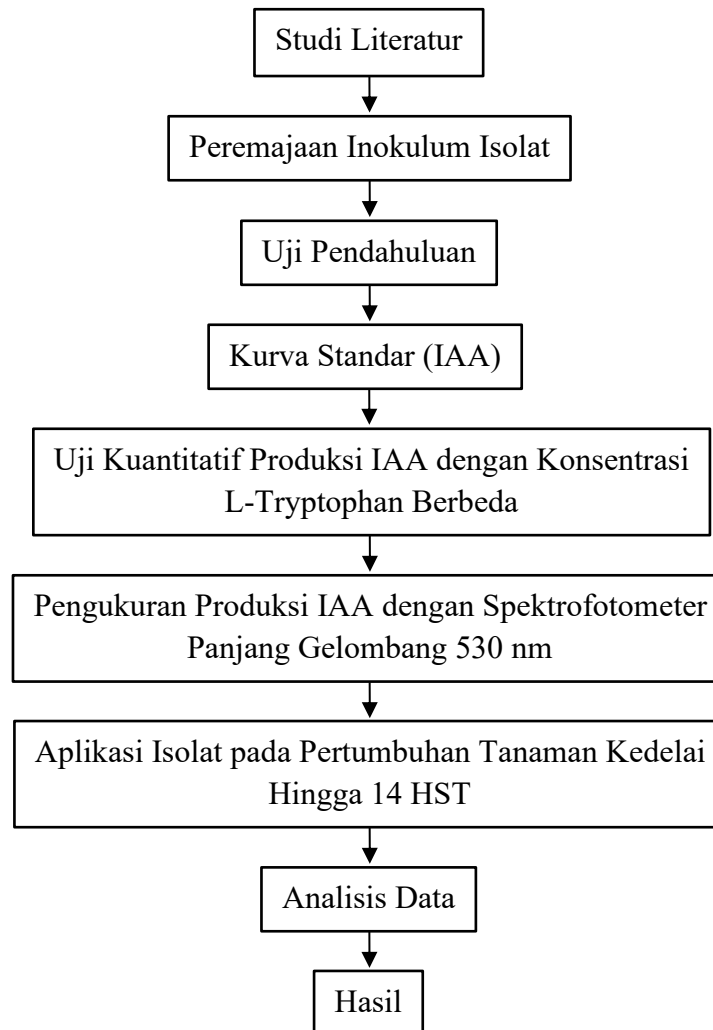
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian mengenai “Pengaruh Konsentrasi *L-Tryptophan* Terhadap Produksi *Indole Acetic Acid* (IAA) Pada Media Cair Dan Aplikasinya Pada Tanaman Kedelai (*Glycine Max L.*)” dilaksanakan pada Juni 2024 - Maret 2025. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Kesuburan dan Kesehatan Tanah, Program Studi Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Jember.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Penelitian dengan judul “Pengaruh Konsentrasi *L-Tryptophan* Terhadap Produksi *Indole Acetic Acid* (IAA) Pada Media Cair Dan Aplikasinya Pada Tanaman Kedelai (*Glycine Max L.*)” membutuhkan berbagai alat dan bahan dalam analisis. Alat yang digunakan adalah autoklaf, pengaduk hot plate, gelas kimia, tabung reaksi, rak tabung reaksi, inkubator, neraca analitik, labu Erlenmeyer, cawan petri, lemari pendingin, laminar air flow, pembakar Bunsen, jarum ose, dan spektrofotometer. Dua kultur isolat bakteri endofit tanaman kedelai digunakan, serta alkohol 70%, air suling, IAA sintetis, media *Tryptic Soy Agar* (TSA), *Tryptic Soy Broth* (TSB), *Nutrient Agar* (NA), H₂O₂, reagen *Salkowsky*, kristal violet, iodin, etanol 95%, safranin, NaCl, *L-Tryptophan*, spiritus, kapas steril, aluminium, dan plastik *wrap*.

3.3 Diagram Alir Penelitian



3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Peremajaan Isolat

Isolat IAA diremajakan dengan cara dipindahkan ke media segar *Tryptic Soy Agar* (TSA) yang sudah ditambahkan prekursor *L-Tryptophan* konsentrasi 250 ppm menggunakan alat inokulasi yang telah disterilkan. Isolat diinokulasi dalam cawan petri menggunakan metode streak plate dan diinkubasi pada suhu 28-30°C selama 24-48 jam agar koloni isolat bakteri tumbuh dengan baik. Setelah pertumbuhan koloni terlihat, dilakukan uji IAA dengan meneteskan reagen *Salkowsky* untuk mendeteksi produksi *Indole Acetic Acid* (IAA).

3.4.2 Uji Pendahuluan

a. Uji Katalase

Uji katalase melibatkan pengambilan koloni bakteri dan menempatkannya pada objek kaca sebelum merendamnya dengan larutan H₂O₂. Jika terbentuk gelembung pada permukaan gelas objek, maka bakteri menunjukkan aktivitas katalase (memproduksi enzim katalase) yang berarti bakteri tersebut positif. Sementara itu, isolat bakteri yang tidak menunjukkan pembentukan gelembung dikatakan sebagai katalase negatif. Menurut Pulungan & Tumangger (2018) hal ini menunjukkan H₂O₂ yang ditambahkan tidak terurai oleh bakteri, sehingga tidak terjadi pelepasan oksigen.

b. Pewarnaan Gram

Uji Pewarnaan Gram dilakukan dengan meneteskan larutan kristal violet, iodine, etanol 95%, dan pewarna sandingan safranin untuk mengamati jenis gram pada bakteri. Prinsip dasar pewarnaan gram bergantung atas perbedaan struktur serta komposisi dinding sel bakteri (Pulungan & Tumangger, 2018). Bakteri dengan hasil gram negatif akan terlihat berwarna merah, sementara bakteri dengan gram positif akan tampak berwarna ungu atau biru.

3.4.3 Pembuatan Kurva Standar *Indole Acetic Acid* (IAA)

Pembuatan kurva standar IAA diawali dengan mengencerkan 0,01 gram IAA ke dalam 10 mL etanol. Larutan IAA dengan konsentrasi 100 ppm yang diperoleh kemudian digunakan sebagai larutan stok untuk menyiapkan larutan IAA konsentrasi 0, 10, 20, 30, 40, hingga 50 ppm. Penurunan konsentrasi dilakukan melalui proses pengenceran dengan penambahan akuades ke dalam tabung reaksi. Seluruh larutan dalam lima tabung reaksi tersebut kemudian dihomogenkan menggunakan vortex. Tahapan selanjutnya adalah penambahan 1 mL reagen Salkowsky, Waluyo et al. (2008) ke dalam 0,5 mL larutan IAA berbagai konsentrasi. Campuran diinkubasi selama 30 menit dalam ruang gelap lalu

dihomogenkan dengan vortex. Setelah itu dilakukan pengukuran nilai absorbansi menggunakan alat spektrofotometer dengan panjang gelombang 530 nm. Data hasil perhitungan pengukuran digunakan untuk menyusun kurva standar IAA yang menggambarkan hubungan antara konsentrasi larutan IAA standar (x) dan nilai absorbansi (y). Konsentrasi IAA dalam sampel kemudian ditentukan berdasarkan kurva tersebut dengan menggunakan persamaan regresi linear. Hasil pengukuran diubah menjadi grafik seperti yang ditampilkan pada Gambar 3.1.

Rumus:

$$y = ax + b$$

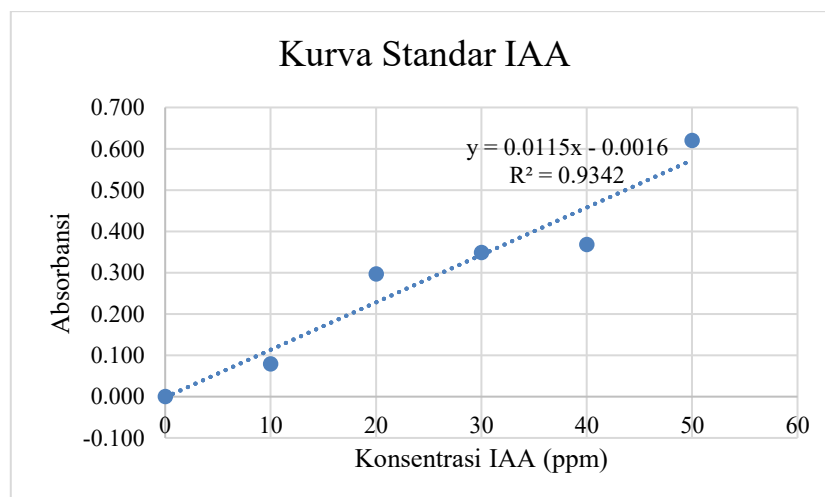
Keterangan:

y = Variabel terikat (absorban)

x = Variabel bebas (konsentrasi)

a = Konstanta

b = Koefisien regresi



Gambar 3.1. Kurva standar IAA

Analisis reaksi dilakukan dengan mengambil supernatan dari kultur bakteri, kemudian direaksikan dengan reagen *Salkowsky*. Tujuan dari pembuatan kurva standar IAA untuk memperoleh persamaan regresi yang dipergunakan dalam menghitung konsentrasi IAA pada sampel. Nilai konsentrasi IAA ditentukan dengan membandingkan hasil absorbansi sampel terhadap kurva standar larutan

IAA (Lestari et al., 2015). Pengukuran absorbansi dilakukan dengan spektrofotometer 530 nm. Persamaan regresi diilustrasikan pada Gambar 4.5, dengan $y = 0,0115x - 0,0016$ dan nilai regresi 0,9342. Pengukuran absorbansi sampel menghasilkan nilai y , yang kemudian dimasukkan ke dalam persamaan regresi untuk menentukan nilai x . Nilai x menunjukkan jumlah IAA yang dapat diproduksi oleh sampel.

3.4.4 Analisis Media Tanam

Analisis media tanam dilakukan pada sebelum perlakuan diberikan untuk melihat kondisi awal tanah yang digunakan dalam penelitian. Sampel tanah diambil dari lapisan 0-20 cm, lalu dikeringanginkan dan diayak menggunakan saringan 2 mm. Parameter yang diamati meliputi pH tanah, kadar air, nitrogen (N) total, fosfor (P) tersedia, kalium (K) dan karbon organik (C-organik). Setiap parameter dianalisis menggunakan metode analisis seperti disajikan pada Tabel 3.1 berikut.

Tabel 3.1 Parameter Analisis Media Tanam

Parameter	Satuan	Metode Analisis
pH	-	Elektrometri
Kadar air tanah	%	Gravimetri
N Total	%	Kjeldahl
P ₂ O ₅	ppm	Olsen
K ₂ O	me/100 g	Ekstraksi HCL 25%
C-organik	%	Walkley dan Black

3.4.5 Uji Kuantitatif Produksi *Indole Acetic Acid* (IAA)

Analisis kuantitatif terhadap kandungan hormon *Indole Acetic Acid* (IAA) dilakukan menggunakan metode spektrofotometri. Pengujian produksi IAA melibatkan dua faktor utama, yaitu perbedaan jenis isolat dan variasi konsentrasi *L-Tryptophan*. Faktor pertama, jenis isolat yang terdiri dari 2 isolat rizobakteri asal kedelai yang diuji. Faktor kedua yang diuji adalah konsentrasi *L-Tryptophan*, yang divariasikan dalam enam tingkat yaitu 0 ppm, 100 ppm, 200 ppm, 300 ppm, 400 ppm dan 500 ppm. Kombinasi dari kedua faktor tersebut digunakan untuk menganalisis interaksi antara jenis isolat dan konsentrasi *L-Tryptophan* terhadap produksi hormon IAA.

