



**PENGARUH INOKULASI *RHIZOBIUM* DAN KOMPOS BEKAS MAGGOT
TERHADAP NODULASI AKAR DAN KONSENTRASI IAA (*Indole Acetic
Acid*) TANAMAN KEDELAI (*Glycine max L. Merill*) PADA TANAH
SUBOPTIMAL**

SKRIPSI

Oleh

Anggelya Mashughestiningrum

211510301025

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



**PENGARUH INOKULASI *RHIZOBIUM* DAN KOMPOS BEKAS MAGGOT
TERHADAP NODULASI AKAR DAN KONSENTRASI IAA (*Indole Acetic
Acid*) TANAMAN KEDELAI (*Glycine max L. Merrill*) PADA TANAH
SUBOPTIMAL**

*diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh gelar Sarjana pada
program studi Ilmu Tanah*

SKRIPSI

Oleh

Anggelya Mashughestiningrum

211510301025

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

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk :

1. Keluarga saya, yaitu Ayah saya Mashuri, Ibu saya Titin Suliantiningsih, dan Adik saya Arlyn Masdwiyanti Syahputri serta anggota keluarga lain yang telah memberikan doa dan dukungan kepada saya dalam mengerjakan tugas akhir.
2. Dosen Pembimbing saya Prof. Dr. Ir. Tri Candra Setiawati, M.Si., Dosen Penguji utama yakni Dr. Ir. Bambang Hermiyanto, M.P., dan Dosen Penguji Anggota sekaligus Dosen Pembimbing Akademik saya yaitu Ibu Laily Mutmainnah, S.P., M.Si. yang telah membimbing dan memberi ilmu hingga tugas akhir selesai dengan baik.
3. Segenap civitas akademika dan staff Program Studi Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Jember dalam membantu menunjang tugas akhir.
4. Rekan-rekan yang turut membantu dan berpartisipasi selama berjalannya penelitian, penyusunan skripsi, dan menunjang sarana dan prasarana skripsi.
5. Almamater Universitas Jember.

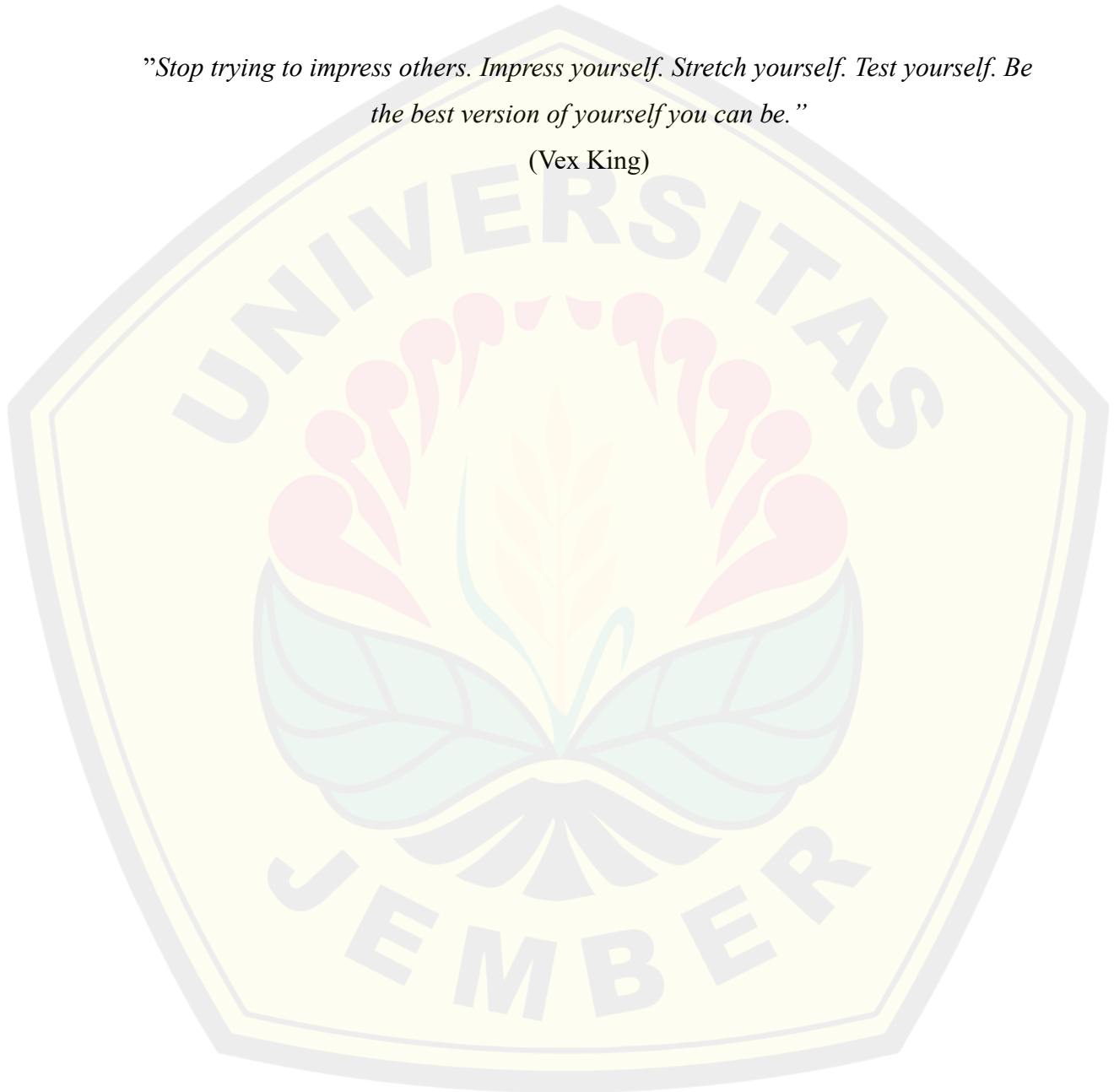
MOTTO

”Kemudian apabila kamu telah membulatkan tekad, maka bertawakallah kepada Allah. Sesungguhnya Allah menyukai orang-orang yang bertawakal kepada-Nya.”

(QS. Ali Imran: 159)

”Stop trying to impress others. Impress yourself. Stretch yourself. Test yourself. Be the best version of yourself you can be.”

(Vex King)



PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Anggelya Mashughestiningrum

NIM : 211510301025

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul: Pengaruh Inokulasi *Rhizobium* dan Kompos Bekas Maggot Terhadap Nodulasi Akar dan Konsentrasi IAA (*Indole Acetic Acid*) Tanaman Kedelai (*Glycine Max L. Merril*) Pada Tanah Sub Optimal adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isi sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 02 Juni 2025
Yang Menyatakan,



Anggelya Mashughestiningrum
NIM. 211510301025

HALAMAN PERSETUJUAN

Skripsi berjudul Pengaruh Inokulasi *Rhizobium* dan Kompos Bekas Maggot Terhadap Nodulasi Akar dan Konsentrasi IAA (*Indole Acetic Acid*) Tanaman Kedelai (*Glycine Max L. Merril*) Pada Tanah Sub Optimal telah diuji dan disetujui oleh Fakultas Pertanian Universitas Jember pada:

Hari : Senin

Tanggal : 2 Juni 2025

Tempat : Fakultas Pertanian Universitas Jember


Pembimbing

1. Pembimbing Utama

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

NIP : 196505231993022001

Tanda Tangan



(.....)

Penguji

1. Penguji Utama

Nama : Dr. Ir. Bambang Hermiyanto, M.P.,

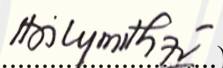
NIP : 196111101988021001


(.....)

2. Penguji Anggota

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

NIP : 199304212022032017


(.....)

ABSTRACT

*Soybean (*Glycine max L.*) requires a high supply of nitrogen (N), which is generally fulfilled through biological fixation by the symbiotic bacterium *Rhizobium*. Besides converting atmospheric N into ammonium, *Rhizobium* synthesizes the auxin hormone indole-3-acetic acid (IAA) that supports plant growth. This study evaluated the effect of *Rhizobium* inoculation and maggot compost addition on nodulation, IAA content, and soil nutrient status in Grobogan variety soybean and compared the effectiveness of seed treatment versus soil treatment. The experiment was arranged according to a completely randomized design with eight treatment combinations (maggot compost, biomass compost, and SP-36 + KCl fertilizer) and three replications (24 pots) in the greenhouse of the Faculty of Agriculture, University of Jember. Data were analyzed using ANOVA, 5% DMRT, and correlation. Results showed that the combination of *Rhizobium* + maggot waste compost increased soil N-total by 0.12% and C-organic by 1.22% and increased the C/N ratio by 7.09 compared to *Rhizobium* inoculation alone. This treatment did not affect plant height but significantly increased wet and dry weights, effective nodule number, N concentration and uptake, and IAA content. Inoculation through soil treatment proved to be more efficient than seed treatment, indicated by an increase in wet weight of 10.46 g, dry weight of 2.74 g, two additional effective nodules, 0.02 % increase in N concentration, N uptake of 8.24 mg/plant, and IAA content of 0.38 ppm. Thus, applying *Rhizobium* and maggot waste compost through soil treatment can enhance nodulation, N fixation, and IAA synthesis in soybeans.*

*Keywords: *Rhizobium*, maggot compost, nodulation, IAA, soybeans, seed treatment, soil treatment*

RINGKASAN

Pengaruh Inokulasi *Rhizobium* Dan Kompos Bekas Magot Terhadap Nodulasi Akar Dan Konsentrasi IAA (*Indole Acetic Acid*) Tanaman Kedelai (*Glycine Max L. Merrill*) Pada Tanah Suboptimal; Anggelya Mashughestiningrum; 211510301025; 2025; Program Studi Ilmu Tanah; Fakultas Pertanian Universitas Jember.

Tanaman kedelai merupakan tanaman legum yang membutuhkan nitrogen dalam jumlah besar karena bijinya mengandung protein konsentrasi tinggi. Sebagian besar suplai nitrogen pada tanaman kedelai merupakan hasil fiksasi bakteri simbiotik yang terdapat pada rhizosfer. Kelompok bakteri yang dapat mengaktifkan bintil akar dalam penyerapan unsur N adalah *Rhizobium*. *Rhizobium* melakukan simbiosis dengan kedelai dengan membentuk nodul di akar tanaman kedelai, yang mengarah ke fiksasi nitrogen biologis, atau konversi nitrogen atmosfer (N_2/N) menjadi bentuk aktif biologis yang dapat digunakan oleh tanaman. Dalam simbiosisnya bakteri *Rhizobium* dapat mengubah nitrogen atmosfer menjadi amonium (NH_4^+), yang merupakan bentuk nitrogen yang tersedia untuk tanaman, sedangkan tanaman menyediakan karbohidrat untuk bakteri. Selain membantu dalam fiksasi N, *Rhizobium* juga dapat memproduksi hormon IAA (*Indole Acetic Acid*) yang merupakan salah satu hormon auksin.

Penelitian bertujuan untuk mengetahui pengaruh perlakuan pemberian *Rhizobium* dan kompos bekas maggot terhadap nodulasi akar dan peningkatan konsentrasi hormon IAA (*Indole Acetic Acid*) pada tanaman kedelai, serta mengetahui efektivitas antara pemberian *Rhizobium* secara *seed treatment* dengan *soil treatment* terhadap pembentukan nodul efektif dan produksi hormon IAA (*Indole Acetic Acid*). Penelitian ini dimulai pada bulan Agustus 2024 dan dilaksanakan di *green house* serta Laboratorium Kesehatan dan Kesuburan Tanah Program Studi Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian Universitas Jember. Persiapan penelitian dimulai dengan pengambilan tanah sebagai media tanam dan dilakukan preparasi, sterilisasi media tanam, penanaman, dan perawatan. Kedelai yang

digunakan memiliki varietas Grobogan. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAL) dengan 8 satuan percobaan yaitu *Rhizobium seed treatment*, *Rhizobium seed treatment* + Kompos Bekas Maggot, *Rhizobium seed treatment* + Kompos Biomassa, *Rhizobium seed treatment* + Pupuk SP36 dan KCL, *Rhizobium soil treatment*, *Rhizobium soil treatment* + Kompos Bekas Maggot, *Rhizobium soil treatment* + Kompos Biomassa, dan *Rhizobium soil treatment* + Pupuk SP36 dan KCL, dengan 3 ulangan sehingga terdapat 24 total pot percobaan. Pada data penelitian dilakukan uji anova, kemudian diuji lanjut dengan uji *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) dengan taraf 5% serta dilakukan uji korelasi.

Hasil penelitian menunjukkan perlakuan kombinasi *Rhizobium* dan kompos bekas maggot memberikan pengaruh terhadap peningkatan kandungan nitrogen total tanah sebesar 0.12% dibandingkan perlakuan *Rhizobium* tanpa tambahan kompos dan pupuk. Kandungan C-organik tanah juga mengalami peningkatan sebesar 1.22% dibandingkan perlakuan *Rhizobium* tanpa tambahan kompos dan pupuk, dengan diikuti peningkatan C/N rasio sebesar 7.09 dibandingkan perlakuan *Rhizobium* tanpa tambahan kompos dan pupuk. Pengaruh aplikasi *Rhizobium* dan kompos bekas maggot tidak berpengaruh signifikan terhadap tinggi tanaman kedelai, namun sebaliknya perlakuan ini memberikan pengaruh signifikan terhadap berat basah dan berat kering tanaman, jumlah nodul efektif, konsentrasi nitrogen, serapan nitrogen, serta kandungan hormon *Indole Acetic Acid* (IAA) tanaman kedelai. Pada faktor tanaman, pemberian *Rhizobium* secara *soil treatment* (inokulasi di tanah) lebih optimal dibandingkan dengan *seed treatment* (inokulasi di benih). Peningkatan berat basah tanaman sebesar 10.46 gr dan berat kering tanaman sebesar 2.74 gr dibandingkan dengan perlakuan *seed treatment*. Jumlah nodul efektif menunjukkan peningkatan sebesar 2 nodul efektif dibandingkan dengan perlakuan *seed treatment*. Pada konsentrasi nitrogen dan serapan nitrogen tanaman menunjukkan peningkatan sebesar 0.02% dan 8.24 mg/tanaman dibandingkan dengan perlakuan *seed treatment*. Sedangkan pada kandungan hormon IAA menunjukkan peningkatan sebesar 0.38 ppm dibandingkan dengan perlakuan *seed treatment*.

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa karena berkat rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul "Pengaruh Inokulasi *Rhizobium* dan Kompos Bekas Maggot Terhadap Nodulasi Akar dan Konsentrasi IAA (*Indole Acetic Acid*) Tanaman Kedelai (*Glycyn Max L. Merril*) Pada Tanah Sub Optimal" dengan baik.

Penyusunan Karya Ilmiah Tertulis (Skripsi) ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terimakasih atas semua dukungan dan bantuan kepada:

1. Prof. M.Rondhi, S.P,M.P., Ph.D selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Jember
2. Prof. Dr. Ir.Tri Candra Setiawati, M.Si selaku Ketua Program Studi Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Jember
3. Prof. Dr. Ir.Tri Candra Setiawati, M.Si selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang telah meluangkan waktu dan perhatian untuk membimbing, memotivasi, dan memberikan dukungan dalam menyelesaikan skripsi
4. Dr. Ir. Bambang Hermiyanto, M.P., selaku Dosen Penguji Utama dan Laily Mutmainnah, S.P., M.Si selaku Dosen Penguji Anggota yang telah memberikan evaluasi dan motivasi selama penulisan penyelesaian skripsi
5. Laily Mutmainnah, S.P., M.Si selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing selama penulis menjadi mahasiswa
6. Muhammad Ilham, S.P., Mohammad Jimmy Kurnianta, S. Si, M. biotek, Pak Hely, dan Cak Yono yang telah membantu memberi dukungan dalam penulisan skripsi ini
7. Kedua Orang Tua saya yang sangat saya sayangi yakni Bapak Mashuri dan Ibu Titin Suliantiningsih yang senantiasa berjuang dan selalu memberikan dukungan, doa, kasih sayang, semangat serta motivasi tiada henti sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi hingga mendapat gelar Sarjana Pertanian

8. Saudari saya yang saya sayangi yakni Arlyn Masdwiyanti Syahputri yang telah memberikan doa, semangat, dan dukungan tiada henti sehingga dapat terus terdorong untuk dapat menyelesaikan skripsi
9. Sahabatku Rizqiyana, Lintang Okta dan Timmotius Denis yang telah memberikan doa serta dukungan moral dalam proses menyelesaikan skripsi
10. Rekan satu bimbingan saya yakni Dyah Ayu, Alicia Putri, Hisyam Azhar, Refanda Fida'ul dan Farisa Huwaida yang telah menjadi partner riset penulis selama penelitian hingga selesainya penelitian
11. Rekan seperjuangan saya saat mengerjakan skripsi mulai dari awal hingga akhir yakni Dyah Ayu Kesumowati yang selalu bersama dalam suka maupun duka untuk menyelesaikan penelitian dan skripsi
12. Teman-teman seperjuangan yang telah membantu dalam melakukan analisis laboratorium yakni Qongidatul Hasanah, Devani Avrilia, Febrian Dilla, Putri Maulinda dan Refanda Fida'ul, sehingga penelitian untuk skripsi penulis dapat berjalan dengan lancar
13. Teman-teman seperjuangan Program Studi Ilmu Tanah Angkatan 2021 yang telah memberikan bantuan dan dukungan secara langsung maupun secara tidak langsung dalam penyelesaian skripsi ini
14. Semua pihak yang tidak disebutkan satu per satu yang turut membantu dalam memperlancar penyelesaian skripsi

Jember, 02 Juni 2025

Penulis

DAFTAR ISI

PERSEMBAHAN	ii
MOTTO	iii
PERNYATAAN ORISINALITAS	iv
HALAMAN PERSETUJUAN	v
PRAKATA	ix
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Tanah Sub-optimal	4
2.2 Tanaman Kedelai	4
2.3 Kompos Bekas Maggot	5
2.4 Bakteri Rhizobium	6
2.5 Mekanisme Nodulasi oleh Rhizobium	7
2.6 Fiksasi Nitrogen Oleh Bakteri Rhizobium	9
2.7 IAA pada Tanaman Kedelai	10
2.8 Hipotesis Penelitian	12
BAB 3. METODE PENELITIAN	13
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	13
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	13
3.3 Prosedur Penelitian	13
3.3.1 Pengambilan Tanah.....	13
3.3.2 Analisis Pendahuluan	14
3.3.3 Rancangan Penelitian	14
3.3.4 Persiapan	15
3.3.5 Pelaksanaan	15
3.3.6 Perawatan	17
3.3.7 Pengamatan	17
3.3.8 Pemanenan	18
3.3.9 Analisis Jaringan Tanaman	18

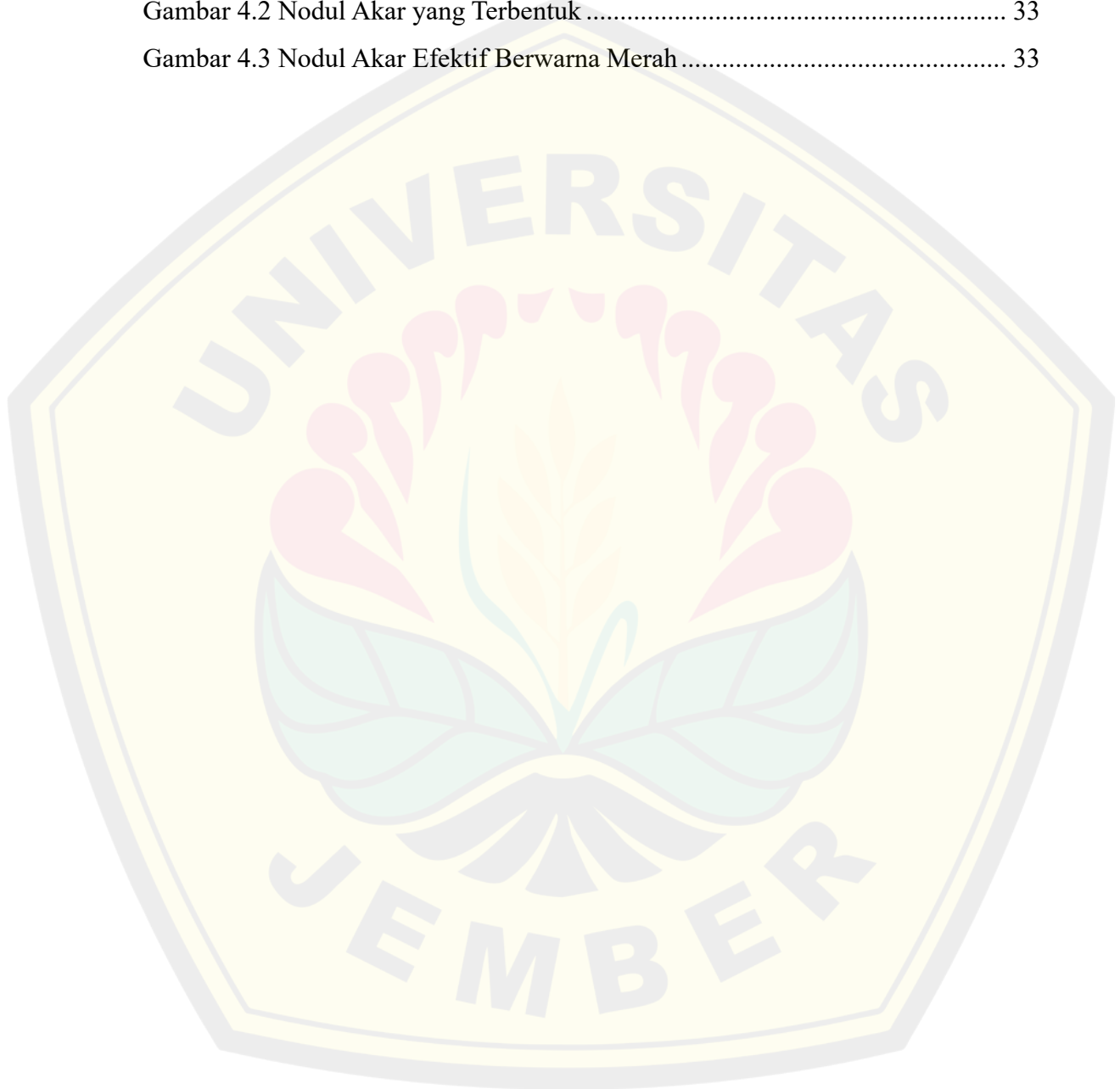
3.3.10	Analisis Media Tanam.....	19
3.3.11	Analisis Data.....	19
3.4	Tahapan Penelitian	20
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN		21
4.1	Analisis Pendahuluan	21
4.1.1	Karakteristik Tanah Penelitian.....	21
4.1.2	Karakteristik Kompos Bekas Maggot dan Kompos Biomassa.....	22
4.2	Rangkuman Analisis Sidik Ragam tiap Parameter	23
4.3	Pengaruh Aplikasi <i>Rhizobium</i> dan Kompos Bekas Maggot terhadap Media Tanam Setelah Pemberian Perlakuan	24
4.3.1	Total Nitrogen Tanah.....	24
4.3.2	C-Ornganik Tanah.....	26
4.3.3	C/N Rasio Tanah.....	28
4.4	Pengaruh Aplikasi <i>Rhizobium</i> dan Kompos Bekas Maggot Terhadap Tanaman Kedelai	29
4.4.1	Tinggi Tanaman.....	29
4.4.2	Berat Basah dan Berat Kering Tanaman	30
4.4.3	Jumlah Nodul Efektif.....	32
4.4.4	Konsentrasi Nitrogen Tanaman.....	35
4.4.5	Serapan Nitrogen Tanaman.....	38
4.4.6	Konsentrasi Hormon <i>Indole Acetic Acid</i> Jaringan Tanaman	40
4.5	Uji Korelasi Ketersediaan Nitrogen dengan Serapan Nitrogen.....	42
4.6	Uji korelasi Jumlah Nodul Efektif dengan Konsentrasi IAA	43
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN		48
5.1	Kesimpulan.....	48
5.2	Saran.....	48
DAFTAR PUSTAKA.....		49
LAMPIRAN.....		59

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Hasil Analisis Awal Sampel Tanah.....	2
Tabel 2.1 Tahapan pembentukan bintil akar (Hidajat, 1985).....	9
Tabel 3.2 Pengamatan dan Metode Penelitian	18
Tabel 4.1 Hasil analisis pendahuluan tanah	21
Tabel 4.2 Analisis pendahuluan kompos bekas maggot dan kompos biomassa ...	22
Tabel 4.3 Rangkuman hasil analisis sidik ragam tiap parameter pengamatan	23
Tabel 4.4 Rata-rata nitrogen total tanah	24
Tabel 4.5 Rata-rata c-organik tanah	26
Tabel 4.6 Rata-rata C/N rasio tanah	28
Tabel 4.7 Rata-rata berat kering dan berat basah tanaman kedelai	31
Tabel 4.8 Rata-rata jumlah nodul akar tanaman kedelai	34
Tabel 4.9 Rata-rata konsentrasi nitrogen tanaman kedelai	36
Tabel 4.10 Rata-rata serapan nitrogen tanaman kedelai.....	38
Tabel 4.11 Rata-rata hormon indole acetic acid tanaman kedelai	40
Tabel 4.12 Uji korelasi ketersediaan nitrogen dan serapan nitrogen.....	42
Tabel 4.13 Uji jumlah nodul efektif dengan kandungan IAA	43
Tabel 4.14 Perbandingan pemberian kompos bekas maggot dan rhizobium secara seed treatment dan soil treatment	45

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Denah rancangan percobaan penelitian.....	14
Gambar 4.1 Hasil Rata-rata Tinggi Tanaman Kedelai pada Masa Vegetatif Maksimum (cm).....	30
Gambar 4.2 Nodul Akar yang Terbentuk	33
Gambar 4.3 Nodul Akar Efektif Berwarna Merah.....	33



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanaman kedelai merupakan tanaman legum yang umumnya membutuhkan nitrogen dalam jumlah besar karena bijinya mengandung protein konsentrasi tinggi (Board, 2013). Nitrogen merupakan salah satu unsur hara makro esensial yang dibutuhkan tanaman dalam jumlah besar dan sering kali menjadi faktor pembatas utama dalam pertumbuhan, perkembangan, hingga hasil panen (Simon et al., 2014). Meskipun nitrogen (N_2) menyusun sekitar 78% atmosfer, bentuk ini tidak dapat langsung dimanfaatkan oleh tanaman. Di sisi lain, kandungan nitrogen di tanah sangat terbatas, apalagi senyawa nitrogen bersifat mudah tercuci (*leaching*) sehingga cepat hilang dari tanah (Winarso, 2005). Karena itu diperlukan fiksasi atau penambahan N_2 bebas yang ada di udara untuk meningkatkan ketersediaan nitrogen bagi tanaman.

