

Pengaruh Pemberian Berbagai Dosis Rhizobium Terhadap Produktivitas Tanaman Kedelai Edamame (*Glycine max* (L.) Merrill.)

*Effectiveness of Chicken Manure and Various Doses of Rhizobium on the Productivity of Edamame Soybean Plants (*Glycine max* (L.) Merrill.)*

Muhammd Rifki Muchnir*, Syamsul Arifin Lias.

Departemen Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin

*Corresponding email: rifkimunir23@gmail.com

ABSTRACT

Edamame soybean is a type of soybean with larger pods than common soybeans and contains a relatively high nutritional value. Nitrogen availability is a key factor in determining the productivity of edamame soybean (*Glycine max* (L.) Merrill.), and the application of *Rhizobium* is one of the effective methods to enhance biological nitrogen fixation. This study aimed to evaluate the effect of various *Rhizobium* doses on the productivity of edamame soybean plants. The experiment was conducted at the experimental field of the Soil Research Institute from August to October 2025 using a one-factor randomized block design (RBD) with four *Rhizobium* dose levels: no inoculation, 7.5 g/kg seed, 15 g/kg seed, and 22.5 g/kg seed, each replicated three times. Local edamame soybean seeds were incubated with *Rhizobium* according to the treatment dose prior to planting. Observations included root nodule distribution, nodule size, nodule color, number of leaves, plant height, flowering time, and fresh pod weight per plot. Initial soil analysis indicated acidic conditions (pH 5.0–5.5) with low nutrient content. After treatment, all soil chemical parameters improved, with soil pH increasing to 6.15–6.67, organic C to 1.61–1.90%, total N up to 0.29%, available P₂O₅ up to 16.48 ppm, cation exchange capacity (CEC) up to 23.96 cmol(+)/kg, and increases in Ca, Mg, Na, and K cations. The 22.5 g/kg seed *Rhizobium* treatment (I3) tended to produce the highest plant growth (33.2 cm height and 27.8 leaves) and the highest soil pH, organic C, and P₂O₅ values, although the differences were not statistically significant for all growth and yield parameters. Analysis of variance showed that the Effect of Various *Rhizobium* Doses had no significant effect on all treatments, and root nodule distribution and color parameters indicated that nitrogen fixation was not effectively occurring.

Keywords: Edamame soybeans, Rhizobium, Root nodules

ABSTRAK

Kedelai edamame adalah jenis kedelai yang memiliki biji polong lebih besar dari pada kedelai pada umumnya yang memiliki kandungan gizi yang cukup tinggi. Ketersediaan nitrogen merupakan faktor penting dalam menentukan produktivitas kedelai edamame (*Glycine max* (L.) Merrill.), dan pemanfaatan *Rhizobium* menjadi salah satu cara efektif untuk meningkatkan fiksasi nitrogen secara biologis. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh pemberian berbagai dosis *Rhizobium* terhadap produktivitas tanaman kedelai edamame. Penelitian dilaksanakan di lahan percobaan Balai Penelitian Tanah pada bulan agustus-oktober 2025 menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) satu faktor dengan empat taraf dosis *Rhizobium*, yaitu Tanpa dosis; dosis 7,5 g/kg benih; dosis 15 g/kg benih dan dosis 22,5 g/kg benih, diulang tiga kali. Benih kedelai edamame varietas lokal diinkubasi dengan *Rhizobium* sesuai dosis perlakuan sebelum tanam. Pengamatan meliputi sebaran bintil akar, ukuran bintil akar, warna bintil akar, jumlah daun, tinggi tanaman, umur berbunga, bobot polong segar per petak. Hasil analisis tanah awal menunjukkan sifat masam (pH 5,0–5,5) dengan kandungan hara rendah. Setelah perlakuan, seluruh parameter kimia tanah meningkat, dengan pH tanah 6,15–6,67, C-organik 1,61–1,90%, N-total hingga 0,29%, P₂O₅ hingga 16,48 ppm, KTK hingga 23,96 cmol(+)/kg, dan peningkatan kation Ca, Mg, Na, dan K. Perlakuan *Rhizobium* 22,5 g/kg benih (I3) cenderung menghasilkan pertumbuhan tertinggi (33,2 cm dan 27,8 helai daun) serta pH, C-organik, dan P₂O₅ tertinggi, meskipun tidak berbeda nyata secara statistik terhadap semua parameter pertumbuhan dan hasil. Analisis sidik ragam menunjukkan bahwa pemberian berbagai dosis *Rhizobium* tidak berpengaruh nyata pada seluruh perlakuan dan parameter sebaran bintil akar dan warna bintil akar menunjukkan proses fiksasi nitrogen berjalan secara tidak efektif.

Kata Kunci: Bintil akar, Kedelai edamame, Rhizobium

1. PENDAHULUAN

Kedelai edamame adalah jenis kedelai yang memiliki biji polong lebih besar dari pada kedelai pada umumnya. Kata “edamame” berasal dari bahasa Jepang, yaitu kata “eda” artinya adalah cabang dan “mame” adalah kacang. Menurut sejarah, kedelai edamame adalah tanaman yang dibudidayakan di Tiongkok pada tahun 200 SM yaitu sebagai tanaman obat. Kemudian mulai dipasarkan di Jepang pada Tahun 972 M. Kedelai tersebut bisa tumbuh subur di Indonesia, dikarenakan memiliki iklim yang sangat cocok yaitu tropis dan subtropis (Kurniawan, 2021). Kedelai edamame merupakan salah satu jenis tanaman yang dapat dijadikan campuran bahan makanan maupun sebagai makanan ringan. Selain dikonsumsi dalam bentuk buah dan dijadikan cemilan, kedelai ini juga dapat diolah. Begitu juga produk olahan tempe dan susu dari kedelai edamame memiliki rasa dan bau yang lebih enak (Baskara et al., 2022).

Kedelai edamame memiliki kandungan gizi yang cukup tinggi yaitu setiap 100 g biji mengandung 582 kkal, 11,4 g protein, 7,4 g karbohidrat, 6,6 g lemak, 100 mg vitamin A, 0,27 mg B1, 0,14 mg B2, 1 mg B3, 27 vitamin C, 140 mg fosfor, 70 mg kalsium dan 1,7 mg besi. Berdasarkan data ekspor nasional, total ekspor edamame pada tahun 2019 mencapai 6.790,7 ton, dengan sebagian besar berasal dari daerah Jawa Timur, terutama Kabupaten Jember. Hal ini menunjukkan minat pasar yang kuat di negara-negara seperti Jepang, Amerika Serikat, dan Belanda, yang telah diekspor secara signifikan. Melihat permintaan pasar yang menjanjikan petani di Indonesia mulai belajar membudidayakan kedelai jenis edamame, akan tetapi kedelai edamame yang produksi oleh petani masih rendah. Terdapat beberapa faktor penyebab rendahnya produksi kedelai di Indonesia, salah satunya adalah rendahnya kesuburan tanah akibat minimnya kandungan unsur hara makro dan mikro yang dibutuhkan tanaman. Untuk meningkatkan ketersediaan unsur hara makro dan mikro bagi tanaman, diperlukan upaya perbaikan dan pemeliharaan sifat fisik, kimia, dan biologi tanah, sehingga proses pemupukan lebih efisien. Pupuk kandang merupakan teknologi yang diharapkan menyediakan unsur hara dalam tanah yang dapat menunjang pertumbuhan dan meningkatkan hasil tanaman kedelai edamame (Purba et al., 2018).

Pupuk kandang ayam memiliki potensi dalam memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah, serta meningkatkan ketersediaan unsur hara melalui kemampuannya dalam mengikat air dan mereduksi toksisitas aluminium (Al) yang umum ditemukan pada tanah ultisol. Aplikasi pupuk kandang ayam dalam berbagai dosis dapat meningkatkan kadar nitrogen (N) dalam tanah, seiring dengan peran bahan organik sebagai sumber energi bagi

mikroorganisme tanah, termasuk mikroorganisme penambat nitrogen. Selain itu, penggunaan pupuk ini pada tanah masam dapat menurunkan tingkat fiksasi fosfor (P) oleh kation-kation bermuatan asam, sehingga meningkatkan ketersediaan fosfor dalam tanah. Namun demikian, karena sifat pelepasan hara yang lambat (*slow release*), pupuk kandang ayam tidak mampu secara langsung menyediakan unsur hara yang dibutuhkan tanaman (Tauk et al., 2020). Oleh karena itu, dalam penelitian ini dilakukan uji aplikasi pupuk organik kandang ayam sebagai pupuk dasar yang dikombinasikan dengan inokulasi bakteri *Rhizobium japonicum* sebagai bentuk alternatif berkelanjutan untuk meningkatkan ketersediaan hara secara biologis dan mendukung pertumbuhan optimal tanaman kedelai edamame

Rhizobium japonicum merupakan bakteri penambat nitrogen yang mampu membentuk simbiosis mutualisme dengan akar tanaman kedelai, termasuk varietas edamame, melalui pembentukan bintil akar yang efektif dalam mengikat nitrogen atmosfer. Proses fiksasi nitrogen biologis ini menghasilkan senyawa nitrogen yang tersedia bagi tanaman, sehingga dapat mengurangi ketergantungan terhadap pupuk anorganik dan mendukung sistem pertanian yang lebih ramah lingkungan. Isolat *Rhizobium* dari bintil akar edamame memiliki kemampuan fiksasi nitrogen tinggi dan berpotensi digunakan sebagai inokulan. Kombinasi *Rhizobium* dengan pupuk kandang ayam mampu meningkatkan pertumbuhan dan hasil kedelai edamame secara signifikan, menandakan adanya sinergi positif antara *Rhizobium* dan pupuk organik dalam memperbaiki kesuburan tanah (Rohmani dan Erdiansyah, 2020).