Analisis menggunakan metode spektrofotometri menurut Gravel et al. (2007) menggunakan 100 mL media *Tryptic Soy Broth* (TSB). Media yang telah disteril tersebut ditambahkan prekursor *L-Tryptophan* dengan konsentrasi berbeda dan diinkubasi pada waktu 96 jam, yang merupakan waktu optimum bagi isolat dalam menghasilkan IAA berdasarkan hasil penelitian terdahulu yang telah dilakukan saat isolasi bakteri. Setelah sampel disentrifugasi selama 10 menit pada kecepatan 10.000 rpm, 1 mL supernatan ditambahkan, bersama dengan 1 mL larutan reagen Salkowsky, dan campuran tersebut dibiarkan diinkubasi selama 30 menit dalam gelap. Spektrofotometer yang diatur pada panjang gelombang 530 nm kemudian digunakan untuk mengukur absorbansi. Kurva standar yang dibuat dari larutan IAA murni digunakan untuk menghitung konsentrasi IAA sampel (Gravel et al., 2007).

Rancangan Acak Lengkap (RAL) Faktorial dengan dua komponen digunakan untuk mengukur produksi IAA. Jenis isolat, yang memiliki dua taraf perlakuan, merupakan faktor pertama. Konsentrasi *L-Tryptophan*, yang memiliki enam taraf perlakuan, merupakan faktor kedua. Sebanyak dua belas unit percobaan diproduksi dengan menggabungkan kedua unsur tersebut, dan masing-masing dilakukan sebanyak dua kali. Sehingga terdapat 24 unit percobaan yang digunakan, dimana :

1. Faktor 1 yaitu jenis isolate. yang terdiri dari 2 taraf :
 - A₁ : Isolat 1
 - A₂ : Isolat 2
2. Faktor 2 yaitu konsentrasi *L-tryptophan*. yang terdiri dari 6 taraf :
 - K₀ : Konsentrasi 0 ppm
 - K₁ : Konsentrasi 100 ppm
 - K₂ : Konsentrasi 200 ppm
 - K₃ : Konsentrasi 300 ppm
 - K₄ : Konsentrasi 400 ppm
 - K₅ : Konsentrasi 500 ppm

Tabel 3.2 Rancangan Percobaan Uji Kuantitatif

A ₁ K ₃ 1	A ₂ K ₃ 2	A ₁ K ₄ 1	A ₂ K ₂ 1
A ₂ K ₂ 2	A ₁ K ₁ 1	A ₁ K ₃ 2	A ₁ K ₄ 2
A ₁ K ₂ 1	A ₁ K ₅ 2	A ₂ K ₅ 2	A ₂ K ₁ 1
A ₂ K ₄ 1	A ₂ K ₅ 1	A ₂ K ₃ 1	A ₁ K ₁ 2
A ₁ K ₂ 1	A ₂ K ₀ 1	A ₂ K ₁ 2	A ₁ K ₀ 2
A ₂ K ₄ 2	A ₁ K ₅ 1	A ₁ K ₀ 1	A ₂ K ₀ 2

3.4.6 Uji Pertumbuhan Tanaman Kedelai (*Glycine max* L.)

Pada uji pertumbuhan digunakan jenis isolat yang terdiri dari 2 isolat rizobakteri asal kedelai yang diuji. Langkah kerjanya dengan menumbuhkan isolat bakteri pada media TSB (*Tryptone Soya Broth*) yang mengandung *L-tryptophan*, kemudian isolat diinkubasi dengan menyesuaikan waktu inkubasi terbaik dan konsentrasi *L-tryptophan* terbaik untuk bakteri dapat menghasilkan hormon IAA. Media tanam yang digunakan berupa tanah yang telah disterilisasi, kemudian dimasukkan ke dalam *cup* ukuran 5 x 5 cm. Benih kedelai yang digunakan berasal dari varietas Grobogan, yang dikenal memiliki daya adaptasi yang baik terhadap berbagai kondisi lahan. Setiap *cup* diberi label nama sesuai dengan perlakuan.

Penelitian ini mengamati lima parameter penting: tinggi tanaman, jumlah daun per tanaman, berat basah, berat kering, dan panjang akar. Ukuran sampel ditentukan sebagai satu tanaman per unit percobaan. Data yang terkumpul kemudian diolah dan disajikan dalam bentuk tabel dan gambar.

Tabel 3.3 Variabel Pengamatan Tanaman

Variabel	Metode	Waktu
Tinggi Tanaman (cm)	Pengukuran	5 HST, 10 HST dan 14 HST
Jumlah Daun/Tanaman	Pengukuran	14 HST
Berat Basah (g)	Pengukuran	14 HST
Berat Kering (g)	Kering Oven	14 HST
Panjang Akar (cm)	Pengukuran	14 HST

Uji pertumbuhan tanaman dilakukana menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan satu faktor, yaitu pemberian jenis isolat yang terdiri dari 4 taraf perlakuan. Terdapat 4 satuan percobaan, dan masing-masing diulang sebanyak 3 kali, sehingga keseluruhan terdapat 12 unit percobaan yang digunakan, dimana :

1. Faktor 1 yaitu pemberian jenis isolat

A_0 : Tanpa penambahan isolat

A_1 : Perlakuan isolat 1

A_2 : Perlakuan isolat 2

A_1+A_2 : Perlakuan isolat 1 dan isolat 2

Tabel 3.4 Rancangan Percobaan Uji Pertumbuhan

$A_{1.2}$	$A_{0.3}$	$A_{1+A_2.2}$
$A_{0.2}$	$A_{1.1}$	$A_{2.3}$
$A_{2.1}$	$A_{1+A_2.3}$	$A_{1.3}$
$A_{1+A_2.1}$	$A_{2.2}$	$A_{0.1}$

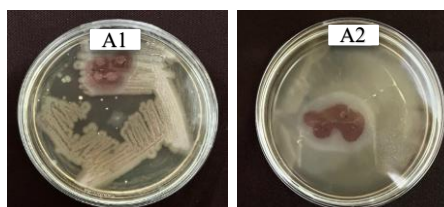
3.4.7 Analisis Data

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) Faktorial dengan dua komponen. Parameter yang digunakan adalah jenis isolat dan konsentrasi *L-Tryptophan*, masing-masing perlakuan dilakukan sebanyak dua kali. Setelah isolat diaplikasikan pada tanaman kedelai, data dianalisis menggunakan analisis variansi (ANOVA). Jika hasil penelitian menunjukkan adanya perbedaan yang nyata pada konsentrasi IAA, maka dilakukan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf kepercayaan 95%.

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Peremajaan Isolat

Bakteri yang diisolasi diremajakan menggunakan media *Tryptic Soy Agar* (TSA) yang mengandung 250 ppm *L-Tryptophan* dan dikultur selama 24 jam. Bakteri yang dihidupkan kembali dan ditetesi dengan reagen *Salkowsky* berubah menjadi merah muda, yang menunjukkan bahwa bakteri tersebut dapat memproduksi *Indole Acetic Acid* (IAA). Warna merah yang terbentuk disebabkan oleh reaksi antara IAA dengan ion Fe, yang menghasilkan senyawa kompleks $[\text{Fe}_2(\text{OH})_2(\text{IA})_4]$. Oleh karena itu, isolat yang dapat memproduksi IAA secara kualitatif akan menunjukkan perubahan warna menjadi merah (Lestari et al., 2015). Sesuai dengan hasil penelitian sebelumnya sebagaimana hasil yang ditunjukkan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1. Hasil uji peremajaan bakteri

Tahapan peremajaan isolat memiliki peran penting dalam menjaga kualitas kultur bakteri yang digunakan. Selain itu, peremajaan juga berfungsi untuk memulai kembali metabolisme setelah penyimpanan (Wijayati et al., 2014). Tahap ini menjadi langkah penting setelah persiapan kultur untuk mengetahui aktif tidaknya bakteri (Kusbianto et al., 2022).

4.2 Analisis Pendahuluan

Uji pendahuluan dilakukan untuk mengonfirmasi karakteristik isolat yang digunakan, baik dari aspek morfologi maupun kemampuan biokimianya. Salah satu tujuan utama dari uji ini adalah untuk mengidentifikasi ciri khas bakteri, seperti bentuk sel, struktur dinding sel berdasarkan pewarnaan gram, serta kemampuannya dalam menghasilkan enzim tertentu. Data hasil pengamatan morfologi bakteri dan uji biokimianya disajikan dalam tabel 4.1.

Tabel 4.1. Morfologi bakteri

Isolat	Morfologi				Biokimia	
	Bentuk	Margin	Elevasi	Warna	Katalase	Pewarnaan Gram
A1	<i>Circular</i>	<i>Entire</i>	<i>Flat</i>	<i>Cream</i>	(+)	Batang, ungu (+)
A2	<i>Circular</i>	<i>Entire</i>	<i>Convex</i>	<i>White</i>	(+)	Bulat, merah (-)

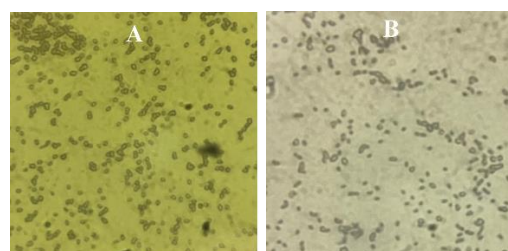
Uji biokimia yang meliputi uji katalase dan pewarnaan gram, penting dalam identifikasi bakteri berdasarkan karakteristik fisiologis dan struktur dinding selnya. Uji katalase mendeteksi keberadaan enzim yang memecah hidrogen peroksida (H_2O_2) menjadi air (H_2O) dan oksigen (O_2), yang memungkinkan bakteri hidup dalam lingkungan dengan oksigen tinggi menurut (Sianipar et al., 2020). Sementara itu penelitian yang dilakukan Retnowati et al. (2011), pewarnaan Gram membedakan antara bakteri gram positif dan gram negatif berdasarkan ketebalan lapisan peptidoglikan di dinding sel. Perbedaan struktur dinding sel ini juga memengaruhi distribusi ion dalam bakteri, pada dinding peptidoglikan tebal dan asam teikoat bermuatan negatif mampu mengikat ion kation seperti Ca^{2+} , Mg^{2+} dan Fe^{2+} lebih kuat melalui interaksi elektrostatis dibandingkan bakteri gram negatif, yang hanya memiliki lapisan lipopolisakarida dengan muatan permukaan yang lebih lemah (Sastrawan et al., 2020).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kedua isolat memberikan reaksi positif pada uji katalase setelah ditetesi larutan hidrogen peroksida 3%, yang ditandai dengan munculnya buih atau gelembung sebagai indikator aktivitas enzim katalase. Hal ini menunjukkan bahwa kedua isolat tersebut dapat bertahan hidup di lingkungan yang mengandung hidrogen peroksida. Hidrogen peroksida adalah bahan kimia berbahaya yang dapat mengganggu atau membahayakan sistem metabolisme bakteri. (Pulungan & Tumangger 2018). Sejalan dengan penelitian oleh Tarigan et al. (2015) yang menunjukkan semua isolat penghasil IAA yang diteliti bersifat positif setelah di uji katalase. Sebaliknya, apabila isolat bakteri menunjukkan reaksi negatif pada uji katalase, hal ini ditandai dengan tidak terbentuknya buih atau gelembung saat ditetesi larutan hidrogen peroksida sebagaimana hasil yang ditunjukkan pada gambar 4.2.