Sebagian besar tanaman kedelai mendapat suplai nitrogen dari hasil fiksasi bakteri simbiotik yang terdapat pada rhizosfer. Kelompok bakteri yang dapat mengaktifkan bintil akar dalam penyerapan unsur N adalah *Rhizobium*. *Rhizobium* melakukan simbiosis dengan kedelai dengan membentuk nodul di akar tanaman kedelai, yang mengarah ke fiksasi nitrogen biologis, atau konversi nitrogen atmosfer (N_2/N) menjadi bentuk aktif biologis yang dapat digunakan oleh tanaman. Melalui simbiosis yang efektif, setiap tahun kedelai dapat memperbaiki sekitar 77% dari jumlah total N yang difiksasi oleh kacang-kacangan (Hartman et al., 2011). Dalam simbiosisnya bakteri *Rhizobium* dapat mengubah nitrogen yang ada di atmosfer menjadi amonium (NH_4^+), yang merupakan bentuk nitrogen yang tersedia untuk tanaman, sedangkan tanaman menyediakan karbohidrat untuk bakteri (Ntambo et al., 2017).

Selain membantu dalam fiksasi N, *Rhizobium* juga dapat memproduksi hormon IAA (*Indole Acetic Acid*). Berdasarkan penelitian sebelumnya telah diketahui bahwa bakteri *Rhizobium* dan bakteri rizosfer lainnya mampu menghasilkan IAA, namun belum diketahui bakteri mana yang paling optimal dalam memproduksi IAA (Nurcahyanti et al., 2019). Hormon IAA (*Indole Acetic*

Acid) merupakan salah satu hormon auksin, yaitu hormon yang menyebabkan pemanjangan dan pembesaran sel, serta mengubah ekspresi gen secara cepat. Dengan itu sel di daerah pemanjangan akan memproduksi protein baru yang digunakan sebagai penyusun dinding sel dan akan mempengaruhi perkembangan tanaman (Campbell & Reece, 2009). Tanaman kedelai sendiri juga mampu mensintesis IAA secara alami di bagian meristem ujung batang, yang berperan dalam mempengaruhi pertumbuhan batang, diferensiasi, pemanjangan, dan percabangan akar (Semiarti et al., 2023).

Lokasi pengambilan sampel tanah dalam penelitian ini merupakan lahan suboptimal karena memiliki kandungan unsur hara yang rendah dan berada di wilayah dengan iklim kering. Lahan dengan kondisi kering pada umumnya memiliki tingkat kesuburan yang rendah, terutama dalam hal ketersediaan unsur nitrogen yang dapat diserap tanaman. Akibatnya, tanaman yang tumbuh di lahan tersebut berisiko mengalami kekurangan unsur nitrogen (Yusran et al., 2022). Melalui analisis awal pada sampel tanah diketahui hasil kandungan C-organik dan nitrogen tergolong rendah. Hasil analisis awal sampel tanah ditunjukkan pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1 Hasil analisis awal sampel tanah

No.	Analisis	Nilai (%)	Keterangan*
1.	C-organik	0,94	Rendah
2.	N-total	0,12	Rendah

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

Kompos dapat digunakan untuk meningkatkan kapasitas menahan air tanah melalui berbagai mekanisme, sehingga dapat digunakan untuk membantu dalam meningkatkan kesuburan tanah pada lahan kering. Pengaplikasian kompos ke dalam tanah terbukti memberikan dampak positif pada agregasi tanah, ditandai dengan meningkatnya rata-rata diameter agregat berdasarkan berat serta memperbaiki struktur tanah. Perbaikan ini berkontribusi pada peningkatan kapasitas tanah dalam menahan air (Hanuf et al., 2021; Kranz et al., 2023; Nurul Safitri et al., 2018). Selain itu, kompos mengandung bahan organik yang berfungsi sebagai sumber energi bagi mikroorganisme tanah, termasuk bakteri *Rhizobium*. Kandungan nutrisi dalam kompos mendukung metabolisme dan pertumbuhan

Rhizobium, sehingga bakteri tersebut dapat tumbuh dan berkembang secara optimal di dalam tanah (Putra et al., 2017). Berdasarkan hal tersebut diperlukan penelitian untuk mengetahui apakah inokulasi *Rhizobium* dan kompos maggot memberikan pengaruh terhadap nodulasi dan konsentrasi hormon IAA pada tanaman kedelai dalam skala pot.

1.2 Rumusan Masalah

1. Apakah kombinasi inokulasi *Rhizobium* dengan kompos bekas maggot dan kompos biomassa dapat mempengaruhi nodulasi akar dan peningkatan konsentrasi hormon IAA (*Indole Acetic Acid*) pada tanaman kedelai?
2. Bagaimana perbandingan efektivitas antara inokulasi *Rhizobium* secara *seed treatment* dengan *soil treatment* terhadap pembentukan nodul efektif dan produksi hormon IAA (*Indole Acetic Acid*)?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Menentukan pengaruh kombinasi inokulasi *Rhizobium* dan kompos bekas maggot terhadap nodulasi akar dan peningkatan konsentrasi hormon IAA (*Indole Acetic Acid*) pada tanaman kedelai.
2. Menentukan efektivitas antara inokulasi *Rhizobium* secara *seed treatment* dengan *soil treatment* terhadap pembentukan nodul efektif dan produksi hormon IAA (*Indole Acetic Acid*).

1.4 Manfaat Penelitian

1. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi ilmiah mengenai potensi yang dimiliki *Rhizobium* dan kompos bekas maggot dalam mendukung menyediakan unsur hara nitrogen bagi tanaman kedelai melalui perlakuan inokulasi secara *seed treatment* dan *soil treatment*.
2. Temuan dari penelitian ini dapat dijadikan sebagai referensi dan perbandingan untuk penelitian-penelitian selanjutnya

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanah Sub-optimal

Lahan suboptimal secara alami memiliki satu atau lebih kendala yang dapat menghambat produktivitasnya, sehingga diperlukan intervensi khusus agar lahan tersebut dapat dimanfaatkan secara efektif untuk budidaya tanaman (Yonce Melyanus Killa et al., 2024). Salah satu bentuk lahan suboptimal yang masih memiliki potensi untuk dikembangkan adalah lahan kering beriklim kering. Lahan ini ditandai dengan kondisi yang tidak pernah tergenang ataupun hanya tergenang pada waktu tertentu dalam setahun, serta memiliki curah hujan tahunan kurang dari 1000 mm dengan rata-rata bulan basah hanya 3 hingga 5 bulan (Heryani & Rejekiningrum, 2020). Lahan kering seperti ini terbentuk ketika laju evapotranspirasi melebihi jumlah curah hujan yang diterima (Pitaloka, 2018). Salah satu kendala utama dalam pemanfaatan lahan kering adalah rendahnya kandungan bahan organik dalam tanah (Matheus et al., 2017). Oleh karena itu, untuk meningkatkan kesuburannya, diperlukan penambahan bahan organik seperti kompos atau pupuk organik lainnya. Pada pengelolaan lahan sub-optimal, penggunaan pupuk organik berkontribusi pada peningkatan populasi bakteri dan ketersediaan nitrogen dalam tanah (Mandala et al., 2021).

2.2 Tanaman Kedelai

Kedelai merupakan tanaman yang adaptif dan dapat tumbuh pada berbagai tipe tanah, namun untuk memperoleh hasil yang maksimal diperlukan tanah dengan tingkat kesuburan yang tinggi serta pengelolaan yang baik. Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa faktor lingkungan seperti suhu dan ketersediaan air sangat memengaruhi pertumbuhan serta hasil panen kedelai. Tanaman kedelai memiliki sistem perakaran yang terdiri dari akar tunggang, akar lateral, dan akar serabut, di mana akar lateral berperan penting dalam pembentukan bintil akar yang dihuni oleh bakteri *Rhizobium*, yang berfungsi mengikat nitrogen dari udara. Bintil akar biasanya mulai terbentuk sekitar 15-20 hari setelah tanam dan berperan penting dalam meningkatkan ketersediaan nitrogen bagi tanaman sehingga dapat tumbuh

optimal tanpa ketergantungan penuh pada pupuk nitrogen eksternal (Purwaningsih, 2015).

Simbiosis kedelai dengan *Rhizobium* meningkatkan pertumbuhan tanaman melalui suplai nitrogen yang cukup, yang mendukung pembentukan daun, cabang, dan polong. Penelitian menunjukkan bahwa tanaman kedelai yang memiliki bintil akar aktif mampu menghasilkan biomassa dan hasil biji yang lebih tinggi dibandingkan tanaman tanpa inokulasi *Rhizobium*. Selain itu, simbiosis ini juga membantu kedelai tumbuh lebih baik di lahan marginal dengan kesuburan rendah (Anhar et al., 2021).

Pembentukan bintil akar yang optimal dipengaruhi oleh jenis *Rhizobium* yang digunakan, kondisi tanah, dan waktu pembentukan nodul. Tanah yang gembur dan cukup lembap memudahkan penetrasi akar dan kolonisasi *Rhizobium*. Selain itu, pemupukan yang tepat dan pengelolaan lahan yang baik dapat meningkatkan aktivitas bakteri *Rhizobium* dalam mengikat nitrogen dan memperbaiki pertumbuhan kedelai (Indah Cahyani Zega & Natalia Kristiani Lase, 2025; Rosariastuti et al., 2022). Menurut penelitian Winarso et al. (2020), penambahan bahan organik menjadi alternatif dalam pengelolaan tanah untuk meningkatkan kesuburan tanah. Bahan organik seperti biochar yang diperkaya dengan pupuk NPK memberikan peningkatan terhadap efisiensi penyerapan hara dan berat kering tanaman kedelai. Selain itu, hasil penelitian tersebut juga menunjukkan bahwa aplikasi pupuk organik dan kompos dengan dosis yang tepat dapat memperbaiki sifat kimia tanah dan berdampak positif pada pertumbuhan tanaman kedelai.

2.3 Kompos Bekas Maggot

Kompos bekas maggot atau bisa disebut dengan kompos kasgot merupakan biomassa dari produk samping maggot. Kompos bekas maggot umumnya berasal dari sisa sampah organik rumah tangga seperti sampah sayur-sayuran dan buah-buahan, selain itu juga berasal dari cangkang dan pupa maggot. Unsur nitrogen kompos kasgot menjadi salah satu nutrisi yang mampu merangsang pertumbuhan tanaman secara keseluruhan dari akar, batang, cabang, hingga daun (Fauzi et al., 2022). Menurut Fauzi & Muharram (2019), kompos bekas maggot memiliki

karakteristik biologi yang baik, ditunjukkan dengan kepadatan sel kelompok bakteri pemfiksasi nitrogen mencapai $3,1 \times 10^8$ CFU/gr. Sementara itu, berdasarkan Peraturan Menteri Pertanian Nomor 70/Permentan/SR.140/10/2011, mensyaratkan minimal kandungan mikroba pada produk kompos, baik untuk kelompok bakteri pemfiksasi nitrogen maupun pelarut fosfat, harus mencapai setidaknya 10^3 CFU/gr (Menteri Pertanian, 2011).

2.4 Bakteri Rhizobium

Bakteri *Rhizobium* menunjukkan berbagai karakteristik morfologi di berbagai penelitian. Mereka biasanya digambarkan memiliki pertumbuhan yang cepat, berwarna putih atau krem dan berbentuk cembung, dengan beberapa strain menunjukkan koloni tembus cahaya (Khangte et al., 2023). Selain itu, bakteri ini berbentuk batang dan tidak menunjukkan afinitas positif untuk Gram-stain. Isolat dapat bervariasi dalam pola pertumbuhannya, dengan beberapa diklasifikasikan dengan pertumbuhan yang cepat dan yang lain dengan pertumbuhan yang lambat berdasarkan perilaku mereka di media tertentu (Santos et al., 2023). Secara keseluruhan, karakteristik morfologi strain *Rhizobium* dapat bervariasi tetapi umumnya menampilkan fitur umum seperti pertumbuhan yang cepat, warna koloni spesifik, dan bentuk, yang penting untuk identifikasi dan klasifikasinya (Mansour et al., 2023). *Rhizobium* dengan genus bakteri tanah Gram-negatif memainkan peran penting dalam fiksasi nitrogen dan hubungan simbiosis dengan kacang-kacangan. Genus *Rhizobium* sangat beragam, dengan lebih dari 120 spesies yang dijelaskan didistribusikan diantara 15 genera (O'hara et al., 2016).

Holl (1975) dalam penelitiannya menyatakan bahwa secara mikroskopis, koloni bakteri *Rhizobium* memiliki ciri berwarna putih susu, bentuk koloni sirkuler, permukaan koloni cembung, dan tampak semitranslusen, dengan ukuran diameter antara 2 hingga 4 mm dalam waktu inkubasi selama 3 – 5 hari pada agar khamir-manitol-garam mineral. Secara mikroskopis, sel bakteri *Rhizobium* berbentuk batang, aerobik, gram negatif dengan ukuran $0,5 - 0,9 \times 1,2 - 3 \mu\text{m}$, bersifat motil pada media cair, umumnya memiliki satu flagela polar atau subpolar. Bakteri *Rhizobium* membutuhkan temperatur $25 - 30^\circ \text{C}$ dengan pH 6 – 7 untuk dapat

tumbuh dengan optimal. Bakteri *Rhizobium* dapat menggunakan berbagai karbohidrat dan garam-garam asam organik sebagai sumber karbonnya (kemoorganotropik) (Tini et al., 2009).

2.5 Legin Kedelai

Legin kedelai merupakan inokulum yang mengandung bakteri rhizobia yang khusus bersimbiosis dengan tanaman kedelai. Tujuan utama penggunaannya adalah untuk menginokulasi tanaman kedelai agar mampu meningkatkan ketersediaan nitrogen secara hayati, sehingga dapat mendukung peningkatan hasil panen (Rasti & Sumarno, 2018). Keberhasilan simbiosis antara rhizobia dan tanaman leguminosa dipengaruhi oleh berbagai faktor di tanah, seperti pH, serta kondisi fisik, kimia, dan biologis tanah (Purwaningsih, 2009). Berdasarkan Peraturan Menteri Pertanian No.70/291/2011 halaman 47–52, standar mutu untuk jumlah sel hidup *Bradyrhizobium* sp. dan *Rhizobium* sp. dalam pupuk hayati adalah minimal 10^7 CFU per gram bahan kering.

2.6 Mekanisme Nodulasi oleh Rhizobium

Bintil akar dibentuk oleh *Rhizobium japonicum* dengan menginduksi akar. Banyak legum memanfaatkan “entri rambut akar” untuk kolonisasi *Rhizobium*, tanaman kedelai menunjukkan proses yang lebih kompleks melalui kombinasi transkriptomik nukleus tunggal dan spasial. Tanaman kedelai memiliki kemampuan untuk memilih mikroba tertentu dari tanah, mempengaruhi struktur komunitas rhizobacterial di akarnya (Venado et al., 2020). Bakteri *Rhizobium* mengenali akar kedelai melalui interaksi sinyal molekuler yang kompleks. Langkah awal melibatkan produksi Faktor Nod oleh *Rhizobium*, yang dirasakan oleh kinase reseptor LySM pada akar tanaman, memfasilitasi proses pengenalan (Via et al., 2016).

Akar tanaman melepaskan senyawa triptofan serta zat lainnya yang merangsang peningkatan populasi bakteri dan mikroorganisme tanah lain di area sekitar akar. Triptofan ini dimanfaatkan oleh bakteri dan diubah menjadi IAA (*indole-9-acetic-acid*), yang kemudian memicu pelengkungan akar rambut sebelum bakteri memasuki jaringan akar. Melengkungnya akar rambut ini terjadi apabila

infeksi pada akar berlangsung pada saat pertumbuhan akar rambut, namun tidak tampak apabila infeksi terjadi pada akhir pertumbuhan akar rambut (Likic et al., 2024). Diduga bakteri merangsang terbentuknya enzim *polygalacturonase* atau enzim pektik lainnya di daerah infeksi yang menyebabkan dinding sel melunak karena sebagian bahan dinding sel melarut. Ini memungkinkan sel-sel *Rhizobium* yang berekor menyelinap masuk melalui jaringan mikrofibril pada tahap awal infeksi (Lagiman et al., 2022).

Pada saat bakteri masuk ke dalam sel akar rambut, sitoplasma sel akar membentuk benang infeksi yang menyatu dengan dinding sel. Benang infeksi yang mengandung bakteri bertumbuh ke arah dasar dari sel epidermis yang memakan waktu sekitar 2 hari. Melalui benang infeksi ini sel bakteri menembus dua sampai lima lapisan sel ke dalam korteks. Benang infeksi yang terbentuk merupakan rangkaian segmen yang saling berhubungan. Penetrasi benang infeksi tidak pernah mencapai ke dalam endodermis. Sel-sel yang ditembus benang infeksi merupakan sel yang dapat dirangsang menjadi sel primordia bintil. Pada saat benang infeksi menembus sel primordium bintil, tampak bercak-bercak kecil pada dinding selulosa dari benang infeksi. Baik bakteri maupun sel akar memperbanyak secara cepat (Likic et al., 2024).

Sel-sel primordia bintil, bersama dengan sel-sel sekitarnya yang tidak terinfeksi, mengalami pembelahan, berdiferensiasi, dan berkembang hingga membentuk bintil akar. Selama proses ini, jaringan xilem dan floem dalam bintil akan terhubung dengan jaringan serupa pada akar tanaman. Pada akhir minggu keempat setelah infeksi bakteri, bintil berhenti membesar. Bintil yang matang berisi massa berwarna merah muda dan terdiri dari sel-sel bakteroid bercampur dengan sel-sel yang tidak terinfeksi. Warna merah ini disebabkan oleh keberadaan leghemoglobin. Bintil yang berwarna merah ini dianggap aktif dalam fiksasi nitrogen, sedang bintil dengan massa hijau tidak aktif dalam fiksasi nitrogen. Walaupun banyak faktor mempengaruhi lamanya bintil aktif, namun pada umumnya pada minggu keenam atau ketujuh bintil mulai melapuk (Hinson & Hartwig, 1977).

Menurut Hidajat (1985), proses pembentukan bintil akar atau nodulasi oleh *Rhizobium* berlangsung melalui beberapa tahapan mulai dari umur bintil hari ke-0 hingga hari ke-60. Berikut merupakan tahapan-tahapan pembentukan bintil akar:

Tabel 2.1 Tahapan pembentukan bintil akar (Hidajat, 1985)

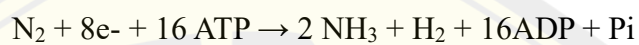
Umur Bintil (hari)	Tahapan Nodulasi
0	Infeksi bakteri <i>Rhizobium</i> dimulai ketika bakteri memasuki akar melalui rambut akar atau sel-sel epidermis tanaman.
1-2	Benang infeksi terbentuk dan bergerak menuju dasar sel epidermis, lalu menembus ke lapisan korteks akar.
3-4	Di area korteks, terbentuk massa kecil sel yang terinfeksi, membentuk primordium nodul.
5	Pada tahap ini, baik sel bakteri maupun sel akar (sebagai inang) mengalami pembelahan dengan cepat.
7-9	Nodul kemudian mulai terlihat secara fisik.
12-18	Jaringan nodul terus tumbuh, dan terbentuk jaringan bakteroid yang khas berwarna merah muda, menandakan dimulainya proses fiksasi nitrogen.
23	Setelah itu, sebagian besar pembelahan sel dari bakteri maupun sel tanaman berhenti. Namun, nodul tetap mengalami pertumbuhan karena adanya pembesaran sel, yang menandai fase aktif dalam fiksasi nitrogen.
28-37	Nodul akan mencapai ukuran maksimal dan tetap menjalankan fungsi fiksasi nitrogen hingga fase awal pelapukan.
50-60	Akhirnya, nodul akan mengalami proses pelapukan sebagai bagian dari siklus hidupnya.

2.7 Fiksasi Nitrogen Oleh Bakteri *Rhizobium*

Nitrogen adalah mineral hara makro esensial yang dibutuhkan dalam jumlah besar oleh tanaman dan merupakan faktor pembatas utama bagi perkembangan tanaman, pertumbuhan dan panen secara keseluruhan (Simon et al., 2014). Kandungan nitrogen (N_2) pada atmosfer yaitu sekitar 80%, namun tidak dapat digunakan oleh tanaman secara langsung. Diperlukan fiksasi atau penambatan N_2 bebas yang ada di udara untuk meningkatkan ketersediaan nitrogen bagi tanaman (Campbell & Reece, 2009).

Salah satu kelompok bakteri yang dapat mengaktifkan bintil akar dalam penyerapan unsur N adalah *Rhizobium*. *Rhizobium* melakukan simbiosis dengan kedelai dengan membentuk nodul di akar tanaman kedelai, yang mengarah ke

fiksasi nitrogen biologis, atau konversi nitrogen atmosfer (N_2/N) menjadi bentuk aktif biologis yang dapat digunakan oleh tanaman. Dalam proses simbiosis ini, bakteri *Rhizobium* mengkonversi nitrogen dari atmosfer menjadi amonium (NH_4^+), yaitu bentuk nitrogen yang dapat diserap oleh tanaman, sementara tanaman menyediakan sumber karbohidrat sebagai nutrisi bagi bakteri (Ntambo et al., 2017). Proses fiksasi nitrogen oleh bakteri pemfiksasi nitrogen memiliki mekanisme kompleks yang berlangsung secara bertahap. Secara sederhana, reaksi pengikatan nitrogen adalah sebagai berikut:



Nitrogen di atmosfer dalam bentuk N_2 terlebih dahulu direduksi menjadi amonia (NH_3), yang selanjutnya bereaksi dengan ion hidrogen membentuk amonium (NH_4^+), yaitu suatu bentuk nitrogen yang dapat digunakan oleh tanaman. Namun, tanaman umumnya menggunakan nitrogen terutama dalam bentuk nitrat (NO_3^-), karena nitrat memiliki mobilitas yang tinggi di dalam tanah dan lebih mudah masuk ke dalam akar tanaman daripada amonium (NH_4^+). Hal ini disebabkan oleh sifat muatan ion, amonium bermuatan positif cenderung terikat pada partikel tanah yang bermuatan negatif, sedangkan nitrat yang bermuatan negatif tidak mengalami ikatan serupa dengan partikel bermuatan positif (Tortora et al., 2010)

Keseluruhan proses fiksasi nitrogen dikatalisis oleh satu kompleks enzim yaitu enzim nitrogenase. Enzim ini bekerja dengan mereduksi N_2 menjadi NH_3 melalui penambahan elektron bersama dengan ion hidrogen. Proses ini memerlukan energi yang cukup besar, yaitu sekitar delapan molekul ATP untuk menghasilkan satu molekul amonia (Campbell & Reece, 2009).

2.8 IAA pada Tanaman Kedelai

Tanaman kedelai mampu memproduksi auksin di meristem ujung batang. Auksin tersebut disebut juga auksin alami yang terdiri dari IAA (*Indole Acetic Acid*), PAA (*Phenyl Acetic Acid*), 4-chloroIAA (*4-chloro Indole Acetic Acid*), dan IBA (*Indole Butyric Acid*) (Semiarti et al., 2023). IAA yang diproduksi secara alami (endogen) oleh tanaman ini sering kali belum mencukupi kebutuhan optimalnya, sehingga tanaman juga memerlukan tambahan IAA yang berasal dari luar

(eksogen), yang diproduksi oleh mikroorganisme tanah yang hidup di sekitar rhizosfer. Mikroorganisme tanah seperti bakteri, fungi, dan aktinomisetes dapat menghasilkan IAA secara eksternal atau eksogen (Chudiwal & Nalawade, 2024).

Pembentukan hormon IAA (*Indol Acetic Acid*) pada tanaman kedelai dipengaruhi oleh berbagai faktor. Kandungan hormon IAA pada tanaman kedelai meningkat selama perkembangan benih, dengan tingkat yang lebih tinggi diamati pada varietas berbiji besar dibandingkan dengan varietas berbiji kecil. Selanjutnya, penerapan auksin eksogen seperti triptofan dan IAA menginduksi pembentukan nodul akar pada kedelai, meningkatkan berat kering tunas dan akar serta hasil kedelai secara keseluruhan (Ali et al., 2022). Analisis seluruh genom telah mengidentifikasi keluarga gen tertentu, seperti *Auxin Response Factors* (ARFs) dan protein Aux/IAA, yang memainkan peran penting dalam jalur pensinyalan auksin, berdampak pada pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Liu et al., 1998).

Hormon IAA diproduksi di meristem tanaman, yaitu daerah yang aktif dalam pertumbuhan dan perkembangan tanaman. IAA berperan aktif dalam proses pemanjangan sel, pembelahan sel, dan diferensiasi sel sebelum inisiasi akar dan dominasi apikal. Pembentukan hormon IAA endogen pada tanaman melibatkan beberapa langkah yang kompleks. Tanaman menghasilkan triptofan, yang merupakan prekursor utama dalam produksi IAA. Triptofan merupakan asam amino penting dalam sintesis protein dan juga sebagai prekursor utama hormon tumbuh IAA (Lehmann et al., 2010). Triptofan selanjutnya dikonversi menjadi IAA dengan melibatkan *enzim tryptophan aminotransferase* (TAT) dan *indole-3-pyruvate monooxygenase* (IPMO). TAT mengubah triptofan menjadi indole-3-piruvat, yang kemudian diubah oleh IPMO menjadi indole-acetic-acid (Kasahara, 2016).

2.9 Hipotesis Penelitian

Hipotesis dari penelitian ini adalah:

1. Kombinasi *Rhizobium* dengan kompos bekas maggot dan kompos biomassa dapat mempengaruhi nodulasi akar dan peningkatan konsentrasi hormon IAA (*Indole Acetic Acid*) pada tanaman kedelai.
2. Inokulasi *Rhizobium seed treatment* lebih efektif dalam membentuk nodul efektif dan peningkatan konsentrasi hormon IAA (*Indole Acetic Acid*) pada tanaman kedelai.



BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian mengenai Pengaruh Inokulasi *Rhizobium* dan Kompos Bekas Maggot Terhadap Nodulasi Akar dan Konsentrasi IAA (*Indole-Acetic-Acid*) Tanaman Kedelai (*Glycine max L. Merill*) Pada Tanah Sub-Optimal dilaksanakan pada bulan Juli 2024 hingga Mei 2025. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Kesehatan dan Kesuburan Tanah dan *Green House* Program Studi Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Jember.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian untuk penanaman yaitu berupa cetok, penggaris dan polybag berukuran 20 cm x 40 cm sebagai pot percobaan. Adapun alat yang digunakan untuk analisis laboratorium berupa neraca analitik, tabung reaksi, erlenmeyer, labu ukur, gelas beker, *autoclave*, *pH meter*, pipet, mikroskop, *spektrofotometer*, destilator, buret, *mansell plant book*, *software excel* dan SPSS. Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini untuk penanaman adalah sampel tanah, benih kedelai, legin *Rhizobium*, kompos bekas maggot, kompos biomassa serta pupuk dasar P berupa SP36 dan K berupa KCL. Adapun bahan yang digunakan dalam analisis di laboratorium berupa H_2SO_4 , H_2O_2 , *aquades*, alkohol 96%, $K_2Cr_2O_7$, selen, NaOH, asam borat, conway, reagen salkowski.

3.3 Prosedur Penelitian

3.3.1 Pengambilan Tanah

Lokasi pengambilan sampel tanah untuk media tanam dilakukan di Desa Sopet, Kecamatan Jangkar, Kabupaten Situbondo, dengan ketinggian 110 mdpl yang memiliki titik koordinat 7°47'57,3" LU dan 114°07'52,4" BT. Jenis tanah pada lokasi pengambilan tanah adalah Alfisol. Pengambilan tanah dilakukan dengan menggunakan metode random sampling dengan kedalaman sampling 0-30 cm.