Kombinasi antara inokulan *Rhizobium japonicum* dan pupuk kandang ayam dipandang sebagai pendekatan terpadu yang mampu meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai secara berkelanjutan. *Rhizobium japonicum*, bakteri yang membentuk simbiosis mutualisme dengan akar tanaman kedelai, proses ini menyediakan nitrogen yang sangat dibutuhkan oleh tanaman, mengurangi ketergantungan pada pupuk nitrogen anorganik. Di sisi lain, pupuk kandang ayam mengandung bahan organik yang kaya akan unsur hara makro dan mikro, seperti nitrogen, fosfor, kalium, dan unsur mikro lainnya, yang mendukung pertumbuhan tanaman dan meningkatkan kualitas tanah. Kombinasi antara inokulasi *Rhizobium* dan aplikasi pupuk kandang ayam memperkaya tanah dengan unsur hara serta meningkatkan kapasitas tukar kation (KTK), struktur tanah, dan aktivitas mikroorganisme tanah, yang secara keseluruhan menciptakan lingkungan yang lebih baik bagi pertumbuhan tanaman (Herlambang, 2023). Berdasarkan uraian diatas maka perlu dilakukan penelitian

tentang pengaruh pengaruh berbagai dosis Rhizobium terhadap terhadap produktifitas tanaman kedelai edamame.

2. METODOLOGI

2.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini berlangsung mulai dari bulan Agustus sampai Oktober dilaksanakan pada lahan milik Kementerian Desa Pembangunan Daerah Tertinggal dan Transmigrasi di Kelurahan Pai, Kecamatan Biringkanaya, Kota Makassar dengan titik koordinat 5°04'35.5"S 119°29'23.2"E. Analisis sampel tanah dilakukan di Laboratorium Kimia dan Kesuburan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin Makassar.

2.2. Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian untuk membuat bedengan yaitu: cangkul, parang, meteran, timbangan, alat tulis, patok penanda dan kamera handphone. Bahan yang digunakan dalam penelitian yaitu: tali rafia, Tiang penanda yang terbuat dari bambu, pupuk kandang ayam, Rhizobium bubuk dan benih kedelai edamame. Pupuk kandang pada penelitian ini berasal dari peternakan ayam di Universitas Hasanuddin, Rhizobium berasal dari toko online Shopee dengan nama toko Probiotik, dan benih kedelai edamame berasal dari toko online Shopee dengan nama toko Anak Pohon.

2.3. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) yang terdiri dari 4 Perlakuan dan 3 ulangan sehingga diperoleh 12 satuan Perlakuan. Perlakuan tersebut terdiri dari I0= tanpa dosis Rhizobium, I1= Rhizobium dosis 7,5 g/kg benih, I2= Rhizobium dosis 15 g/kg benih, I3= Rhizobium dosis 22,5g/kg benih. Dosis dari Perlakuan Rhizobium ditentukan berdasarkan dosis terbaik dari penelitian yang disusun oleh Pabela et al. (2024). Perlakuan ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Perlakuan jenis pupuk kandang dan dosis

Kode Kombinasi Perlakuan	Dosis
I0	tanpa dosis Rhizobium
I1	Rhizobium dosis 7,5 g/kg benih
I2	Rhizobium dosis 15 g/kg benih
I3	Rhizobium dosis 22,5 g/kg benih

2.3.1. Persiapan Lahan

Persiapan lahan pada penelitian meliputi kegiatan pemilihan lahan, pembersihan lahan mekanisasi pengelolaan tanah dan pemupukan untuk mengembalikan kesuburan selain itu dilakukan juga pengaplikasian kapur dolomit untuk menstabilkan pH tanah. persiapan dan pengolahan lahan bertujuan agar selama proses pertumbuhan tanaman benih dapat tumbuh dengan baik. pada tanaman kedelai umumnya dapat beradaptasi terhadap berbagai jenis tanah dan menyukai tanah berdrainase baik sehingga persiapan lahan sangat penting dilakukan. Pada tahapan ini bedengan dibentuk, ukuran bedengan 2x1 meter.

2.3.2. Persiapan Bahan Perlakuan

a. Pupuk Kandang

Persiapan bahan Perlakuan pupuk kandang ayam dilakukan dengan membeli pupuk kandang ayam yang disediakan di Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin. Pupuk yang digunakan memiliki kualitas yang sebanding dengan pupuk kandang ayam yang umum ditemukan di pasaran atau di peternakan sekitar. Untuk memastikan kandungan pupuk tersebut sesuai dengan standar, dilakukan pengujian kandungan pupuk kandang.

b. Rhizoka

Rhizobium atau legum Rhizobium pada prinsipnya memiliki kesamaan, dengan perbedaan utama terletak pada merek dagang yang digunakan. Secara ilmiah, Rhizobium memiliki keunggulan dalam merangsang pembentukan bintil akar pada sistem perakaran, meningkatkan kadar nitrogen di dalam tanah sehingga dapat mengurangi kebutuhan penggunaan pupuk nitrogen (N), meningkatkan produktivitas dan kualitas hasil panen, serta memperbaiki kualitas dan kesehatan tanah secara keseluruhan. Rhizoka dibeli di toko online Shopee dengan nama toko Probiotik.

2.3.3. Aplikasi Pupuk Kandang

Pengaplikasian pupuk kandang ayam dilakukan satu minggu sebelum penanaman. Pupuk kandang ditaburkan merata di atas permukaan bedengan, kemudian dicampurkan dengan tanah menggunakan cangkul untuk mempercepat proses penguraian pupuk. Proses pencampuran ini bertujuan untuk memastikan pupuk dapat terserap dengan baik oleh tanaman dan memberikan manfaat optimal selama pertumbuhan.

2.3.4. Persiapan Benih

Persiapan benih dimulai dengan penyeleksian benih kedelai edamame varietas Ryoto-57. Benih kedelai dipilih dengan cara merendamnya dalam larutan air garam untuk

meningkatkan berat jenis air. Benih yang mengapung dianggap rusak dan dibuang, sedangkan benih yang tenggelam dianggap baik dan siap untuk ditanam.

Setelah penyeleksian benih, langkah selanjutnya adalah pengaplikasian inokulan Rhizobium. Inokulan Rhizobium yang digunakan dalam penelitian ini adalah merk Rhizoka, yang mengandung beberapa spesies mikroorganisme, yaitu *Bacillus* sp. dengan konsentrasi $3,7 \times 10^7$ sel/mL, *Pseudomonas* sp. dengan konsentrasi $3,7 \times 10^7$ sel/mL, dan *BradyRhizobium japonicum* dengan konsentrasi $4,3 \times 10^7$ sel/mL. Pengaplikasian dilakukan dengan menyiapkan wadah, kemudian benih dimasukkan ke dalam wadah tersebut dan Rhizobium ditaburkan merata di permukaan benih. Benih kemudian diaduk menggunakan alat bantu berupa sendok untuk memastikan aplikasi yang merata.

2.3.5. Budidaya Kedelai

Bedengan yang telah diaplikasikan pupuk, selanjutnya di tugal untuk membuat lubang tanam dan satu lubang ditanam 2 benih untuk mengantisipasi benih yang tidak tumbuh atau pertumbuhan tidak seragam, dengan jarak tanam 40 cm x 30 cm. Pada saat tanaman berumur 6 HST (Hari Setelah Tanam) dilakukan penyulaman, apabila terjadi kematian pada bibit.

Kegiatan dalam pemeliharaan yaitu penyiraman, penyulaman, penyiangan dan pengendalian hama dan penyakit. Kegiatan penyiraman dilakukan 2 kali sehari, waktu penyiraman dilakukan pada saat pagi dan sore hari dengan menggunakan springkler sprayer. Penyiangan gulma dilakukan dengan cara manual seperti mencabut gulma yang tumbuh disekitar tanaman dilakukan satu minggu sekali.