Gambar 4.2. Hasil Uji Katalase a) Sebelum ditetesi H_2O_2 b) Sesudah ditetesi H_2O_2

Data hasil pewarnaan gram dalam penelitian ini digunakan sebagai dasar untuk mengidentifikasi bakteri. Pengamatan mencakup morfologi sel, seperti bentuk batang atau bulat, serta pewarnaan yang menunjukkan jenis gram. Sel berwarna ungu menandakan gram positif, sedangkan sel berwarna merah muda menunjukkan gram negatif. Pengamatan dilakukan dengan mikroskop 10x100. Berdasarkan hasil pewarnaan gram dari dua isolat bakteri, teridentifikasi satu isolat gram positif dan satu isolat gram negatif. Menurut Pulungan & Tumangger (2018), bakteri gram negatif memiliki dinding sel yang lebih tipis dibandingkan bakteri gram positif. Bakteri gram positif menyerap kristal violet dan berwarna ungu, sedangkan bakteri gram negatif berwarna merah karena tidak menyerap zat warna tersebut. Perbedaan bentuk kedua isolat ditampilkan pada gambar 4.3.



Gambar 4.3. Hasil Pewarnaan Gram a) Isolat A1 b) Isolat A2

Berdasarkan karakteristik yang diamati, isolat bakteri yang digunakan dalam penelitian menunjukkan kemiripan dengan ciri khas bakteri dari genus *Bacillus* dan *Pseudomonas*. Menurut Torres-Rubio et al. (2000) beberapa bakteri tanah, termasuk *Azospirillum* sp., *Enterobacter* sp., *Azotobacter* sp., *Pseudomonas* sp., *Serratia* sp., dan *Bacillus* sp., dapat menghasilkan IAA dan meningkatkan pertumbuhan tanaman. Beberapa spesies dari genus *Bacillus* diketahui memiliki

potensi untuk menghasilkan fitohormon seperti *Indole Acetic Acid* (IAA), melarutkan fosfat, dan membuat bahan kimia siderofor yang mendorong pertumbuhan tanaman (Istiqomah et al., 2017).

Produksi IAA oleh *Bacillus* umumnya dipengaruhi oleh ketersediaan precursor seperti *L-Tryptophan*. Selain itu, kondisi lingkungan seperti pH, suhu dan waktu inkubasi juga mempengaruhi kemampuan bakteri dalam mensintesis IAA (Hidayati et al., 2018). Menurut Herlina et al. (2016) *Bacillus* sp. sebagai agen biokontrol yang berperan dalam memacu pertumbuhan tanaman memiliki kemampuan untuk meningkatkan ketersediaan nutrisi serta memproduksi fitohormon IAA. Kemampuan ini menjadikan *Bacillus* berpotensi untuk dikembangkan sebagai agen biologis yang dapat disintesis oleh bakteri tertentu guna mendukung pertumbuhan tanaman secara optimal.

Beberapa bakteri lain seperti *Pseudomonas* juga menunjukkan potensi sebagai PGPR, terutama dalam memproduksi fitohormon *Indole Acetic Acid* (IAA). Menurut penelitian Istiqomah et al. (2017) menunjukkan potensi isolat *Pseudomonas* sebagai penghasil hormon IAA. Meskipun telah dilakukan karakterisasi morfologi dan uji biokimia, identifikasi bakteri masih bersifat umum. Oleh karena itu, diperlukan analisis lanjutan seperti uji PCR (*Polymerase Chain Reaction*) untuk menentukan *strain* spesifik secara akurat. Identifikasi pada tingkat ini penting karena setiap *strain* dapat memiliki kemampuan metabolik yang berbeda dalam produksi IAA.

4.3 Pengaruh Konsentrasi *L-Tryptophan* Terhadap Produksi *Indole Acetic Acid* (IAA)

Produksi *Indole Acetic Acid* (IAA) oleh mikroorganisme tanah khususnya rizobakteri sangat bergantung pada ketersediaan prekursor utama, yaitu *Tryptophan*. Menurut penelitian Pambudi et al. (2017) senyawa ini dapat ditemukan secara alami ditanah, baik melalui eksudat akar tanaman maupun hasil dekomposisi bahan organik. Keberadaan *Tryptophan* di daerah perakaran mendorong aktivitas mikroba dalam menghasilkan IAA, karena jalur biosintesis yang umum digunakan oleh bakteri memerlukan *Tryptophan* sebagai substrat awal (Adachi & Hidaka, 1991). IAA dibuat melalui jalur *IpyA*, proses sintesis IAA melibatkan enzim seperti

enzim transaminase yang mengakumulasi *L-Tryptophan* dan mengubahnya menjadi asam piruvat indol, yang kemudian diubah menjadi IAA (Patten & Glick 2002). Hasil rerata produksi untuk setiap konsentrasi disajikan pada tabel 4.2 sebagai berikut :

Tabel 4.2. Hasil Uji Lanjut DMRT IAA pada Konsentrasi *L-Tryptophan*

<i>L-Tryptophan</i>	Konsentrasi IAA (ppm)
0 ppm	7,87 a
100 ppm	10,64 b
200 ppm	16,85 b
300 ppm	15,16 b
400 ppm	10,53 ab
500 ppm	9,68 a

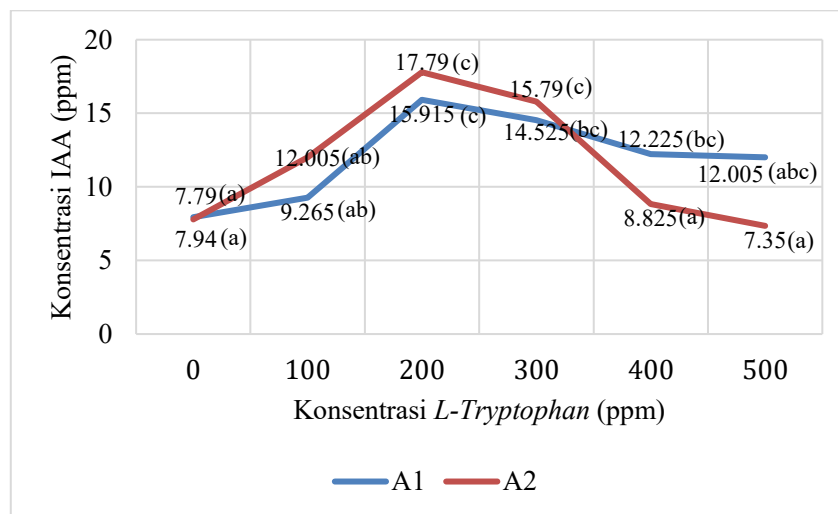
Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama berbeda tidak nyata berdasarkan BNT 5%.

Berdasarkan hasil penelitian, perlakuan dengan penambahan konsentrasi *L-Tryptophan* menunjukkan pengaruh yang berbeda terhadap rata-rata produksi *Indole Acetic Acid* (IAA). Penambahan 200 ppm *L-Tryptophan* menghasilkan rata-rata produksi IAA tertinggi sebesar 16,85 ppm, yang secara statistik berbeda nyata dari beberapa perlakuan lain. Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi 200 ppm merupakan titik optimal bagi kedua isolat dalam mensintesis IAA. Menurut penelitian Abd-Alla et al., (2014) *L-Tryptophan* dikenal sebagai prekursor fisiologis utama dalam produksi IAA pada tanaman dan mikroba.

Sedangkan penambahan 300 ppm *L-Tryptophan* juga menunjukkan hasil yang tinggi sebesar 15,16 ppm dan tidak berbeda nyata dengan penambah 200 ppm *L-Tryptophan*. Sebaliknya, penambahan 500 *L-Tryptophan* menghasilkan IAA terendah sebesar 9,68 ppm yang menandakan bahwa pada konsentrasi yang lebih tinggi bisa berakibat negatif terhadap produksi IAA. Menurut Naveed et al. (2015) aplikasi konsentrasi *L-Tryptophan* yang lebih tinggi tidak selalu berbanding lurus dengan peningkatan produksi IAA atau pertumbuhan tanaman. Penambahan *L-Tryptophan* dalam konsentrasi yang terlalu tinggi justru dapat menghambat produksi IAA karena dapat menyebabkan ketidakseimbangan metabolisme pada mikroorganisme. Menurut Hartman et al. (2011), kelebihan substrat seperti *L-Tryptophan* dapat memicu mekanisme umpan balik negatif pada jalur biosintesis

IAA, sehingga aktivitas enzim yang berperan dalam konversi *Tryptophan* menjadi IAA akan ditekan.

Selain itu, akumulasi *L-Tryptophan* juga dapat menghasilkan metabolit sampingan yang bersifat toksik atau menghambat pertumbuhan mikroba, sehingga menurunkan kemampuan sintesis hormon tersebut (Naveed et al., 2015). Metabolit toksik berupa *Indole-3-acetamide* (IAM) dan turunannya yang berlebihan dapat bersifat toksik jika terakumulasi dalam konsentrasi tinggi, mengganggu metabolisme mikroba dan sintesis IAA (Sianipar et al., 2020). Oleh karena itu, penambahan konsentrasi optimum menjadi sangat penting agar prekursor tidak menjadi faktor pembatas dalam proses biosintesis IAA.