3.3.2 Analisis Pendahuluan

Analisis pendahuluan dilakukan untuk mengetahui berbagai kandungan yang terdapat dalam sampel tanah sebelum perlakuan, yang mencakup kadar air, pH tanah, kandungan C-organik, kapasitas tukar kation (KTK) total, serta kadar nitrogen. Pengukuran kadar air dilakukan menggunakan metode gravimetri, sementara pengukuran pH tanah dilakukan dengan alat pH meter. Kandungan N tanah awal dianalisis menggunakan metode Kjeldahl. Analisis pendahuluan juga dilakukan pada kompos maggot dan kompos biomassa. Analisis kompos maggot dan kompos biomassa meliputi analisis N total kompos, C-Organik kompos dan C/N rasio kompos.

3.3.3 Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan rancangan percobaan berupa Rancangan Acak Lengkap (RAL). Terdapat 8 satuan percobaan dengan 3 kali ulangan pada setiap satuan percobaan, sehingga terdapat 24 pot percobaan yang digunakan, dimana :

R1K0 : *Rhizobium seed treatment*

R1K1 : *Rhizobium seed treatment* + Kompos Bekas Maggot

R1K2 : *Rhizobium seed treatment* + Kompos Biomassa

R1K3 : *Rhizobium seed treatment* + Pupuk SP36 dan KCL

R2K0 : *Rhizobium soil treatment*

R2K1 : *Rhizobium soil treatment* + Kompos Bekas Maggot

R2K2 : *Rhizobium soil treatment* + Kompos Biomassa

R2K3 : *Rhizobium soil treatment* + Pupuk SP36 dan KCL

Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3
R1K3	R2K2	R1K0
R1K1	R2K1	R2K3
R1K0	R1K3	R2K2
R2K3	R2K0	R2K1
R2K1	R1K2	R1K3
R2K0	R1K1	R2K0
R2K2	R2K3	R1K2
R1K2	R1K0	R1K1

Gambar 3.1 Denah rancangan percobaan penelitian

3.3.4 Persiapan

Persiapan penelitian dimulai dengan menyiapkan media tanam berupa tanah. Sampel tanah yang akan digunakan diambil dari Desa Sopet, Kabupaten Situbondo. Tanah yang telah dikumpulkan kemudian dikeringkan dengan cara diangin-anginkan, setelah itu dihancurkan dan diayak menggunakan saringan berukuran 50 mesh. Selanjutnya, media tanam yang telah halus ditimbang sebanyak 4 kg untuk setiap pot percobaan, lalu dimasukkan ke dalam pot. Proses sterilisasi media tanam dilakukan dengan cara memanaskan tanah pada suhu 121°C selama 8 jam.

3.3.5 Pelaksanaan

Media tanam yang telah melewati proses sterilisasi kemudian diletakkan sesuai dengan denah percobaan, selanjutnya diberi perlakuan yaitu dengan pemberian legin *Rhizobium* dan kompos. Pemberian pupuk kimia P (SP36) dan K (KCl) digunakan sebagai kontrol positif dari penelitian. Dosis pemupukan berdasarkan rekomendasi pemupukan tanaman kedelai oleh Kementerian Pertanian yaitu untuk dosis pupuk P dan K diberikan dengan dosis 100 kg SP36 + 100 kg KCl (Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Jawa Timur, 2022; Kementerian Pertanian, 2013). Pemberian kompos biomassa dan kompos maggot menggunakan rekomendasi dosis sebesar 20 Ton/ha.

Legin yang digunakan merupakan legin kedelai dengan kandungan bakteri *Rhizobium sp.* dengan jumlah sel hidup $10^5 - 10^8$ sel/gram. Dosis pemberian *Rhizobium* sesuai dengan panduan dari Laboratorium Mikrobiologi Pertanian Universitas Gadjah Mada secara *seed treatment* yaitu 10 g/1 kg benih. Sedangkan dosis pemberian *Rhizobium* secara soil treatment yaitu 0,5% dari berat tanah per polybag.

Dosis pupuk yang digunakan pada penelitian ini dihitung berdasarkan berat tanah yang digunakan berdasarkan luasan lahan sebesar 1 ha, sehingga :

$$\text{Berat tanah} = \text{Kedalaman} \times \text{Luas tanah} \times \text{BV}$$

Tanaman kedelai memiliki kedalaman perakaran sedalam 20 cm, sedangkan BV tanah diasumsikan sebesar 1,1 gr/cm³ dengan luasan tanah sebesar 1 ha.

$$\begin{aligned}
 \text{Berat 1 ha tanah} &= \text{Kedalaman} \times \text{Luas tanah} \times \text{BV} \\
 &= 20 \text{ cm} \times 1 \text{ ha} \times 1,1 \text{ gr/cm}^3 \\
 &= 0,2 \text{ m} \times 10.000 \text{ m}^2 \times 1.100 \text{ kg/m}^3 = 2.200.000 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Berat tanah yang dibutuhkan dalam 1 pot percobaan adalah sebesar 4 kg, sehingga kebutuhan pupuk dalam 1 pot sebanyak :

1. P pada SP36 (36%)

$$\begin{aligned}
 &= \frac{4 \text{ kg}}{2.200.000 \text{ kg}} \times 100 \text{ kg} \\
 &= 0,000181 \text{ kg} \\
 &= 0,181 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

2. K pada KCl (60%)

$$\begin{aligned}
 &= \frac{4 \text{ kg}}{2.200.000 \text{ kg}} \times 100 \text{ kg} \\
 &= 0,000181 \text{ kg} \\
 &= 0,181 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

3. Kompos Biomassa dan Kompos Maggot

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan kompos /polybag} &= \frac{4 \text{ kg} \times 20.000 \text{ kg}}{2.200.000 \text{ kg}} \\
 &= 0,036 \text{ kg} \\
 &= 36 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

4. Rhizobium

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan rhizobium /polybag} &= 4\text{kg} \times \frac{0,5}{100} \\
 &= 0,02 \text{ kg} \\
 &= 20 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

Pengaplikasian kompos bekas maggot dan kompos biomassa dilakukan H-14 penanaman, selanjutnya aplikasi *Rhizobium* secara *soil treatment* dilakukan sebelum penanaman dengan cara menaburkan legin *Rhizobium* pada tanah yang sudah melalui proses sterilisasi, kemudian di inkubasi selama 3-4 hari. Aplikasi pupuk SP36 serta pupuk KCl dilakukan saat H-1 penanaman kedelai. Sedangkan aplikasi *Rhizobium* secara *seed treatment* dilakukan saat persiapan benih kedelai dengan cara merendam benih kedelai ke dalam larutan *Rhizobium* selama 10 menit.

Setelah benih direndam, selanjutnya ditanam pada media tanah dengan kedalaman 2-3 cm dengan 2 benih setiap lubangnya.

3.3.6 Perawatan

Tanaman kedelai dirawat secara rutin setiap hari yang terdiri dari beberapa kegiatan, yaitu sebagai berikut; (1) Penyiraman tanaman dilakukann dengan menyesuaikan kondisi media tanam. Media tanam harus tetap dalam keadaan lembab agar kebutuhan air tanaman terpenuhi secara optimal. Perhitungan kebutuhan volume penyiraman adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} X\% &= KA \text{ kapasitas lapang} - KA \text{ kering angin} \\ &= 30,15\% - 5,8\% \\ &= 24,35\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume penyiraman} &= X\% \times \text{berat tanah} \times 80\% \times \text{volume penyiraman KL} \\ &= 0,24 \times 4 \times 0,8 \times 200 \\ &= 153,6 \text{ ml} \end{aligned}$$

Volume penyiraman air ini digunakan untuk menyiram tanaman dalam kondisi kering, jika tanah masih dalam kondisi lembab maka tidak dilakukan penyiraman.

(2) Pemeriksaan kondisi tanaman. Jika pada tahap awal setelah pindah tanam ditemukan tanaman yang mati atau tumbuh kurang optimal, maka perlu segera dilakukan penyulaman agar tidak terjadi kehilangan data pada akhir penelitian.

(3) Perlindungan tanaman dari serangan hama. Pemeliharaan tanaman dilakukan hingga fase vegetatif, yaitu saat pembentukan nodul akar mencapai puncaknya..

3.3.7 Pengamatan

Pengamatan dilakukan pada masa vegetatif maksimal yaitu sekitar 45 HST dengan melakukan pengamatan pada tinggi tanaman, jumlah nodul akar, efektivitas nodul akar, berat basah tanaman, berat kering tanaman. Pengamatan dan metode penelitian disajikan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Pengamatan dan metode penelitian

No.	Pengamatan	Metode	Waktu
Fisiologis Tanaman			
1.	Tinggi tanaman	Pengukuran	Akhir pengamatan
2.	Jumlah nodul	Perhitungan	Akhir pengamatan
3.	Bentuk morfologi nodul	Pengamatan bentuk	Akhir pengamatan
4.	Efektivitas nodul	Pengamatan warna	Akhir Pengamatan
5.	Berat basah	Penimbangan	Akhir pengamatan
6.	Berat kering	Penimbangan	Akhir pengamatan
Tanah			
1.	N-Total	Kjeldahl	Awal dan akhir
2.	pH	Elektrometri	Awal
3.	Kadar air	Gravimetri	Awal dan akhir
4.	C-Organik	Spektrofotometri	Awal dan akhir
5.	KTK	Ekstrak NH ₄ OAc 1M pH 7	Awal
Jaringan Tanaman			
1.	Konsentrasi N	Pengabuan basah	Akhir
2.	Konsentrasi IAA	Spektrofotometri	Akhir

3.3.8 Pemanenan

Pemanenan dilakukan pada masa vegetatif yaitu ketika kedelai berusia 45 HST. Pemanenan dilakukan dengan memanen seluruh bagian tanaman kedelai. Tanaman kedelai yang telah dipanen kemudian ditimbang, dan hasilnya dicatat sebagai data berat basah. Seluruh bagian tanaman hasil panen dimanfaatkan untuk analisis serapan nitrogen serta kandungan hormon IAA. Sementara itu, bagian akar tanaman digunakan untuk analisis nodulasi akar, yang mencakup jumlah nodul, fisiologis nodul dan efektivitas nodul.

3.3.9 Analisis Jaringan Tanaman

Analisis jaringan dilakukan untuk mengukur tingkat penyerapan hara nitrogen dan kandungan hormon IAA pada jaringan tanaman kedelai. Analisis ini bersifat kuantitatif dan dilakukan pada dua bagian utama tanaman, yaitu akar (root) dan tajuk (shoot). Serapan hara nitrogen pada jaringan tanaman dianalisis dan ditetapkan menggunakan alat kalorimeter. Perhitungan serapan nitrogen dilakukan dengan cara mengalikan bobot kering tanaman dengan konsentrasi nitrogen pada jaringan tanaman kedelai yang dianalisis.

Pengukuran konsentrasi hormon IAA dilakukan dengan metode kolorimetri menggunakan reagen Salkowski yang terdiri dari 0,5 M besi klorida (FeCl_3) dan 35% asam perklorat (HClO_4). Reagen ini akan bereaksi dengan IAA yang dihasilkan oleh bakteri, sehingga terbentuk kompleks senyawa berwarna merah. Warna yang muncul sebagai hasil reaksi positif menandakan keberadaan senyawa indol, termasuk IAA atau senyawa analognya, yang merupakan produk metabolisme triptofan (Gang et al., 2019). Secara kualitatif, hasil positif ditandai dengan perubahan warna menjadi merah muda, sedangkan secara kuantitatif diukur menggunakan spektrofotometer UV-vis pada panjang gelombang 530 nm. Hasil spektrofotometer IAA disubstitusikan dengan kurva standar IAA (Ismawanti et al., 2022).

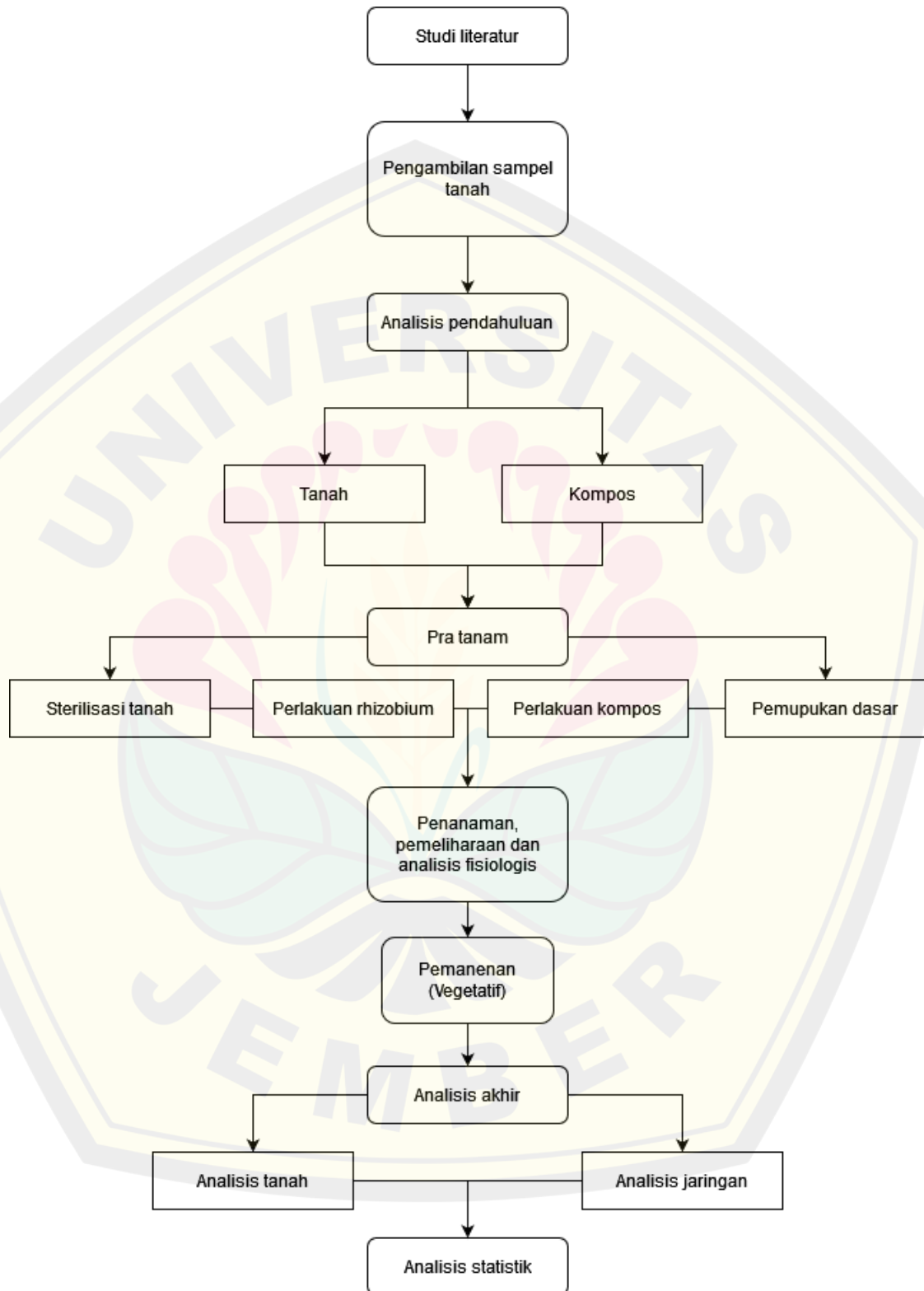
3.3.10 Analisis Media Tanam

Analisis media tanam pada akhir pengamatan dilakukan untuk memastikan jumlah hara nitrogen yang berasal dari pemberian *Rhizobium*, kompos maggot, dan kompos biomassa. Tujuan dari analisis akhir adalah untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap kondisi media tanam. Prosedur analisis akhir dilakukan dengan metode yang sama seperti pada analisis awal, meliputi pengukuran kadar air, pH tanah, dan kandungan nitrogen total (N-total). Kadar air dianalisis menggunakan metode gravimetri, yaitu dengan mengoven sampel tanah pada suhu 105°C . Pengukuran pH tanah dilakukan menggunakan alat pH meter, sedangkan kandungan nitrogen dianalisis secara kolorimetri.

3.3.11 Analisis Data

Rancangan percobaan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Data yang diperoleh yaitu berupa data kualitatif dan data kuantitatif dari tinggi tanaman, berat kering tanaman, berat basah tanaman, jumlah nodul total dan nodul efektif, konsentrasi N, serapan N, kandungan hormon IAA, kandungan N-total tanah, C-organik dan C/N rasio. Data kuantitatif tersebut kemudian dilakukan uji anova, jika terdapat pengaruh signifikan ($p < 0,05$) maka akan dilanjutkan dengan uji *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) dengan taraf 5%. Selain itu juga akan dilakukan uji korelasi untuk mengetahui kekuatan hubungan dan arah hubungan antara dua variable.

3.4 Tahapan Penelitian



BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Pendahuluan

4.1.1 Karakteristik Tanah Penelitian

Penelitian ini menggunakan media tanam berupa sampel tanah yang berasal dari Desa Sopot, Kecamatan Jangkar, Kabupaten Situbondo dengan vegetasi mangga. Berdasarkan peta sebaran jenis tanah dari Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian (BBSDLP), jenis tanah pada lokasi pengambilan sampel merupakan tanah Alfisol. Tanah Alfisol merupakan jenis tanah dengan golongan tanah mineral dengan perkembangan lanjut, bertekstur liat, dan memiliki kandungan bahan organik yang rendah. Tanah ini memiliki akumulasi liat pada horizon bawah yang padat dan keras, atau dikenal sebagai horizon agrilik (United States Department of Agriculture Natural Resources Conservation Service, 2022).

Sampel tanah berada di lahan sub optimal yang memiliki curah hujan tahunan tercatat pada tahun 2022 di wilayah Kabupaten Situbondo berada pada angka 73 mm sampai 15.179 mm dengan jumlah hari hujan antara 3 sampai 25 hari per bulan. Menurut Klasifikasi Iklim Schmidt dan Fergusson daerah Kabupaten Situbondo tergolong daerah kering (Dinas Komunikasi dan Informatika Kabupaten Situbondo, 2023). Kondisi lahan kering umumnya memiliki tingkat kesuburan yang rendah, terutama pada ketersediaan unsur hara nitrogen, sehingga tanaman dapat mengalami defisit unsur nitrogen (Yusran et al., 2022).

Analisis pendahuluan yang dilakukan dari media tanah asal Desa Sopot, Kabupaten Situbondo disajikan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil analisis pendahuluan tanah

Parameter	Satuan	Nilai	Keterangan*
pH H ₂ O	-	6,87	Netral
C-Organik	(%)	0,27	Sangat Rendah
N-Total	(%)	0,12	Rendah
C/N Ratio	-	2,25	Rendah
KTK	(me/100 gr)	13,17	Rendah

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

Hasil analisis awal media tanam menunjukkan kandungan C-organik tergolong sangat rendah, yaitu sebesar 0,27%, disertai dengan rendahnya kandungan nitrogen sebesar 0,12%, yang menyebabkan rasio C/N juga rendah dengan nilai 7,83. Ketersediaan nitrogen di dalam tanah bergantung pada kandungan bahan organik (Hardjowiegono, 2013). Kandungan C-organik memiliki hubungan erat dengan kandungan nitrogen, jika semakin tinggi C-organik dalam tanah, maka semakin kandungan nitrogen pada tanah juga cenderung meningkat, demikian pula sebaliknya (Iswanto et al., 2023).

Analisis KTK pada media tanam menunjukkan hasil yang rendah yaitu sebesar 13,17 cmol/kg. KTK yang rendah ini menunjukkan status kesuburan tanah yang rendah, hal ini dikarenakan ketersediaan unsur hara dan bahan organik yang rendah sehingga kurang mendukung proses pertukaran kation yang penting bagi akar tanaman (Syamsul Arifin et al., 2017).

4.1.2 Karakteristik Kompos Bekas Maggot dan Kompos Biomassa

Analisis pendahuluan pada kompos bekas maggot dan kompos biomassa dilakukan untuk mengetahui nilai pH, kandungan C-organik dan N-total. Kualitas kompos bekas maggot dan kompos biomassa dipengaruhi oleh pH dikarenakan pH merupakan indikator penting dalam proses dekomposisi bahan organik dan pertumbuhan mikroorganisme (Izati et al., 2024). Berdasarkan standar kualitas kompos yang ditetapkan oleh Menteri Pertanian (2019), kriteria kompos yang sesuai adalah memiliki pH minimum 4 dan maksimum 9, kandungan C-organik minimum 15%, kandungan Nitrogen minimum 2%, serta C/N rasio ≤ 25 .

Hasil dari analisis pendahuluan kompos bekas maggot dan kompos biomassa disajikan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Analisis pendahuluan kompos bekas maggot dan kompos biomassa

Parameter	Satuan	Nilai		*Standart Kompos
		Kompos Kasgot	Kompos Biomassa	
pH H ₂ O	-	6,95	6,93	Sesuai
C-Organik	(%)	9,33	9,30	Tidak sesuai
N-Total	(%)	3,70	2,93	Sesuai
C/N Ratio	-	2,52	3,17	Sesuai

*Standart Kualitas Kompos oleh Peraturan Menteri Pertanian, 2019.

Pada hasil analisis pendahuluan kompos diketahui kompos bekas maggot memiliki nilai pH 6,95, kandungan C-organik 9,33%, kandungan total nitrogen 3,70% dan rasio C/N sebesar 2,52. Sedangkan kompos biomassa memiliki pH 6,93, C-Organik 9,30%, N-total 2,93% dan C/N rasio 3,17. Berdasarkan hasil analisis tersebut, kompos bekas maggot dan kompos biomassa dari parameter pH, kandungan N-Total dan C/N rasio telah memenuhi standar bahan organik pembenah tanah, namun pada C-organik masih belum memenuhi standar yang telah ditetapkan oleh Peraturan Menteri Pertanian (2019).

4.2 Rangkuman Analisis Sidik Ragam tiap Parameter

Analisis sidik ragam dilakukan terhadap pemberian *Rhizobium* + kompos bekas maggot, *Rhizobium* + pupuk kompos biomassa, *Rhizobium* + pupuk kalium dan fosfat, serta pemberian *Rhizobium* tanpa kombinasi dengan kompos dan pupuk. Rangkuman hasil analisis sidik ragam dari seluruh variabel pengamatan disajikan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Rangkuman hasil analisis sidik ragam tiap variabel pengamatan

Variabel	Signifikansi
N-total	0,000*
C-organik	0,000*
C/N rasio	0,000*
Tinggi tanaman	0,158 ^{ns}
Berat basah	0,000*
Berat kering	0,000*
Serapan N	0,000*
Jumlah nodul aktif	0,000*
Konsentrasi IAA	0,000*

^{ns}) Nilai sig > 0,05 berarti perlakuan yang diberikan berpengaruh tidak nyata terhadap variabel pengamatan, *) nilai sig < 0,05 berarti perlakuan yang diberikan berpengaruh nyata terhadap variabel pengamatan

Berdasarkan Tabel 4.3, terdapat 8 variabel dari 9 variabel pengamatan yang berpengaruh signifikan terhadap perlakuan yang diberikan, yaitu N-total, C-organik, C/N rasio, Berat basah, Berat kering, Serapan nitrogen, Jumlah nodul, dan Konsentrasi IAA. Pada variabel pengamatan berupa tinggi tanaman menunjukkan non-signifikan, yang berarti perlakuan tidak berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman kedelai.

4.3 Pengaruh Aplikasi *Rhizobium* dan Kompos Bekas Maggot terhadap Media Tanam Setelah Pemberian Perlakuan

4.3.1 Total Nitrogen Tanah

Secara umum, kandungan nitrogen total pada tanah Alfisol sangat rendah, yaitu sekitar 0,06% - 0,17% (Dwi Rahmadani & Wahyudi, 2020; Syarif et al., 2013). Pengaplikasian bahan organik, khususnya kompos dapat meningkatkan kandungan nitrogen total di dalam tanah. Hal tersebut dikarenakan adanya mineralisasi, yaitu proses biologis di mana nitrogen organik yang ada pada kompos diubah menjadi bentuk anorganik (seperti amonium dan nitrit) yang akhirnya meningkatkan kandungan total nitrogen tanah (Bachtiar & Hamka Ahmad, 2019). Pengaruh seluruh perlakuan terhadap N-total media tanam disajikan pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Rata-rata nitrogen total tanah

No.	Perlakuan	Kode	Rata-Rata N-Total (%)
1.	<i>Rhizobium seed treatment</i>	R1K0	0,09 ^a
2.	<i>Rhizobium seed treatment</i> + kompos bekas maggot	R1K1	0,20 ^b
3.	<i>Rhizobium seed treatment</i> + kompos biomassa	R1K2	0,21 ^b
4.	<i>Rhizobium seed treatment</i> + pupuk P dan K	R1K3	0,10 ^a
5.	<i>Rhizobium soil treatment</i>	R2K0	0,11 ^a
6.	<i>Rhizobium soil treatment</i> + kompos bekas maggot	R2K1	0,21 ^b
7.	<i>Rhizobium soil treatment</i> + kompos biomassa	R2K2	0,21 ^b
8.	<i>Rhizobium soil treatment</i> + pupuk P dan K	R2K3	0,10 ^a

Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada taraf 5%

Berdasarkan Tabel 4.4, inokulasi *Rhizobium* saja, baik melalui inokulasi pada benih (R1K0) maupun langsung ke tanah (R2K0), menghasilkan kandungan nitrogen total (N-total) terendah. Hal ini dapat disebabkan oleh tidak adanya tambahan sumber nitrogen eksternal pada perlakuan tersebut. Sebaliknya, peningkatan kandungan N-total teramati pada perlakuan *Rhizobium seed treatment* yang dikombinasikan dengan kompos bekas maggot (R1K1). Kompos bekas maggot berperan dalam menyediakan unsur hara, khususnya nitrogen, sehingga menciptakan lingkungan tanah yang lebih subur. Selain itu, simbiosis antara *Rhizobium* dan tanaman legum dapat mendukung peningkatan kandungan nitrogen

di dalam tanah, yang pada akhirnya berdampak positif terhadap pertumbuhan tanaman dan kesehatan tanah secara keseluruhan (Chen & Zhou, 2024).

Selain kompos bekas maggot, penambahan kompos biomassa juga dapat meningkatkan kandungan N-total pada tanah. Hal ini terlihat pada perlakuan R1K2 (*Rhizobium seed treatment* + kompos biomassa) yang tidak menunjukkan perbedaan nyata dengan perlakuan R1K1. Kompos biomassa berfungsi sebagai sumber bahan organik yang tidak hanya memperbaiki struktur tanah, tetapi juga meningkatkan kapasitas tanah dalam menyimpan nitrogen. Di samping itu, kompos mengandung mikroorganisme dekomposer yang berperan dalam proses mineralisasi nitrogen dari bahan organik (Widodo et al., 2024).