Panen Edamame dilakukan pada saat polong masih segar yaitu 67 HST. Polong kedelai dipanen secara serentak dalam 1 hari, polong kedelai yang dipanen kemudian dihitung beratnya. Karakteristik fisik yang nampak pada saat pemanenan adalah warna polong hijau terang dan agak sedikit abu-abu.

2.3.6. Analisis Tanah

Analisis laboratorium yang dilakukan merupakan analisis sampel tanah yang berasal dari lahan sebelum penanaman dan setelah panen. Sampel tanah dianalisis di Laboratorium Kimia dan Kesuburan Tanah, Departemen Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin. Nilai pH dan nilai hasil uji laboratorium sifat kimia tanah yang diperoleh, selanjutnya diklasifikasikan berdasarkan Balai Penelitian Tanah (2009).

2.3.6.1 Parameter Pengamatan

b) Tinggi Tanaman

Pengukuran tinggi tanaman dilakukan dari atas permukaan tanah sampai bagian tertinggi dari tanaman dengan cara semua bagian tanaman dikuncupkan. Pengukuran tinggi tanaman dimulai pada saat umur kedelai 1 MST dan berhenti pada saat kedelai telah muncul bunga. Pengukuran tinggi tanaman dilakukan setiap 1 minggu sekali dengan cara mengukur tinggi batang tanaman menggunakan alat ukur yaitu penggaris dengan satuan cm.

c) Jumlah Daun

Perhitungan jumlah daun dilakukan dengan menghitung jumlah daun yang sudah terbuka sempurna di setiap tanaman. pengamatan dilakukan pada umur 1 mst dan berhenti pada saat kedelai telah muncul bunga. Pengamatan dilakukan 1 minggu sekali dalam satu tanaman.

d) Umur Berbunga

Umur Berbunga ditentukan dengan cara mencatat jumlah hari sejak benih ditanam hingga munculnya bunga pertama pada tanaman. Pengamatan dilakukan setiap hari mulai dari hari ke-20 setelah tanam hingga terlihat bunga pertama pada masing-masing tanaman di setiap petak percobaan. Data yang diperoleh kemudian dicatat dalam satuan hari setelah tanam (HST).

e) Berat Polong Segar

Berat polong segar per hektar ditentukan melalui penimbangan polong segar yang dipanen dari setiap bedengan setelah proses panen. Setiap polong yang dipanen ditimbang untuk memperoleh berat total, yang kemudian dicatat dalam satuan gram.

f) Sebaran Bintil Akar

Pengamatan Sebaran bintil akar dilakukan dengan setelah panen dengan membersihkan akar tanaman dari tanaman terlebih dahulu. selanjutnya dilakukan pengamatan dengan parameter sebaran bintil akar tersebut memusat di pangkal akar atau menyebar.

g) Warna Bintil Akar

Pengamatan warna bintil akar dilakukan dengan setelah panen dengan membersihkan akar tanaman dari tanaman terlebih dahulu. Keberadaan simbiosis tersebut ditandai dengan terbentuknya bintil-bintil akar di sekitar pangkal akar. Aktivitas bintil akar dapat diidentifikasi melalui warna bagian dalam bintil setelah dibelah. Bintil akar aktif

menambat Nitrogen mengandung protein yang disebut leghaemoglobin berwarna merah muda - merah, atau kecoklatan. Bintil akar yang tidak efektif dan tidak mengandung

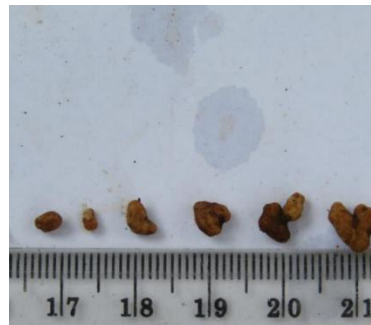


protein leghaemoglobin sehingga berwarna berwarna putih

Gambar 1. Perbedaan warna pada bintil akar yang telah dibelah (a): bintil akar efektif berwarna merah muda - merah (b): bintil akar tidak efektif berwarna putih (Tarigan et al., 2021).

h) Ukuran Bintil Akar

Pengamatan ukuran bintil akar dilakukan dengan setelah panen dengan membersihkan akar tanaman dari tanaman terlebih dahulu. Bintil akar yang efektif dapat diidentifikasi berdasarkan ukuran. Secara morfologi, bintil efektif umumnya memiliki ukuran sedang hingga besar, atau ukuranya lebih besar dibandingkan ukuran perlakuan kontrol. Ukuran bintil akar mengindikasikan perkembangan jaringan bintil yang menampung bakteri *Rhizobium*. Ukuran yang lebih kecil dapat mengindikasikan bahwa bintil akar tersebut tidak efektif.



Gambar 2. Bintil akar setelah dipisahkan dari akar dan memiliki ukuran yang beragam (Tarigan et al., 2021).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil

3.1.1 Kriteria Kemasaman, Sifat Kimia dan Kelas Tekstur Profil Tanah

Kedalaman total profil tanah mencapai ± 70 cm dengan kedalaman efektif perakaran lebih dari 20 cm. Berdasarkan hasil pengamatan, profil tanah tersusun atas tiga lapisan, yaitu: lapisan 1 dengan kedalaman 1–<20 cm, lapisan 2 dengan kedalaman >20–<50 cm, dan lapisan 3 dengan kedalaman >50–>70 cm. Hasil analisis sampel profil tanah disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Kriteria Kemasaman Tanah

Lapisan	Nilai	Kriteria
L1	5,16	Masam
L2	4,26	Sangat Masam
L3	4,22	Sangat Masam

Keterangan: L1= Lapisan 1; L2= Lapisan 2; L3= Lapisan 3

Tabel 3. Sifat Kimia Profil Tanah

Lapisan	C-Organik (%)	Basa Dapat Ditukar			Kejenuhan Basah (%)	KTK (cmol/kg)
		Ca (cmol/kg)	Mg (cmol/kg)	Na (cmol/kg)		
L1	1,14 (R)	0,79 (SR)	1,35 (S)	0,29 (R)	21,10 (R)	21,70 (S)
L2	0,91 (SR)	2,95 (R)	0,65 (R)	0,30 (R)	22,41 (R)	18,12 (S)
L3	1,19 (R)	3,41 (R)	0,97 (R)	0,24 (R)	26,79 (R)	18 (S)

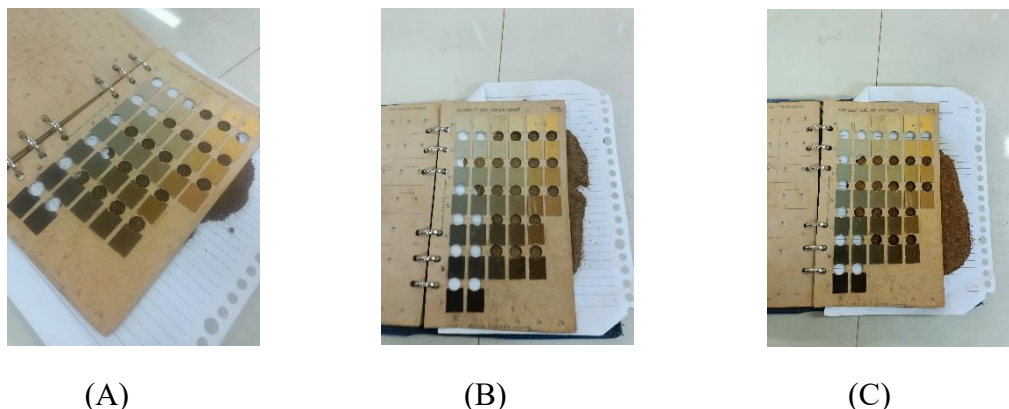
Keterangan: L1= Lapisan 1; L2= Lapisan 2; L3= Lapisan 3; SR= Sangat Rendah; R= Rendah; S= Sedang; T= Tinggi; ST= Sangat Tinggi

Tabel 4. Kelas Tekstur Tanah

Lapisan	Nilai			Kelas Tekstur
	Pasir (%)	Debu (%)	Liat (%)	
L1	18	35	47	Liat
L2	4	47	49	Liat Berdebu
L3	21	39	41	Liat

Keterangan: L1= Lapisan 1; L2= Lapisan 2; L3= Lapisan 3

Morfologi tanah pada Lapisan 1 menunjukkan warna Dark Yellowish Brown (10YR 3/6) dengan tekstur tanah liat. Horizon ini memiliki kapasitas tukar kation (KTK) sedang, dengan nilai 17 cmol/kg, kandungan C-organik sebesar 1,14%, serta nilai pH 5,16. Kejenuhan basa pada horizon ini tergolong rendah, dengan nilai 27,10%. Lapisan 2 memiliki warna Dark Yellowish Brown (10YR 4/6) dengan tekstur tanah liat berdebu. Kapasitas tukar kation (KTK) pada horizon ini tergolong sedang, dengan nilai 18,12 cmol/kg, kandungan C-organik sebesar 0,91%, serta pH 4,26. Kejenuhan basa juga tergolong rendah, dengan nilai 22,41%. Lapisan 3 menunjukkan warna Yellowish Brown (10YR 5/8) dengan tekstur tanah liat. Kapasitas tukar kation (KTK) pada horizon ini berada pada kategori sedang, dengan nilai 18 cmol/kg, kandungan C-organik sebesar 1,19%, serta pH 4,22. Kejenuhan basa pada horizon ini juga tergolong rendah, dengan nilai 26,79%.