Gambar 4.4. Grafik Produksi IAA pada Berbagai Konsentrasi

Berdasarkan grafik di atas, kedua isolat menunjukkan tren produksi IAA yang berbeda terhadap perbedaan konsentrasi *L-Tryptophan*, namun secara umum produksi tertinggi dicapai pada konsentrasi 200 ppm. Isolat A1 mencapai produksi tertinggi pada 200 ppm sebesar 15,92 ppm, kemudian menurun di konsentrasi yang lebih tinggi. Sementara itu, isolat A2 menunjukkan respon paling signifikan dengan produksi IAA tertinggi pada konsentrasi 200 ppm sebesar 17,79 ppm lalu mengalami penurunan. Menurut Pandiangan et al. (2012) efek triptofan pada pertumbuhan sel menunjukkan bahwa penambahan ini tidak selalu meningkatkan pertumbuhan sel seiring dengan peningkatan konsentrasi triptofan. Kedua

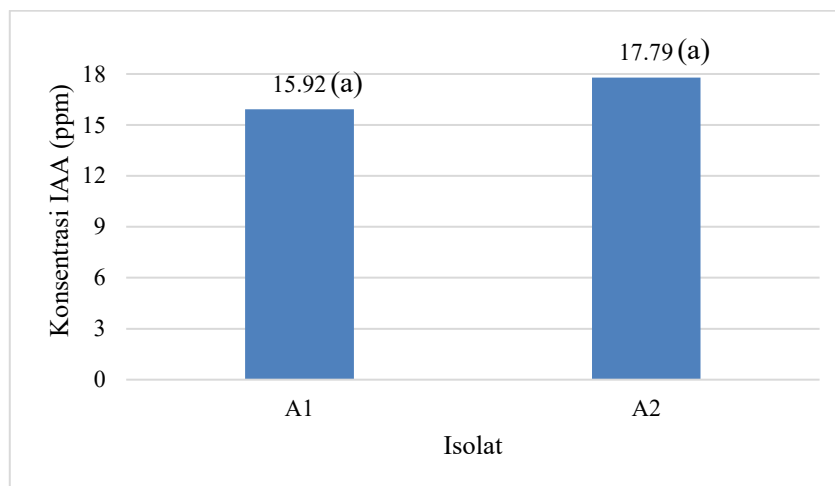
penambahan tersebut memperlihatkan penurunan pembentukan IAA pada konsentrasi yang lebih tinggi. Hal ini dapat terjadi karena kemampuan masing-masing isolat untuk memproduksi L-Triptofan berbeda.. Berdasar penelitian Maya & Alami (2019) isolat dapat menghasilkan sebesar 20,35 ppm dengan penambahan 100 ppm *L-Tryptophan*. Sedangkan isolat yang ditambahkan 100 ppm *L-Tryptophan* dapat menghasilkan 35,97 ppm (F. Astriani et al., 2014).

Kondisi ini menunjukkan bahwa 200 ppm merupakan konsentrasi optimal bagi isolat dalam memproduksi IAA. Namun, pada kondisi tanpa konsentrasi *L-Tryptophan* (K0) masih menunjukkan tingkat produksi IAA yang relatif tinggi. Pembentukan IAA tanpa adanya *L-Tryptophan* dapat melalui jalur triptofan-independent (Asril, 2019). Isolat yang dapat menghasilkan IAA tanpa adanya penambahan *Tryptophan* menunjukkan kemampuan untuk mensintesis *Tryptophan* secara mandiri (Athfin et al., 2023). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Athfin et al. (2023) 2 dari 10 isolat bakteri *Bacillus* sp. mampu menghasilkan IAA meskipun tanpa penambahan *Tryptophan*. Menurut Asril (2019) sintesis IAA dilakukan dengan cara menggunakan asam amino aromatik lain yang terkandung dalam media yang digunakan. Berdasar pernyataan Setiawati & Mihardja (2018) pembentukan asam organik dapat memengaruhi pH media.. Selain itu, meskipun dengan tanpa *L-tryptophan* beberapa jalur biosintesis IAA pada mikroorganisme dapat berlangsung, seperti jalur *tryptamine* (Glick, 2012).

4.4 Pengaruh Isolat Terhadap Produksi *Indole Acetic Acid* (IAA)

Produksi *Indole Acetic Acid* (IAA) oleh rizobakteri sangat dipengaruhi oleh karakteristik dan asal isolat. Perbedaan dalam kemampuan metabolik, aktivitas enzimatik serta respon terhadap prekursor menyebabkan setiap isolat memiliki potensi produksi IAA yang berbeda-beda. Menurut Silitonga et al. (2013) produksi IAA oleh bakteri dapat bervariasi tergantung pada jenis serta asal usul bakteri tersebut. Diperkuat dengan penelitian yang dilakukan oleh Nofiyanti & Rahayu (2023) yang mengisolasi bakteri endofit penghasil IAA asal akar tanaman bawang merah, memproduksi 11,80 ppm setelah inkubasi 2 hari. Sedangkan penelitian oleh Afifah Mariana et al. (2023) yang mengisolasi bakteri tanah asal akar tanaman kedelai dapat memproduksi 44,56 ppm setelah masa inkubasi 2 hari. Lingkungan

asal isolat yang kaya akan bahan organik dan eksudat akar juga mempengaruhi mikroorganisme yang ada di tanah.



Gambar 4.5. Grafik Produksi IAA pada Konsentrasi 200 ppm

Isolat A2 menghasilkan jumlah IAA tertinggi 17,79 ppm dibandingkan dengan isolat A1 yang hanya sebesar 15,92 ppm. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa setiap isolat memiliki tingkat kemampuan yang berbeda-beda dalam memproduksi hormon IAA. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan isolat (A2) lebih responsif terhadap pemberian konsentrasi *L-Tryptophan* dibandingkan dengan isolat (A1). Menurut Saida et al. (2022) variasi konsentrasi hormon IAA yang dihasilkan oleh setiap isolat diasumsikan karena perbedaan kemampuan dan kecepatan bakteri dalam mengubah *L-Tryptophan* menjadi IAA. Sesuai dengan pernyataan Glick (2012) bahwa efektivitas produksi IAA sangat bergantung pada jenis isolat dan asal isolat yang memiliki mekanisme metabolisme yang berbeda.

Tingginya produksi IAA oleh isolat berkaitan dengan perbedaan jenis dan asal isolat bakteri (Herlina et al., 2016). Faktor-faktor seperti kemampuan genetik dan fisiologis, serta lingkungan asal sangat mempengaruhi efektivitas mikroorganisme dalam mensintesis hormon IAA. Sebagaimana pernyataan Athfin et al. (2023) bahwa kondisi perbedaan ini kemungkinan besar disebabkan oleh perbedaan kemampuan bakteri dalam mengonsumsi Triptofan, serta perubahan dalam proses yang digunakan untuk mensintesis IAA. Patten & Glick (2002)

menyatakan bahwa sintesis IAA oleh bakteri bersifat spesifik-strain dan sangat dipengaruhi oleh latar belakang genetik serta asal lingkungannya. Hal ini diperkuat oleh Ahmad et al. (2005) yang menyatakan bahwa kemampuan produksi IAA dapat bervariasi secara signifikan bahkan strain yang berasal dari spesies yang sama, tergantung pada kondisi ekologis dan karakter fisiologis masing-masing isolat.

Perbedaan tingkat produksi IAA antar isolat dapat dipengaruhi oleh kemampuan masing-masing isolat dalam menjalankan proses biosintesis. Menurut Maya & Alami (2019) biosintesis IAA melibatkan jalur yang menggunakan *L-Tryptophan* secara langsung sebagai prekursor utama. Konsentrasi tinggi IAA yang dihasilkan oleh isolat A2 kemungkinan besar disebabkan oleh kemampuannya untuk mensintesis IAA melalui banyak jalur biosintesis. Sebaliknya, konsentrasi rendah IAA dalam isolat A1 diasumsikan terkait dengan kemampuan terbatas isolat untuk menjalankan satu jalur biokimia. Selain itu, beberapa faktor lain seperti pH media, suhu dan ketersediaan *L-Tryptophan* juga turut memengaruhi (Maya & Alami, 2019).

Tabel 4.3 Pengaruh Isolat dan *Tryptophan* terhadap Produksi *Indole Acetic Acid*

Faktor K (<i>Tryptophan</i>)	FAKTOR A (Isolat)	
	A1 (Isolat 1)	A2 (Isolat 2)
K0 (Tanpa <i>Tryptophan</i>)	7,94 a/A	7,79 a/A
K1 (<i>Tryptophan</i> 100 ppm)	9,27 a/AB	12,01 a/AB
K2 (<i>Tryptophan</i> 200 ppm)	15,92 a/C	17,79 a/C
K3 (<i>Tryptophan</i> 300 ppm)	14,53 a/C	15,79 a/BC
K4 (<i>Tryptophan</i> 400 ppm)	12,23 a/BC	8,83 a/A
K5 (<i>Tryptophan</i> 500 ppm)	12,01 a/ABC	7,35 a/A

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama berbeda tidak nyata berdasarkan BNT 5%. Huruf kapital (Faktor Isolat) dibaca horizontal, huruf kecil (Faktor *L-Tryptophan*) dibaca vertikal.

Berdasarkan tabel 4.3 terlihat bahwa pemberian *L-Tryptophan* sampai 200 ppm (K2) meningkatkan produksi IAA pada kedua isolat, dengan hasil tertinggi. Pada konsentrasi 300 ppm (K3) produksi IAA sedikit menurun dibandingkan (K2), namun tetap tinggi dibandingkan perlakuan tanpa *Tryptophan* (K0). Temuan ini menunjukkan bahwa konsentrasi 200 ppm (K2) merupakan konsentrasi optimal bagi isolat dalam memproduksi hormon IAA. Menurut Puspita et al. (2019)

produksi IAA pada isolat akar tanpa perlakuan *Tryptophan* lebih rendah dibandingkan isolat yang diperkaya *Tryptophan*.

4.5 Analisis Media Tanam

Analisis media tanam dilakukan sebelum perlakuan diberikan dengan tujuan untuk mengetahui kondisi awal tanah yang digunakan dalam penelitian. Vegetasi pada titik pengambilan sampel tanah adalah tanaman kedelai yang dibudidayakan pada lahan pertanian. Media tanam yang digunakan termasuk dalam kategori tanah pada iklim basah, mengingat wilayah Bangsalsari, Kabupaten Jember memiliki suhu udara berkisar antara 22°C hingga 32°C dengan rata-rata curah hujan tahunan sekitar 2.000-3.000 mm (Wahono, 2016). Berdasarkan karakteristik tersebut, tanah di wilayah ini umumnya merupakan tanah aluvial mudah hingga tanah bertekstur lempung yang berkembang dari endapan material vulkanik. Jenis tanah yang umum dijumpai di daerah ini tergolong ke dalam tanah sub optimal dan banyak didominasi oleh jenis tanah inseptisol (BBSDLP, 2013).

Tabel 4.4 Hasil Analisis Media Tanam

Parameter	Satuan	Nilai	Harkat
pH	-	5,9	Agak masam
Kadar air tanah	%	4,53	-
N Total	%	0,15	Rendah
P ₂ O ₅	ppm	1,15	Sangat rendah
K ₂ O	me/100 g	58,20	Tinggi
C-organik	%	0,35	Sangat rendah

*Berdasarkan : (Balai Pengujian Standar Instrumen Tanah dan Pupuk, 2023)

Hasil analisis menunjukkan bahwa pH tanah tergolong agak masam dengan nilai 5,9. Kondisi ini dapat mempengaruhi ketersediaan unsur hara tertentu, terutama fosfor dan unsur mikro. Kadar air sebesar 4,53% menunjukkan tanah dalam kondisi cukup kering, sehingga memerlukan pengaturan kelembaban agar tanaman dapat tumbuh optimal. Kandungan nitrogen total sebesar 0,15% berada pada kategori rendah, yang dapat mempengaruhi pertumbuhan vegetatif awal tanaman. Kandungan fosfor tersedia tergolong sangat rendah dan menjadi indikator bahwa tanam memerlukan pemupukan fosfat. Sebaliknya, kandungan kalium mencapai 58,20 cmol/kg tergolong tinggi, yang berarti tanah memiliki cadangan

kalium yang cukup untuk ketahanan tanaman. Kandungan c-organik hanya sebesar 0,35% termasuk sangat rendah, yang menunjukkan rendahnya aktivitas biologi tanah dan kemampuan tanah dalam menahan air dan hara.