Perlakuan R1K3 (*Rhizobium seed treatment* + pupuk P dan K) menunjukkan kandungan N-total yang sama dengan perlakuan tanpa pupuk (R1K0). Hal ini disebabkan oleh sifat pupuk fosfat (P) dan kalium (K) yang lebih berperan dalam proses metabolisme tanaman serta penguatan jaringan, bukan sebagai sumber utama nitrogen. Oleh karena itu, pemberian pupuk P dan K tidak secara langsung berkontribusi terhadap peningkatan kandungan N-total di dalam tanah (Muyassir & Munfarizah, 2012). Perlakuan R2K3 (*Rhizobium soil treatment* + pupuk P dan K) juga menunjukkan hasil yang sama, yang semakin memperkuat pernyataan tersebut.

Perlakuan R2K1 (*Rhizobium soil treatment* + kompos bekas maggot) dan R2K2 (*Rhizobium soil treatment* + kompos biomassa) menunjukkan kandungan nitrogen total (N-total) yang tidak berbeda nyata dengan perlakuan R1K1 dan R1K2. Temuan ini mengindikasikan bahwa metode inokulasi *Rhizobium*, baik melalui benih (*seed treatment*) maupun tanah (*soil treatment*), tidak memberikan dampak signifikan terhadap peningkatan kandungan nitrogen total dalam tanah. Faktor utama yang memengaruhi peningkatan N-total lebih dominan berasal dari pemberian bahan organik berupa kompos.

Kandungan nitrogen total di tanah sebelum diberi perlakuan yang ditunjukkan pada Tabel 4.1 memiliki kandungan sebesar 0,12%, kemudian setelah diberi perlakuan kombinasi *Rhizobium* dan kompos bekas maggot meningkat menjadi 0,20% (*seed treatment*) dan 0,21% (*soil treatment*). Namun, peningkatan yang terjadi masih termasuk kedalam kategori rendah hingga sedang, sehingga

diperlukan adanya peningkatan dosis kombinasi *Rhizobium* (*seed treatment* dan *soil treatment*) dan kompos bekas maggot agar dapat meningkatkan kandungan total nitrogen total pada tanah Alfisol.

4.3.2 C-Ornganik Tanah

Rata-rata kandungan C-organik pada tanah Alfisol umumnya memiliki status rendah yaitu berkisar dari 1,5% hingga 1,6% (Taufiq, 2001; Wijanarko & Sutarno, 2007). Pengaplikasian kombinasi antara *Rhizobium* dan kompos secara signifikan mempengaruhi tingkat karbon organik tanah (C-organik), meningkatkan kesehatan dan kesuburan tanah. Penelitian Kaur et al., (2008) menunjukkan bahwa kompos, termasuk yang diperkaya dengan bakteri pengikat nitrogen seperti *Rhizobium*, memperbaiki sifat tanah dan populasi mikroba, yang mengarah pada peningkatan bahan organik tanah dan ketersediaan unsur hara. Pengaruh seluruh perlakuan terhadap C-organik media tanam disajikan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Rata-rata C-organik tanah

No.	Perlakuan	Kode	Rata-Rata C-Organik (%)
1.	<i>Rhizobium seed treatment</i>	R1K0	0,26 ^a
2.	<i>Rhizobium seed treatment</i> + kompos bekas maggot	R1K1	1,46 ^b
3.	<i>Rhizobium seed treatment</i> + kompos biomassa	R1K2	1,46 ^b
4.	<i>Rhizobium seed treatment</i> + pupuk P dan K	R1K3	0,30 ^a
5.	<i>Rhizobium soil treatment</i>	R2K0	0,26 ^a
6.	<i>Rhizobium soil treatment</i> + kompos bekas maggot	R2K1	1,50 ^b
7.	<i>Rhizobium soil treatment</i> + kompos biomassa	R2K2	1,52 ^b
8.	<i>Rhizobium soil treatment</i> + pupuk P dan K	R2K3	0,30 ^a

Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada taraf 5%

Berdasarkan Tabel 4.5, inokulasi *Rhizobium* saja, baik melalui inokulasi pada benih (R1K0) maupun langsung ke tanah (R2K0), menghasilkan kandungan C-organik terendah. Temuan ini mengindikasikan bahwa aplikasi *Rhizobium* tanpa disertai penambahan bahan organik tidak memberikan peningkatan yang signifikan terhadap kandungan C-organik tanah. Sebaliknya, pada perlakuan R1K1 (*Rhizobium seed treatment* + kompos bekas maggot) menunjukkan peningkatan

signifikan pada kandungan C-organik, yang menegaskan pentingnya peran kompos dalam perbaikan sifat kimia tanah, khususnya kandungan karbon organik.

Kompos yang berasal dari bahan organik yang sudah terurai menyediakan sumber karbon yang stabil dan mudah dimanfaatkan oleh mikroorganisme tanah, sehingga kandungan C-organik dalam tanah mengalami peningkatan (Sitorusdan & Sembiring, 2012). Selain kompos bekas maggot, penambahan kompos biomassa juga dapat meningkatkan kandungan C-organik pada tanah. Hal ini terlihat pada perlakuan R1K2 (*Rhizobium seed treatment* + kompos biomassa) yang tidak menunjukkan perbedaan nyata dengan perlakuan R1K1.

Perlakuan R1K3 (*Rhizobium seed treatment* + pupuk P dan K) menunjukkan kandungan C-organik yang sama dengan perlakuan tanpa pupuk (R1K0). Hal ini dikarenakan pupuk fosfat (P) dan kalium (K) tidak mengandung karbon, sehingga tidak berkontribusi langsung pada peningkatan C-organik. Kandungan C-organik lebih dipengaruhi oleh bahan organik yang masuk ke dalam tanah, seperti residu tanaman, mikroorganisme tanah, dan aktivitas biologi lainnya (Masmoudi et al., 2020). Oleh karena itu, meskipun pemupukan P dan K dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman, peningkatan C-organik tetap bergantung pada akumulasi bahan organik dan dinamika mikroba tanah.

Perlakuan R2K1 (*Rhizobium soil treatment* + kompos bekas maggot) dan R2K2 (*Rhizobium soil treatment* + kompos biomassa) menunjukkan kandungan C-organik yang tidak berbeda nyata dengan perlakuan R1K1 dan R1K2. Temuan ini mengindikasikan bahwa metode inokulasi *Rhizobium*, baik melalui benih (*seed treatment*) maupun tanah (*soil treatment*), tidak memberikan dampak signifikan terhadap peningkatan kandungan C-organik dalam tanah. Faktor utama yang memengaruhi peningkatan C-organik lebih dominan berasal dari pemberian bahan organik berupa kompos.

Pemberian *Rhizobium* (*seed treatment* dan *soil treatment*) dan kompos bekas maggot menunjukkan peningkatan kandungan C-organik dibandingkan dengan kandungan C-organik pada tanah saat sebelum diberi perlakuan. Berdasarkan Tabel 4.1, kandungan C-organik tanah sebelum diberi perlakuan adalah 0,27%, kemudian setelah diberi perlakuan kombinasi *Rhizobium* dan kompos bekas maggot

meningkat menjadi 1,46% (*seed treatment*) dan 1,50 % (*soil treatment*) yang ditunjukkan pada Tabel 4.5. Meskipun mengalami peningkatan, namun peningkatan yang terjadi masih termasuk kedalam kategori rendah, sehingga perlu adanya peningkatan dosis kombinasi *Rhizobium* (*seed treatment* dan *soil treatment*) dan kompos bekas maggot agar dapat meningkatkan kandungan C-organik pada tanah Alfisol.

4.3.3 C/N Rasio Tanah

Pengaplikasian kombinasi antara *Rhizobium* dan kompos secara signifikan mempengaruhi rasio C/N pada tanah. Kombinasi *Rhizobium* dan kompos dapat memperbaiki keseimbangan nutrisi tanah dengan meningkatkan kandungan nitrogen dan memperbaiki struktur tanah, yang berakibat pada penurunan rasio C/N tanah dan peningkatan kesuburan tanah secara keseluruhan (Setyawan et al., 2015). Pengaruh seluruh perlakuan terhadap C/N rasio media tanam disajikan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.6 Rata-rata C/N rasio tanah

No.	Perlakuan	Kode	Rata-Rata C/N Rasio
1.	<i>Rhizobium seed treatment</i>	R1K0	2,76 ^a
2.	<i>Rhizobium seed treatment</i> + kompos bekas maggot	R1K1	7,17 ^b
3.	<i>Rhizobium seed treatment</i> + kompos biomassa	R1K2	7,13 ^b
4.	<i>Rhizobium seed treatment</i> + pupuk P dan K	R1K3	3,08 ^a
5.	<i>Rhizobium soil treatment</i>	R2K0	2,43 ^a
6.	<i>Rhizobium soil treatment</i> + kompos bekas maggot	R2K1	7,01 ^b
7.	<i>Rhizobium soil treatment</i> + kompos biomassa	R2K2	7,40 ^b
8.	<i>Rhizobium soil treatment</i> + pupuk P dan K	R2K3	2,97 ^a

Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada taraf 5%.

Berdasarkan Tabel 4.6, inokulasi *Rhizobium* saja, baik melalui inokulasi pada benih (R1K0) maupun langsung ke tanah (R2K0), memiliki rasio C/N yang rendah. Tanah dengan rasio C/N rendah cenderung memiliki nitrogen yang lebih mudah tersedia untuk tanaman, tetapi dekomposisi bahan organik bisa berlangsung cepat sehingga dapat mengurangi karbon tanah. Mikroorganisme tanah menggunakan karbon sebagai sumber energi selama proses dekomposisi. Ketika dekomposisi

berlangsung cepat, karbon diubah menjadi CO₂ dan dilepaskan ke atmosfer, mengurangi kandungan karbon organik tanah (Soldatova et al., 2024).

Hasil berbeda ditunjukkan pada perlakuan R1K1 (*Rhizobium seed treatment* + kompos bekas maggot) dan R1K2 (*Rhizobium seed treatment* + kompos biomassa) dengan C/N rasio yang mengalami peningkatan dibandingkan dengan perlakuan tanpa kompos. Nilai C/N ini masih dalam kisaran yang baik untuk mineralisasi nitrogen, sehingga ketersediaan nitrogen masih cukup baik bagi tanaman. Sedangkan pada perlakuan R1K3 (*Rhizobium Seed Treatment* + pupuk P dan K) menunjukkan rasio C/N yang tidak berbeda nyata dengan perlakuan R1K0, hal ini dikarenakan penambahan pupuk fosfat dan kalium saja tidak secara signifikan meningkatkan nitrogen total (N-total) di tanah, yang sangat penting untuk menjaga rasio C/N yang seimbang. Ketidakseimbangan ini dapat menyebabkan rasio C/N yang lebih rendah karena ketersediaan nitrogen yang tidak mencukupi untuk pertumbuhan mikroba dan tanaman (Vēstis ; Vilde et al., 2007).

Perlakuan R2K1 (*Rhizobium soil treatment* + kompos bekas maggot) dan R2K2 (*Rhizobium soil treatment* + kompos biomassa) menunjukkan hasil C/N rasio yang tidak berbeda nyata dengan perlakuan R1K1 dan R1K2. Temuan ini mengindikasikan bahwa metode inokulasi *Rhizobium*, baik melalui benih (*seed treatment*) maupun tanah (*soil treatment*), tidak memberikan dampak signifikan terhadap C/N rasio tanah. Faktor utama yang memengaruhi keseimbangan C/N rasio lebih dominan berasal dari pemberian bahan organik berupa kompos.

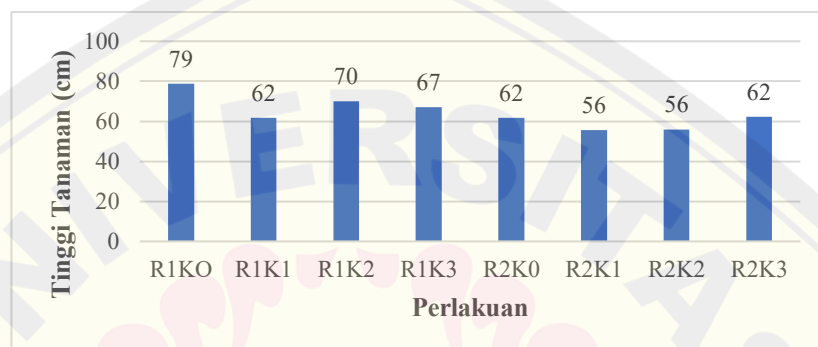
4.4 Pengaruh Inokulasi *Rhizobium* dan Kompos Bekas Maggot Terhadap Tanaman Kedelai

4.4.1 Tinggi Tanaman

Tinggi tanaman pada masa vegetatif adalah indikator penting dari kesehatan dan kekuatan tanaman. Tanaman yang mencapai tinggi optimal pada fase vegetatif memiliki keunggulan dalam mendapatkan cahaya matahari, mengembangkan struktur yang kuat, menyerap nutrisi dan air, serta lebih tahan terhadap hama dan penyakit (Sahla et al., 2019). Penelitian (Tanjung et al., 2021) menunjukkan rata-

rata tinggi tanaman kedelai varietas Grobogan yang di tanam di lahan kering masam mencapai 50 cm – 86 cm pada umur tanaman 42 HST sampai 56 HST.

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa inokulasi *Rhizobium* dengan kompos bekas maggot, *Rhizobium* dengan kompos biomassa, *Rhizobium* dengan pupuk P dan K, serta *Rhizobium* saja tidak menunjukkan perbedaan nyata terhadap tinggi tanaman kedelai pada masa vegetatif maksimum yaitu pada 45 HST. Hasil rata-rata tinggi tanaman kedelai ditampilkan pada Gambar 4.1 berikut ini:



Gambar 4.1 Hasil rata-rata tinggi tanaman kedelai pada masa vegetatif maksimum (cm)

Pertumbuhan vegetatif tanaman sangat dipengaruhi oleh ketersediaan unsur hara di dalam tanah yang tersedia bagi tanaman (Sholeh et al., 2021). Inokulasi *Rhizobium* pada tanaman kedelai terbukti mampu meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai, namun ketika inokulasi *Rhizobium* dikombinasikan dengan berbagai jenis kompos, tidak terlihat adanya pengaruh yang signifikan terhadap pertumbuhan tanaman kedelai (Fransiska et al., 2023). Akibatnya, seluruh perlakuan yang diberikan tidak memberikan perbedaan yang berarti terhadap tinggi tanaman kedelai.

4.4.2 Berat Basah dan Berat Kering Tanaman

Berat basah tanaman dipengaruhi oleh kandungan hara dan air yang terdapat dalam jaringan. Sementara itu, berat kering mencerminkan tingkat keberhasilan pertumbuhan tanaman, karena merupakan hasil akhir dari metabolisme tanaman yang berasal dari aktivitas fotosintesis. Kekurangan unsur hara dapat menghambat pertumbuhan tanaman, yang salah satunya ditandai dengan berat kering tajuk tanaman yang rendah (Tarjiyo & Elfis, 2023). Semakin besar berat kering tanaman, maka semakin tinggi pula laju fotosintesisnya (Marselina Kendek et al., 2024).

Pengaruh seluruh perlakuan terhadap berat basah dan berat kering tanaman kedelai disajikan pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Rata-rata berat kering dan berat basah tanaman kedelai

No.	Perlakuan	Kode	Rata-Rata Variabel	
			Berat Basah (gr)	Berat Kering (gr)
1.	<i>Rhizobium seed treatment</i>	R1K0	14,10 ^a	5,33 ^a
2.	<i>Rhizobium seed treatment</i> + kompos bekas maggot	R1K1	22,23 ^c	8,41 ^b
3.	<i>Rhizobium seed treatment</i> + kompos biomassa	R1K2	24,34 ^c	8,61 ^b
4.	<i>Rhizobium seed treatment</i> + pupuk P dan K	R1K3	19,21 ^b	8,25 ^b
5.	<i>Rhizobium soil treatment</i>	R2K0	14,18 ^a	5,37 ^a
6.	<i>Rhizobium soil treatment</i> + kompos bekas maggot	R2K1	32,69 ^d	11,15 ^c
7.	<i>Rhizobium soil treatment</i> + kompos biomassa	R2K2	32,68 ^d	11,48 ^c
8.	<i>Rhizobium soil treatment</i> + pupuk P dan K	R2K3	18,83 ^b	8,25 ^b

Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada taraf 5%.

Inokulasi *Rhizobium* memiliki pengaruh signifikan terhadap berat basah dan berat kering tanaman, terutama pada tanaman legum (Ifroh & Iqbal, 2020). Hal tersebut dikarenakan *Rhizobium* memiliki fungsi untuk menambat nitrogen di udara, yang kemudian tersedia bagi tanaman sehingga dapat mendukung pertumbuhan vegetatif tanaman (Panduwinata Sitorus & Yudo Tyasmoro, 2021).

Berdasarkan Tabel 4.7, hasil dari inokulasi *Rhizobium* saja, baik melalui inokulasi pada benih (R1K0) maupun langsung ke tanah (R2K0), menghasilkan berat basah dan berat kering terendah. Hal ini mengindikasikan bahwa aplikasi *Rhizobium* tanpa disertai penambahan bahan organik maupun pupuk tidak memberikan peningkatan yang signifikan terhadap pertumbuhan tanaman. *Rhizobium* hanya mampu memfiksasi nitrogen dalam jumlah yang terbatas karena tidak terdapat tambahan nitrogen eksternal, sehingga tidak mendorong pertumbuhan maksimal pada tanaman kedelai.

Penambahan kompos menunjukkan adanya peningkatan berat basah dan berat kering tanaman, hal ini terlihat pada perlakuan R1K1 (*Rhizobium seed treatment* +

kompos bekas maggot) dan R1K2 (*Rhizobium seed treatment* + kompos biomassa), yang menghasilkan berat basah dan berat kering lebih tinggi dibandingkan perlakuan tanpa kompos. Hasil ini menunjukkan bahwa kompos bekas maggot dan kompos biomassa tidak hanya meningkatkan kadar air tetapi juga pertumbuhan jaringan tanaman. Kompos bekas maggot dan kompos biomassa memiliki kandungan nutrisi organik yang tinggi, sehingga meningkatkan pertumbuhan tanaman (Aziz et al., 2024; Idris et al., 2024).

Perlakuan R1K3 (*Rhizobium seed treatment* + pupuk fosfat dan kalium) dan R2K3 (*Rhizobium soil treatment* + pupuk fosfat dan kalium) memiliki berat basah dan berat kering yang lebih tinggi dibandingkan perlakuan *Rhizobium* saja (R1K0 dan R2K0), tetapi tetap lebih rendah dibandingkan perlakuan R1K1 dan R1K2. Peningkatan berat kering pada perlakuan R1K3 dan R2K3 menunjukkan bahwa penambahan pupuk fosfat dan kalium berkontribusi dalam pembentukan jaringan tanaman yang lebih padat dan kering. Kalium juga berperan dalam regulasi air dalam sel tanaman, sehingga meningkatkan efisiensi penggunaan air (Bayyani Roswy & Sudiarso, 2022).

Perlakuan R2K1 (*Rhizobium soil treatment* + kompos bekas maggot) dan R2K2 (*Rhizobium soil treatment* + kompos biomassa) menunjukkan hasil berat basah dan berat kering tertinggi. Temuan ini mengindikasikan bahwa kombinasi aplikasi *Rhizobium* secara langsung ke tanah dengan penambahan kompos sangat efektif dalam meningkatkan produksi biomassa tanaman. Efektivitas ini kemungkinan disebabkan oleh ketersediaan hara yang lebih optimal dan peningkatan aktivitas mikroba tanah yang mendukung pertumbuhan tanaman secara keseluruhan.

4.4.3 Jumlah Nodul Efektif

Rhizobium dan tanaman kedelai memiliki hubungan simbiosis yang saling menguntungkan melalui pembentukan nodul atau bintil akar. Nodul yang terbentuk digunakan oleh bakteri *Rhizobium* sebagai tempat untuk melakukan fiksasi nitrogen dari atmosfer agar dapat menjadi tersedia bagi tanaman (Safriyani et al., 2022). Nodul atau bintil akar yang terbentuk karena aktivitas simbiosis *Rhizobium* dan akar tanaman kedelai ditampilkan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Nodul akar yang terbentuk

Tidak semua nodul yang terbentuk dapat memfiksasi nitrogen, nodul yang dapat memfiksasi nitrogen adalah nodul yang bagian dalamnya berwarna merah seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Nodul akar efektif berwarna merah

Warna merah muda ini menunjukkan bahwa nodul akar sedang aktif menambat nitrogen dari udara. Leghemoglobin memainkan peran penting dalam mengendalikan kadar oksigen dalam bintil akar legum dengan cara menyerap oksigen untuk melindungi enzim nitrogenase dari toksisitas oksigen, sehingga dapat mempertahankan fiksasi nitrogen simbiotik (Ghosh et al., 2019). Pada kisaran umur 45 hingga 50 hari setelah tanam (HST), rata-rata jumlah jumlah bintil yang efektif dapat dihitung hingga 15 lebih, tergantung pada kondisi tanah dan jenis bakteri *Rhizobium* yang diinokulasikan (Prasetyani et al., 2020). Pengaruh seluruh perlakuan terhadap jumlah nodul efektif tanaman kedelai disajikan pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Rata-rata jumlah nodul akar tanaman kedelai

No.	Perlakuan	Kode	Rata-Rata Jumlah Nodul Efektif
1.	<i>Rhizobium seed treatment</i>	R1K0	9,33 ^a
2.	<i>Rhizobium seed treatment</i> + kompos bekas maggot	R1K1	14,33 ^c
3.	<i>Rhizobium seed treatment</i> + kompos biomassa	R1K2	12,33 ^c
4.	<i>Rhizobium seed treatment</i> + pupuk P dan K	R1K3	11,00 ^b
5.	<i>Rhizobium soil treatment</i>	R2K0	9,66 ^a
6.	<i>Rhizobium soil treatment</i> + kompos bekas maggot	R2K1	16,33 ^d
7.	<i>Rhizobium soil treatment</i> + kompos biomassa	R2K2	16,67 ^d
8.	<i>Rhizobium soil treatment</i> + pupuk P dan K	R2K3	11,33 ^b

Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada taraf 5%.

Berdasarkan Tabel 4.8, hasil dari inokulasi *Rhizobium* saja, baik melalui inokulasi pada benih (R1K0) maupun langsung ke tanah (R2K0), menunjukkan jumlah nodul yang lebih sedikit dibandingkan perlakuan dengan kompos dan pupuk. Meskipun *Rhizobium* tetap membentuk nodul, tetapi jumlah nodul efektif yang terbentuk tidak lebih banyak dibanding dengan perlakuan yang diberi tambahan kompos maupun pupuk. Peningkatan jumlah nodul efektif terlihat pada perlakuan R1K1 (*Rhizobium seed treatment* + kompos bekas maggot) dan R1K2 (*Rhizobium seed treatment* + kompos biomassa). Kombinasi *Rhizobium* dan kompos telah terbukti mampu meningkatkan jumlah dan efektivitas nodul. Kehadiran bahan organik seperti kompos dapat meningkatkan struktur tanah, sehingga dapat menciptakan lingkungan yang kondusif bagi *Rhizobium* untuk berkembang dan membentuk nodul yang efektif (Mebrшту, 2024; Meesam et al., 2014).

Perlakuan *Rhizobium* melalui *seed treatment* (R1K3) maupun *soil treatment* (R2K3) yang dikombinasikan dengan pupuk fosfat dan kalium menunjukkan peningkatan jumlah nodul efektif dibandingkan perlakuan *Rhizobium* tanpa tambahan pupuk dan kompos (R1K0 dan R2K0). Namun, jumlah nodul efektif

tersebut masih lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan yang dikombinasikan dengan kompos. Pupuk kalium dan fosfat memiliki peran dalam mendukung pertumbuhan vegetatif dan perkembangan akar tanaman kedelai daripada langsung dalam pembentukan nodul akar. Pembentukan nodul akar dan aktivitas biologis *Rhizobium* lebih dipengaruhi oleh faktor lain seperti kondisi tanah yang optimal. Dengan demikian, pupuk kalium dan fosfat penting untuk pertumbuhan tanaman secara umum dan mendukung secara tidak langsung pembentukan nodul melalui perbaikan kondisi akar, tetapi bukan unsur utama dalam aktivitas biologis *Rhizobium* (Mmbaga et al., 2014).

Perlakuan R2K1 (*Rhizobium soil treatment* + kompos bekas maggot) dan R2K2 (*Rhizobium soil treatment* + kompos biomassa) menunjukkan jumlah nodul efektif tertinggi di antara seluruh perlakuan. Temuan ini mengindikasikan bahwa kombinasi aplikasi *Rhizobium* secara langsung ke tanah dengan penambahan kompos sangat efektif dalam meningkatkan jumlah nodul efektif tanaman. Tanah yang diberi kompos menyediakan lingkungan makro yang lebih stabil bagi *Rhizobium* untuk bertahan hidup dan berkembang, sehingga bakteri lebih efektif dalam melakukan infeksi saat akar tumbuh. Menurut Škrdleta et al. (1991), inokulasi *Rhizobium* langsung ke tanah dapat menghasilkan jumlah nodul efektif yang lebih tinggi dibandingkan inokulasi melalui benih dapat disebabkan oleh beberapa faktor, seperti kemampuan *Rhizobium* untuk beradaptasi lebih baik terhadap kondisi lingkungan, bersaing dengan mikroorganisme lokal, dan membentuk interaksi yang lebih efektif dengan akar tanaman. Ketika *Rhizobium* diaplikasikan langsung ke tanah, bakteri tersebut dapat membentuk populasi yang lebih stabil dan aktif dalam lingkungan yang mendukung, sehingga meningkatkan peluang kolonisasi akar dan pembentukan nodul yang efektif.

4.4.4 Konsentrasi Nitrogen Tanaman

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap serapan nitrogen jaringan tanaman. Rata-rata konsentrasi nitrogen tanaman kedelai berkisar dari 1,5% sampai dengan 4,05% pada umur panen tanaman (Parwi, 2011). Pengaruh seluruh perlakuan terhadap konsentrasi nitrogen tanaman kedelai disajikan pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Rata-rata konsentrasi nitrogen tanaman kedelai

No.	Perlakuan	Kode	Rata-Rata Konsentrasi Nitrogen (%)
1.	<i>Rhizobium seed treatment</i>	R1K0	0,08 ^a
2.	<i>Rhizobium seed treatment</i> + kompos bekas maggot	R1K1	0,14 ^c
3.	<i>Rhizobium seed treatment</i> + kompos biomassa	R1K2	0,15 ^c
4.	<i>Rhizobium seed treatment</i> + pupuk P dan K	R1K3	0,13 ^b
5.	<i>Rhizobium soil treatment</i>	R2K0	0,09 ^a
6.	<i>Rhizobium soil treatment</i> + kompos bekas maggot	R2K1	0,18 ^d
7.	<i>Rhizobium soil treatment</i> + kompos biomassa	R2K2	0,17 ^d
8.	<i>Rhizobium soil treatment</i> + pupuk P dan K	R2K3	0,12 ^b

Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada taraf 5%.