Gambar 2. A: Lapisan 1 menunjukkan warna Dark Yellowish Brown (10YR 3/6); Lapisan 2 menunjukkan warna Dark Yellowish Brown (10YR 4/6); Lapisan 3 menunjukkan warna Yellowish Brown (10YR 5/8)

Berdasarkan buku kunci taksonomi tanah tahun 2014 edisi ke 12 Profil tanah memiliki epipedon umbrik, yang dicirikan dengan warna tanah dalam kondisi lembab dengan nilai nilai hue 3 atau kurang dari 5, serta chroma lembab 6 atau kurang. Selain itu, pada profil ini juga ditemukan horizon penciri argilik, Dimana terdapat peningkatan liat sebesar 2%, dengan dengan nilai kejenuhan basa sebesar 26%. Sesuai dengan karakteristik tersebut, profil tanah ini dapat dikategorikan ke dalam ordo Ultisol.

3.1.2. Kriteria Kemasaman dan Sifat Kimia Pupuk Kandang Ayam

Analisis pupuk kandang ayam dilakukan untuk menentukan kandungan unsur yang terdapat di dalamnya melalui identifikasi sifat kimia. Analisis ini mencakup beberapa parameter, antara lain pH, kandungan C-Organik, nitrogen total (N-Total), fosfor (P), dan kalium (K). Hasil analisis kandungan pupuk kandang ayam disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Kriteria Kemasaman dan Sifat Kimia Pupuk Kandang Ayam

Parameter	Nilai	Kriteria
pH	7.06	Netral
C-Organik (%)	16.58	Sangat Tinggi
N-Total (%)	0.76	Sangat Tinggi
P (mg/g)	2.51	Sangat Rendah
K (cmol/kg)	0.42	Sedang

Berdasarkan analisis laboratorium, diperoleh data nilai pH sebesar 7,06, yang menunjukkan bahwa berada dalam kategori netral. Kandungan C-Organik mencapai 16,58%, yang termasuk dalam kategori sangat tinggi. Kandungan N-Total sebesar 0,76% juga tergolong sangat tinggi. Kandungan P (fosfor) hanya 2,51 mg/g, yang dikategorikan sebagai sangat rendah. Kandungan K (kalium) sebesar 0,42 cmol/kg berada dalam kategori sedang. Secara

keseluruhan, Pupuk kandang ayam ini memiliki tingkat kesuburan yang tinggi dari segi bahan organik dan nitrogen.

3.1.3. Kriteria Kemasaman Tanah

Hasil Analisis sampel tanah menunjukkan adanya peningkatan pH dalam tanah. Hasil analisis tanah setelah Perlakuan dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Kriteria Kemasaman Tanah Sampel Tanah Akhir

Perlakuan	Nilai	Kriteria
Awal	5,68	Agak masam
I0	6,29	Agak Masam
I1	6,15	Agak Masam
I2	6,67	Netral
I3	6,61	Netral

Keterangan: Awal = sebelum tanam; I0= Tanpa Rhizobium; I1= Dosis Rhizobium 7,5 g/kg Benih; I2= Dosis Rhizobium 15 g/kg Benih; I3= Dosis Rhizobium 22,5 g/kg Benih

Nilai pH tanah sebelum perlakuan sebesar 5,68 dan mengalami peningkatan setelah perlakuan, dengan nilai tertinggi sebesar 6,67 pada perlakuan I2 (dosis Rhizobium 15 g/kg benih)

3.1.4. Kriteria Sifat Kimia Tanah

Hasil Analisis sampel tanah menunjukkan adanya peningkatan kandungan unsur hara dalam tanah, Perlakuan yang memiliki hasil tertinggi di seluruh parameter sifat kimia tanah diperoleh oleh perlakuan Rhizobium dosis 22,5 g/kg benih (I3) pada C-Organik (1,90), N (0,2), P (16,48), Ca (8,25), Mg (1,45), Na (0,42), K (0,37), KTK (23,96). Hasil analisis tanah setelah Perlakuan dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Analisis Sifat Kimia Sampel Tanah Akhir

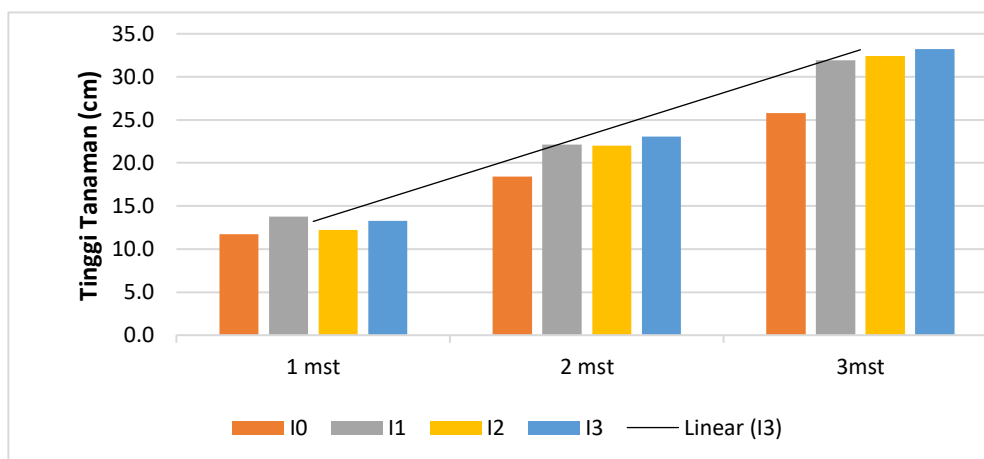
Perlakuan	C-Organik (%)	N-Total (%)	P (cmol/kg)	Basa dapat ditukar				KTK (cmol/kg)
				Ca (cmol/kg)	Mg (cmol/kg)	Na (cmol/kg)	K (cmol/kg)	
Awal	0,77 (SR)	0,11 (R)	4,42 (SR)	3,25 (R)	1,35 (S)	0,19 (R)	0,12 (R)	18,61 (S)
I0	1,82 (R)	0,14 (R)	6,18 (R)	6,75 (S)	1,25 (S)	0,24 (R)	0,25 (R)	21,70 (S)
I1	1,78 (R)	0,20 (S)	15,74 (ST)	5,49 (R)	1,35 (S)	0,29 (R)	0,32 (S)	22,80 (S)
I2	1,61 (R)	0,15 (R)	14,64 (T)	7,45 (S)	0,97 (R)	0,27 (R)	0,28 (R)	23,16 (S)
I3	1,90 (R)	0,29 (S)	16,48 (ST)	8,25 (S)	1,45 (S)	0,42 (S)	0,37 (S)	23,96 (S)

Keterangan: Awal = sebelum tanam; I0= Tanpa Rhizobium; I1= Dosis Rhizobium 7,5 g/kg Benih; I2= Dosis Rhizobium 15 g/kg Benih; I3= Dosis Rhizobium 22,5 g/kg Benih; SR= Sangat Rendah; R= Rendah; S= Sedang; T= Tinggi; ST= Sangat Tinggi

Kadar nitrogen total (N) tertinggi tercatat pada perlakuan I3 (dosis Rhizobium 22,5 g/kg benih) sebesar 0,29%, sedangkan fosfor (P) tersedia tertinggi ditemukan pada perlakuan I3 (dosis Rhizobium 22,5 g/kg benih) dengan nilai 16,48 (cmol/kg) P_2O_5 . Peningkatan juga terjadi pada basa-basa dapat ditukar, meliputi kalsium (Ca), magnesium (Mg), natrium (Na), dan kalium (K), dengan nilai Ca tertinggi sebesar 8,25 cmol/kg pada perlakuan I3 (dosis Rhizobium 22,5 g/kg benih). Kapasitas Tukar Kation (KTK) mengalami peningkatan dari 18,61 cmol/kg sebelum perlakuan menjadi 23,96 cmol/kg pada perlakuan I3 (dosis Rhizobium 22,5 g/kg benih).