4.5 Pengaruh Isolat Terhadap Pertumbuhan Tanaman Kedelai (*Glycine max* L.)

Kacang kedelai (*Glycine max* L.) merupakan kacang-kacangan yang dapat menciptakan hubungan simbiosis dengan bakteri rizobakteri yang terdapat di dalam tanah. Kemampuan ini yang menjadikan kedelai tidak hanya penting sebagai sumber pangan, tetapi juga berperan terhadap peningkatan kesuburan tanah melalui fiksasi nitrogen (Zahran 1999). Pertumbuhan pada fase vegetatif harus berlangsung dengan baik terutama pada usia 14 HST, dimana tanaman mulai membentuk sistem perakaran, batang dan daun sejati. Menurut Astriani & Murtiyaningsih (2018), IAA merupakan hormon yang mengendalikan perkembangan dan pertumbuhan vegetatif pada tanaman. Pertumbuhan tanaman kedelai setelah pengaplikasian isolat penghasil IAA dapat dilihat pada gambar 4.7.



Gambar 4.6. Perbedaan Hasil Panen 14 HST

Hormon *Indole Acetic Acid* (IAA) dapat diproduksi secara endogen oleh tanaman, namun jumlah yang dihasilkan umumnya belum mencapai tingkat yang optimal untuk mendukung pertumbuhan secara maksimal. Menurut Rahman et al. (2000) aplikasi IAA secara eksogen pada fase awal pertumbuhan kedelai dapat meningkatkan panjang akar, jumlah daun dan tinggi tanaman secara signifikan dibandingkan kontrol. Astriani & Murtiyaningsih (2018) menyatakan bahwa untuk

mengoptimalkan pertumbuhan tanaman diperlukan suplai IAA yang dari luar, atau yang dikenal sebagai IAA eksogen. Pengukuran pertumbuhan tanaman kedelai dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh aplikasi rizobakteri terhadap parameter pertumbuhan tanaman. Rangkuman hasil analisis data setiap variabel pengamatan dapat dilihat pada tabel 4.5. berikut ini:

Tabel 4.5 Rangkuman nilai F-Hitung variabel pengamatan

Variabel Pengamatan	F-Hitung	F-Tabel		Keterangan
		5 %	1 %	
Tinggi Tanaman (cm)	1,604	4,07	7,59	ns
Jumlah Daun/Tanaman	0,333	4,07	7,59	ns
Berat Basah (g)	4,654	4,07	7,59	*
Berat Kering (g)	2,302	4,07	7,59	ns
Panjang Akar (cm)	4,343	4,07	7,59	*

Keterangan: **) Berbeda sangat nyata. *) Berbeda nyata. ns) Berbeda tidak nyata.

Berdasarkan hasil analisis varians, beberapa faktor pertumbuhan yang diamati, seperti tinggi tanaman, jumlah daun per tanaman, dan berat kering, memiliki nilai F-Hitung yang lebih rendah daripada F-Tabel pada taraf signifikansi 5% dan 1%. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan tidak memberikan pengaruh yang berarti pada ketiga metrik tersebut. Namun, parameter berat basah dan panjang akar menghasilkan temuan yang berbeda secara statistik, yang menunjukkan bahwa perlakuan memberikan pengaruh yang cukup besar terhadap berat basah dan panjang akar tanaman.

4.5.1 Pengaruh Aplikasi Isolat Terhadap Tinggi Tanaman

Pertumbuhan tinggi tanaman menjadi salah satu indikator penting dalam mengevaluasi efektivitas aplikasi agen hayati, seperti bakteri rizosfer terhadap peningkatan pertumbuhan tanaman. Peran rizobakteri seperti *Bacillus* telah banyak dilaporkan mampu meningkatkan tinggi tanaman melalui mekanisme produksi hormon *Indole Acetic Acid* (IAA). Namun, beberapa faktor seperti kondisi lingkungan dan fisiologi tanaman inang dapat mempengaruhi keberhasilan efektivitas metabolit tanaman. Alfiah et al. (2017) melaporkan bahwa perlakuan

inokulasi BPF dan sterilisasi tanah tidak mampu mengoptimalkan ketersediaan hara fosfor P untuk menunjang peningkatan tinggi tanaman kedelai.

Tabel 4.6 Hasil Rerata Variabel Tinggi Tanaman

Perlakuan	Kode	Tinggi Tanaman (cm)
Tanpa Isolat	A0	29,8
Isolat 1	A1	26,5
Isolat 2	A2	28,1
Isolat 1 + Isolat 2	A1+A2	31,1

Berdasarkan hasil penelitian, penerapan isolat bakteri A1, A2, atau kombinasi A1+A2 pada tanaman kedelai tidak menghasilkan perbedaan tinggi tanaman yang signifikan jika dibandingkan dengan perlakuan kontrol. Hal ini menunjukkan bahwa, meskipun isolat tersebut memiliki kapasitas untuk menghasilkan hormon *Indole Acetic Acid* (IAA), respons tanaman tidak langsung terlihat pada parameter tinggi tanaman. Menurut penelitian yang dilakukan Herlina et al., (2016) penambahan IAA secara eksogen dapat meningkatkan konsentrasi IAA di dalam tanaman, namun justru dapat menghambat pertumbuhan tinggi tanaman apabila kadar yang diberikana melebihi kebutuhan optimal tanaman. Studi lain oleh Egamberdieva et al., (2017) menjelaskan bahwa inokulasi *Bacillus* sp. pada tanaman legum seperti kacang kacangan menunjukkan pengaruh yang tidak signifikan terhadap tinggi tanaman pada fase awal vegetatif, namun memberikan efek yang terlihat pada fase generatif.

Meskipun tanaman kedelai menunjukkan pertumbuhan batang yang relatif tinggi pada 14 HST setelah aplikasi rizobakteri penghasil IAA, gejala etiolasi tidak ditemukan pada pengamatan visual. Menurut Nadhifah et al., (2022), etiolasi merupakan kondisi di mana batang tanaman tumbuh lebih cepat akibat berada dalam lingkungan gelap atau kurang cahaya, yang ditandai dengan pertumbuhan yang lemah serta mudah rebah. Namun dalam penelitian ini, pertumbuhan batang yang tinggi pada salah satu ulangan tetap disertai dengan warna hijau normal, struktur batang yang kokoh, serta perkembangan daun sejati yang baik. Hal ini mengindikasikan bahwa peningkatan tinggi batang dan pemanjangan sel secara fisiologis, bukan sebagai respon stres akibat kurang cahaya.

4.5.2 Pengaruh Aplikasi Isolat Terhadap Jumlah Daun Pertanaman

Jumlah daun menjadi salah satu indikator pertumbuhan vegetatif tanaman, karena berperan langsung dalam proses fotosintesis. Pertumbuhan daun sering dikaitkan dengan aktivitas metabolik yang dipengaruhi oleh ketersediaan nutrisi dan hormon tumbuhan termasuk fitohormon *Indole Acetic Acid* (IAA).

Tabel 4.7 Hasil Rerata Variabel Jumlah Daun

Perlakuan	Kode	Jumlah Daun
Tanpa Isolat	A0	7
Isolat 1	A1	6
Isolat 2	A2	6
Isolat 1 + Isolat 2	A1+A2	6

Berdasarkan hasil pengamatan, pemberian isolat bakteri A1 dan A2 atau A1+A2 pada tanaman kedelai tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap jumlah daun per tanaman jika dibandingkan dengan kontrol. Hal ini tidak mengindikasikan bahwa isolat tidak memberikan pengaruh biologis. Menurut Irma Sari & Sugiyanta (2015) mengungkapkan bahwa respon tanaman terhadap perlakuan tertentu seringkali membutuhkan waktu yang lebih lama agar efeknya dapat terlihat secara signifikan. Kusbianto et al. (2022) juga menemukan bahwa aplikasi IAA belum memberikan dampak yang signifikan terhadap jumlah daun pada bibit tanaman vanili. Hormon IAA bekerja secara bertahap dan merangsang aktivitas meristem dan pembelahan sel, sehingga efeknya pada jumlah daun bisa terlihat lebih jelas pada fase pertumbuhan lanjutan.

4.5.3 Pengaruh Aplikasi Isolat Terhadap Berat Basah Tanaman

Parameter berat basah merupakan indikator penting dalam menilai pertumbuhan tanaman yang dapat menggambarkan kemampuan tanah dalam menyerap air dan nutrisi. Penyerapan air dan nutrisi dipengaruhi oleh kondisi lingkungan serta keberadaan mikroorganisme di zona rizosfer. Aplikasi bakteri rizosfer diketahui dapat meningkatkan berat basah melalui berbagai mekanisme contohnya dengan biosintesis hormon *Indole Acetic Acid* (IAA).

Tabel 4.8 Hasil Uji Lanjut DMRT Berat Basah

Perlakuan	Kode	Berat Basah (gr)	
Tanpa Isolat	A0	1,3	a
Isolat 1	A1	2,2	b
Isolat 2	A2	2,5	b
Isolat 1 + Isolat 2	A1+A2	2,4	b

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama berbeda tidak nyata berdasarkan BNT 5%.

Temuan ini menunjukkan bahwa pemberian perlakuan A1, A2, atau kombinasi perlakuan A1 dan A2 dapat meningkatkan berat basah tanaman kedelai secara signifikan jika dibandingkan tanpa perlakuan (kontrol). Pamungkas (2009) menyatakan bahwa hormon pertumbuhan yang dihasilkan oleh mikroorganisme di zona rizosfer mampu merangsang pembentukan rambut akar serta meningkatkan transport ion, yang pada akhirnya mempercepat proses penyerapan air oleh akar tanaman. Putra & Bowo (2024) dalam penelitiannya mengungkapkan bahwa penyerapan nutrisi dan air oleh tanaman menjadi faktor yang menyebabkan buah optimal. Berat basah tanaman merupakan indikator akumulasi biomassa segar, sehingga meningkatnya berat basah mengindikasikan bahwa perlakuan tersebut memberikan pengaruh positif terhadap pertumbuhan awal tanaman. IAA adalah auksin sintetis yang merangsang pembelahan dan pemanjangan sel, yang mendorong pemanjangan batang dan memungkinkan tanaman tumbuh dengan baik (Kusbianto et al., 2022).

4.5.4 Pengaruh Aplikasi Isolat Terhadap Berat Kering Tanaman

Parameter berat kering tanaman dapat menjadi indikator untuk mengevaluasi pertumbuhan dan akumulasi biomassa tanaman. Berat kering menggambarkan pertumbuhan nyata tanaman yang bersifat tetap dan tidak dipengaruhi oleh kandungan air.