Bakteri *Rhizobium* penting dalam fiksasi nitrogen pada tanaman kacang-kacangan, yang dapat meningkatkan kesuburan tanah dan produksi tanaman melalui inokulan mikroba yang meningkatkan ketersediaan nitrogen untuk tanaman (Dash & Deole, 2019). Umumnya, kombinasi antara inokulasi *Rhizobium* dengan bahan organik dapat meningkatkan pembentukan bintil efektif pada tanaman kedelai. Bintil akar yang efektif ini dapat meningkatkan fiksasi nitrogen, yang berpotensi meningkatkan konsentrasi nitrogen dalam jaringan tanaman (Soverda et al., 2021). Bakteri *Rhizobium* yang berhasil bersimbiosis dengan akar tanaman kedelai dapat mencukupi hingga 75% kebutuhan nitrogen pada tanaman kedelai (Fransiska et al., 2023).

Berdasarkan Tabel 4.9, hasil dari pemberian *Rhizobium* saja, baik melalui inokulasi pada benih (R1K0) maupun langsung ke tanah (R2K0), memiliki jumlah nodul yang lebih sedikit dibandingkan perlakuan dengan kompos dan pupuk. Hal ini mengindikasikan bahwa tanpa tambahan pupuk dan kompos, ketersediaan nitrogen bagi tanaman terbatas. Meskipun *Rhizobium* dapat membentuk nodul tanpa bantuan tambahan pupuk ataupun kompos, efektivitasnya dalam memfiksasi nitrogen akan meningkat jika dikombinasikan dengan pupuk atau kompos. Pemberian *Rhizobium* saja sering kali menghasilkan fiksasi nitrogen biologis yang

kurang efisien dibandingkan dengan penerapan manajemen nutrisi terpadu (Saranraj et al., 2023).

Pemberian kompos bekas maggot pada R1K1 (*Rhizobium seed treatment* + kompos bekas maggot) dan R1K2 (*Rhizobium seed treatment* + kompos biomassa) meningkatkan kandungan nitrogen secara signifikan, menunjukkan bahwa kompos bekas maggot dan kompos biomassa berkontribusi dalam meningkatkan ketersediaan nitrogen tanaman kedelai. Kehadiran bahan organik yang terdekomposisi dari kompos bekas maggot dapat meningkatkan populasi bakteri pengikat nitrogen, seperti *Rhizobium*, yang sangat penting untuk tanaman kedelai (Kumar et al., 2017).

Perlakuan R1K3 (*Rhizobium seed treatment* + pupuk P dan K) dan R2K3 (*Rhizobium soil treatment* + pupuk P dan K) memiliki kandungan nitrogen lebih rendah dari R1K1 dan R1K2 namun lebih tinggi dari R1K0. Pupuk P dan K tidak meningkatkan konsentrasi nitrogen pada tanaman secara langsung, namun keduanya memiliki peran yang dapat mendukung kondisi optimal tanaman dalam melakukan penyerapan dan pemanfaatan nitrogen. Pupuk kalium memiliki fungsi membantu tanaman dalam proses metabolisme sedangkan pupuk fosfat memiliki fungsi utama dalam pembentukan akar dan membantu tanaman dalam penyerapan unsur hara lain termasuk nitrogen (Bagale, 2021).

Perlakuan R2K1 (*Rhizobium soil treatment* + kompos bekas maggot) dan R2K2 (*Rhizobium soil treatment* + kompos biomassa) memiliki kandungan nitrogen tertinggi, yang menunjukkan bahwa kombinasi *Rhizobium soil treatment* dengan kompos memberikan ketersediaan nitrogen yang optimal bagi tanaman. Inokulasi *Rhizobium* di tanah memungkinkan rhizobia beradaptasi dengan kondisi lingkungan pada media tanam, sehingga dapat mengoptimalkan hubungan simbiosis dengan tanaman inangnya. Adaptasi ini berkontribusi pada peningkatan akumulasi nitrogen dalam jaringan tanaman. Hal ini dibuktikan oleh penelitian Sogut (2006) yang menunjukkan bahwa tanaman yang diinokulasi melalui tanah memiliki kandungan nitrogen lebih tinggi dibandingkan dengan tanaman yang diinokulasi pada tingkat benih.

4.4.5 Serapan Nitrogen Tanaman

Serapan nitrogen adalah proses di mana tanaman mengambil nitrogen dari tanah melalui akarnya dan menggunakannya untuk berbagai proses biologis yang mendukung pertumbuhan dan perkembangan. Tanaman kedelai dapat memiliki rata-rata serapan nitrogen pada kisaran 10 mg/g tanaman - 20 mg/g tanaman (Rymuza et al., 2020). Pemberian *Rhizobium* dapat meningkatkan fiksasi nitrogen yang efektif, yang menyebabkan peningkatan kandungan nitrogen dalam jaringan tanaman. Hal ini dibuktikan pada penelitian Khomina et al. (2024) yang menunjukkan bahwa kandungan nitrogen pada tanaman kedelai yang diinokulasi dengan *Rhizobium* meningkat hingga 45% lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol. Selain itu, kombinasi *Rhizobium* dengan kompos telah terbukti lebih meningkatkan nodulasi dan penyerapan nitrogen, menghasilkan peningkatan biomassa dan hasilnya (Rahman & Sampa, 2013). Pengaruh seluruh perlakuan terhadap serapan nitrogen pada tanaman kedelai disajikan pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Rata-rata serapan nitrogen tanaman kedelai

No.	Perlakuan	Kode	Rata-Rata Serapan Nitrogen (mg/g tanaman)
1.	<i>Rhizobium seed treatment</i>	R1K0	4,65 ^a
2.	<i>Rhizobium seed treatment</i> + kompos bekas maggot	R1K1	12,39 ^c
3.	<i>Rhizobium seed treatment</i> + kompos biomassa	R1K2	13,11 ^c
4.	<i>Rhizobium seed treatment</i> + pupuk P dan K	R1K3	10,66 ^b
5.	<i>Rhizobium soil treatment</i>	R2K0	4,93 ^a
6.	<i>Rhizobium soil treatment</i> + kompos bekas maggot	R2K1	20,63 ^d
7.	<i>Rhizobium soil treatment</i> + kompos biomassa	R2K2	20,46 ^d
8.	<i>Rhizobium soil treatment</i> + pupuk P dan K	R2K3	9,91 ^b

Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada taraf 5%.

Berdasarkan Tabel 4.11, hasil dari inokulasi *Rhizobium* saja, baik melalui inokulasi pada benih (R1K0) maupun langsung ke tanah (R2K0), menunjukkan hasil serapan nitrogen yang rendah dibandingkan perlakuan dengan kompos dan

pupuk. Pada Perlakuan R1K1 (*Rhizobium seed treatment* + kompos bekas maggot) dan R1K2 (*Rhizobium seed treatment* + kompos biomassa) menunjukkan peningkatan signifikan terhadap serapan nitrogen tanaman kedelai dibandingkan perlakuan R1K0 dan R2K0. Temuan ini menunjukkan bahwa penggunaan kompos bekas maggot maupun kompos biomassa dapat memberikan kontribusi positif terhadap peningkatan serapan nitrogen oleh tanaman kedelai. Menurut Sufar et al. (2024), efektifitas inokulasi *Rhizobium* pada tanah tergantung pada kondisi tanah itu sendiri, kondisi tanah yang kaya akan nutrisi *Rhizobium* akan tumbuh dengan baik. Pemberian kompos meningkatkan ketersediaan nitrogen dalam tanah dan juga mendukung pertumbuhan mikroba tanah, sehingga menghasilkan serapan nitrogen yang lebih tinggi dibandingkan perlakuan lainnya. Hal ini diperkuat dengan penelitian Widodo et al. (2024), yang menunjukkan bahwa *Rhizobium* lebih aktif dalam lingkungan kaya bahan organik, seperti yang ditemukan pada tanah yang diberi kompos bekas maggot dan kompos biomassa.

Perlakuan R1K3 (*Rhizobium seed treatment* + pupuk P dan K) dan R2K3 (*Rhizobium soil treatment* + pupuk P dan K) menunjukkan serapan nitrogen yang lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan kombinasi *Rhizobium* dan kompos, namun masih lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan *Rhizobium* tanpa kompos. Hal ini mengindikasikan bahwa pupuk P dan K tetap berkontribusi dalam meningkatkan penyerapan nitrogen pada tanaman kedelai, meskipun tidak memberikan efek yang lebih besar dibandingkan dengan kombinasi inokulasi *Rhizobium* dengan bahan organik. Meskipun pupuk P dan K tidak mengandung nitrogen dalam bentuk yang dapat langsung diserap oleh tanaman, namun ketersediaan kalium dan fosfat yang cukup dapat secara tidak langsung mendukung proses fiksasi nitrogen (Bagale, 2021).

Serapan nitrogen tertinggi dihasilkan oleh perlakuan R2K1 (*Rhizobium soil treatment* + kompos bekas maggot) dan R2K2 (*Rhizobium soil treatment* + kompos biomassa). Hal ini menunjukkan bahwa kombinasi inokulasi *Rhizobium* di tanah (*soil treatment*) yang dikombinasikan dengan kompos bekas maggot maupun kompos biomassa mampu menyediakan bahan organik yang mendukung aktivitas *Rhizobium*, sehingga meningkatkan efisiensi penyerapan nitrogen oleh tanaman.

Hal ini bisa terjadi dikarenakan inokulasi *Rhizobium* yang lebih efektif pada tanah yang diberi kompos, sehingga *Rhizobium* lebih optimal dalam melakukan fiksasi nitrogen (Giri et al., 2019).

4.4.6 Konsentrasi Hormon *Indole Acetic Acid* Jaringan Tanaman

Hasil analisis ragam pemberian *Rhizobium* memiliki pengaruh signifikan terhadap konsentrasi hormon asam indole-3-asetat (IAA) pada tanaman kedelai. Konsentrasi IAA yang diproduksi secara endogen dalam jaringan tanaman kedelai bervariasi tergantung pada jenis jaringan, tahap perkembangan, dan kondisi lingkungan. Berdasarkan penelitian Jiang et al. (2020), umumnya rata-rata konsentrasi IAA endogen pada jaringan vegetatif yaitu di daun muda sebesar 0,01 – 0,05 ppm, di batang 0,005 – 0,03 ppm, dan di akar 0,02 – 0,08 ppm. Pengaruh seluruh perlakuan terhadap konsentrasi IAA pada tanaman kedelai disajikan pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Rata-rata hormon *indole acetic acid* tanaman kedelai

No.	Perlakuan	Kode	Rata-Rata Konsentrasi IAA (ppm)
1.	<i>Rhizobium seed treatment</i>	R1K0	0,65 ^a
2.	<i>Rhizobium seed treatment</i> + kompos bekas maggot	R1K1	1,43 ^b
3.	<i>Rhizobium seed treatment</i> + kompos biomassa	R1K2	1,43 ^b
4.	<i>Rhizobium seed treatment</i> + pupuk P dan K	R1K3	0,71 ^a
5.	<i>Rhizobium soil treatment</i>	R2K0	0,77 ^a
6.	<i>Rhizobium soil treatment</i> + kompos bekas maggot	R2K1	1,81 ^c
7.	<i>Rhizobium soil treatment</i> + kompos biomassa	R2K2	1,71 ^c
8.	<i>Rhizobium soil treatment</i> + pupuk P dan K	R2K3	0,70 ^a

Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada taraf 5%.

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa strain rhizobial dapat meningkatkan konsentrasi IAA sehingga dapat mendorong pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Penelitian Tariq et al., (2024) menunjukkan bahwa penerapan PGPR, termasuk strain rhizobial meningkatkan konsentrasi IAA pada tanaman kedelai yang berkolerasi dengan peningkatan perkembangan akar dan pertumbuhan tajuk.

Berdasarkan Tabel 4.10, konsentrasi IAA (*Indole Acetic Acid*) terendah dihasilkan oleh perlakuan R1K0 (*Rhizobium seed treatment*) dan R2K0 (*Rhizobium soil treatment*). Hal ini menunjukkan bahwa inokulasi *Rhizobium* saja tanpa tambahan pupuk atau kompos belum cukup efektif untuk meningkatkan produksi hormon IAA pada tanaman kedelai. *Rhizobium* memang mampu menghasilkan hormon *Indole Acetic Acid* yang berperan dalam merangsang pertumbuhan tanaman. Namun, produksi IAA yang optimal juga bergantung pada ketersediaan nutrisi di dalam tanah. Tanpa tambahan pupuk, produksi IAA oleh *Rhizobium* saja belum cukup untuk meningkatkan hasil tanaman secara signifikan, karena tanaman tetap memerlukan unsur hara lainnya untuk menunjang proses metabolisme dan pertumbuhan.

Peningkatan kandungan IAA tanaman kedelai terlihat pada perlakuan R1K1 (*Rhizobium seed treatment* + kompos bekas maggot) dan R1K2 (*Rhizobium seed treatment* + kompos biomassa). Peningkatan signifikan ini menunjukkan bahwa kombinasi inokulasi *Rhizobium seed treatment* dengan kompos bekas maggot dan kompos biomassa dapat meningkatkan produksi hormon IAA pada tanaman kedelai. Kandungan nutrisi dan mikroba pada kompos dapat mendukung pertumbuhan *Rhizobium* serta sintesis auksin dalam akar tanaman. Menurut Wibowo (2008), pengaplikasian pupuk organik termasuk kompos dapat meningkatkan kandungan hormon IAA pada kedelai dibandingkan dengan perlakuan tanpa pupuk organik.

Perlakuan kombinasi inokulasi *Rhizobium* dengan pupuk P dan K, baik secara *seed treatment* (R1K3) maupun *soil treatment* (R2K3), menghasilkan kadar IAA yang lebih rendah dibandingkan dengan kombinasi *Rhizobium* dan kompos. Temuan ini mengindikasikan bahwa pupuk P dan K kurang berpengaruh terhadap sintesis hormon pertumbuhan khususnya IAA. Pupuk kalium dan fosfat lebih berperan dalam metabolisme energi dan pembentukan dinding sel dibandingkan dalam produksi hormon pertumbuhan (Maulana Ihtiramiddi et al., 2024). Namun demikian, kandungan IAA pada perlakuan ini masih lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan *Rhizobium* tanpa tambahan kompos dan pupuk. Penelitian Tri Wibowo & Tri Wahyudi (2009), menunjukkan penerapan pupuk P dan K telah terbukti

meningkatkan penyerapan nutrisi oleh tanaman, yang secara tidak langsung dapat memengaruhi tingkat produksi IAA.

Perlakuan R2K1 (*Rhizobium soil treatment* + kompos bekas maggot) dan R2K2 (*Rhizobium soil treatment* + kompos biomassa) menunjukkan kandungan IAA tertinggi di antara seluruh perlakuan. Hal ini menunjukkan bahwa kombinasi *Rhizobium* secara *soil treatment* dengan kompos efektif dalam meningkatkan kandungan IAA pada tanaman kedelai. Sejalan dengan peningkatan jumlah nodul efektif dan serapan nitrogen pada tanaman kedelai, perlakuan inokulasi *Rhizobium* di tanah juga menunjukkan peningkatan signifikan dalam produksi IAA. Hal ini mengindikasikan bahwa aktivitas simbiosis yang optimal dapat mendukung sintesis hormon pertumbuhan tanaman secara lebih efektif.

4.5 Uji Korelasi Ketersediaan Nitrogen dengan Serapan Nitrogen

Hasil uji korelasi antara ketersediaan nitrogen dengan serapan nitrogen tanaman kedelai disajikan pada Tabel 4.12 berikut ini.

Tabel 4.12 Uji korelasi ketersediaan nitrogen dan serapan nitrogen

Variabel 1	Variabel 2	Signifikasi Korelasi	Hubungan**
N-Total	Serapan nitrogen	0,000*	0,804 (kuat)
Konsentrasi N Jaringan	Serapan nitrogen	0,000*	0,970 (sempurna)

*) nilai signifikasi korelasi $<0,01$ berarti terdapat korelasi antar variabel pengamatan **)

Hasil uji korelasi menunjukkan bahwa kandungan nitrogen total dalam tanah memiliki hubungan positif dengan serapan nitrogen jaringan tanaman. Korelasi positif mengindikasikan bahwa ketika satu variabel meningkat maka variabel lainnya juga meningkat, sedangkan korelasi negatif menunjukkan hubungan yang berlawanan arah antara dua variabel. Hal ini sejalan dengan penelitian Fajarditta et al., (2012), dimana saat unsur hara makro seperti nitrogen banyak tersedia di dalam tanah maka tanaman akan menyerap lebih banyak unsur hara tersebut, yang membantu membentuk senyawa organik di jaringan tanaman.

Penelitian Rymuza et al. (2020), menunjukkan bahwa sumber utama nitrogen untuk kedelai adalah atmosfer dan cadangan di dalam tanah, dengan atmosfer menyumbang nitrogen paling banyak ke akar (45,85%), diikuti oleh cadangan tanah

(41,43%) dan pupuk (12,72%). Selain melakukan fiksasi nitrogen bebas di atmosfer yang dibantu oleh bakteri, tanaman juga menyerap nitrogen di dalam tanah, sehingga kandungan nitrogen total di tanah sangat mempengaruhi besarnya nilai serapan nitrogen oleh tanaman.

Selanjutnya, pada penelitian ini menunjukkan bahwa konsentrasi nitrogen jaringan tanaman memiliki korelasi dengan serapan nitrogen tanaman kedelai. Hal tersebut dijelaskan pada penelitian (Wicaksono et al., 2015), bahwa produksi 1 kg biji kedelai memerlukan serapan 70–80 gram nitrogen dari tanah. Hal ini mengindikasikan hubungan linear antara konsentrasi nitrogen jaringan (terutama pada biji) dan total serapan hara.

4.6 Uji korelasi Jumlah Nodul Efektif dengan Konsentrasi IAA

Hasil uji korelasi antara jumlah nodul efektif dengan kandungan IAA tanaman kedelai disajikan pada Tabel 4.13 berikut ini.

Tabel 4.13 Uji jumlah nodul efektif dengan kandungan IAA

Variabel 1	Variabel 2	Signifikansi Korelasi	Hubungan**
Jumlah Nodul Efektif	Serapan Nitrogen	0,000*	0,934 (sempurna)
	Kandungan IAA	0,000*	0,936 (sempurna)
Kandungan IAA	Serapan nitrogen	0,000*	0,732 (kuat)

*) nilai signifikansi korelasi $<0,01$ berarti terdapat korelasi antar variabel pengamatan **)

Korelasi antara jumlah bintil akar efektif dengan serapan nitrogen tanaman menunjukkan korelasi yang positif. Nodul akar yang terbentuk melalui simbiosis dengan bakteri *Rhizobium* memiliki peran penting dalam fiksasi nitrogen bebas yang ada di udara sehingga menjadi tersedia dan dapat digunakan oleh tanaman. Semakin banyak nodul efektif yang terbentuk oleh simbiosis dari tanaman dan bakteri, maka semakin tinggi juga serapan nitrogen jaringan tanaman kedelai. Penelitian Senatama et al. (2019), menunjukkan bahwa semakin banyak nodul yang terbentuk, semakin banyak pula nitrogen yang dapat difiksasi dan diserap oleh tanaman kedelai. Hal ini karena setiap nodul berfungsi sebagai tempat fiksasi nitrogen.

Jumlah nodul efektif menunjukkan korelasi dengan berat kering tanaman. Penelitian Triana & Taryono (2021), menunjukkan bahwa jumlah nodul efektif mempunyai hubungan positif nyata dengan berat kering tanaman. Semakin meningkat jumlah bintil akar, maka berat kering tanaman juga meningkat. Selanjutnya diperjelas menurut Tabrani et al. (2023), pembentukan nodul akar yang efektif berhubungan dengan peningkatan pertumbuhan tanaman, termasuk berat kering. Hal ini karena nodul akar berperan dalam fiksasi nitrogen yang penting untuk pertumbuhan tanaman.

Penelitian ini menunjukkan bahwa jumlah nodul efektif berkorelasi positif dengan kandungan IAA tanaman kedelai. Korelasi positif menunjukkan bahwa peningkatan jumlah nodul efektif linear dengan peningkatan fitohormon IAA pada tanaman kedelai. Pada penelitian (Ningsih & Anas, 2004), menjelaskan bahwa pemberian bakteri *Rhizobium* berpengaruh pada pembentukan nodul efektif yang tidak hanya untuk fiksasi nitrogen, tetapi juga menghasilkan fitohormon IAA melalui metabolisme triptofan. Nitrogen hasil fiksasi digunakan tanaman untuk sintesis senyawa organik, termasuk mendukung aktivitas enzimatik yang terlibat dalam biosintesis IAA endogen.

Selanjutnya, terdapat korelasi positif antara kandungan IAA dengan serapan nitrogen. Penelitian Tri Wibowo & Tri Wahyudi (2009), menunjukkan adanya interaksi IAA dengan hormon lain, seperti sitokinin, untuk mengatur penyerapan nitrogen. Keseimbangan hormon ini sangat penting untuk mengoptimalkan pertumbuhan tanaman dan pemanfaatan nutrisi. IAA mempromosikan pemanjangan dan percabangan akar, meningkatkan luas permukaan akar untuk penyerapan nutrisi. Peningkatan biomassa akar berkorelasi dengan peningkatan penyerapan nitrogen, di mana pengaplikasian pupuk hayati dapat meningkatkan kandungan IAA, yang mengarah pada peningkatan penyerapan nutrisi. Peningkatan kandungan IAA dapat memperbaiki struktur akar, yang pada gilirannya meningkatkan kemampuan tanaman menyerap nitrogen.

4.7 Pembahasan Umum

Perbandingan pemberian kompos bekas maggot dan *Rhizobium* yang diberikan secara *seed treatment* dan *soil treatment* disajikan pada Tabel 4.14 berikut ini.

Tabel 4.14 Perbandingan inokulasi *Rhizobium* dengan kompos bekas maggot secara *seed treatment* dan *soil treatment*

No.	Perlakuan	Variabel Penelitian					
		Faktor Tanah			Faktor Tanaman		
		C-Organik	N-Total	Berat Kering	Jumlah Nodul Efektif	Serapan Nitrogen	Konsentrasi Hormon IAA
1.	<i>Seed treatment</i>	1,46 ^b	0,20 ^b	8,41 ^b	14,33 ^c	12,39 ^c	1,43 ^b
2.	<i>Soil treatment</i>	1,50 ^b	0,21 ^b	11,15 ^c	16,33 ^d	20,63 ^d	1,81 ^c

Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada taraf 5%.

Berdasarkan Tabel 4.14, pengaplikasian *Rhizobium* dan kompos bekas maggot secara *soil treatment* maupun *seed treatment* tidak menunjukkan perbedaan nyata dalam meningkatkan kandungan C-organik. C-organik menjadi indikator kandungan bahan organik dalam tanah yang berperan dalam memperbaiki struktur tanah, meningkatkan kapasitas retensi air, serta mendukung aktivitas mikroorganisme (Salsavira, 2024; Yulina & Ambarsari, 2021). Pemberian *Rhizobium* dan kompos bekas maggot dengan *soil treatment* maupun *seed treatment* juga tidak berbeda nyata dalam meningkatkan kandungan nitrogen total di dalam tanah.

N-total merupakan gambaran total kandungan nitrogen di tanah, baik dalam bentuk organik maupun anorganik. Namun, tidak semua nitrogen ini tersedia untuk diserap oleh tanaman. Ketersediaan nitrogen bagi tanaman sangat bergantung pada bentuknya dan proses biologis yang terjadi di dalam tanah (Nopsagiarti et al., 2020). *Rhizobium* yang diaplikasikan langsung ke tanah dapat segera berkolonisasi dan membentuk nodul yang efektif pada akar tanaman, sehingga meningkatkan fiksasi nitrogen biologis. Kolaborasi sinergis antara *Rhizobium* dan kompos bekas maggot dalam menciptakan lingkungan yang lebih kondusif untuk siklus karbon dan

nitrogen dalam tanah dapat meningkatkan kandungan nitrogen total di tanah secara signifikan.

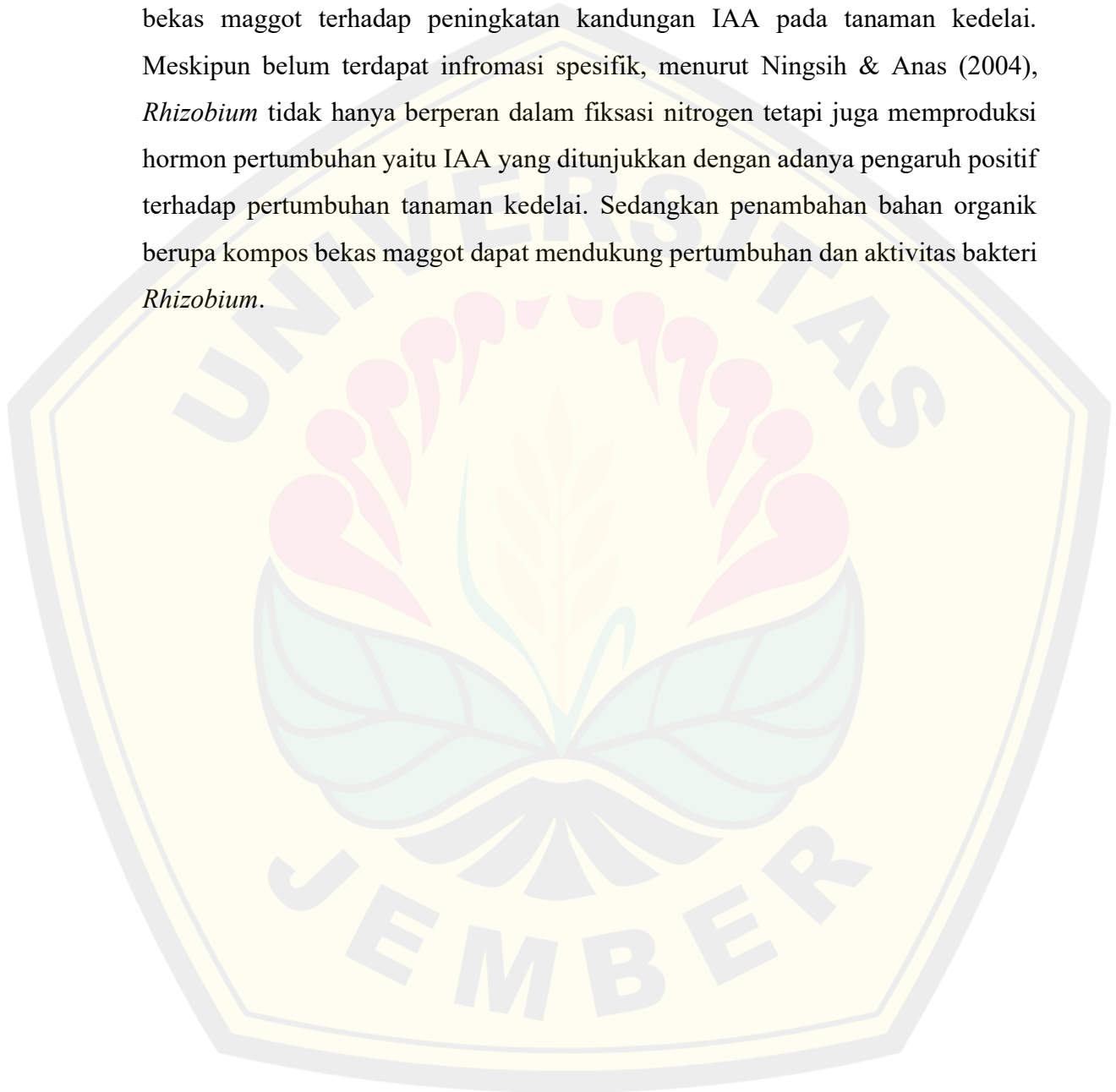
Sementara itu, pada Tabel 4.14 menunjukkan bahwa pengaplikasian *Rhizobium soil treatment* dan kompos bekas maggot lebih efektif dibandingkan dengan *seed treatment* dalam meningkatkan jumlah nodul efektif tanaman kedelai. Aplikasi *Rhizobium* langsung ke tanah terbukti secara signifikan meningkatkan jumlah dan efektivitas nodul dibandingkan dengan perlakuan melalui inokulasi benih. Sebagai contoh, pada penelitian Debela et al. (2021) menunjukkan bahwa inokulasi *Rhizobium* yang dikombinasikan dengan amandemen organik menghasilkan peningkatan yang signifikan dalam jumlah nodul efektif per tanaman.