3.1.5. Tinggi Tanaman

Hasil pengamatan tinggi tanaman disajikan pada lampiran 3,5, dan 7. Berdasarkan hasil analisis sidik ragam yang tercantum pada lampiran 4,6, dan 8, diketahui bahwa Perlakuan kombinasi pupuk kandang ayam dan kombinasi dosis Rhizobium tidak memberikan pengaruh nyata terhadap tinggi tanaman.



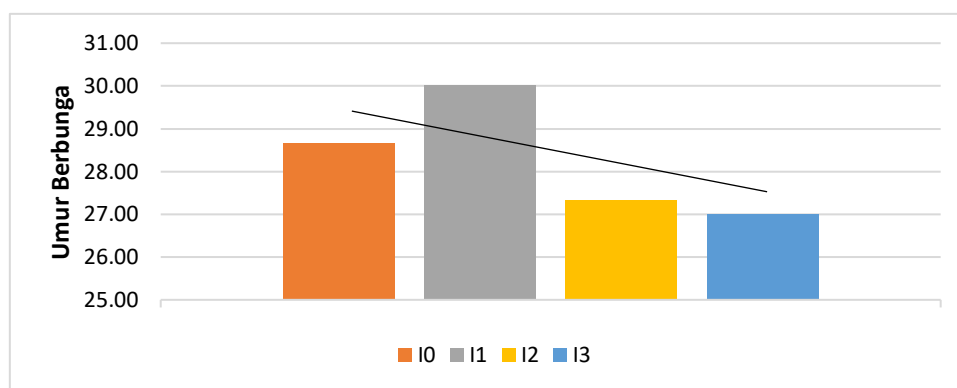
Gambar 3. Diagram tinggi tanaman umur 1 minggu setelah tanam (1 MST), 2 minggu setelah tanam (2 MST), 3 minggu setelah tanam (3 MST) pada perlakuan tanpa Rhizobium (I0), Dosis Rhizobium 7,5 g/kg Benih (I1), Dosis Rhizobium 15 g/kg Benih (I2), Dosis Rhizobium 22,5 g/kg Benih (I3)

Hasil olah data dihasilkan data, pada 1 mst, perlakuan I1 (dosis Rhizobium 7,5 g/kg benih) menghasilkan tinggi tanaman tertinggi 13,8 cm, sedangkan perlakuan I0 menunjukkan tinggi tanaman terendah 11,7 cm. Pada 2 mst, perlakuan I3 (dosis Rhizobium 22,5 g/kg benih) mencatatkan tinggi tanaman tertinggi sekitar 23,1 cm, jauh lebih tinggi dibandingkan perlakuan I0 yang memiliki tinggi tanaman terendah sekitar 18,4 cm. Pada 3 mst, perlakuan I3 (dosis

Rhizobium 22,5 g/kg benih) menghasilkan tinggi tanaman tertinggi sekitar 33,2 cm, sedangkan perlakuan I0 memiliki tinggi tanaman terendah sekitar 25,8 cm. Secara keseluruhan, perlakuan I3 (dosis Rhizobium 22,5 g/kg benih) memberikan hasil pertumbuhan tertinggi, terutama pada 3 mst, sedangkan perlakuan I0 cenderung menghasilkan tinggi tanaman paling rendah di setiap tahap pengamatan.

3.1.6 Umur Bunga

Hasil pengamatan umur berbunga disajikan pada lampiran 15. Berdasarkan hasil analisis sidik ragam yang tercantum pada lampiran 16, diketahui bahwa Perlakuan kombinasi pupuk kandang ayam dan kombinasi dosis Rhizobium tidak memberikan pengaruh nyata terhadap umur berbunga.



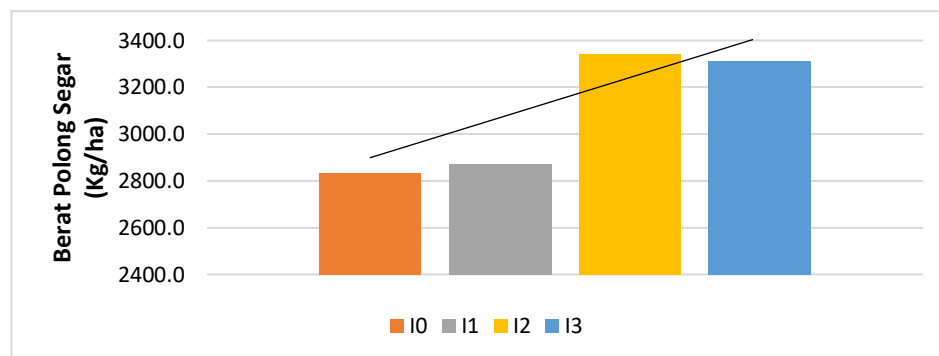
Gambar 4. Diagram umur berbunga umur pada perlakuan tanpa Rhizobium (I0), Dosis Rhizobium 7,5 g/kg Benih (I1), Dosis Rhizobium 15 g/kg Benih (I2), Dosis Rhizobium 22,5 g/kg Benih (I3)

Berdasarkan hasil olahdata, perlakuan I0 memiliki umur berbunga terlama, yaitu sekitar 26.67 hari, sedangkan perlakuan I2 (dosis Rhizobium 15 g/kg benih) menunjukkan umur berbunga tecepat, yaitu sekitar 27 hari. Perlakuan I0 memiliki umur berbunga lebih cepat dibandingkan I0, yaitu sekitar 29 hari. Sementara itu, perlakuan I1 (dosis Rhizobium 7,5 g/kg benih) dan I3 (dosis Rhizobium 22,5 g/kg benih) menunjukkan hasil yang hampir serupa, dengan umur berbunga masing-masing sekitar 27 dan 27,5 hari. Secara umum, perlakuan dengan Rhizobium (I1, I2 dan I3) mempercepat umur berbunga dibandingkan perlakuan tanpa Rhizobium (K0 dan I0), dengan perlakuan I2 (dosis Rhizobium 15 g/kg benih) menghasilkan percepatan berbunga paling signifikan.

3.1.7. Berat Polong Segar

Hasil pengamatan pada parameter berat polong (kg/ha) disajikan pada lampiran 17. Berdasarkan hasil analisis sidik ragam yang tercantum pada lampiran 18, diketahui bahwa

Perlakuan kombinasi pupuk kandang ayam dan kombinasi dosis Rhizobium tidak memberikan pengaruh nyata terhadap berat polong (kg/ha).



Gambar 5. Diagram berat polong segar pada perlakuan tanpa Rhizobium (I0), Dosis Rhizobium 7,5 g/kg Benih (I1), Dosis Rhizobium 15 g/kg Benih (I2), Dosis Rhizobium 22,5 g/kg Benih (I3)

Berdasarkan hasil olahdata, perlakuan I0 memiliki bobot polong segar terendah, yaitu 2.792 kg, yang menunjukkan bahwa perlakuan ini paling tidak efektif dalam meningkatkan bobot polong. Perlakuan I0 sedikit lebih tinggi dengan bobot 2.835 kg, namun masih berada di bawah perlakuan lainnya. Perlakuan I1 menunjukkan peningkatan yang signifikan dengan bobot 2.838,3 kg. Perlakuan I2 mencapai bobot tertinggi, yaitu 3.342 kg.

3.1.8. Sebaran Bintil Akar

Hasil pengamatan sebaran bintil akar disajikan pada Tabel 8. Tujuan dari penyajian hasil ini adalah untuk mengetahui pengaruh masing-masing perlakuan terhadap distribusi bintil akar yang terbentuk. Berdasarkan hasil pengamatan, diketahui bahwa Perlakuan kombinasi pupuk kandang ayam dan kombinasi dosis Rhizobium tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap sebaran bintil akar

Tabel 8. Kriteria Sebaran Bintil Akar

Perlakuan	Gambar	Kriteria
I0		Tersebar

I1



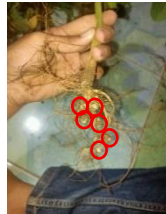
Tersebar

I2



Tersebar

I3



Tersebar

Keterangan: I0= Tanpa Rhizobium; I1= Dosis Rhizobium 7,5 g/kg Benih; I2= Dosis Rhizobium 15 g/kg Benih; I3= Dosis Rhizobium 22,5 g/kg Benih

Berdasarkan hasil pengamatan, seluruh perlakuan menunjukkan pola sebaran bintil yang sama yaitu tersebar, konsentrasi bintil akar tidak terkonsentrasi di pangkal akar dan cenderung teracak di seluruh sistem akar. Hal ini mengakibatkan efektivitas fiksasi nitrogen berkurang atau tidak efektif.