Tabel 4.9 Hasil Rerata Variabel Berat Kering

Perlakuan	Kode	Berat Kering (gr)
Tanpa Isolat	A0	0,3
Isolat 1	A1	0,2
Isolat 2	A2	0,2
Isolat 1 + Isolat 2	A1+A2	0,2

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan isolat A1, A2, atau penggabungan A1 dan A2 tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap pengendalian berat kering tanaman. Hal ini menunjukkan pengaruh perlakuan belum cukup signifikan untuk menghasilkan perbedaan berat kering secara statistik. Hasil tersebut kemungkinan dipengaruhi oleh faktor, antara lain adaptasi awal bakteri terhadap media tumbuh serta interaksi antara bakteri dan tanaman yang belum berlangsung secara optimal. Menurut Glick (2012) efektivitas penambahan *Bacillus* dan *Pseudomonas* sangat tergantung pada kecocokan antara spesies bakteri dengan tanaman inang, serta faktor lingkungan yang mendukung metabolisme bakteri. Egamberdieva et al., (2017) melaporkan sejumlah isolat PGPR tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap berat kering tanaman kacang hijau.

4.5.5 Pengaruh Aplikasi Isolat Terhadap Panjang Akar Tanaman

Pertumbuhan akar yang baik memungkinkan peningkatan penyerapan air dan nutrisi bagi tanaman. Salah satu mekanisme yang mendukung pertumbuhan akar adalah melalui produksi hormon *Indole Acetic Acid* (IAA), yang berfungsi menekan akumulasi etilen berlebih akibat stres lingkungan, sehingga membantu tanaman beradaptasi tetap tumbuh dengan baik (Glick, 2012).

Tabel 4.10 Hasil Uji Lanjut DMRT Panjang Akar

Perlakuan	Kode	Panjang Akar (cm)
Tanpa Isolat	A0	12,5 ab
Isolat 1	A1	10,1 a
Isolat 2	A2	10,3 a
Isolat 1 + Isolat 2	A1+A2	18,1 b

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama berbeda tidak nyata berdasarkan BNT 5%.

Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan perlakuan kombinasi isolat (A1+A2) menghasilkan rerata tertinggi terhadap peningkatan panjang akar tanaman yaitu mencapai 18,1 cm. Penelitian oleh Putra & Bowo (2024) perlakuan dengan pemberian bahan pembenah tanah menunjukkan hasil yang lebih baik. Sementara itu, perlakuan A1, A2 dan kontrol tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Kondisi ini mengindikasikan adanya interaksi antara kedua isolat dalam menstimulasi pertumbuhan akar. Bakteri yang menghasilkan IAA diketahui dapat mempercepat perkembangan sistem perakaran pada tanaman inangnya (Zakiah 2013). Penggunaan kombinasi isolat diketahui dapat meningkatkan produksi IAA, yang selanjutnya mendorong pemanjangan akar primer serta pembentukan akar lateral (Glick 2012). Rizobakteri yang bersimbiosis dengan akar tanaman akan menghasilkan fitohormon serta memperbaiki struktur dan ketersediaan unsur hara di daerah perakaran Egamberdieva et al., (2017). yang secara keseluruhan mendukung pertumbuhan sistem perakaran.

Berdasarkan penjelasan di atas menunjukkan respon tanaman terhadap IAA dapat bermacam tergantung pada berbagai faktor. Kemungkinan besar, temuan yang tidak signifikan ini dihasilkan oleh kombinasi variabel, termasuk durasi perawatan yang tidak mencukupi, keadaan lingkungan yang tidak optimal, atau tingkat respons tanaman yang rendah terhadap perawatan yang diberikan. Menurut Rahmawati et al., (2023) keberhasilan perlakuan dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman sangat bergantung pada kondisi lingkungan termasuk ketersediaan air, unsur hara, serta hubungan dengan mikroorganisme tanah yang dapat memberikan dampak positif maupun negatif terhadap pertumbuhan tanaman.

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Konsentrasi *L-Tryptophan* berpengaruh nyata terhadap *Indole Acetic Acid* (IAA). Konsentrasi *L-Tryptophan* terbaik untuk menghasilkan IAA optimum adalah 200 ppm.
2. Isolat A2 menunjukkan efektivitas tertinggi dalam memproduksi IAA. terutama pada konsentrasi *L-Tryptophan* 200 ppm. Dengan hasil rata-rata produksi IAA sebesar 17,79 ppm.
3. Aplikasi isolat penghasil IAA menunjukkan pengaruh nyata terhadap pertumbuhan tanaman kedelai berumur 14 HST pada parameter berat basah dan panjang akar.

5.2 Saran

1. Menjaga kesterilan selama proses penelitian di laboratorium guna meminimalisir resiko kontaminasi mikroba lain yang dapat mempengaruhi validitas data penelitian.
2. Memperpanjang jangka waktu penelitian yang lebih lama untuk mengevaluasi efektivitas isolat terhadap produksi *Indole Acetic Acid* (IAA) pada pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai.
3. Penggunaan media tanpa kandungan *tryptophan* apabila fokus penelitian pada penambahan *tryptophan*.

DAFTAR PUSTAKA

- . A., Zada, K., Jamal, M., Safdar Bal, M., & Nawab, K. (2000). Effect Of Indole Acetic Acid (Iaa) On Yield And Yield Contributing Parameters Of Soybean. *Pakistan Journal Of Biological Sciences*, 3(5), 856–857. <https://doi.org/10.3923/Pjbs.2000.856.857>
- Abd-Alla, M. H., El-Sayed, E.-S. A., & Rasmey, A.-H. M. (2014). Indole-3-Acetic Acid Production Of Streptomyces Atrovirens Isolated From Rhizospheric Soil Of Egypt. *Journal Of Biology And Earth Sciences*, 3(2), 182–193. <http://Newjournals.Tmkarpinski.Com/Index.Php/Jbes/Article/View/76/65>
- Adachi, T., & Hidaka, H. (1991). Iaa Biosynthetic Pathway From Tryptophan Via Indole-3-Pyruvic Acid In Enterobacter Cloacae Corresponding To Authentic Iaa By Spraying. *Analysis*, 55(3), 701–706.
- Adisarwanto, 2005; 97. (2005). Budidaya Kedelai Dengan Pemupukan Yang Efektif Dan Pengoptimalan Peran Bintil Akar. Seri Agribisnis. Swadaya. Jakarta. *Plantropica Journal Of Agricultural Science*, 2(1), 55–63.
- Afifah Mariana, Agus Irianto, & Iman Budisantoso. (2023). Karakteristik Bakteri Endofit Akar Tanaman Kedelai Penghasil Hormon Tumbuh Iaa. *Biotropic : The Journal Of Tropical Biology*, 7(2), 35–42. <https://doi.org/10.29080/Biotropic.V7i2.1930>
- Ahmad, F., Ahmad, I., & Khan, M. S. (2005). Indole Acetic Acid Production By The Indigenous Isolates Of Azotobacter And Fluorescent Pseudomonas In The Presence And Absence Of Tryptophan. *Turk J Biology*, 29(1), 29–34.
- Ahmad, F., Ahmad, I., & Khan, M. S. (2008). Screening Of Free-Living Rhizospheric Bacteria For Their Multiple Plant Growth Promoting Activities. *Microbiological Research*, 163(2), 173–181. <https://doi.org/10.1016/J.Micres.2006.04.001>
- Alfiah, L. N., Zul, D., & Nelvia, N. (2017). Pengaruh Inokulasi Campuran Isolat Bakteri Pelarut Fosfat Indigenous Riau Terhadap Pertumbuhan Dan Produksi Tanaman Kedelai (Glycine Max L. Merr). *Jurnal Agroteknologi*, 7(1), 7. <https://doi.org/10.24014/Ja.V7i1.2243>
- Arora, N. K., Tewari, S., Singh, S., & Lal, N. (2012). Bacteria In Agrobiolgy: Stress Management. *Bacteria In Agrobiolgy: Stress Management, May 2014*. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-45795-5>
- Asril, M. (2019). Uji Potensi Bacillus Sp. Dan Escherichia Coli Dalam Menghasilkan Indole Acetic Acid (Iaa) Tanpa Menggunakan Triptofan Pada Media

- Pertumbuhan. *Journal Of Science And Application Technology*, 2(1), 82–86.
<https://doi.org/10.35472/281434>
- Astriani, F., Fibriarti, B. L., Zul, D., Program, M., Bidang, B., Jurusan, M., Fakultas, B., Dan, M., Pengetahuan, I., Kampus Bina, A., & Pekanbaru, W. (2014). Seleksi Isolat Jamur Dalam Menghasilkan Hormon Iaa (Indole Acetic Acid) Asal Tanah Gambut Desa Rimbo Panjang Kabupaten Kampar. *Jurnal Online Mahasiswa (Jom) Bidang Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 1(2), 11.
<https://jom.unri.ac.id/index.php/jomfmipa/article/view/3961>
- Astriani, M., & Murtiyaningsih, H. (2018a). Pengukuran Indole- 3-Acetic Acid (Iaa) Pada Bacillus Sp Dengan Penambahan L-Tryptopan. *Bioeduscience*, 2(2), 116.
<https://doi.org/10.29405/j.bes/22116-1212233>
- Astriani, M., & Murtiyaningsih, H. (2018b). Pengukuran Indole- 3-Acetic Acid (Iaa) Pada Bacillus Sp Dengan Penambahan L-Tryptopan. *Bioeduscience*, 2(2), 116.
<https://doi.org/10.29405/j.bes/22116-1212233>
- Athfin, F., Handayani, K., Setiawan, W. A., & Nugroho Ekowati, D. C. (2023). Potensi Bacillus Sp. Dari Tanah Kebun Raya Liwa Sebagai Penghasil Hormon Indole Acetic Acid (Iaa). *Ind. J. Chem. Anal*, 06(01), 10–20.
<https://journal.uii.ac.id/ljca>
- Danapriatna, N. (2014). Faktor Yang Mempengaruhi Biosintesis Iaa Oleh Azospirillum. *Jurnal Ilmiah Solusi*, 1(2), 82–88.
- Durán, N., Nakazato, G., & Seabra, A. B. (2016). Antimicrobial Activity Of Biogenic Silver Nanoparticles, And Silver Chloride Nanoparticles: An Overview And Comments. *Applied Microbiology And Biotechnology*, 100(15), 6555–6570.
<https://doi.org/10.1007/s00253-016-7657-7>
- Egamberdieva, D., Wirth, S. J., Alqarawi, A. A., Abd-Allah, E. F., & Hashem, A. (2017). Phytohormones And Beneficial Microbes: Essential Components For Plants To Balance Stress And Fitness. *Frontiers In Microbiology*, 8(Oct), 1–14.
<https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.02104>
- Glick, B. R. (2012). Plant Growth-Promoting Bacteria: Mechanisms And Applications. *Scientifica*, 2012, 1–15. <https://doi.org/10.6064/2012/963401>
- Gravel, V., Antoun, H., & Tweddell, R. J. (2007). Growth Stimulation And Fruit Yield Improvement Of Greenhouse Tomato Plants By Inoculation With Pseudomonas Putida Or Trichoderma Atroviride: Possible Role Of Indole Acetic Acid (Iaa). *Soil Biology And Biochemistry*, 39(8), 1968–1977.
<https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2007.02.015>

- Hartman, G. L., West, E. D., & Herman, T. K. (2011). Crops That Feed The World 2. Soybean-Worldwide Production, Use, And Constraints Caused By Pathogens And Pests. *Food Security*, 3(1), 5–17. <https://doi.org/10.1007/S12571-010-0108-X>
- Herlina, L., Kedati Pukan, K., & Mustikaningtyas, D. (2016). Kajian Bakteri Endofit Penghasil Iaa (Indole Acetic Acid) Untuk Pertumbuhan Tanaman. *Saintekno: Jurnal Sains Dan Teknologi*, 14(1), 51–58.
- Hidayati, F. N., Rosahdi, T. D., & Hafsari, A. R. (2018). *Pengaruh Ph , Suhu Dan Bufer Terhadap Aktivitas*. 2014, 95–99.
- Indeks, M., Daun, L., Pertumbuhan, V. P., & Kakao, T. (2016). *Warta 28 | 3 | 2005*, 8–12.
- Ini, Z. F. A. (2013). Isolasi Dan Identifikasi Bakteri Penghasil Iaa (Indole-3-Acetic Acid) Dari Tanah Dan Air Di Situgunung . *Faktor Exacta*, 6(3), 231–240.
- Irma Sari, V., & Sugiyanta, Dan. (2015). Peran Pupuk Organik Dalam Meningkatkan Efektivitas Pupuk Npk Pada Bibit Kelapa Sawit Di Pembibitan Utama The Role Of Organic Fertilizer To Increase The Effectiveness Of Npk Fertilizer For Oil Palm Seedling In Main Nursery. *J. Agron. Indonesia*, 43(2), 153–160.
- Istiqomah, Aini, L. Q., & Abadi, A. L. (2017). Kemampuan Bacillus Subtilis Dan Pseudomonas Fluorescens. *Buana Sains*, 17(1), 75–84.
- Ketut, D., Sukmadewi, T., & Antonius, S. (2010). Uji Potensi Bakteri Penghasil Hormon Iaa (Indole Acetic Acid) Dari Tanah Rhizosfer Cengkeh (Syzigium Aromaticum L .) Bakteri Penghasil Hormon Iaa (Indole Acetic Acid) Dari Tanah Rhizosfer Cengkeh (Syzigium Aromaticum L .). 91–94.
- Kusbianto, D. E., Emiyati, S., Setiawati, T. C., Subroto, G., & Rosyady, M. G. (2022). Pengaruh Pemberian Iaa Pada Pembibitan Setek Vanili (Vanila Planifolia) Yang Diperkaya Bakteri Pelarut Fosfat Dan Bakteri Pelarut Kalium. *Jurnal Agro Industri Perkebunan*, 10(2), 105–118. <https://doi.org/10.25181/Jaip.V10i2.2550>
- 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 Biologi*, 2(3), 41–54.
- Lestari, P., Suryadi, Y., Ningsih Susilowati, D., Puji Priyatno, T., & Made Samudra Balai Besar Penelitian Dan Pengembangan Bioteknologi Dan Sumber Daya Genetik Pertanian Jl, Dan I. (2015). Karakterisasi Bakteri Penghasil Asam Indol Asetat Dan Pengaruhnya Terhadap Vigor Benih Padi [Characterization Of

Bacteria Producing Indole Acetic Acid And Its Effect On Rice Seed Vigor]. *Berita Biologi*, 14(1), 19–28.

- Malhotra, M., & Srivastava, S. (2008). Organization Of The Ipdc Region Regulates Iaa Levels In Different Azospirillum Brasilense Strains: Molecular And Functional Analysis Of Ipdc In Strain Sm. *Environmental Microbiology*, 10(5), 1365–1373. <https://doi.org/10.1111/J.1462-2920.2007.01529.X>
- Maya, F. N., & Alami, N. H. (2019). Uji Potensi Isolat Khamir Dari Rhizosfer Mangrove Wonorejo Dan Gunung Anyar Sebagai Agen Penghasil Iaa (Indole Acetic Acid). *Jurnal Sains Dan Seni Its*, 8(1), 4–8. <https://doi.org/10.12962/J23373520.V8i1.41855>
- Mogea, R. A., La Halim Putri, W. I. C., & Abubakar, H. (2022). Isolasi Bakteri Penghasil Indole Acetic Acid Pada Tanaman Hortikultura Di Perkebunan Prafi Sp 1, Manokwari. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 27(1), 1–6. <https://doi.org/10.18343/Jipi.27.1.1>
- Mohite, B. (2013). *Isolation And Characterization Of Indole Acetic Acid (Iaa) Producing Bacteria From Rhizospheric Soil And Its Effect On Plant Growth*. 13(3), 638–649.
- Mutmainnah, L., Anggriawan, R., Setiawati, T. C., Prasetyo, M. F. D., Salsabilla, N. A., Putranti, C. A., & Prayoga, S. H. (2023). Pengolahan Limbah Cair Usaha Peternakan Menjadi Pupuk Organik Di Desa Karangrejo, Gumukmas, Kabupaten Jember. *Jurnal Ilmiah Wawasan Kuliah Kerja Nyata*, 4(1), 107–114.
- Nadhifah, K., Widjajanto, W., & Sumarsono. (2022). Pertumbuhan Tanaman Kedelai (Glycine Max L.) Akibat Penambahan Sumber N-Organik Dan Perbedaan Lama Fermentasi Pupuk Kandang Sapi Growth Of Soybean (Glycine Max L.) Due To The Addition Of N-Organic Sources And Differences In The Fermentation Period Of Cow. *Journal Agroeco Science*, 1(1). <https://ejournal2.undip.ac.id/index.php/Aesj>
- Nakei, M. D., Venkataramana, P. B., & Ndakidemi, P. A. (2022). Soybean-Nodulating Rhizobia: Ecology, Characterization, Diversity, And Growth Promoting Functions. *Frontiers In Sustainable Food Systems*, 6(April), 1–23. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.824444>
- Nassar, A. H., El-Tarabily, K. A., & Sivasithamparam, K. (2005). Promotion Of Plant Growth By An Auxin-Producing Isolate Of The Yeast Williopsis Saturnus Endophytic In Maize (Zea Mays L.) Roots. *Biology And Fertility Of Soils*, 42(2), 97–108. <https://doi.org/10.1007/S00374-005-0008-Y>

- Naveed, M., Qureshi, M. A., Zahir, Z. A., Hussain, M. B., Sessitsch, A., & Mitter, B. (2015). L-Tryptophan-Dependent Biosynthesis Of Indole-3-Acetic Acid (Iaa) Improves Plant Growth And Colonization Of Maize By Burkholderia Phytofirmans Psjn. *Annals Of Microbiology*, 65(3), 1381–1389. <https://doi.org/10.1007/S13213-014-0976-Y>
- Nofiyanti, S. S., & Rahayu, Y. S. (2023). Isolasi Bakteri Endofit Akar Tanaman Bawang Merah (*Allium Cepa* L.) Sebagai Penghasil Hormon Indole-3-Acetic Acid (Iaa). *Lenterabio: Berkala Ilmiah Biologi*, 12(2), 162–171. <https://doi.org/10.26740/Lenterabio.V12n2.P162-171>
- Pambudi, A., Susanti, S., & Priambodo, T. W. (2017). Isolasi Dan Karakterisasi Bakteri Tanah Sawah Di Desa Sukawali Dan Desa Belimbing, Kabupaten Tangerang. *Al-Kauniyah: Jurnal Biologi*, 10(2), 105–113. <https://doi.org/10.15408/Kauniyah.V10i2.4907>
- Pamungkas, Febriani Tri; Darmanti, Sri; Raharjo, B. (2009). *Pengaruh Konsentrasi Dan Lama Perendaman Dalam Supernatan Kultur Bacillus Sp.2 Ducc-Br-K1.3 Terhadap Pertumbuhan Stek Horisontal Batang Jarak Pagar (Jatropha Curcas L.)*.
- Pandiangan, D., Tilaar, W., & Nainggolan, N. (2012). Hubungan Spesialisasi Sel Dengan Kandungan Iaa Pada Kultur Sel *Catharanthus Roseus* Dengan Penambahan Triptofan. *Eugenia*, 21(3). <https://doi.org/10.35791/Eug.18.2.2012.3952>
- Patten, C. L., & Glick, B. R. (2002). Role Of *Pseudomonas Putida* Indoleacetic Acid In Development Of The Host Plant Root System. *Applied And Environmental Microbiology*, 68(8), 3795–3801. <https://doi.org/10.1128/Aem.68.8.3795-3801.2002>
- Patten, C. L., & Glick, B. R. (2011). Inspection Non-Destructive Inspection With Shearography. *Proceedings Of Spie - The International Society For Optical Engineering*, 2248(8), 1–34. <https://doi.org/10.1128/Aem.68.8.3795>
- Pulungan, A. S. S., & Tumangger, D. E. (2018). Isolasi Dan Karakterisasi Bakteri Endofit Penghasil Enzim Katalase Dari Daun Buasbuas (*Premna Pubescens* Blume). *Biolink (Jurnal Biologi Lingkungan Industri Kesehatan)*, 5(1), 71–80. <https://doi.org/10.31289/Biolink.V5i1.1665>
- Puspita, F., Saputra, S. I., & Merini, D. J. (2019). Uji Beberapa Konsentrasi Bakteri *Bacillus* Sp. Endofit Untuk Meningkatkan Pertumbuhan Bibit Kakao (*Theobroma Cacao* L.). *Jurnal Agronomi Indonesia (Indonesian Journal Of Agronomy)*, 46(3), 322–327. <https://doi.org/10.24831/Jai.V46i3.16342>

- Puspita Sari, R., & Sudiarso, Dan. (2019). Pengaruh Plant Growth Promoting Rhizobacteria (Pgpr) Dan Pupuk Kandang Sapi Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Jagung Manis (*Zea Mays Saccharata Sturt*) The Effect Of Plant Growth Promoting Rhizobacteria (Pgpr) And Cow Manure On The Growth And Yield Of. *Jurnal Produksi Tanaman*, 7(4), 738–747.
- Putra, R. A. T., & Bowo, C. (2024). Meningkatkan Pertumbuhan Tanaman Mentimun (*Cucumis Sarivus L.*) Di Tanah Salin Dengan Pelindian Tanah Dan Penambahan Amelioran. *Jurnal Tanah Dan Sumberdaya Lahan*, 11(1), 29–38. <https://doi.org/10.21776/Ub.Jtsl.2024.011.1.4>
- Rahmawati, R., Akbar, Y., Sabri, Y., & Desriana, D. (2023). Optimalisasi Pemberian Beberapa Konsentrasi Pupuk Organik Cair (Poc) Jakaba Terhadap Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit (*Elaeis Guinensis Jacq.*). *Menara Ilmu*, 17(1), 80–88. <https://doi.org/10.31869/Mi.V17i1.4530>
- Retnowati, Y., Bialangi, N., & Posangi, N. W. (2011). Pertumbuhan Bakteri *Staphylococcus Aureus* Pada Media Yang Diekspos Dengan Infus Daun Sambiloto. *Jurnal Saintek*, 6(2), 397–405.
- Santi, C., Bogusz, D., & Franche, C. (2013). Biological Nitrogen Fixation In Non-Legume Plants. *Annals Of Botany*, 111(5), 743–767. <https://doi.org/10.1093/Aob/Mct048>
- Saputra, T. W., Mutmainnah, L., Setiawati, T. C., Mandala, M., Kartika, V., Studi, P., Tanah, I., Jember, U., Agroteknologi, P. S., Jember, U., Agronomi, P. S., & Jember, U. (2024). Pemetaan Prediksi Erosi Tanah Pada Litologi Breksi Argopura Lereng Gunung Argopura Dengan Pendekatan Survei Menggunakan Metode Usle Dan. 12(2), 341–354. <https://doi.org/10.29303/Jrpb.V12i2.583>
- Sastrawan, I. G. G., Fatmawati, N. N. D., Budayanti, N. N. S., & Darwinata, A. E. (2020). Uji Daya Hambat Ekstrak Etanol 96% Daun Gamal (*Gliricidia Sepium*) Terhadap Bakteri Methicillin Resistant *Staphylococcus Aureus* (Mrsa) Atcc 3351. *Jurnal Medika Udayana*, 9(7), 1–6. <https://ojs.unud.ac.id/index.php/eum/issue/view/3594>
- Setiawati, T. C., & Mihardja, P. A. (2018). Identifikasi Dan Kuantifikasi Metabolit Bakteri Pelarut Fosfat Dan Pengaruhnya Terhadap Aktivitas Rhizoctonia Solani Pada Tanaman Kedelai. *Journal Of Tropical Soils*, 13(3), 233–240. <https://doi.org/10.5400/Jts.2008.V13i3.233-240>
- Sianipar, G. W. S., Sartini, S., & Riyanto, R. (2020). Isolasi Dan Karakteristik Bakteri Endofit Pada Akar Pepaya (*Carica Papaya L.*). *Jurnal Ilmiah Biologi Uma (Jibioma)*, 2(2), 83–92. <https://doi.org/10.31289/Jibioma.V2i2.312>

- Silitonga, D. M., Priyani, N., & Nurwahyuni, D. I. (2013). Isolasi Dan Uji Potensi Isolat Bakteri Pelarut Fosfat Dan Bakteri Penghasil Hormon Iaa (Indole Acetic Acid) Terhadap Pertumbuhan Kedelai (*Glycine Max L.*) Pada Tanah Kuning. *Saintia Biologi*, *1*(2), 35–41.
- Sukmadi, R. B. (2013). Aktivitas Fitohormon Indole-3-Acetic Acid (Iaa) Dari Beberapa Isolat Bakteri Rizosfer Dan Endofit. *Jurnal Sains Dan Teknologi Indonesia*, *14*(3), 221–227. <https://doi.org/10.29122/jsti.v14i3.930>
- Tanaman, R., & Glycine, K. (2022). *Saida Et Al 2022 Uji Aktivitas Bakteri Penambat Nitrogen Dan Penghasil Iaa Dari Rhizosfer Tanaman Kedelai*. *6*(1), 68–73.
- Tangapo, A. M. (2020). Potensi Bakteri Endofit Ubi Jalar (*Ipomoea Batatas L.*) Dalam Menghasilkan Hormon Indole Acetic Acid (Iaa) Dengan Penambahan L-Triptofan. *Jurnal Bios Logos*, *10*(1), 21. <https://doi.org/10.35799/jbl.10.1.2020.27980>
- Tarigan, R. S., Jamilah, I., & Elimasni. (2015). Seleksi Bakteri Penambat Nitrogen Dan Penghasil Hormon Iaa (Indole Acetic Acid) Dari Rhizosfer Tanah Perkebunan Kedelai (*Glycine Max L.*). *Saintia Biologi*, *1*(2), 42–48.
- Torres-Rubio, M. G., Valencia-Plata, S. A., Bernal-Castillo, J., & Martínez-Nieto, P. (2000). Isolation Of Enterobacteria, Azotobacter Sp. And Pseudomonas Sp., Producers Of Indole-3-Acetic Acid And Siderophores, From Colombian Rice Rhizosphere. *Revista Latinoamericana De Microbiologia*, *42*(4), 171–176.
- Waluyo, I., Nordlund, D., Näslund, L. Å., Ogasawara, H., Pettersson, L. G. M., & Nilsson, A. (2008). Spectroscopic Evidence For The Formation Of 3-D Crystallites During Isothermal Heating Of Amorphous Ice On Pt(1 1 1). *Surface Science*, *602*(11), 2004–2008. <https://doi.org/10.1016/j.susc.2008.04.005>
- Wijayati, N., Astutiningsih, C., & Mulyati, S. (2014). Transformasi A-Pinena Dengan Bakteri *Pseudomonas Aeruginosa* Atcc 25923. *Biosaintifika, Journal Of Biology & Biology Education*, *6*(1), 24–28.
- Zahran, H. H. (1999). Rhizobium -Legume Symbiosis And Nitrogen Fixation Under Severe Conditions And In An Arid Climate . *Microbiology And Molecular Biology Reviews*, *63*(4), 968–989. <https://doi.org/10.1128/Mmbr.63.4.968-989.1999>
- Zega, I. C., & Lase, N. K. (2025). *Potensi Rhizobium Dalam Meningkatkan Efisiensi Fiksasi Nitrogen Untuk Kesuburan Tanah : Kajian Literatur*. 2.

LAMPIRAN

Lampiran 1.1 Hasil Analisis Data Penelitian

Kuantitatif Produksi IAA

Isolat	<i>L-Tryptophan (ppm)</i>						Jumlah	Rata-rata
	0	100	200	300	400	500		
A1	7,97	9,27	15,92	14,53	12,23	12,01	71,92	11,99
A2	7,79	12,01	17,79	15,79	8,83	7,36	69,57	11,60
Jumlah	15,76	21,28	33,71	30,32	21,06	19,37		
Rata-rata	7,88	10,64	16,86	15,16	10,53	9,68		

ANOVA					
Sumber Keragaman	Jumlah kuadrat	Derajat bebas	Kuadrat tengah	F. Hitung	Signifikansi
Perlakuan	119,319	5	23,8639	6,2611	0,0225
Galat	22,8686	6	3,81144		
Total	142,188	11			

Rangkuman Anova Perlakuan Isolat 200 ppm

ANOVA					
Sumber Keragaman	Jumlah kuadrat	Derajat bebas	Kuadrat tengah	F. Hitung	Signifikansi
Perlakuan	3,515625	1	3,515625	0,440040304	0,575333769
Galat	15,97865	2	7,989325		
Total	19,494275	3			

Tinggi Tanaman

Perlakuan	Ulangan		
	I	II	III
Kontrol	29,5	29	31,5
A1	30	24	25,5
A2	33	27,5	24
A1+A2	38	26	29,5

ANOVA					
Sumber Keragaman	Jumlah kuadrat	Derajat bebas	Kuadrat tengah	F. Hitung	Signifikansi
Perlakuan	36,917	3	12,306	0,708	0,574
Galat	139,000	8	17,375		
Total	175,917	11			

Jumlah Daun/Pertanaman

Perlakuan	Ulangan		
	I	II	III
Kontrol	7	7	7
A1	7	4	7
A2	7	7	4
A1+A2	7	4	7

ANOVA					
Sumber Keragaman	Jumlah kuadrat	Derajat bebas	Kuadrat tengah	F. Hitung	Signifikansi
Perlakuan	2,250	3	0,750	0,333	0,802
Galat	18,000	8	2,250		
Total	20,250	11			

Berat Basah

Perlakuan	Ulangan		
	I	II	III
Kontrol	1,2	1,3	1,5
A1	2,1	2,6	1,9
A2	2,9	1,8	2,7
A1+A2	2,8	1,9	2,5

ANOVA					
Sumber Keragaman	Jumlah kuadrat	Derajat bebas	Kuadrat tengah	F. Hitung	Signifikansi
Perlakuan	2,467	3	0,822	4,654	0,036
Galat	1,413	8	0,177		
Total	3,880	11			

Berat Kering

Perlakuan	Ulangan		
	I	II	III
Kontrol	0,32	0,44	0,28
A1	0,27	0,22	0,25
A2	0,26	0,22	0,25
A1+A2	0,24	0,32	0,17

ANOVA					
Sumber Keragaman	Jumlah kuadrat	Derajat bebas	Kuadrat tengah	F. Hitung	Signifikansi
Perlakuan	0,024	3	0,008	2,302	0,154
Galat	0,027	8	0,003		
Total	0,051	11			

Panjang Akar

Perlakuan	Ulangan		
	I	II	III
Kontrol	10	15	4
A1	6,5	14,5	9,5
A2	9	13,5	8,5
A1+A2	19	16	19,5

ANOVA					
Sumber Keragaman	Jumlah kuadrat	Derajat bebas	Kuadrat tengah	F. Hitung	Signifikansi
Perlakuan	125.636	3	41.879	4,343	0,050
Galat	67.500	8	9.643		
Total	193.136	11			







Lampiran 1.2 Nilai Absorbansi Kurva Standar IAA

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi $\lambda=530$ nm
0	0
10	0,079
20	0,297
30	0,349
40	0,368
50	0,620

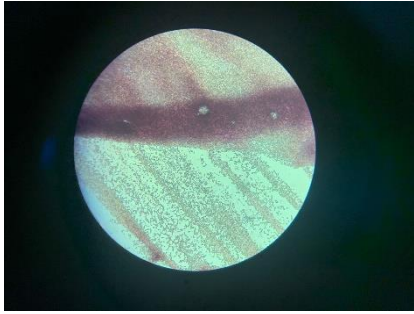
Lampiran 1.3 Dokumentasi

			
Sterilisasi alat	Pembuatan media	Peremajaan isolat	Penetesan salkowski
			
Uji Katalase	Pewarnaan gram	Penambahan tryptophan	Inkubasi
			
Penggojokan	Sentrifus sampel	Spektrofotometer sampel	Penyiapan media tanam
			
Penambahan isolat	Pengukuran tinggi	Pengukuran berat basah	Pengukuran panjang akar

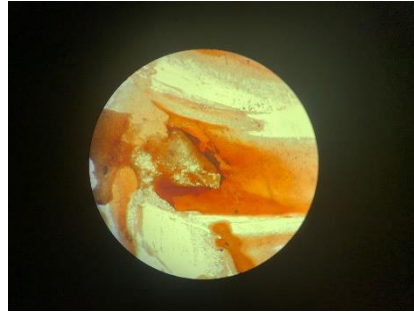
LAMPIRAN 1.4 Perbandingan Hasil Panen

		
Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3
		
Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3

LAMPIRAN 1.5 Hasil Uji Pewarnaan Gram



A1



A2