Rhizobium berperan dalam fiksasi nitrogen dari udara menjadi bentuk yang dapat diserap oleh tanaman, sementara kompos bekas maggot berasal dari residu maggot yang mengalami dekomposisi dapat memperkaya tanah dengan nutrisi dan merangsang populasi mikroba yang meningkatkan siklus nutrisi, terutama nitrogen yang dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman (Li et al., 2023). Kombinasi keduanya, terutama melalui metode *soil treatment*, meningkatkan ketersediaan dan serapan nitrogen oleh tanaman. Nitrogen merupakan unsur esensial dalam pembentukan protein, klorofil, dan enzim yang mendukung fotosintesis serta pertumbuhan tanaman (Yadav, 2024).

Serapan nitrogen yang optimal berkontribusi terhadap peningkatan biomassa, termasuk akar, batang, dan daun, sehingga meningkatkan berat kering tanaman. *Soil treatment* lebih efektif dibandingkan *seed treatment* karena memungkinkan distribusi *Rhizobium* yang lebih merata di sekitar akar dan mendukung ketersediaan nitrogen dan unsur hara lainnya. Dengan meningkatnya efisiensi fotosintesis dan pertumbuhan biomassa, berat kering tanaman pun mengalami peningkatan seiring dengan optimalnya serapan nitrogen (Gaspar et al., 2017).

Rhizobium tidak hanya berperan dalam fiksasi nitrogen tetapi juga mampu menghasilkan IAA, yang merupakan hormon pertumbuhan penting untuk pemanjangan sel, perkembangan akar, dan peningkatan hubungan simbiosis dengan mikroba tanah. Kompos bekas maggot, yang kaya akan bahan organik dan mikroba,

turut mendukung produksi hormon tanaman dengan meningkatkan aktivitas biologis di sekitar akar. Pada Tabel 4.14, menunjukkan bahwa perlakuan *soil treatment* lebih efektif dalam mempengaruhi peningkatan kandungan IAA (*Indole Acetic Acid*) dibandingkan dengan perlakuan *seed treatment*. Belum terdapat penelitian spesifik terkait pengaruh pemberian kombinasi *Rhizobium* dan kompos bekas maggot terhadap peningkatan kandungan IAA pada tanaman kedelai. Meskipun belum terdapat informasi spesifik, menurut Ningsih & Anas (2004), *Rhizobium* tidak hanya berperan dalam fiksasi nitrogen tetapi juga memproduksi hormon pertumbuhan yaitu IAA yang ditunjukkan dengan adanya pengaruh positif terhadap pertumbuhan tanaman kedelai. Sedangkan penambahan bahan organik berupa kompos bekas maggot dapat mendukung pertumbuhan dan aktivitas bakteri *Rhizobium*.



BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Inokulasi *Rhizobium* dengan kompos bekas maggot dan kompos biomassa memberikan pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan jumlah nodul efektif dan peningkatan konsentrasi hormon IAA (*Indole Acetic Acid*) pada tanaman kedelai.
2. Inokulasi *Rhizobium* secara *soil treatment* lebih efektif dibandingkan *seed treatment* dalam mempengaruhi pembentukan nodul efektif dan produksi hormon IAA (*Indole Acetic Acid*) pada tanaman kedelai.

5.1 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan, saran yang diberikan yakni perlu adanya lebih banyak parameter penelitian seperti panjang akar, volume akar, dan juga kandungan klorofil tanaman sebagai pendukung temuan yang sudah ada pada penelitian ini. Pada pengamatan nodul akar perlu adanya pengamatan warna nodul menggunakan buku *mansel plant*, agar dapat lebih akurat dalam menentukan warna dari nodul tersebut termasuk dalam nodul efektif atau tidak. Selain itu, diperlukan juga perlakuan pembandingan sehingga pada penelitian dapat membandingkan bagaimana pengaruh pada tanah dan tanaman kedelai yang menggunakan *Rhizobium* dengan yang tidak menggunakan *Rhizobium*.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, S., Wang, W., Zhang, Z., Xie, L., Boer, D. R., & Khan, N. (2022). Genome-Wide Identification, Expression and Interaction Analysis of ARF and AUX/IAA Gene Family in Soybean. *Frontiers in Bioscience-Landmark*, 27(8), 251. <https://doi.org/10.31083/j.fbl2708251>
- Anhar, A., Marliah, A., Nurahmi, E., Nurhayati, Jumini, Nura, & Hayati, E. (2021). Rhizobium and organic fertilizer improve growth and development of soybean (*Glycine max L.*). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 667(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/667/1/012066>
- Aziz, A., Musharaf, A., Hussain, M., Azhar, M. F., Masood, S., Aon, M., Rasheed, K., Ali, E., & Mehboob, N. (2024). Organic and inorganic amendments enhance the growth and productivity of pea (*Pisum sativum L.*) by improving soil microbial biomass carbon. *Soil and Environment*, 43(1), 45–52. <https://doi.org/10.25252/SE/2024/243270>
- Bachtiar, B., & Hamka Ahmad, A. (2019). Analisis Kandungan Hara Kompos Johar Cassia siamea Dengan Penambahan Aktivator Promi Analysis Of The Nutrient Content Of Compost Cassia siamea With Addition Of Activator Promi. *Jurnal Biologi Makassar*, 4(1), 68. <https://doi.org/https://doi.org/10.20956/bioma.v4i1.6493>
- Bagale, S. (2021). Nutrient Management for Soybean Crops. *International Journal of Agronomy*, 2021, 1–10. <https://doi.org/https://doi.org/10.1155/2021/3304634>
- Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Jawa Timur. (2022). *Pengelolaan Tanaman Terpadu Kedelai Di Jawa Timur*.
- Balai Pengujian Standar Instrumen Tanah dan Pupuk. (2023). Petunjuk Teknis Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air dan Pupuk. In *Petunjuk Teknis Edisi* (Vol. 3). <https://tanahpupuk.bsip.pertanian.go.id>
- Bayyani Roswy, Z., & Sudiarso, S. (2022). Pengaruh Dosis Pupuk NPK Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Dua Varietas Tanaman Kedelai (*Glycine max (L.) Merrill*). *Produksi Tanaman*, 10(1), 60–68. <https://doi.org/10.21776/ub.protan.2022.010.01.08>
- Campbell, N. A. ., & Reece, J. B. . (2009). *Biology Neil A. Campbell, Jane B. Reece*. Pearson Benjamin Cummings.

- Chen, Y., & Zhou, X. (2024). Symbiotic Nitrogen Fixation: The Role of Rhizobia in Enhancing Legume Growth and Soil Fertility. *Molecular Microbiology Research*. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.5376/mmr.2024.14.0012>
- Chudiwal, A., & Nalawade, A. (2024). Production of Indole Acetic Acid from soil bacteria: A alternative approach on plant growth. *International Journal of Advanced Research in Biological Sciences*, 11(5), 9–14. <https://doi.org/10.22192/ijarbs>
- Dash, D., & Deole, S. (2019). Review on the Role of Biological Nitrogen Fixation in the Environmental Terms. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 8(08), 2660–2665. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2019.808.308>
- Debela, C., Tana, T., & Wogi, L. (2021). Effect of Rhizobium Inoculation, NPS Fertilizer and Vermicompost on Nodulation and Yield of Soybean (*Glycine max* (l. Merrill) at Bako, Western Ethiopia. *Journal of Chemical, Environmental and Biological Engineering*, 5(2), 49. <https://doi.org/10.11648/j.jcebe.20210502.13>
- Dinas Komunikasi dan Informatika Kabupaten Situbondo. (2023). *Buku Statistik Sektorial Kabupaten Situbondo tahun 2023* (Tahun 2023).
- Dwi Rahmadani, A., & Wahyudi, I. (2020). *Status Unsur Hara Nitrogen Tanah pada Tiga Penggunaan Lahan Di Desa Lolu Kabupaten Sigi*. 8(1), 32–37.
- Fajarditta, F., Sumarsono, & Kusmiyati, F. (2012). Serapan Unsur Hara Nitrogen Dan Phospor Beberapa Tanaman Legum Pada Jenis Tanah Yang Berbeda. *Animal Agriculture Journal*, 1(2), 41–50.
- Fauzi, M., Hastiani, L. M., Atur Suhada, Q. R., & Hernahadini, N. (2022). Pengaruh Pupuk Kasgot (Bekas Maggot) Magotsuka terhadap Tinggi, Jumlah Daun, Luas Permukaan Daun dan Bobot Basah Tanaman Sawi Hijau (*Brassica rapa* var. *Parachinensis*). *Journal of Agricultural Science*, 20(1), 20–30. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.32528/agritrop.v20i1.7324>
- Fauzi, M., & Muharram, L. H. (2019). Karakteristik Bioreduksi Sampah Organik oleh Maggot BSF (Black Soldier Fly) pada Berbagai Level Instar: Review. *Journal of Science, Technology and Entrepreneurship*, 1(2), 134–139. <http://www.ejournal.umbandung.ac.id/index.php/JSTE>
- Fransiska, N., Lestari, T. A., & Santi, R. (2023a). Respon Pertumbuhan dan Hasil Kedelai dengan Aplikasi Pupuk Organik dan Rhizobium. *Agrotechnology Research Journal*, 7(1), 16–20. <https://doi.org/10.20961/agrotechresj.v7i1.63714>

- Fransiska, N., Lestari, T. A., & Santi, R. (2023b). Respon Pertumbuhan dan Hasil Kedelai dengan Aplikasi Pupuk Organik dan Rhizobium. *Agrotechnology Research Journal*, 7(1), 16–20. <https://doi.org/10.20961/agrotechresj.v7i1.63714>
- Gaspar, A. P., Laboski, C. A. M., Naeve, S. L., & Conley, S. P. (2017). Dry matter and nitrogen uptake, partitioning, and removal across a wide range of soybean seed yield levels. *Crop Science*, 57(4), 2170–2182. <https://doi.org/10.2135/cropsci2016.05.0322>
- Ghosh, A., Bhar, K., & Siddhanta, A. (2019). Oxygen sequestration by Leghemoglobin is positively regulated via its interaction with another late nodulin, Nlj16 of *Lotus japonicus*. *Journal of Plant Biochemistry and Biotechnology*, 28(4), 414–423. <https://doi.org/10.1007/s13562-019-00494-3>
- Giri, B., Prasad, R., Wu, Q.-S., & Varma, A. (2019). *Biofertilizers for Sustainable Agriculture and Environment* (B. Giri, R. Prasad, Q.-S. Wu, & A. Varma, Eds.; Vol. 55). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-18933-4>
- Hanuf, A. A., Prijono, S., & Soemarno. (2021). Improvement of soil available water capacity using biopore infiltration hole with compost in a coffee plantation. *Journal of Degraded and Mining Lands Management*, 8(3), 2791–2799. <https://doi.org/10.15243/JDMLM.2021.083.2791>
- Heryani, N., & Rejekiingrum, P. (2020). Pengembangan Pertanian Lahan Kering Iklim Kering Melalui Implementasi Panca Kelola Lahan. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 13(2), 63. <https://doi.org/10.21082/jsdl.v13n2.2019.63-71>
- Idris, M., Rismayani, D., Aulia, A., Nopiyanti, T., & Rahayu, R. (2024). Biology of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) and Utilization of its Waste (Maggot Frass) for Plant Growth: A Literature Review. *Jurnal Biologi Tropis*, 24(3), 273–291. <https://doi.org/10.29303/jbt.v24i3.7226>
- Ifroh, H. H., & Iqbal, E. (2020). Pengaruh Inokulasi Rhizobium spp terhadap Pertumbuhan dan Hasil Produksi Kacang Tanah pada Cekaman Kekeringan. *Peran Teaching Factory Di Perguruan Tinggi Vokasi Dalam Mendukung Ketahanan Pangan Pada Era New Normal*, 108–114. <https://doi.org/10.25047/agropross.2020.42>
- Indah Cahyani Zega, & Natalia Kristiani Lase. (2025). Potensi Rhizobium dalam Meningkatkan Efisiensi Fiksasi Nitrogen untuk Kesuburan Tanah : Kajian Literatur. *Hidroponik : Jurnal Ilmu Pertanian Dan Teknologi Dalam Ilmu Tanaman*, 2(1), 86–94. <https://doi.org/10.62951/hidroponik.v2i1.228>

- Ismawanti, A., Nurcahyani, E., & Farizi, S. (2022). Effect of Indole Acetic Acid (IAA) by *Serratia marcescens* strain MBC1 on Soybean (*Glycine max* L.) Germination. *Indonesian Journal of Biotechnology and Biodiversity*, 6(1), 18–25. <https://doi.org/https://doi.org/10.47007/ijobb.v6i1.118>
- Iswanto, Sahta, G., Zulfikar, Darwis, Sitti, L., & La Ode, R. (2023). Status C-Organik Dan Kadar N-Total Pada Lahan Pengembangan Kelapa Sawit Di Wawolahumbuti Kecamatan Pongidaha Kabupaten Konawe). *Berkala Ilmu-Ilmu Pertanian-Journal of Agricultural Sciences*, 02, 103–109. <https://doi.org/10.56189/jagris.v3i2>
- Izati, M. M., Afridon, Irmawati, Darwel, & Wijayanto. (2024). Efektifitas Maggot Black Soldier Fly Terhadap Kualitas Kompos Tahun 2024. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Mandiri*, 3(1), 32–41. <https://doi.org/https://doi.org/10.33761/jklm.v3i1.1642>
- Jiang, Z. feng, Liu, D. dan, Wang, T. qiong, Liang, X. long, Cui, Y. hai, Liu, Z. hua, & Li, W. bin. (2020). Concentration difference of auxin involved in stem development in soybean. *Journal of Integrative Agriculture*, 19(4), 953–964. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(19\)62676-6](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(19)62676-6)
- Kasahara, H. (2016). Current aspects of auxin biosynthesis in plants. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 80(1), 34–42. <https://doi.org/10.1080/09168451.2015.1086259>
- Kaur, K., Goyal, S., & Kapoor, K. K. (2008). Impact of organic fertilizers with and without chemical fertilizers on soil chemical properties and the establishment of nitrogen-fixing bacteria in the rhizosphere. *Microbes and Environments*, 23(4), 313–316. <https://doi.org/10.1264/jsme2.ME08524>
- Kementerian Pertanian. (2013). *Teknologi Budidaya Kedelai*.
- Khiangte, Z., Kalangutkar, A., Sinam, V., & Siddique, A. (2023). Impact of rhizobium inoculation and boron application on morphological alterations and biochemical triggers in pea (*Pisum sativum* L.). *Journal of Applied and Natural Science*, 15(1), 69–74. <https://doi.org/10.31018/jans.v15i1.4183>
- Khomina, V., Lapchynskiy, V., Pustova, Z., Nebaba, K., & Plahtiy, D. (2024). Microbial inoculants as a means of improving soil and crop yields. *Scientific Horizons*, 27(10), 79–90. <https://doi.org/10.48077/scihor10.2024.79>
- Kranz, C. N., McLaughlin, R. A., Amoozegar, A., & Heitman, J. L. (2023). Influence of compost amendment rate and level of compaction on the hydraulic functioning of soils. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 59(5), 1115–1127. <https://doi.org/10.1111/1752-1688.13119>

- Kumar, B. K., Ismail, S., Manasa, K., & Pawar, A. (2017). Enhancement of Nutrient Availability in Soil using Microbial Cultures in Soybean Grown on Vertisol. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(5), 2802–2807. <https://doi.org/10.20546/ijemas.2017.605.315>
- Lagiman, Suryawati, A., & Widayanto, B. (2022). *Budidaya Tanaman Kedelai Di Lahan Pasir Pantai*. LPPM UPN “Veteran” Yogyakarta.
- Lehmann, T., Hoffmann, M., Hentrich, M., & Pollmann, S. (2010). Indole-3-acetamide-dependent auxin biosynthesis: A widely distributed way of indole-3-acetic acid production? *European Journal of Cell Biology*, 89(12), 895–905. <https://doi.org/10.1016/j.ejcb.2010.06.021>
- Li, L., Hu, Z., Tan, G., Fan, J., Chen, Y., Xiao, Y., Wu, S., Zhi, Q., Liu, T., Yin, H., & Tang, Q. (2023). Enhancing plant growth in biofertilizer-amended soil through nitrogen-transforming microbial communities. *Frontiers in Plant Science*, 14. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1259853>
- Likic, C., Maher, E., Rae, A., Zhang, R., & Mathesius, U. (2024). Nodulation. In *Plant Roots The Hidden Half, Fifth Edition* (5th Edition, p. 14). CRC Press. <https://doi.org/https://doi.org/10.1201/b23126>
- Liu, Z.-H., Wang, W.-C., & Yen, Y.-S. (1998). Effect of hormone treatment on root formation and endogenous indole-3-acetic acid and polyamine levels of Glycine max cultivated in vitro. *Botanical Bulletin of Academia Sinica*, 39(2), 113–118.
- Mandala, M., Rachmawati, A., Sari, P. T., & Indarto, I. (2021). Populasi Bakteri Penambat Nitrogen pada Lahan Sub Optimal di Kabupaten Situbondo, Jawa Timur. *Jurnal Tanah Dan Iklim*, 45(2), 109. <https://doi.org/10.21082/jti.v45n2.2021.109-116>
- MANSOUR, S., ELHALOOS, B., & ABDEL-LATEIF, K. (2023). Phenotypic and Genetic Diversity Of Native Rhizobium Isolated From Root Nodules Of Leguminous Plants Grown In Reclaimed Soil, Egypt. *SABRAO Journal of Breeding and Genetics*, 52(2), 344–357. <https://doi.org/10.54910/sabrao2023.55.2.7>
- Marselina Kendek, Benang Purwanto, & Michel Koibur. (2024). Pengaruh Dosis Berbagai Kombinasi Kompos Tandan Kosong Kelapa Sawit terhadap Perkembangan Akar Jagung (*Zea mays* L.) Fase Vegetatif. *Prosiding Seminar Nasional Pembangunan Dan Pendidikan Vokasi Pertanian*, 5(1), 783–799. <https://doi.org/10.47687/snppvp.v5i1.1158>
- Masmoudi, S., Magdich, S., Rigane, H., Medhioub, K., Rebai, A., & Ammar, E. (2020). Effects of Compost and Manure Application Rate on the Soil Physico-Chemical Layers Properties and Plant Productivity. *Waste and*

- Biomass Valorization*, 11(5), 1883–1894. <https://doi.org/10.1007/s12649-018-0543-z>
- Matheus, R., Basri, M., Rompon, M. S., & Neonufa, N. (2017). Strategi Pengelolaan Pertanian Lahan Kering Dalam Meningkatkan Ketahanan Pangan di Nusa Tenggara Timur. *PARTNER: Pertanian Terapan*, 22(2), 529–541. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.35726/jp.v22i2.246>
- Maulana Ihtiramiddi, B., Rahayu, S., & Ali Syaban, R. (2024). Pengaruh Inokulasi Rhizobium sp. dan Konsentrasi Pupuk Kalium Fosfat Terhadap Produksi Serta Mutu Benih Kedelai (*Glycine max* L. Merrill). *AGROPROSS National Conference Proceedings of Agriculture*, 610–622. <https://doi.org/https://doi.org/10.25047/agropross.2024.779>
- Mebrahtu, S. (2024). Evaluation of the Effects of Rhizobia on Nodulation, Yield and Yield Components of Faba Bean. *Asian Soil Research Journal*, 8(4), 104–110. <https://doi.org/10.9734/asrj/2024/v8i4166>
- Meesam, M., Malik, R., Akhtar, M. J., Iftikhar, A., & Khalid, M. F. (2014). Synergistic Use Of Rhizobium, Compost and Nitrogen to Improve Growth and Yield Of Mungbean (*Vigna radiata*). *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 51(2), 383–388. <http://www.pakjas.com.pk>
- Menteri Pertanian. (2011). *Peraturan Menteri Pertanian No.70 Th.2011 Tentang Pupuk Organik Pupuk Hayati dan Pembenh Tanah*.
- Mmbaga, G. W., Mtei, K. M., & Ndakidemi, P. A. (2014). Extrapolations on the Use of Rhizobium Inoculants Supplemented with Phosphorus (P) and Potassium (K) on Growth and Nutrition of Legumes. *Agricultural Sciences*, 05(12), 1207–1226. <https://doi.org/10.4236/as.2014.512130>
- Muyassir, & Munfarizah. (2012). *Variasi Dosis dan Teknik Pemupukan NPK Terhadap Sifat Kimia Tanah, Serapan Hara Serta Hasil Terung (Solanum melongena L.)*. 12(2).
- Ningsih, R. D., & Anas, I. (2004). Tanggap Tanaman Kedelai terhadap Inokulasi Rhizobium dan Asam Indol Asetat (IAA) pada Ultisol Darmaga. *Jurnal Agronomi Indonesia (Indonesian Journal of Agronomy)*, 32(2), 25–32. <https://doi.org/https://doi.org/10.24831/jai.v32i2.1453>
- Nopsagiarti, T., Okalia, D., & Marlina, G. (2020). Analisis C-Organik, Nitrogen Dan C/N Tanah Pada Lahan Agrowisata Beken Jaya. *Jurnal Agrosains Dan Teknologi*, 5(1), 11–18. <https://doi.org/https://doi.org/10.24853/jat.5.1.11-18>
- Nurcahyanti, R., Asri, M. T., Sari, D., & Dewi, K. (2019). Potensi Isolat Bakteri Endofit (B3), Rhizobium, Azotobacter dan Azospirillum dalam Memproduksi Hormon Indole Acetic Acid (IAA). *LenteraBio: Berkala*

- Ilmiah* *Biologi*, 8(3), 201–206.
<http://ejournal.unesa.ac.id/index.php/lenterabio>
- Nurul Safitri, I., Setiawati, T., & Bowo, C. (2018). Biochar dan Kompos untuk Peningkatan Sifat Fisika Tanah dan Efisiensi Penggunaan Air. *TECHNO: Jurnal Penelitian*, 7(1), 116–127.
<https://doi.org/https://doi.org/10.33387/tk.v7i01.611>
- O'hara, G., Zilli, J., & Hungria, M. (2016). Taxonomy and physiology of rhizobia. In K. Langford (Ed.), *Working with Rhizobia* (Edition: 1, pp. 125–144). Australian Centre for International Agricultural Research; Canberra.
<https://www.researchgate.net/publication/303385151>
- Panduwinata Sitorus, M., & Yudo Tyasmoro, S. (2021). Pengaruh Pemberian Inokulan Rhizobium dan Dosis Pupuk N Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kedelai (*Glycine max L.*). *Jurnal Produksi Tanaman*, 9(3), 194–203.
- Parwi. (2011). Pengaruh Dosis Pupuk Nitrogen dan Kalium Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kedelai (*Glycine Max. L*) Varietas Wills. *Flora*, 7(2), 38–53.
- Peraturan Menteri Pertanian. (2019). *Keputusan Menteri Pertanian Nomor 261_KPTS_SR.310_M_4 2019 tentang Persyaratan Teknis Minimal Pupuk Organik, Pupuk Hayati, dan Pembenh Tanah.*
- Pitaloka, D. (2018). Lahan Kering dan Pola Tanam Untuk Mempertahankan Kelestarian Alam. *Jurnal Teknologi Terapan: G-Tech*, 2(1), 119–126.
<https://doi.org/10.33379/gtech.v2i1.329>
- Prasetyani, C. E., Nuraini, Y., & Suchayono, D. (2020). Pengaruh Media Dengan Kriteria Salinitas Tanah Salin dan Non Salin terhadap Efektivitas Dan Infektivitas Isolat Bakteri Rhizobium Sp Toleran Salinitas pada Tanaman Kedelai (*Glycine max L. Merril*). *Jurnal Tanah Dan Sumberdaya Lahan*, 8(1), 281–292. <https://doi.org/10.21776/ub.jtisl.2021.008.1.31>
- Purwaningsih, S. (2009). Populasi Bakteri Rhizobium di Tanah pada beberapa Tanaman dari Pulau Buton, Kabupaten Muna, Propinsi Sulawesi Tenggara. In *J. Tanah Trop* (Vol. 14, Issue 1).
- Purwaningsih, S. (2015). Pengaruh Inokulasi Rhizobium Terhadap Pertumbuhan Tanaman Kedelai (*Glycine max L*) varietas Wilis di Rumah Kaca. *Berita Biologi*, 14(1), 69–76.
<https://doi.org/10.14203/BERITABIOLOGI.V14I1.1867>

- Putra, H. P., Sumarni, T., & Titiek, I. (2017). Effect Kind Of Organic Matter and Rhizobium Inoculum On Growth and Result Soybean (*Glycine max* (L.) Merrill). *Jurnal Produksi Tanaman*, 5(2), 326–335.
- Rahman, M. M., & Sampa, M. S. A. (2013). Combined Effects of Bradyrhizobial Strains, Municipal Solid Waste Compost and Fertilizers on Nodulation, N Content and Uptake of Soybean. *J. Environ. Sci. & Natural Resources*, 5(2), 85–90. <https://doi.org/https://doi.org/10.3329/jesnr.v5i2.14799>
- Rasti, S., & Sumarno. (2018). Pemanfaatan Mikroba Penyubur Tanah sebagai Komponen Teknologi Pertanian. In *Iptek Tanaman Pangan* (3rd ed., Vol. 3). Puslitbang Tanaman Pangan. <https://doi.org/https://repository.pertanian.go.id/handle/123456789/4226>
- Rosariastuti, R., Yudha, F. K., & Sudadi. (2022). Potential OF Rhizobium sp.I3 and Agrobacterium sp.I37 In Formation Of Root Nodules and Stimulating Growth Of *Arachis hypogaea* L. *Engenharia Agricola*, 42(5). <https://doi.org/10.1590/1809-4430-ENG.AGRIC.V42N5E20200209/2022>
- Rymuza, K., Radzka, E., & Wysokiński, A. (2020a). Nitrogen uptake from different sources by Non-GMO soybean varieties. *Agronomy*, 10(9), 1–17. <https://doi.org/10.3390/agronomy10091219>
- Rymuza, K., Radzka, E., & Wysokiński, A. (2020b). Nitrogen uptake from different sources by Non-GMO soybean varieties. *Agronomy*, 10(9). <https://doi.org/10.3390/agronomy10091219>
- Safriyani, E., Novi, N., & Fahrobi, R. (2022). Aplikasi Rizobium Dalam Meningkatkan Pertumbuhan Dan Produksi Tanaman Kedelai (*Glycine Max* (L.) Merrill). *Jurnal Ilmu Pertanian Kelingi*, 2(1), 130–136.
- Sahla, L. F., Endang, D. P., & Eny, F. (2019). Pertumbuhan dan hasil Kailan (*Brassica oleracea* var. *Alboglabra*) pada berbagai dosis pupuk kambing dan frekuensi pemupukan Nitrogen. *Jurnal Pertanian Tropik*, 6(3), 438–447. <https://doi.org/https://doi.org/10.32734/jopt.v6i3.3193>
- Salsavira, K. (2024). Analisa Kandungan C-Organik Tanah dan Total Populasi Mikroorganisme Tanah Sebelum dan Setelah Aplikasi Pupuk Organik Blotong Pada Lahan Tebu PTPN XI Di Kebun Mrawan dan Kebun RVO Tapen. *Jagad Tani: Jurnal Ilmu Pertanian*, 1(1), 1–11. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.71333/m173mz19>
- Santos, T. D. dos, Asobia, P. C., & Ferreira, E. P. de B. (2023). Polyphasic characterization of rhizobial isolates obtained from different common bean-producing regions. *Bioscience Journal*, 39, 1–12. <https://doi.org/10.14393/BJ-v39n0a2023-67229>

- Saranraj, P., Sayyed, R. Z., Sivasakthivelan, P., Kokila, M., Al-Tawaha, A. R. M., Amala, K., & Yasmin, H. (2023). Symbiotic Effectiveness of Rhizobium Strains in Agriculture. In *Plant Growth Promoting Microorganisms of Arid Region* (pp. 389–421). Springer Nature Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-19-4124-5_18
- Semiarti, E., Purwestri, Y. A., Rohman, M. S., & Putri, W. A. (2023). *Bioteknologi Tanaman*. Gadjah Mada University Press.
- Senatama, N., Niswati, A., Yusnaini, S., & Utomo, M. (2019). Jumlah Bintil Akar, Serapan N dan Produksi Tanaman Kacang Hijau (*Vigna radiata* L.) Akibat Residu Pemupukan N dan Sistem Olah Tanah Jangka Panjang Tahun ke-31. *Journal of Tropical Upland Resources*, 01(01), 35–42.
- Setyawan, F., Santoso, M., Jurusan, S., Pertanian, B., & Pertanian, F. (2015). The Effect Of Application Inokulum Rhizobium and Organic Fertilizer On Growth And Prooduction Peanuts (*Arachis Hypogaea* L.). *Jurnal Produksi Tanaman*, 3(8), 697–705.
- Sholeh, A., Istiqomah, N., Raya Karang PlosonoKm, J., Rejo Kepuhrejo, T., & Karangploso, K. (2021). Efek Aplikasi Kombinasi Urea dan Pupuk Hayati Inokulum Rhizobium terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kedelai (*Glycine Max* (L.) Varietas Derap 1. *Jurnal Folium*, 5(2), 69–79. <https://doi.org/https://doi.org/10.33474/folium.v5i2.12874>
- Sitorusdan, L. E., & Sembiring, E. (2012). Pengaruh Aplikasi Kompos Terhadap Emisi CO2 dan Karbon Organik Tanah. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 18, 124–134. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.5614/jtl.2012.8.2.3>
- Škrdleta, V., Němcová, M., Lisá, L., Novák, D., & Kovářová, D. (1991). Comparative response of *Pisum sativum* nodulated with indigenous soil Rhizobium populations and/or co-inoculated with a Rhizobium leguminosarum strain. *Folia Microbiologica*, 36(3), 277–282. <https://doi.org/10.1007/BF02814362>
- Sogut, T. (2006). Rhizobium inoculation improves yield and nitrogen accumulation in soybean (*Glycine max*) cultivars better than fertiliser. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 34(2), 115–120. <https://doi.org/10.1080/01140671.2006.9514395>
- Soldatova, E., Krasilnikov, S., & Kuzyakov, Y. (2024). Soil organic matter turnover: Global implications from $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ signatures. *Science of The Total Environment*, 912, 169423. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.169423>
- Soverda, N., Evita, & Megawati, M. (2021). Pengaruh *Clibadium Surinamense* dan Rhizobium terhadap Pertumbuhan dan Produksi Kedelai Edamame.

- Jurnal Ilmiah Ilmu Terapan Universitas Jambi*, 5(2), 180–192.
<https://doi.org/https://doi.org/10.22437/jiituj.v5i2.15953>
- Sufar, E. K., Hasanaliyeva, G., Wang, J., Bilsborrow, P., Rempelos, L., Volakakis, N., Baranski, M., & Leifert, C. (2024, April 4). *Effect of Rhizobium Seed Inoculation on Grain Legume Yield and Protein Content – a Systematic Review and Meta-Analysis*.
<https://doi.org/10.20944/preprints202404.0344.v1>
- Syamsul Arifin, Arief Hartono, Kukuh Murti Laksono, Syaiful ANwar, Sunarti, & Yakov Kuzyakov. (2017). Hubungan Karbon Organik Terlarut Dengan Sifat Tanah Pada Toposekuen Di Taman Nasional Bukit Duabelas. *Media Konservasi*, 51–59. <https://doi.org/10.29244/jitl.19.2.51-59>
- Syarif, R. G., Widijanto, H., & Sumarno. (2013). Pengaruh Dosis Inokulum Azolla dan Pupuk Kalium Organik terhadap Ketersediaan K dan Hasil Padi Pada Alfisol. *Jurnal Ilmu Tanah Dan Agroklimatologi*, 10(2), 63–72. <https://doi.org/https://doi.org/10.15608/stjssa.v10i2.196>
- Tabrani, G., Dini, I. R., & Purnomo, H. S. (2023). Effectiveness of indigenous Rhizobium sp. isolates from peatland soils on soybean (*Glycine max* L. Merrill) growth and production. *Jurnal Ilmiah Pertanian*, 20(2). <https://doi.org/10.31849/jip.v20i2.10909>
- Tanjung, M. R., Juanda, B. R., & Siregar, D. S. (2021). Potensi Hasil 5 Varietas Kedelai (*Glycine max* L.) pada Lahan Kering Masam. *Jurnal Agrotek Lestari*, 7, 63–70. <https://doi.org/https://doi.org/10.35308/jal.v7i2.3707>
- Tariq, H., Bano, A., Seleiman, M. F., & Khan, N. (2024). Enhancing Soybean Growth with Phytohormone-enriched PGPR Bioinoculants and Biofertilizers in Plant Stress Physiology. *Legume Research*, 47(11), 1875–1883. <https://doi.org/10.18805/lrf-825>
- Tarjiyo, & Elfis. (2023). Respon Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Bawang Merah (*Allium ascalonicum* L.) Terhadap Pupuk Kotoran Burung Puyuh dan Pupuk Organik Cair (POC) Bonggol Pisang. *Jurnal Agroteknologi Agribisnis Dan Akuakultur*, 3(2), 115–130. <https://doi.org/https://doi.org/10.25299/jaaa.2023.13973>
- Taufiq, A. (2001). Evaluasi Keharaan Alfisol dan Peningkatan Produktivitasnya untuk Kacang Tanah. *Ilmu Pertanian*, 8(1), 16–25.
- The effect of rhizobium inoculation with nitrogen fertilizer on growth and yield of soybeans (*Glycine max* L.). (2017). *International Journal of Biosciences (IJB)*, 10(3), 163–172. <https://doi.org/10.12692/ijb/10.3.163-172>

- Tini, S., Farida, & Tri, N. (2009). Biofertilisasi Bakteri Rhizobium Pada Tanaman Kedelai (*Glycine Max (L) Merr.*). *Berk. Panel. Hayati*, 15, 31–25. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.23869/bphjbr.15.1.20097>
- Tri Wibowo, S., & Tri Wahyudi, A. (2009). Kandungan IAA, Serapan Hara, Pertumbuhan dan Produksi Jagung Dan Kacang Tanah Sebagai Respon Terhadap Aplikasi Pupuk Hayati. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 14(3), 177–183. <https://doi.org/https://journal.ipb.ac.id/index.php/JIPI/article/view/6524>
- Triana, S., & Taryono. (2021). Jumlah Bintil Fase Vegetatif Penentu Mutu Dan Hasil Kacang Hijau (*Vigna Radiata L.*) Di Lahan Sawah Bekas Padi. *Agrinova: Journal of Agrotechnology Innovation*, 4(2), 1–6. <https://doi.org/https://doi.org/10.22146/a.77006>
- United States Department of Agriculture Natural Resources Conservation Service. (2022). *Keys to Soil Taxonomy, 13th edition.*
- Venado, R. E., Liang, J., & Marin, M. (2020). *Rhizobia infection, a journey to the inside of plant cells* (pp. 97–118). <https://doi.org/10.1016/bs.abr.2019.09.007>
- Vēstis ; Vilde, A., Lapins, A., Berzins, D., Rucins, A., Plume, A., Repsons, A., Aizsilnieks, J., Kopmanis, A., Skrastins, J., Cesnieks, M., Agronomijas, S. ;, & Vēstis. (2007). Nutrient Balance and Agrochemical Properties In Soils Differing In Phosphorus and Potassium Status as Influenced by Fertilitation Systems. *Latvian Journal of Agronomy*, 10, 47–55.
- Via, V. D., Zanetti, M. E., & Blanco, F. (2016). How legumes recognize rhizobia. *Plant Signaling & Behavior*, 11(2). <https://doi.org/10.1080/15592324.2015.1120396>
- Wicaksono, M., Hanum, H., & Elfiati, D. (2015). Efisiensi Serapan Nitrogen Tiga Varietas Kedelai Dengan Pemupukan Nitrogen dan Penambahan Rhizobium Pada Tanah Dengan Status Hara N Rendah. *Jurnal Pertanian Tropik*, 2(2), 140–147.
- Widodo, T. W., Muhklisin, I., Nugroho, S. A., & Lisyanto, D. A. (2024). Aplikasi Rhizobium Sp Dengan Penambahan Pupuk Organik Mampu Memicu Pertumbuhan Dan Umur Berbunga Sorgum (*Sorgum bicolor L.*) Pada Lahan Pasiran. *AGROPROSS National Conference Proceedings of Agriculture* , 755–760. <https://doi.org/https://doi.org/10.25047/agropross.2024.767>
- Wijanarko, A., & Sutarno, dan. (2007). Karakteristik Sifat Kimia dan Fisika Tanah Alfisol di Jawa Timur dan Jawa Tengah. *Iptek Tanaman Pangan*, 2(2), 214–226.

- Winarso, S. (2005). *Kesuburan Tanah Dasar Kesehatan dan Kualitas Tanah*.
- Winarso, S., Hermiyanto, B., Romadhona, S., Pandutama, M. H., Setiawati, T. C., & Indasah. (2020). Effectiveness of the combination of biopellet, biochar, chicken manure and fish waste to the improvement of chemical properties of sandy soil and soybean plant growth. *Journal of Degraded and Mining Lands Management*, 7(4), 2263–2268. <https://doi.org/10.15243/JDMLM.2020.074.2363>
- Winarso, S., Mandala, M., Sulistiyowati, H., Romadhona, S., Hermiyanto, B., & Subchan, W. (2020). The decomposition and efficiency of NPK-enriched biochar addition on Ultisols with soybean. *Sains Tanah*, 17(1), 35–41. <https://doi.org/10.20961/stjssa.v17i1.37608>
- Yadav, M. (2024). Nitrogen uptake in wheat: A comprehensive study. *International Journal of Research in Agronomy*, 7(4), 101–103. <https://doi.org/10.33545/2618060x.2024.v7.i4b.535>
- Yonce Melyanus Killa, Melycorianda Hubi Ndapamuri, Edmilson Umbu Ratu, & Matias Umbu Teul. (2024). Kajian Sifat Fisik Tanah pada Lahan Kering Beriklim Kering di Kecamatan Wulla Wajelu Kabupaten Sumba Timur. *JURNAL GALUNG TROPIKA*, 13(1), 19–26. <https://doi.org/10.31850/jgt.v13i1.1161>
- Yulina, H., & Ambarsari, D. W. (2021). Hubungan Kandungan N-Total dan C-Organik Tanah Terhadap Berat Panen Tanaman Pakcoy Pada Kombinasi Kompos Sampah Kota dan Pupuk Kandang Sapi. *Jurnal Agro Wiralodra*, 4(1), 25–30. <https://doi.org/https://doi.org/10.31943/agrowiralodra.v4i1.55>
- Yusran, Y., Hawalina, H., Hastuti, H., Humaerah, N., Somba, B. E., & I, I. K. Utami. (2022). Pengujian Kualitas Benih Kedelai pada Pemberian Inokulasi Rhizobium Sp dengan Berbagai Tingkat Ketersediaan Air. *Agroland: Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian*, 29(1), 85–96. <https://doi.org/10.22487/agrolandnasional.v29i1.1216>

LAMPIRAN

Lampiran 1. Denah Percobaan Penelitian

Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3
R1K3	R2K2	R1K0
R1K1	R2K1	R2K3
R1K0	R1K3	R2K2
R2K3	R2K0	R2K1
R2K1	R1K2	R1K3
R2K0	R1K1	R2K0
R2K2	R2K3	R1K2
R1K2	R1K0	R1K1

Lampiran 2. Perhitungan Dosis Pupuk

$$\text{Berat tanah} = \text{Kedalaman} \times \text{Luas tanah} \times \text{BV}$$

Tanaman kedelai memiliki kedalaman perakaran sedalam 20 cm, sedangkan BV tanah diasumsikan sebesar 1,1 gr/cm³ dengan luasan tanah sebesar 1 ha.

$$\begin{aligned} \text{Berat 1 ha tanah} &= \text{Kedalaman} \times \text{Luas tanah} \times \text{BV} \\ &= 20 \text{ cm} \times 1 \text{ ha} \times 1,1 \text{ gr/cm}^3 \\ &= 0,2 \text{ m} \times 10.000 \text{ m}^2 \times 1.100 \text{ kg/m}^3 = 2.200.000 \text{ kg} \end{aligned}$$

A. Dosis Pupuk Fosfat dan Kalium

Berat tanah yang dibutuhkan dalam 1 pot percobaan adalah sebesar 4 kg, sehingga kebutuhan pupuk dalam 1 pot sebanyak :

$$\begin{aligned} 5. \text{ P pada SP36 (36\%)} \\ &= \frac{4 \text{ kg}}{2.200.000 \text{ kg}} \times 100 \text{ kg} \times \frac{100}{36} \\ &= 0,0000055 \text{ kg} \\ &= 0,055 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 6. \text{ K pada KCl (60\%)} \\ &= \frac{4 \text{ kg}}{2.200.000 \text{ kg}} \times 100 \text{ kg} \times \frac{100}{60} \\ &= 0,000326 \text{ kg} \\ &= 0,0326 \text{ gram} \end{aligned}$$

B. Dosis Kompos Biomassa dan Kompos Maggot

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan /polybag} &= \frac{4 \text{ kg} \times 20.000 \text{ kg}}{2.200.000 \text{ kg}} \\ &= 0,036 \text{ kg} \\ &= 36 \text{ gram} \end{aligned}$$

C. Dosis Rhizobium

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan rhizobium /polybag} &= 4\text{kg} \times \frac{0,5}{100} \\ &= 0,02 \text{ kg} \\ &= 20 \text{ gr} \end{aligned}$$

Lampiran 3. Perhitungan Kebutuhan Volume Penyiraman

Perhitungan kebutuhan volume penyiraman adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} X\% &= KA \text{ kapasitas lapang} \times KA \text{ kering angin} \\ &= 30,15\% - 5,8\% \\ &= 24,35\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume penyiraman} &= X\% \times \text{berat tanah} \times 80\% \times \text{volume penyiraman KL} \\ &= 0,24 \times 4 \times 0,8 \times 200 \\ &= 153,6 \text{ ml} \end{aligned}$$



Lampiran 4. Karakteristik Kedelai Lokal Varietas Grobogan

Deskripsi Karakteristik Kedelai lokal Varietas Grobogan

Dilepas tahun	: 2008
SK Mentan	: 238/Kpts/SR.120/3/2008
Asal	: Pemurnian populasi lokal malabar Grobogan
Tipe pertumbuhan	: determinit
Warna hipokotil	: ungu
Warna daun	: hijau agak tua
Warna bulu batang	: coklat
Warna bunga	: ungu
Warna kulit biji	: kuning muda
Warna polong tua	: coklat
Warna hilum biji	: coklat
Bentuk daun	: lanceolate
Percabangan	: -
Umur berbunga	: 30-32 hari
Umur polong masak	: ± 76 hari
Tinggi tanaman	: 50-60 cm
Bobot biji	: ± 18 g/100 biji
Rata-rata hasil	: 2.77 ton/ha
Potensi hasil	: 3.40 ton/ha
Kandungan protein	: 43.9%
Kandungan lemak	: 18.4%
Daerah sebaran	: beradaptasi baik pada beberapa kondisi lingkungan tumbuh yang berbeda cukup besar, pada musim hujan dan daerah beririgasi baik
Sifat lain	: - Polong masak tidak mudah pecah dan - Pada saat panen daun luruh 95-100% saat panen >95% daunnya telah luruh
Pemulia	: Suhartina, M. Muclish Adie
Peneliti	: T. Adisarwanto, Sumarsono, Sunardi, Tjandramukti, Ali Muchtar, Sihono, SB. Purwanto, Siti Khawariyah, Murbantoro, Alrodi, Tino Vihara, Farid Mufhti, dan Suharno Pengusul : Pemerintah Daerah Kabupaten Grobogan, BPSB Jawa Tengah, Pemerintah Daerah Prov. Jawa Tengah.

(Sumber: Kementan 2015)

Lampiran 5. Standar Kualitas Kompos

B. PERSYARATAN TEKNIS MINIMAL MUTU PUPUK ORGANIK, PUPUK HAYATI DAN PEMBENAH TANAH

I. PUPUK ORGANIK PADAT*

No	PARAMETER	SATUAN	STANDAR MUTU	
			MURNI	DIPERKAYA MIKROBA
1.	C - organik	%	minimum 15	minimum 15
2.	C/N	-	≤ 25	≤ 25
3.	Kadar Air	% (w/w)	8-20	10-25
4.	Hara makro (N + P ₂ O ₅ + K ₂ O)	%	minimum 2	
5.	Hara mikro			
	Fe total	ppm	maksimum 15.000	maksimum 15.000
	Fe tersedia	ppm	maksimum 500	maksimum 500
	Zn	ppm	maksimum 5000	maksimum 5000
6.	pH	-	4 - 9	4 - 9
7.	<i>E.coli</i>	Cfu/g atau MPN/g	< 1 x 10 ²	< 1 x 10 ²
	<i>Salmonella sp</i>	cfu/g atau MPN/g	< 1 x 10 ²	< 1 x 10 ²
8.	Mikroba fungsional**	cfu/g	-	≥ 1 x 10 ⁵
9.	Logam berat:			
	As	ppm	maksimum 10	maksimum 10
	Hg	ppm	maksimum 1	maksimum 1
	Pb	ppm	maksimum 50	maksimum 50
	Cd	ppm	maksimum 2	maksimum 2
	Cr	ppm	maksimum 180	maksimum 180
	Ni	ppm	maksimum 50	maksimum 50
10.	Ukuran butir 2-4,75mm***	%	minimum 75	minimum 75
11.	Bahan ikutan (plastik, kaca, kerikil)	%	maksimum 2	maksimum 2
12.	Unsur/senyawa lain****			
	Na	ppm	maksimum 2.000	maksimum 2.000
	Cl	ppm	maksimum 2.000	maksimum 2.000

*) Dalam prosesnya tidak boleh menambahkan bahan kimia sintesis.

***) Mikroba fungsional sesuai klaim genusnya dan jumlah genus masing-masing ≥ 1 x 10⁵ cfu/g

****) Khusus untuk pupuk organik granul.

*****) Khusus untuk pupuk organik hasil ekstraksi rumput laut.
Semua persyaratan diatas kecuali kadar air, dihitung atas dasar berat kering (adbk)

Sumber: Standart Kualitas Kompos oleh Menteri Pertanian, 2019.

Lampiran 6. Kriteria Penilaian Hasil Analisis Tanah

Parameter tanah *	Nilai				
	Sangat rendah	Rendah	Sedang	Tinggi	Sangat tinggi
C (%)	<1	1-2	2-3	3-5	>5
N (%)	<0,1	0,1-0,2	0,21-0,5	0,51-0,75	>0,75
C/N	<5	5-10	11-15	16-25	>25
P ₂ O ₅ HCl 25% (mg/100g)	<15	15-20	21-40	41-60	>60
P ₂ O ₅ Bray (ppm P)	<4	5-7	8-10	11-15	>15
P ₂ O ₅ Olsen (ppm P)	<5	5-10	11-15	16-20	>20
K ₂ O HCl 25% (mg/100g)	<10	10-20	21-40	41-60	>60
KTK/CEC (me/100 g tanah)	<5	5-16	17-24	25-40	>40
Susunan kation					
Ca (me/100 g tanah)	<2	2-5	6-10	11-20	>20
Mg (me/100 g tanah)	<0,3	0,4-1	1,1-2,0	2,1-8,0	>8
K (me/100 g tanah)	<0,1	0,1-0,3	0,4-0,5	0,6-1,0	>1
Na (me/100 g tanah)	<0,1	0,1-0,3	0,4-0,7	0,8-1,0	>1
Kejenuhan Basa (%)	<20	20-40	41-60	61-80	>80
Kejenuhan Alumunium (%)	<5	5-10	10-20	20-40	>40
Cadangan mineral (%)	<5	5-10	11-20	20-40	>40
Salinitas/DHL (dS/m)	<1	1-2	2-3	3-4	>4
Persentase natrium dapat tukar/ESP (%)	<2	2-3	5-10	10-15	>15

Parameter tanah pada lahan sawah*	Nilai		
	Rendah	Sedang	Tinggi
P ₂ O ₅ HCl 25% (mg/100g)	<20	20-40	>40
K ₂ O HCl 25% (mg/100g)	<20	20-40	>40

	Sangat masam	Masam	Agak masam	Netral	Agak alkalis	Alkalis
pH H ₂ O	<4,5	4,5-5,5	5,5-6,5	6,6-7,5	7,6-8,5	>8,5

Sumber: Balai Pengujian Standar Instrumen Tanah dan Pupuk, 2023. Petunjuk Teknis Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air dan Pupuk

Lampiran 7. Data Hasil Analisis

Lampiran 7.1 Data hasil analisis C-organik tanah (%)

x	abs 561	ml/ gr	fk	fp	ppm kurva	ppmc	%c	B.O
R1K0	0.081	200	1.029	1	14.68	3021.44	0.30	0.52
R1K0	0.071	200	1.044	1	9.42	1966.82	0.20	0.34
R1K0	0.080	200	1.045	1	14.16	2958.81	0.30	0.51
R1K1	0.187	200	1.042	1	70.47	14682.02	1.47	2.53
R1K1	0.185	200	1.044	1	69.42	14492.91	1.45	2.50
R1K1	0.188	200	1.044	1	71.00	14822.55	1.48	2.56
R1K2	0.192	200	1.047	1	73.11	15310.00	1.53	2.64
R1K2	0.177	200	1.053	1	65.21	13728.53	1.37	2.37
R1K2	0.189	200	1.047	1	71.53	14979.33	1.50	2.58
R1K3	0.079	200	1.046	1	13.63	2851.79	0.29	0.49
R1K3	0.081	200	1.045	1	14.68	3068.80	0.31	0.53
R1K3	0.080	200	1.048	1	14.16	2968.11	0.30	0.51
R2K0	0.081	200	1.047	1	14.66	3070.16	0.31	0.53
R2K0	0.071	200	1.047	1	9.42	1973.00	0.20	0.34
R2K0	0.081	200	1.043	1	14.68	3062.40	0.31	0.53
R2K1	0.181	200	1.047	1	67.32	14097.55	1.41	2.43
R2K1	0.198	200	1.046	1	76.26	15954.64	1.60	2.75
R2K1	0.188	200	1.052	1	71.00	14931.65	1.49	2.57
R2K2	0.200	200	1.048	1	77.32	16208.76	1.62	2.79
R2K2	0.177	200	1.048	1	65.21	13670.97	1.37	2.36
R2K2	0.196	200	1.049	1	75.21	15783.95	1.58	2.72
R2K3	0.081	200	1.046	1	14.68	3072.01	0.31	0.53
R2K3	0.080	200	1.050	1	14.16	2974.35	0.30	0.51
R2K3	0.080	200	1.046	1	14.16	2961.90	0.30	0.51

Lampiran 7.2 Data hasil analisis nitrogen total tanah (%)

Sampel	Vc	Vb	Te	N	Fk	100/mg	bst N	Hasil
R1K0	0.9	0.2	0.7	0.05	1.029	0.2	14	0.10
R1K0	0.9	0.2	0.7	0.05	1.044	0.2	14	0.10
R1K0	0.8	0.2	0.6	0.05	1.045	0.2	14	0.09
R1K1	1.6	0.2	1.3	0.05	1.042	0.2	14	0.20
R1K1	1.6	0.2	1.3	0.05	1.044	0.2	14	0.20
R1K1	1.6	0.2	1.3	0.05	1.044	0.2	14	0.20
R1K2	1.6	0.2	1.3	0.05	1.047	0.2	14	0.21
R1K2	1.6	0.2	1.3	0.05	1.053	0.2	14	0.21
R1K2	1.6	0.2	1.4	0.05	1.047	0.2	14	0.21
R1K3	0.8	0.2	0.6	0.05	1.046	0.2	14	0.09
R1K3	1	0.2	0.8	0.05	1.045	0.2	14	0.12
R1K3	0.8	0.2	0.6	0.05	1.048	0.2	14	0.09
R2K0	1	0.2	0.8	0.05	1.047	0.2	14	0.12
R2K0	1	0.2	0.8	0.05	1.047	0.2	14	0.12
R2K0	0.9	0.2	0.7	0.05	1.043	0.2	14	0.10
R2K1	1.8	0.2	1.6	0.05	1.047	0.2	14	0.23
R2K1	1.6	0.2	1.4	0.05	1.046	0.2	14	0.21
R2K1	1.6	0.2	1.4	0.05	1.052	0.2	14	0.21
R2K2	1.6	0.2	1.3	0.05	1.048	0.2	14	0.21
R2K2	1.6	0.2	1.3	0.05	1.048	0.2	14	0.21
R2K2	1.6	0.2	1.4	0.05	1.049	0.2	14	0.21
R2K3	0.8	0.2	0.7	0.05	1.046	0.2	14	0.09
R2K3	0.9	0.2	0.7	0.05	1.050	0.2	14	0.10
R2K3	1	0.2	0.8	0.05	1.046	0.2	14	0.12

Lampiran 7.3 Data hasil analisis C/N rasio tanah

Sampel	C (%)	N (%)	C/N
R1K0	0.30	0.10	3.00
R1K0	0.20	0.10	1.92
R1K0	0.30	0.09	3.37
R1K1	1.47	0.20	7.19
R1K1	1.45	0.20	7.08
R1K1	1.48	0.20	7.24
R1K2	1.53	0.21	7.46
R1K2	1.37	0.21	6.65
R1K2	1.50	0.21	7.30
R1K3	0.29	0.09	3.25
R1K3	0.31	0.12	2.62
R1K3	0.30	0.09	3.37
R2K0	0.31	0.12	2.62
R2K0	0.20	0.12	1.68
R2K0	0.31	0.10	3.00
R2K1	1.41	0.23	6.01
R2K1	1.60	0.21	7.78
R2K1	1.49	0.21	7.24
R2K2	1.62	0.21	7.89
R2K2	1.37	0.21	6.65
R2K2	1.58	0.21	7.67
R2K3	0.31	0.09	3.50
R2K3	0.30	0.10	2.89
R2K3	0.30	0.12	2.53

Lampiran 7.5 Data hasil analisis tinggi tanaman (cm)

Sampel	Tinggi Tanaman
R1K0	79
R1K0	78
R1K0	45
R1K1	62
R1K1	72
R1K1	73
R1K2	65
R1K2	77
R1K2	64
R1K3	60
R1K3	62
R1K3	42
R2K0	65
R2K0	60
R2K0	42
R2K1	65
R2K1	66
R2K1	40
R2K2	62
R2K2	60
R2K2	62
R2K3	65
R2K3	14
R2K3	15

Lampiran 7.6 Data hasil analisis berat basah dan berat kering tanaman (gr)

Sampel	Berat Basah	Berat Kering
R1K0	14.26	5.78
R1K0	14.03	5.15
R1K0	14.03	5.06
R1K1	21.13	6.45
R1K1	20.32	6.30
R1K1	25.24	7.50
R1K2	23.48	6.57
R1K2	24.47	6.70
R1K2	25.09	7.57
R1K3	20.85	6.51
R1K3	17.45	7.76
R1K3	19.33	6.50
R2K0	14.26	5.74
R2K0	14.23	5.35
R2K0	14.07	5.03
R2K1	30.23	12.32
R2K1	30.08	10.83
R2K1	30.78	12.32
R2K2	31.18	11.82
R2K2	30.29	9.82
R2K2	30.59	12.82
R2K3	20.56	6.45
R2K3	17.47	5.80
R2K3	18.47	6.50

Lampiran 7.7 Data hasil analisis jumlah nodul efektif tanaman

Sampel	Jumlah Nodul Efektif
R1K0	10
R1K0	9
R1K0	9
R1K1	15
R1K1	15
R1K1	13
R1K2	15
R1K2	13
R1K2	13
R1K3	11
R1K3	11
R1K3	11
R2K0	10
R2K0	10
R2K0	9
R2K1	16
R2K1	16
R2K1	17
R2K2	17
R2K2	16
R2K2	17
R2K3	11
R2K3	12
R2K3	11

Lampiran 7.8 Data hasil analisis konsentrasi nitrogen tanaman (%) dan serapan nitrogen tanaman (mg/tanaman)

Sampel	Vc	Vb	te	fp	N	Fk	100/mg	Hasil	Berat Kering (gr)	Serapan N (mg/ tanaman)
R1K0	1.1	0.20	1.60	5	0.05	1.053	250	0.09	5.78	5.48
R1K0	1	0.20	1.20	5	0.05	1.053	250	0.08	5.15	4.34
R1K0	1	0.20	1.30	5	0.05	1.020	250	0.08	5.06	4.13
R1K1	1.6	0.20	1.80	5	0.05	1.020	250	0.14	8.45	12.07
R1K1	1.7	0.20	1.80	5	0.05	1.020	250	0.15	8.30	12.70
R1K1	1.6	0.20	1.80	5	0.05	1.042	250	0.15	8.50	12.40
R1K2	1.7	0.20	0.90	5	0.05	1.010	250	0.15	8.57	12.98
R1K2	1.6	0.20	0.80	5	0.05	1.042	250	0.15	8.70	12.69
R1K2	1.7	0.20	0.80	5	0.05	1.064	250	0.16	8.57	13.68
R1K3	1.4	0.20	1.50	5	0.05	1.075	250	0.13	8.51	10.98
R1K3	1.3	0.20	0.80	5	0.05	1.190	250	0.13	7.76	10.16
R1K3	1.4	0.20	0.80	5	0.05	1.064	250	0.13	8.5	10.85
R2K0	1	0.20	1.30	5	0.05	1.075	250	0.09	5.74	4.94
R2K0	1	0.20	0.80	5	0.05	1.053	250	0.08	5.35	4.51
R2K0	1.2	0.20	1.10	5	0.05	1.064	250	0.11	5.03	5.35
R2K1	2	0.20	1.30	5	0.05	1.064	250	0.19	11.32	21.68
R2K1	2	0.20	1.20	5	0.05	1.075	250	0.19	10.83	20.96
R2K1	1.8	0.20	1.40	5	0.05	1.064	250	0.17	11.32	19.27
R2K2	2	0.20	1.40	5	0.05	1.053	250	0.19	11.82	22.40
R2K2	1.8	0.20	1.10	5	0.05	1.064	250	0.17	10.82	18.42
R2K2	1.8	0.20	1.80	5	0.05	1.087	250	0.17	11.82	20.56
R2K3	1.3	0.20	1.30	5	0.05	1.075	250	0.12	8.45	9.99
R2K3	1.3	0.20	1.10	5	0.05	1.064	250	0.12	7.80	9.13
R2K3	1.4	0.20	1.20	5	0.05	1.042	250	0.13	8.50	10.63

Lampiran 7.9 Data hasil analisis kandungan hormon *Indole Acetic Acid* (IAA) tanaman

x	abs 530	ml ekstrak	fk	fp	ppm kurva	ppm IAA
R1K0	0.117	0.2	1.053	1	3.11	0.65
R1K0	0.118	0.2	1.053	1	3.14	0.66
R1K0	0.118	0.2	1.020	1	3.14	0.64
R1K1	0.240	0.2	1.020	1	7.05	1.44
R1K1	0.237	0.2	1.020	1	6.95	1.42
R1K1	0.238	0.2	1.042	1	6.98	1.45
R1K2	0.231	0.2	1.010	1	6.76	1.40
R1K2	0.231	0.2	1.042	1	6.76	1.45
R1K2	0.231	0.2	1.064	1	6.76	1.44
R1K3	0.123	0.2	1.075	1	3.30	0.71
R1K3	0.116	0.2	1.190	1	3.07	0.73
R1K3	0.123	0.2	1.064	1	3.30	0.70
R2K0	0.124	0.2	1.075	1	4.62	0.99
R2K0	0.119	0.2	1.053	1	3.17	0.67
R2K0	0.119	0.2	1.064	1	3.17	0.67
R2K1	0.283	0.2	1.064	1	8.43	1.79
R2K1	0.285	0.2	1.075	1	8.49	1.83
R2K1	0.285	0.2	1.064	1	8.49	1.81
R2K2	0.270	0.2	1.053	1	8.01	1.69
R2K2	0.268	0.2	1.064	1	7.95	1.69
R2K2	0.274	0.2	1.087	1	8.14	1.77
R2K3	0.123	0.2	1.075	1	3.30	0.71
R2K3	0.123	0.2	1.064	1	3.30	0.70
R2K3	0.126	0.2	1.042	1	3.39	0.71

Lampiran 8. Hasil Analisis Data Penelitian

Lampiran 8.1 Hasil koefisien keragaman data penelitian

- C-Organik (%)

Transform (\sqrt{x})

Perlakuan	Ulangan			Perlakuan	Ulangan		
	1	2	3		1	2	3
R1K0	0.30	0.20	0.30	R1K0	0.74	0.67	0.74
R1K1	1.47	1.45	1.48	R1K1	1.10	1.10	1.10
R1K2	1.53	1.37	1.50	R1K2	1.11	1.08	1.11
R1K3	0.29	0.31	0.30	R1K3	0.73	0.75	0.74
R2K0	0.31	0.20	0.31	R2K0	0.75	0.67	0.75
R2K1	1.41	1.60	1.49	R2K1	1.09	1.12	1.10
R2K2	1.62	1.37	1.58	R2K2	1.13	1.08	1.12
R2K3	0.31	0.30	0.30	R2K3	0.75	0.74	0.74
Standar Deviasi:	0.605			Standar Deviasi:	0.188		
Mean:	0.888			Mean:	0.917		
CV:	68.2%			CV:	20.5%		

- N-Total (%)

Transform (\sqrt{x})

Perlakuan	Ulangan			Perlakuan	Ulangan		
	1	2	3		1	2	3
R1K0	0.10	0.10	0.09	R1K0	0.32	0.32	0.3
R1K1	0.20	0.20	0.20	R1K1	0.45	0.45	0.45
R1K2	0.21	0.21	0.21	R1K2	0.46	0.46	0.46
R1K3	0.09	0.12	0.09	R1K3	0.30	0.35	0.30
R2K0	0.12	0.12	0.10	R2K0	0.35	0.35	0.32
R2K1	0.23	0.21	0.21	R2K1	0.48	0.46	0.46
R2K2	0.19	0.19	0.21	R2K2	0.44	0.44	0.46
R2K3	0.09	0.10	0.12	R2K3	0.30	0.32	0.35
Standar Deviasi:	0.054			Standar Deviasi:	0.070		
Mean:	0.155			Mean:	0.391		
CV:	34.8%			CV:	17.8%		

- C/N Rasio

Transform (\sqrt{x})

Perlakuan	Ulangan			Perlakuan	Ulangan		
	1	2	3		1	2	3
R1K0	3.00	1.92	3.37	R1K0	1.73	1.39	1.84
R1K1	7.19	7.08	7.24	R1K1	2.68	2.66	2.69
R1K2	7.46	6.65	7.3	R1K2	2.73	2.58	2.70
R1K3	3.25	2.62	3.37	R1K3	1.80	1.62	1.84
R2K0	2.62	1.68	3.00	R2K0	1.62	1.3	1.73
R2K1	6.01	7.78	7.24	R2K1	2.45	2.79	2.69
R2K2	7.89	6.65	7.67	R2K2	2.81	2.58	2.77
R2K3	3.50	2.89	2.53	R2K3	1.87	1.70	1.59
Standar Deviasi:	2.247			Standar Deviasi:	0.523		
Mean:	4.996			Mean:	2.173		
CV:	45.0%			CV:	24.1%		

- **Tinggi Tanaman (cm)**

Perlakuan	Ulangan		
	1	2	3
R1K0	78	78	45
R1K1	62	72	73
R1K2	65	77	64
R1K3	60	62	42
R2K0	65	60	42
R2K1	65	66	40
R2K2	62	60	62
R2K3	65	14	15
Standar Deviasi:	11.658		
Mean:	63.458		
CV:	18.4%		

- **Berat Basah Tanaman (gr)**

Perlakuan	Ulangan		
	1	2	3
R1K0	14.26	14.03	14.03
R1K1	21.13	20.32	25.24
R1K2	23.48	24.47	25.09
R1K3	20.85	17.45	19.33
R2K0	14.26	14.23	14.07
R2K1	30.23	30.08	30.78
R2K2	31.18	30.29	30.59
R2K3	20.56	17.47	18.47
Standar Deviasi:	6.129		
Mean:	21.745		
CV:	28.2%		

- **Berat Kering Tanaman (gr)**

Perlakuan	Ulangan		
	1	2	3
R1K0	5.78	5.15	5.06
R1K1	8.45	8.30	8.50
R1K2	8.57	8.70	8.57
R1K3	8.51	7.76	8.5
R2K0	5.74	5.35	5.03
R2K1	11.32	10.83	11.32
R2K2	11.82	10.82	11.82
R2K3	8.45	7.80	8.50
Standar Deviasi:	2.136		
Mean:	8.360		
CV:	25.5%		

- **Jumlah Nodul Efektif**

Perlakuan	Ulangan		
	1	2	3
R1K0	10	9	9
R1K1	15	15	13
R1K2	15	13	13
R1K3	11	11	11
R2K0	10	10	9
R2K1	16	16	17
R2K2	17	16	17
R2K3	11	12	11
Standar Deviasi:	2.753		
Mean:	12.792		
CV:	21.5%		

- **Konsentrasi N (%)**

Perlakuan	Ulangan		
	1	2	3
R1K0	0.09	0.08	0.08
R1K1	0.14	0.15	0.15
R1K2	0.15	0.15	0.16
R1K3	0.13	0.13	0.13
R2K0	0.09	0.08	0.11
R2K1	0.19	0.19	0.17
R2K2	0.19	0.17	0.17
R2K3	0.12	0.12	0.13
Standar Deviasi:	0.034		
Mean:	0.136		
CV:	25.1%		

- Serapan N (mg/tanaman) Transform (\sqrt{x})

Perlakuan	Ulangan			Perlakuan	Ulangan		
	1	2	3		1	2	3
R1K0	5.48	4.34	4.13	R1K0	2.34	2.08	2.03
R1K1	12.07	12.7	12.4	R1K1	3.47	3.56	3.52
R1K2	12.98	12.69	13.68	R1K2	3.6	3.56	3.7
R1K3	10.98	10.16	10.85	R1K3	3.31	3.19	3.29
R2K0	10.98	10.16	10.85	R2K0	2.22	2.12	2.31
R2K1	21.68	20.96	19.27	R2K1	4.66	4.58	4.39
R2K2	22.40	18.42	20.56	R2K2	4.73	4.29	4.53
R2K3	9.99	9.13	10.63	R2K3	3.16	3.02	3.26
Standar Deviasi:	5.113			Standar Deviasi:	0.847		
Mean:	12.812			Mean:	3.372		
CV:	39.9%			CV:	25.1%		

- Konsentrasi IAA (ppm) Transform (\sqrt{x})

Perlakuan	Ulangan			Perlakuan	Ulangan		
	1	2	3		1	2	3
R1K0	0.65	0.66	0.64	R1K0	0.81	0.81	0.80
R1K1	1.44	1.42	1.45	R1K1	1.20	1.19	1.20
R1K2	1.40	1.45	1.44	R1K2	1.18	1.20	1.20
R1K3	0.71	0.73	0.70	R1K3	0.84	0.85	0.84
R2K0	0.99	0.67	0.67	R2K0	0.99	0.82	0.82
R2K1	1.79	1.83	1.81	R2K1	1.34	1.35	1.35
R2K2	1.69	1.69	1.77	R2K2	1.30	1.30	1.33
R2K3	0.71	0.70	0.71	R2K3	0.84	0.84	0.84
Standar Deviasi:	0.464			Standar Deviasi:	0.218		
Mean:	1.155			Mean:	1.052		
CV:	40.1%			CV:	20.7%		

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

Lampiran 8.2 Hasil analisis sidik ragam (ANOVA)

- C-Organik

ANOVA					
	Jumlah Kuadrat	df	Derajat Bebas	F	Sig.
Antar Kelompok	8.698	7	1.243	236.119	0.000
Dalam Kelompok	0.084	16	0.005		
Total	8.782	23			

- N-Total

ANOVA					
	Jumlah Kuadrat	df	Derajat Bebas	F	Sig.
Antar Kelompok	0.068	7	0.010	93.389	0.000
Dalam Kelompok	0.002	16	0.000		
Total	0.070	23			

- C/N Rasio

ANOVA					
	Jumlah Kuadrat	df	Derajat Bebas	F	Sig.
Antar Kelompok	115.423	7	16.489	45.748	0.000
Dalam Kelompok	5.767	16	0.360		
Total	121.190	23			

- Tinggi Tanaman

ANOVA					
	Jumlah Kuadrat	df	Derajat Bebas	F	Sig.
Antar Kelompok	1374.625	7	196.375	1.794	0.158
Dalam Kelompok	1751.333	16	109.458		
Total	3125.958	23			

- Berat Basah Tanaman

ANOVA					
	Jumlah Kuadrat	df	Derajat Bebas	F	Sig.
Antar Kelompok	1124.066	7	160.581	53.384	0.000
Dalam Kelompok	48.129	16	3.008		
Total	1172.195	23			

- Berat Kering Tanaman

ANOVA					
	Jumlah Kuadrat	df	Derajat Bebas	F	Sig.
Antar Kelompok	107.366	7	15.338	117.117	0.000
Dalam Kelompok	2.095	16	0.131		
Total	109.461	23			

- Jumlah Nodul Akar

	ANOVA				
	Jumlah Kuadrat	df	Derajat Bebas	F	Sig.
Antar Kelompok	173.292	7	24.756	45.703	0.000
Dalam Kelompok	8.667	16	0.542		
Total	181.958	23			

- Konsentrasi IAA

	ANOVA				
	Jumlah Kuadrat	df	Derajat Bebas	F	Sig.
Antar Kelompok	5.081	7	0.726	152.948	0.000
Dalam Kelompok	0.076	16	0.005		
Total	5.157	23			

- Konsentrasi Nitrogen

	ANOVA				
	Jumlah Kuadrat	df	Derajat Bebas	F	Sig.
Antar Kelompok	0.027	7	0.004	49.256	0.000
Dalam Kelompok	0.001	16	0.000		
Total	0.029	23			

- Serapan Nitrogen

	ANOVA				
	Jumlah Kuadrat	df	Derajat Bebas	F	Sig.
Antar Kelompok	772.729	7	110.390	120.624	0.000
Dalam Kelompok	14.643	16	0.915		
Total	787.372	23			

Lampiran 8.3 Hasil analisis lanjut duncan

- C-Organik
Duncan^a

Perlakuan	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
R1K0	3	0.2667	
R2K0	3	0.2733	
R1K3	3	0.3000	
R2K3	3	0.3033	
R1K1	3		1.4667
R1K2	3		1.4667
R2K1	3		1.5000
R2K2	3		1.5233
Sig.		0.577	0.392

- C/N Rasio
Duncan^a

Perlakuan	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
R2K0	3	2.4333	
R1K0	3	2.7633	
R2K3	3	2.9733	
R1K3	3	3.0800	
R2K1	3		7.0100
R1K2	3		7.1367
R1K1	3		7.1700
R2K2	3		7.4033
Sig.		0.242	0.471

- N-Total
Duncan^a

Perlakuan	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
R1K0	3	0.0967	
R1K3	3	0.1000	
R2K3	3	0.1033	
R2K0	3	0.1133	
R1K1	3		0.2000
R1K2	3		0.2100
R2K2	3		0.2100
R2K1	3		0.2167
Sig.		0.083	0.083

- Berat Basah
Duncan^a

Perlakuan	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
R1K0	3	14.1067			
R2K0	3	14.1867			
R2K3	3		18.8333		
R1K3	3		19.2100		
R1K1	3			22.2300	
R1K2	3			24.3467	
R2K2	3				32.6867
R2K1	3				32.6967
Sig.		0.956	0.794	0.154	0.994

- Berat Kering

Duncan^a

Perlakuan	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
R1K0	3	5.3300		
R2K0	3	5.3733		
R2K3	3		8.2500	
R1K3	3		8.2567	
R1K1	3		8.4167	
R1K2	3		8.6133	
R2K1	3			11.1567
R2K2	3			11.4867
Sig.		0.885	0.274	0.281

- Konsentrasi Nitrogen

Duncan^a

Perlakuan	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
R1K0	3	0.0833			
R2K0	3	0.0933			
R2K3	3		0.1233		
R1K3	3		0.1300		
R1K1	3			0.1467	
R1K2	3			0.1533	
R2K2	3				0.1767
R2K1	3				0.1833
Sig.		0.188	0.372	0.372	0.372

- Jumlah Nodul Akar

Duncan^a

Perlakuan	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
R1K0	3	9.3333			
R2K0	3	9.6667			
R1K3	3		11.0000		
R2K3	3		11.3333		
R1K2	3			13.6667	
R1K1	3			14.3333	
R2K1	3				16.3333
R2K2	3				16.6667
Sig.		0.587	0.587	0.284	0.587

- Serapan Nitrogen

Duncan^a

Perlakuan	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
R1K0	3	4.6500			
R2K0	3	4.9333			
R2K3	3		9.9167		
R1K3	3		10.6633		
R1K1	3			12.3900	
R1K2	3			13.1167	
R2K2	3				20.4600
R2K1	3				20.6367
Sig.		0.722	0.353	0.366	0.824

- Konsentrasi Hormon IAA

Duncan^a

Perlakuan	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
R1K0	3	0.6500		
R2K3	3	0.7067		
R1K3	3	0.7133		
R2K0	3	0.7767		
R1K2	3		1.4300	
R1K1	3		1.4367	
R2K2	3			1.7167
R2K1	3			1.8100
Sig.		0.053	0.907	0.117

Lampiran 8.4 Hasil uji korelasi

- N-total dengan serapan nitrogen

Korelasi

		N-Total	Serapan Nitrogen
N-Total	Korelasi Pearson	1	.804**
	Sig. (2-tailed)		.000
	N	24	24
Serapan Nitrogen	Korelasi Pearson	.804**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	
	N	24	24

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

- Konsentrasi nitrogen dengan serapan nitrogen

Korelasi

		Konsentrasi N	Serapan N
Konsentrasi N	Korelasi Pearson	1	.970**
	Sig. (2-tailed)		.000
	N	24	24
Serapan N	Korelasi Pearson	.970**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	
	N	24	24

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

- Jumlah nodul efektif dengan serapan nitrogen

Korelasi

		Jumlah Nodul Efektif	Serapan Nitrogen
Jumlah Nodul Efektif	Korelasi Pearson	1	.934**
	Sig. (2-tailed)		.000
	N	24	24
Serapan Nitrogen	Korelasi Pearson	.934**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	
	N	24	24

- Jumlah nodul efektif dengan kandungan iaa

Korelasi

		Jumlah Nodul Efektif	Kandungan IAA
Jumlah Nodul Efektif	Korelasi Pearson	1	.936**
	Sig. (2-tailed)		.000
	N	24	24
Kandungan IAA	Korelasi Pearson	.936**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	
	N	24	24

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

- Kandungan IAA dengan serapan nitrogen

Korelasi

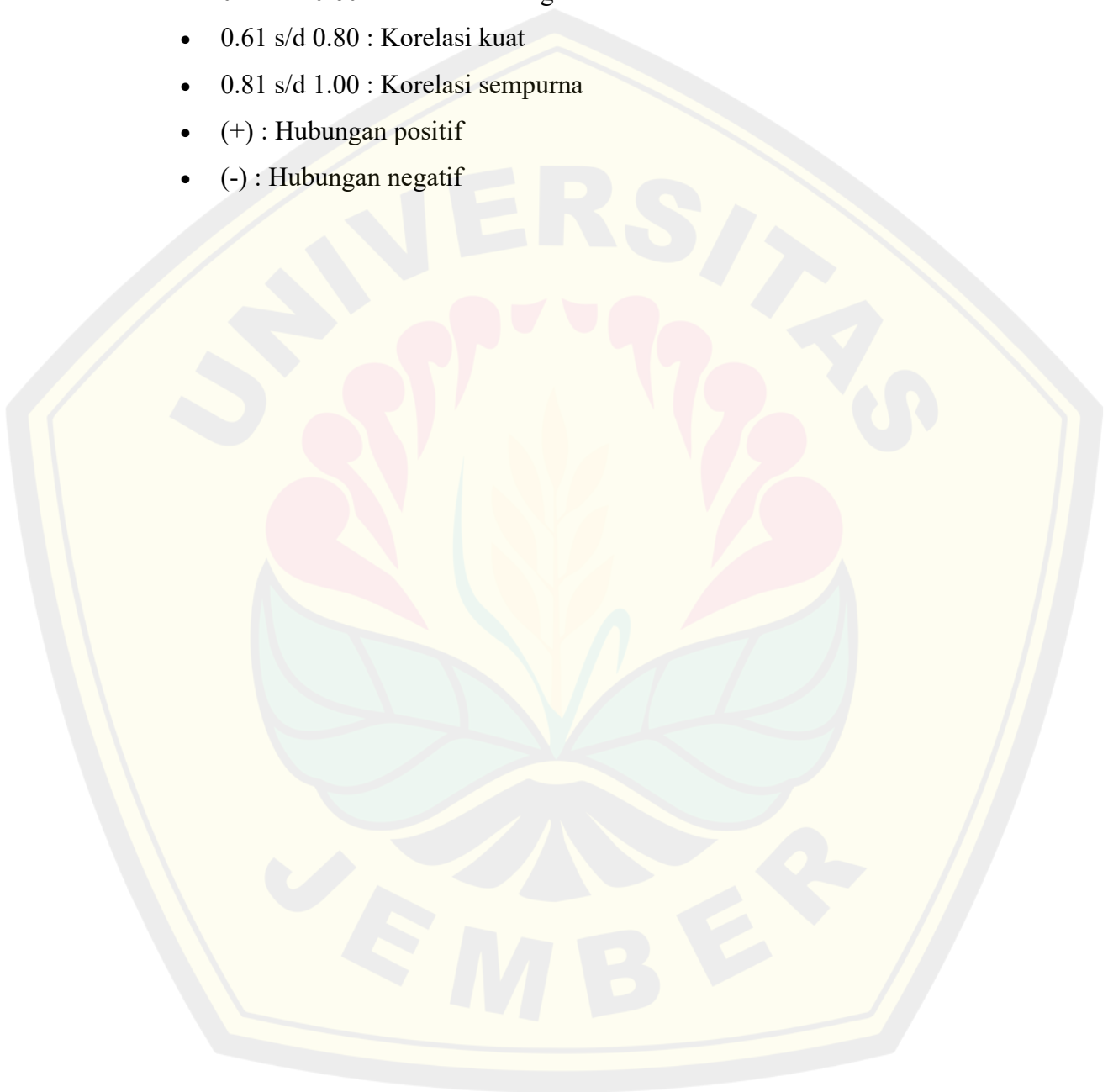
		Kandungan IAA	Serapan Nitrogen
Kandungan IAA	Korelasi Pearson	1	0.732**
	Sig. (2-tailed)		0.000
	N	24	24
Serapan Nitrogen	Korelasi Pearson	0.732**	1
	Sig. (2-tailed)	0.000	
	N	24	24

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).





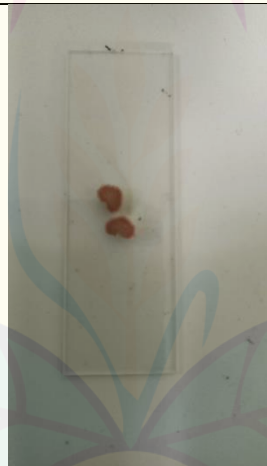

Lampiran 9. Harkat korelasi

Berikut ini kriteria hasil perhitungan mengutip dari Sugiyono:2018.

- 0.00 s/d 0.20 : Tidak ada korelasi
- 0.21 s/d 0.40 : Korelasi lemah
- 0.41 s/d 0.60 : Korelasi sedang
- 0.61 s/d 0.80 : Korelasi kuat
- 0.81 s/d 1.00 : Korelasi sempurna
- (+) : Hubungan positif
- (-) : Hubungan negatif



Lampiran 10. Dokumentasi penelitian

		
<p>Kondisi Tanaman Kedelai saat 30 HST</p>	<p>Pemanenan saat 45 HST</p>	<p>Nodul Akar Tanaman Kedelai saat 45 HST</p>
		
<p>Pengamatan Nodul Efektif</p>	<p>Pengamatan Nodul Efektif</p>	<p>Larutan IAA Jaringan Tanaman</p>