3.1.9. Warna Bintil Akar

Hasil pengamatan warna bintil akar disajikan pada Tabel 9. Tujuan dari penyajian hasil ini adalah untuk mengetahui pengaruh masing-masing perlakuan terhadap distribusi bintil akar yang terbentuk. Berdasarkan hasil pengamatan, diketahui bahwa Perlakuan kombinasi pupuk kandang ayam dan kombinasi dosis Rhizobium tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap warna bintil akar.

Tabel 9. Kriteria Warna Bintil Akar

Perlakuan	Gambar	Kriteria
I0		Hijau
I1		Putih
I2		Putih
I3		Putih

Keterangan: I0= Tanpa Rhizobium; I1= Dosis Rhizobium 7,5 g/kg Benih; I2= Dosis Rhizobium 15 g/kg Benih; I3= Dosis Rhizobium 22,5 g/kg Benih

Berdasarkan hasil pengamatan, perlakuan I0 perlakuan menunjukkan warna bintil akar berwarna Hijau, sedangkan pada perlakuan I1 - I3 memiliki warna bintil akar yang berbeda yaitu berwarna putih. Perlakuan I0 menunjukkan warna bintil hijau, yang menandakan bahwa bintil tersebut belum aktif, sedangkan Perlakuan I1, I2 dan I3 menunjukkan warna bintil putih, yang mengindikasikan perkembangan bintil yang lebih matang dan berpotensi aktif.

3.1.10. Ukuran Bintil Akar

Hasil pengamatan ukuran bintil akar disajikan pada Tabel 10. Tujuan dari penyajian hasil ini adalah untuk mengetahui pengaruh masing-masing perlakuan terhadap ukuran bintil akar yang

terbentuk. Berdasarkan hasil pengamatan, diketahui bahwa Perlakuan kombinasi pupuk kandang ayam dan kombinasi dosis Rhizobium tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap ukuran bintil

Tabel 10. Kriteria Ukuran Bintil Akar

Perlakuan	Gambar	Kriteria
I0		Kecil (2 mm)
I1		Kecil (3 mm)
I2		Kecil (3 mm)
I3		Kecil (2 mm)

Keterangan: I0= Tanpa Rhizobium; I1= Dosis Rhizobium 7,5 g/kg Benih; I2= Dosis Rhizobium 15 g/kg Benih; I3= Dosis Rhizobium 22,5 g/kg Benih

3.2 Pembahasan

Berdasarkan Tabel 3., hasil analisis awal menunjukkan bahwa tanah Ultisol di lokasi penelitian memiliki status kesuburan berkisar dari rendah hingga sangat rendah. Hal ini disebabkan oleh karakteristik tanah Ultisol yang merupakan tanah berusia tua, sehingga upaya peningkatan kesuburan tanah menjadi sangat diperlukan. Keasaman tanah yang tinggi serta rendahnya

kandungan unsur hara makro dan mikro merupakan faktor pembatas utama bagi pertumbuhan tanaman. Hal ini sejalan dengan pernyataan Hardjowigeno (2003) bahwa Tanah ultisol merupakan tanah tua yang bereaksi masam, kadar Al tinggi sehingga menjadi racun tanaman dan menyebabkan fiksasi P, unsur hara rendah, sehingga menyebabkan rendahnya produksi kedelai.

Hasil analisis kandungan hara pada pupuk kandang ayam yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 5. Hasil analisis kandungan hara pupuk kandang ayam di dapatkan nilai pH tanah sebesar 7,06, yang menunjukkan bahwa tanah berada dalam kategori netral. Kandungan C-Organik mencapai 16,58%, yang termasuk dalam kategori sangat tinggi. Kandungan N-Total sebesar 0,76% juga tergolong sangat tinggi. Kandungan P (fosfor) hanya 2,51 mg.g⁻¹, yang dikategorikan sebagai sangat rendah. Kandungan K (kalium) sebesar 0,42 cmol.Kg⁻¹ berada dalam kategori sedang. Namun, hasil pengamatan terhadap pertumbuhan tanaman menunjukkan pertumbuhan yang tidak merata, mengakibatkan hasil uji pada data pertumbuhan tanaman menjadi tidak signifikan. Hal ini sesuai dengan pernyataan Efendi (2010), bahwa unsur hara yang berasal dari pupuk organik sebagian kecil dapat langsung dimanfaatkan oleh tanaman, namun Sebagian akan terurai dalam waktu yang lama.

Hasil analisis laboratorium sampel tanah akhir menunjukkan adanya peningkatan di seluruh parameter analisis kimia tanah dapat dilihat pada Tabel 6. Nilai pH tanah menunjukkan kisaran antara 6,15 hingga 6,67, dengan nilai tertinggi pada perlakuan I2 (6,67). Peningkatan pH tanah dapat meningkatkan ketersediaan beberapa unsur hara, terutama fosfor, yang merupakan unsur esensial bagi pertumbuhan tanaman. Hal ini sejalan dengan pendapat Alwi et al. (2023), yang menyatakan bahwa ketersediaan fosfor di dalam tanah dipengaruhi oleh berbagai faktor, namun pH merupakan faktor yang paling dominan. Tanah dengan pH rendah umumnya mengalami keterbatasan fosfor akibat terikatnya fosfor oleh ion aluminium (Al³⁺) dan besi (Fe³⁺), sedangkan pada pH tinggi (di atas 7,5), fosfor cenderung terikat oleh kalsium (Ca²⁺), sehingga mengurangi ketersediaannya bagi tanaman.

Kandungan C-organik pada sampel tanah berada dalam kisaran 1,61% hingga 1,90%, dengan nilai tertinggi pada perlakuan I3 (1,90%). Peningkatan kandungan C-organik menunjukkan akumulasi bahan organik dalam tanah, yang berkontribusi terhadap peningkatan kapasitas tukar kation (KTK) serta mendukung aktivitas mikroorganisme tanah, termasuk Rhizobium, dalam pembentukan bintil akar dan peningkatan proses fiksasi nitrogen. Temuan ini sejalan dengan pernyataan Yulina dan Ambarsari (2021), bahwa bahan organik tanah tidak

hanya berperan dalam meningkatkan KTK, tetapi juga berfungsi sebagai sumber nutrisi yang dilepaskan secara bertahap melalui proses mineralisasi. Proses ini memungkinkan pelepasan nitrogen ke dalam tanah secara berkelanjutan, sehingga mendukung pertumbuhan tanaman dalam jangka panjang.

Kadar N-total menunjukkan variasi yang cukup signifikan, dengan nilai tertinggi pada perlakuan I3 (0,29%). Peningkatan kadar nitrogen ini diduga berasal dari kombinasi inokulasi *Rhizobium* dan pemberian pupuk dasar kandang ayam, yang kaya akan nitrogen organik. Hal ini mendukung pertumbuhan vegetatif kedelai edamame, yang memerlukan nitrogen dalam jumlah optimal untuk pembentukan daun dan batang. Hal ini sejalan dengan pendapat Rahajeng et al. (2006), bahwa Pupuk kandang ayam kaya akan nitrogen organik, yang mendukung proses mineralisasi untuk menyediakan nitrogen yang tersedia bagi tanaman, selain itu inokulasi *Rhizobium* membantu fiksasi nitrogen biologis, yang mendukung kebutuhan nitrogen tanaman secara alami

Ketersediaan P dalam bentuk P_2O_5 menunjukkan peningkatan, dengan dosis tertinggi terdapat pada perlakuan I3 sebesar 16,48 ppm. Fosfor merupakan unsur hara esensial yang berperan penting dalam pembentukan sistem perakaran, perkembangan bintil akar melalui asosiasi dengan *Rhizobium*, serta dalam pembentukan biji yang optimal selama fase generatif tanaman. Peningkatan kandungan fosfor pada perlakuan tersebut mengindikasikan bahwa kombinasi aplikasi *Rhizobium* dan pupuk kandang ayam mampu meningkatkan efisiensi serapan fosfor oleh tanaman. Hal ini sejalan dengan temuan Musa'ad et al. (2020), yang menyatakan bahwa mikroorganisme seperti *Rhizobium* tidak hanya berperan dalam fiksasi nitrogen, tetapi juga meningkatkan efisiensi penggunaan unsur hara, termasuk fosfor, sehingga dapat mendukung pertumbuhan tanaman secara optimal pada fase vegetatif maupun generatif.

Basa dapat ditukar juga menunjukkan variasi antar perlakuan, dengan nilai kalsium (Ca) tertinggi pada I3 (8,25 cmol/kg), magnesium (Mg) tertinggi pada I1 (1,35 cmol/kg), natrium (Na) tertinggi pada I3 (0,42 cmol/kg), dan kalium (K) tertinggi pada I3 (0,37 cmol/kg). Peningkatan kation-kation ini berkontribusi pada peningkatan kesuburan tanah dan mendukung keseimbangan hara dalam proses metabolisme tanaman kedelai edamame. Hal ini sejalan dengan pendapat Wahjudin (2019), bahwa Kalium berperan penting dalam proses metabolisme tanaman, seperti pengaturan stomata, sintesis protein, dan transportasi gula. Natrium, meskipun bukan unsur esensial, dapat menggantikan fungsi kalium dalam beberapa kondisi tertentu. Peningkatan kadar kedua unsur ini mendukung efisiensi metabolisme tanaman.

Kapastitas tukar kation (KTK) tertinggi ditemukan pada perlakuan I3 (23,96 cmol/kg), yang menunjukkan peningkatan daya simpan hara tanah. KTK yang tinggi berimplikasi pada peningkatan efisiensi penyerapan hara oleh tanaman, sehingga mendukung pertumbuhan dan hasil produksi kedelai edamame yang optimal. Hal ini sejalan dengan pendapat Sinambela dan Samson (2024), bahwa Pemberian pupuk organik meningkatkan aktivitas mikroorganisme dalam tanah, yang berperan dalam memperbaiki struktur tanah dan meningkatkan ketersediaan nutrisi. Hal ini sangat penting untuk tanaman kedelai edamame yang membutuhkan nutrisi cukup untuk mencapai hasil optimal.

Hasil analisis sifat fisik tanah yaitu tekstur tanah, dominasi fraksi liat menunjukkan bahwa tanah memiliki kemampuan retensi air yang baik, dengan kandungan liat tertinggi pada perlakuan I1 sebesar 55%. Tekstur tanah yang didominasi oleh fraksi liat berkontribusi terhadap peningkatan stabilitas agregat tanah dan kemampuan mempertahankan kelembaban, yang dapat mendukung aktivitas mikroorganisme tanah, termasuk *Rhizobium*, serta meningkatkan efisiensi proses fiksasi nitrogen. Hal ini sejalan dengan pendapat Haridjaja et al, (2013), bahwa Tanah bertekstur liat memiliki kemampuan retensi air yang lebih tinggi dibandingkan dengan tanah berpasir. Hal ini disebabkan oleh luas permukaan partikel liat yang lebih besar, sehingga dapat menahan air lebih lama dalam pori-pori tanah.

Pertumbuhan tinggi tanaman dan jumlah daun tertinggi sebesar 33,2 cm dan jumlah daun tertinggi sebanyak 27,8 helai. Perlakuan ini menggunakan dosis *Rhizobium* 22,5 g/kg benih, menunjukkan pH tanah yang sedikit lebih tinggi, yaitu 6,61, serta kandungan C-organik yang meningkat menjadi 1,90%. Ketersediaan fosfat pada perlakuan ini mencapai 16,48 ppm P_2O_5 , yang menunjukkan potensi yang lebih baik dalam menyediakan unsur hara bagi tanaman namun tidak optimal. Hal ini diduga disebabkan karena kebutuhan fosfat meningkat pada fase generatif tanaman kedelai edamame dan juga dipengaruhi oleh beberapa faktor, termasuk curah hujan dan suhu udara, yang merupakan faktor lingkungan penting yang mendukung kemampuan tanaman untuk bertahan hidup dan beradaptasi. Hal ini sejalan dengan penelitian Sopandie (2013) bahwa pertumbuhan tanaman dipengaruhi oleh kondisi cuaca, di mana beberapa spesies tanaman menunjukkan kerentanan terhadap tingkat kelembaban dan suhu udara. Selain itu pada umur 3 mst tanaman kedelai edamame memasuki fase generatif, yang mengakibatkan peningkatan kebutuhan unsur hara fosfat. Peningkatan kebutuhan ini berpotensi menyebabkan pertumbuhan tinggi tanaman dan jumlah daun tidak berlangsung secara optimal (Tauk et al, 2020).

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan kombinasi dosis *Rhizobium* dan pupuk kandang ayam sebagai pupuk dasar tidak berpengaruh nyata terhadap umur berbunga. Pada perlakuan I0 memiliki umur berbunga terlama, yaitu sekitar 30 hari, sedangkan perlakuan I2 (dosis *Rhizobium* 15 g/kg benih) menunjukkan umur berbunga tecepat, yaitu sekitar 26,5 hari. Hal ini diduga disebabkan oleh ketersediaan unsur hara P dalam tanah yang mengalami peningkatan. Hal ini sejalan dengan pernyataan Ramadani et al (2015) bahwa fosfat berfungsi untuk memacu pertumbuhan dan perkembangan akar, batang, pembungaan dan pembuahan tanaman serta mempercepat pemasakan biji dan buah. Selain itu, masa pembungaan juga dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti intensitas Cahaya dan suhu (Sumarno,1991).

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan kombinasi dosis *Rhizobium* dan pupuk kandang ayam sebagai pupuk dasar tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap berat polong segar (kg/ha). Perlakuan I0 menunjukkan bobot polong segar terendah, yaitu 2.792 kg/ha, sedangkan perlakuan I2 mencapai bobot tertinggi, yaitu 3.342 kg/ha. Hal ini diduga disebabkan oleh ketidakcukupan dekomposisi unsur hara dalam tanah, sehingga seluruh tanaman dalam satu ulangan menerima unsur hara yang menunjukkan perbedaan signifikan. Hal ini sejalan dengan pernyataan Ramadhani et al. (2016) yang menyatakan bahwa peningkatan berat polong disebabkan oleh terpenuhinya unsur hara, baik makro maupun mikro, yang dibutuhkan oleh tanaman. Sementara itu, Siswanda (2021) menekankan bahwa diperlukan dosis yang tepat untuk memenuhi kebutuhan nutrisi tanaman agar pertumbuhan dan produksi tanaman dapat berlangsung secara optimal.

Hasil pengamatan bintil akar menunjukkan belum adanya aktifitas simbiosis yang efektif pada perlakuan kombinasi dosis *Rhizobium* dan pupuk kandang ayam sebagai pupuk dasar terhadap sebaran bintil akar dan ukuran bintil akar. Perlakuan I0 hingga I3 menunjukkan sebaran bintil akar yang sama, yaitu tersebar merata di sepanjang sistem perakaran begitu begitupun ukuran bintil akar yang berukuran sama di seluruh perlakuan. Hal dikarenakan kondisi tanah yang masam menyebabkan bintil akar yang terbentuk tersebar secara tidak merata, tidak terfokus di bagian pangkal akar dan berukuran kecil, sehingga mengurangi efektifitas fiksasi nitrogen. Hal ini sejalan dengan pernyataan Pamungkas dan Irfan (2018) bahwa kegagalan inokulasi disebabkan *Rhizobium* tidak dapat bertahan di lingkungan tanah masam dan tanah yang mengandung material beracun seperti aluminium dan residu pestisida.

Hasil pengamatan bintil akar menunjukkan belum adanya aktifitas simbiosis yang efektif pada perlakuan kombinasi dosis *Rhizobium* dan pupuk kandang ayam sebagai pupuk

dasar terhadap warna bintil akar. Perlakuan I0 menunjukkan warna bintil akar hijau, sedangkan perlakuan I1, I2 dan I3 menghasilkan bintil akar berwarna putih. Perbedaan warna bintil akar tersebut diduga disebabkan oleh perlakuan yang diberikan pada benih. Bintil akar berwarna putih menunjukkan bahwa perlakuan mampu merangsang pembentukan bintil yang lebih matang dan berpotensi aktif dalam proses fiksasi nitrogen. Sebaliknya, bintil akar berwarna hijau mengindikasikan bahwa pada perlakuan tanpa Rhizobium, bintil belum aktif atau belum menunjukkan aktivitas simbiosis yang efektif. ketersediaan unsur hara P dalam tanah yang mengalami peningkatan. Hal ini sejalan dengan pernyataan Feronica (2021) bahwa bintil akar yang telah mencapai tingkat kematangan umumnya ditandai dengan warna merah muda, yang disebabkan oleh keberadaan senyawa leghemoglobin dan mengindikasikan aktivitas penambatan nitrogen yang aktif. Sedangkan, bintil akar yang berwarna hijau diduga belum aktif dalam melakukan fiksasi nitrogen.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan berbagai dosis Rhizobium dan pupuk kandang tidak berpengaruh nyata terhadap seluruh parameter pertumbuhan tanaman. Namun perlakuan yang diaplikasikan memiliki kecenderungan peningkatan pertumbuhan dan hasil data seiring dengan bertambahnya dosis. Hal ini disebabkan oleh peningkatan unsur hara yang dapat mendukung pertumbuhan tanaman kedelai edamame. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Munauwar dan Jaya (2018) yang menyatakan bahwa variasi dosis pupuk NPK dan konsentrasi zat pengatur tumbuh tidak memberikan perbedaan nyata terhadap pertumbuhan tanaman. Namun, hasil penelitian memperlihatkan adanya tren peningkatan tinggi tanaman, jumlah daun, dan luas daun seiring dengan meningkatnya dosis perlakuan. Hal ini disebabkan oleh kemampuan pupuk dalam memperbaiki struktur tanah serta meningkatkan kesuburan, yang secara tidak langsung dapat mendukung pertumbuhan tanaman.

4. KESIMPULAN

Perlakuan berbagai dosis Rhizobium dan pupuk kandang ayam tidak memberikan pengaruh nyata terhadap pertumbuhan dan produksi kedelai edamame. Terdapat kecenderungan dengan perlakuan dosis Rhizobium 22,5 g/kg benih memberikan peningkatan dalam pertumbuhan tinggi tanaman dan jumlah daun serta perbaikan kondisi sifat kimia tanah. Pemberian kombinasi Rhizobium dan pupuk kandang ayam tidak berpengaruh nyata terhadap umur berbunga, berat polong segar, dan berat bintil akar tanaman kedelai edamame. Perlakuan dosis Rhizobium 15 g/kg benih menunjukkan umur berbunga tercepat, sedangkan pada parameter sebaran bintil akar dan warna bintil akar menunjukkan proses fiksasi nitrogen berjalan secara tidak efektif.

Berdasarkan hasil yang diperoleh diperlukan peningkatan dosis Rhizobium dan penyesuaian pupuk kandang ayam untuk mendapatkan hasil yang lebih optimal dan menghasilkan data yang signifikan secara statistik.

DAFTAR PUSTAKA

- Alwi, M. K., Razie, F., & Kurnain, A. (2023). Hubungan ketersediaan fosfor dan kelarutan Fe pada tanah sawah sulfat masam. *Acta Solum*, 1(2), 61-67.
- Balai Penelitian Tanah. (2009). Petunjuk Teknis Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air dan Pupuk. Edisi 2. Bogor: Balai Penelitian Tanah, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Departemen Pertanian.
- Baskara, Y. T., Rahayu, A. P., Karyawati, A. S., (2022). Pengaruh komposisi media tanam dan jumlah inokulan rhizobium terhadap pertumbuhan dan hasil kedelai (*Glycine max L. Merrill*). *Jurnal Produksi Tanaman*. 10(12): 673-682. Doi: <https://doi.org/10.21776/ub.protan.2022.010.12.03>
- Efendi. (2010). *Increase of growth and yield of soybean using green organic matter and manure. Journal of floratek*. 5:65-73.
- Efriady, D. (2020). Pertumbuhan dan Hasil Kedelai Edamame (*Glycine max (L.) Merrill*) Pada Berbagai Jarak Tanam. *Skripsi*. Universitas Andalas, Padang.
- Feronica, T. (2021). Skripsi: Peningkatan Performa Dan Pertumbuhan Kedelai Varietas Anjasmoro Melalui Teknik *Matriconditioning* dan Pemupukan. Disertasi. Politeknik Negeri Lampung.
- Hardjowigeno, S. (2003). *Ilmu Tanah*. Akademik presindo, Jakarta.
- Haridjaja, O., Baskoro, D. P. T., & Setianingsih, M. (2013). Perbedaan Nilai Kadar Air Kapasitas Lapang Berdasarkan Metode Alhricks, Drainase Bebas, dan *Pressure Plate* pada Berbagai Tekstur Tanah dan Hubungannya Dengan Pertumbuhan Bunga Matahari (*Helianthus annuus L.*). *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan*, 15(2), 52-59.
- Herlambang, D. (2023). Pengaruh Kombinasi Pupuk Kandang Ayam dan Inokulasi Rhizobium Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Kedelai (*Glycine Max.(L.) Merr.*) (Doctoral dissertation, UNIVERSITAS JAMBI).
- Munauwar, M. M., dan Jaya, S. (2018). Dosis Npk dan Konsentrasi Zat Pengatur Tumbuh Tidak Mempengaruhi Pertumbuhan Tanaman Sawi (*Brassica Juncea L.*). *Jurnal Agrium*, 15(1), 29-33.

- Musa'ad, I., Noya, A. I., Naa, M., dan Bless, A. E. (2020). Status Ketersediaan Fosfor dan Penyerapannya oleh Kedelai (*Glycine max* L. Merrill) Akibat Pemberian Amelioran Pada Ultisol Warmare. *Agrotek*, 8(2), 1-13.
- Pabela, M., Gubali, H., dan Ilahude, Z. (2024). Pengaruh Rhizobium dan Pupuk Fosfat Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kacang Tanah (*Arachis hypogea* L.). *Jurnal Agroteknotropika*, 13(1), 8-16.
- Pamungkas, R. D. S., & Irfan, M. (2018). Eksplorasi dan isolasi bakteri Rhizobium tumbuhan leguminosa di lahan bergambut kampus UIN Suska Riau Pekanbaru. *Jurnal Agroteknologi*, 9(1), 31-40.
- Purba, J. H., Parmila, I. P., dan Sari, K. K. (2018). Pengaruh pupuk kandang sapi dan jarak tanam terhadap pertumbuhan dan hasil kedelai (*Glycine max* L. Merrill) varietas edamame. *Agro Bali: Agricultural Journal*, 1(2): 69-81.
- Rahajeng, Yektining, Yudono, P. (2006). Evaluasi Benih Sebar dan Keturunannya Pada Kedelai Sayur (Edamame). *Tesis*. Universitas Gadjah mada, Yogyakarta.
- Ramadani, S., Riza L. dan Tri R. S. (2015). Pertumbuhan tanaman kacang tanah (*Arachishypogaea* L.) pada tanah gambut yang diaplikasikan dengan bokashi jerami dan pupuk petrhikaphos. *Jurnal Protobiont*, 4(1): 1-9.
- Ramadhani, M., Fetmi S. dan Armaini. (2016). Pemberian pupuk kandang dan volume air terhadap pertumbuhan dan hasil kedelai edamame (*Glycine max* (L.) Merrill). *JOM FAPERTA*, 3(1).
- Rohmani, R. W., dan Erdiansyah, I. (2020). Karakteristik Bakteri Rhizobium japonicum Bintil Akar Kedelai pada Cekaman Salinitas Bertingkat. In *Agropross: National Conference Proceedings of Agriculture* (pp. 101-107).
- Sinambela, M., & Samson, O. A. (2024). Respon Pertumbuhan dan Hasil Edamame Terhadap Lumpur Padat Kelapa Sawit dan Pupuk Fosfat Di Tanah Podsolik Merah Kuning. *Agrofood*, 6(2), 9-14.
- Siswanda, A. (2021). Reaksi Pertumbuhan dan Produksi Pada Tanaman Kedelai Hitam (*Glycine Soya* L.) Terhadap Pemberian Bokashi Tanaman Mucuna dan Jenis Biourine', 1, Pp. 1-13.
- Sopandie, D. (2013). Fisiologi adaptasi tanaman: terhadap cekaman abiotik pada agroekosistem tropika. *IPB Press*. Bogor.
- Sumarno. (1991). *Kedelai dan Cara Budidaya*. CV Yasa Guna. Jakarta.

- Tarigan, A. A. L. B., Riniarti, M., Prasetya, H., Hidayat, W., Niswati, A., Banuwa, I. S., & Hasanudin, U. (2021). Pengaruh biochar pada simbiosis Rhizobium dan akar sengon laut (*Paraserianthes falcataria*) dalam media tanam. *Journal of People, Forest and Environment*, 1(1), 11-20.
- Taty, S. (2013). Analisis Efisiensi Perdagangan Komoditas Kedelai Edamame di Kabupaten Gowa. *Akmen Jurnal Ilmiah*, 10(1).
- Tauk, A. F., Darini., & Zamroni. (2020). Pengaruh pupuk kandang ayam dan pupuk majemuk terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman edamame (*Glycine max* (L)Merill). *Jurnal Ilmiah Agroust*, 4(1): 9-24.
- Wahjudin, U. M. (2019). Pengaruh Pemupukan Kalsium dan Magnesium Terhadap Serapan Hara dan Produksi Kacang Tanah Pada Podsolik Coklat Kekuningan dari Gajrug Banten. *Disertasi*. Institut Pertanian Bogor, Bogor .
- Yulina, H., & Ambarsari, W. (2021). Hubungan Kandungan N-Total dan C-Organik Tanah Terhadap Berat Panen Tanaman Pakcoy Setelah Dikombinasikan Dengan Kompos Sampah Kota dan Pupuk Kandang Sapi pada Aluvial, Indramayu. *Jurnal Agro Wiralodra*, 4(1), 25-30.
- Zakiya, F. A., (2023). Ekspor Produk Asal Jember ke Jepang oleh Perusahaan Indonesia (Studi Kasus Ekspor Edamame oleh PT Mitratani Duatujuh Jember ke Jepang). *Skripsi*. Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya.