

**Efektivitas *Rhizobium* sp, Mikoriza dan Pupuk Kandang Terhadap Pertumbuhan Tanaman Kedelai di Tanah Masam**

*The Effectiveness of Rhizobium sp Inoculation, Mycorrhiza, and Manure Fertilizer Dosage on the Growth of Soybean Plants (Glecine max (L.) Meril) in Acidic Soil*

Muh Arfandy Wiranata\*, Muh Jayadi

Departemen Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin

\*Corresponding email: [muharfandywiranata@gmail.com](mailto:muharfandywiranata@gmail.com)

**ABSTRACT**

*Indonesia has extensive marginal land resources, one of which is acidic dry land covering approximately  $\pm 102.8$  million hectares. This land type poses a major constraint to soybean development due to low nutrient availability and high aluminum saturation. One approach to overcoming the limitations of acidic soils is the use of biofertilizers such as *Rhizobium* sp. and mycorrhizae to enhance phosphorus availability, combined with the application of organic amendments in the form of chicken manure, which is rich in potassium and phosphorus. This study aimed to determine the optimal combination of chicken manure dosage and inoculation of *Rhizobium* sp. and mycorrhizae for improving soybean growth on acidic soils. The experiment was arranged in a factorial Randomized Complete Block Design (RCBD) with two factors and three replications, resulting in 36 treatment combinations. The first factor was the dosage of chicken manure: A0 (without chicken manure), A1 (1 ton ha<sup>-1</sup>), and A2 (2 tons ha<sup>-1</sup>). The second factor was microbial inoculation, consisting of R0M0 (without inoculation), R1 (*Rhizobium* sp.), M1 (mycorrhizae), and R1M1 (combined *Rhizobium* sp. and mycorrhizae). Observed parameters included soil chemical properties and soybean growth components. The results showed that the A2R1M1 treatment (2 tons ha<sup>-1</sup> chicken manure + *Rhizobium* sp. + mycorrhizae) produced the best outcomes in soil chemical properties, as indicated by increased cation exchange capacity (17.97 cmol kg<sup>-1</sup>), available phosphorus (9.02 ppm), and total nitrogen (0.23%), along with reduced exchangeable aluminum (0.32). This treatment also resulted in superior plant growth, reflected by increased plant height (91.0 cm), number of leaves (41.3 leaves), fresh weight (13.05 g), dry weight (4.14 g), and number of pods (8.7 pods). The combination of chicken manure, *Rhizobium* sp., and mycorrhizae was proven effective in improving acidic soil chemical properties and enhancing soybean growth.*

**Keywords:** *Acidic soil, Rhizobium sp, Mycorrhiza, Chicken manure, Soybeans*

**ABSTRAK**

Indonesia memiliki wilayah lahan marginal yang luas, salah satunya lahan kering masam dengan luas sekitar  $\pm 102,8$  juta hektar, yang menjadi kendala utama dalam pengembangan tanaman kedelai akibat rendahnya ketersediaan hara dan tingginya kejenuhan aluminium. Salah satu upaya untuk mengatasi permasalahan tanah masam adalah melalui pemanfaatan pupuk hayati seperti *Rhizobium* sp. dan mikoriza untuk meningkatkan ketersediaan fosfor, serta penambahan bahan organik berupa pupuk kandang ayam yang kaya unsur hara kalium dan fosfor. Penelitian ini bertujuan menentukan kombinasi dosis pupuk kandang ayam serta

inokulasi *Rhizobium* sp. dan mikoriza yang optimal terhadap pertumbuhan tanaman kedelai pada tanah masam. Penelitian disusun menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) faktorial dua faktor dengan tiga ulangan sehingga diperoleh 36 kombinasi perlakuan. Faktor pertama adalah dosis pupuk kandang ayam, yaitu A0 (tanpa pupuk kandang), A1 (1 ton/ha), dan A2 (2 ton/ha). Faktor kedua adalah inokulasi mikroba, terdiri atas R0M0 (tanpa inokulasi), R1 (*Rhizobium* sp.), M1 (mikoriza), dan R1M1 (kombinasi *Rhizobium* sp. dan mikoriza). Parameter yang diamati meliputi sifat kimia tanah dan komponen pertumbuhan tanaman kedelai. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan A2R1M1 (pupuk kandang ayam 2 ton/ha + *Rhizobium* sp. + mikoriza) memberikan hasil terbaik terhadap sifat kimia tanah, ditunjukkan oleh peningkatan kapasitas tukar kation ( $17,97 \text{ cmol kg}^{-1}$ ), fosfor tersedia (9,02 ppm), nitrogen total (0,23%), serta penurunan aluminium dapat ditukar (0,32). Perlakuan tersebut juga menghasilkan pertumbuhan tanaman terbaik, ditandai oleh peningkatan tinggi tanaman (91,0 cm), jumlah daun (41,3 helai), bobot basah (13,05 g), bobot kering (4,14 g), dan jumlah polong (8,7 buah). Berdasarkan hasil penelitian, kombinasi pupuk kandang ayam, *Rhizobium* sp., dan mikoriza terbukti efektif dalam memperbaiki sifat kimia tanah masam dan meningkatkan pertumbuhan tanaman kedelai.

**Kata Kunci:** Tanah Masam, *Rhizobium* sp, Mikoriza, Pupuk Kandang Ayam, Kedelai

---

## 1. PENDAHULUAN

Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan produksi kedelai dalam rangka kemandirian pangan yaitu melalui ekstensifikasi. Kegiatan ekstensifikasi diarahkan ke lahan-lahan suboptimal, seperti tanah masam. Berdasarkan kondisi tersebut, pemanfaatan lahan marginal sebagai bentuk perluasan area tanam dipandang sebagai solusi potensial untuk meningkatkan produksi kedelai (Setiawan *et al.*, (2025); Ridha *et al.* (2024)).

Kendala yang dijumpai dalam budidaya tanaman kedelai di tanah masam adalah faktor pembatas pH tanah yang rendah seringkali memiliki tingkat Al larut dan Mn yang tinggi, sehingga mengurangi ketersediaan Ca, Mg, P, dan Mo, serta mikroba tanah sedikit (Tobing *et al.*, 2014). Tanaman kedelai umumnya tumbuh optimal pada tanah dengan pH berkisar 5,8–7,0, ketersediaan unsur hara yang cukup, serta kejenuhan Al yang rendah. Pada lahan masam, rendahnya pH tanah menyebabkan meningkatnya kelarutan Al dan Fe serta terikatnya fosfat (P), sehingga menurunkan ketersediaan hara esensial bagi tanaman kedelai. Kondisi ini menjadikan lahan masam tergolong ke dalam kelas kesesuaian lahan marginal hingga tidak sesuai secara alami bagi tanaman kedelai apabila tidak dilakukan pengelolaan tanah yang tepat (Ma'sum *et al.*, 2020). Salah satu upaya dalam mengatasi permasalahan tanah masam, yaitu adanya pemberian kapur, pupuk anorganik dan pupuk organik. Menurut (Ganti *et al.*, 2023), pemberian kapur pada tanah masam berpengaruh baik terhadap sifat-sifat tanah. Kadar Mg tanah meningkat, kadar N, P dalam daun juga meningkat, pengapuran akan meningkatkan pH

tanah, dimana ion Mg dan Ca yang dapat menggeser kedudukan H<sup>+</sup> dipermukaan koloit sehingga menetralsir kemasaman pada tanah. Selain itu, pemberian pupuk kandang dan mikoriza baik untuk menambah ketersediaan unsur-unsur yang ada pada tanah masam.

Mengatasi kesuburan tanah dapat dilakukan dengan penambahan bahan organik, salah satunya pemberian pupuk kandang ayam. Pupuk Kandang mengandung unsur hara cukup lengkap, seperti N, P, K, dan unsur hara esensial lain dalam jumlah yang relatif kecil. Pupuk kandang adalah pupuk yang berasal dari ekskreta padat dan kotoran hewan, urine, dan sisa-sisa tanaman (pakan ternak) yang membusuk dengan bantuan organisme mikro tanah (Pasang et al., 2019). Pupuk kandang mengandung unsur hara makro di antaranya nitrogen, fosfor, dan kalium serta dapat meningkatkan pH dan C-Organik (Sompotan, 2013). Pupuk kandang ayam relatif mudah didapat dan kualitas pupuk kandang ayam lebih kaya akan unsur hara dibandingkan dengan jenis pupuk kandang lainnya (Utami et al 2019). Selain itu, dapat diatasi dengan pemberian *Rhizobium sp* karena kemampuannya dalam menambat N di udara untuk pertumbuhan tanaman (Sari et al., 2016). Hidupnya bersimbiosis dengan tanaman inang dari famili leguminoceae dengan membentuk bintil pada akarnya. Menurut Fitriana et al., (2015), kelompok bakteri ini akan menginfeksi akar tanaman dan membentuk bintil akar di dalamnya. Bakteri *Rhizobium* hanya dapat memfiksasi Nitrogen atmosfer bila berada di dalam bintil akar dari mitra legumnya. Dengan demikian untuk meningkatkan produktivitas tanaman kedelai salah satu alternatifnya adalah pemberian pupuk hayati (*Rhizobium sp*) yang diharapkan dapat memenuhi unsur hara nitrogen dengan tujuan untuk membantu mengurangi biaya produksi, juga meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk anorganik walaupun adanya kelangkaan pupuk akibat krisis pupuk an organik belakangan ini.

Pemanfaatan pupuk hayati mikoriza dapat juga digunakan untuk mengatasi hambatan pertumbuhan tanaman. Mikoriza berpotensi besar sebagai pupuk hayati karena salah satu mikroorganisme yang memiliki peranan yang sangat penting bagi tanaman, mikoriza dapat memfasilitasi penyerapan hara dalam tanah sehingga dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman. Beberapa peranan dari cendawan mikoriza sendiri di antaranya adalah membantu akar dalam meningkatkan serapan fosfor (P) dan unsur hara lainnya seperti N, K, Zn, Co, S dan Mo dari dalam tanah, meningkatkan ketahanan tanaman terhadap kekeringan, memperbaiki agregat tanah. Salah satu alternatif untuk mengatasi kekurangan unsur hara terutama memfasilitasi ketersediaan fosfat adalah dengan menggunakan mikoriza

(Pangaribuan, 2014). Merujuk pada uraian diatas, perlu dilakukan penelitian komprehensif untuk menguji efektivitas masing-masing parameter tersebut.

## **2. METODOLOGI**

### **2.1 Tempat dan Waktu**

Penelitian ini berlangsung di Kebun Percobaan (*Experimental Farm*), Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin Makassar. Analisis sampel tanah dilakukan di Laboratorium Kimia dan Kesuburan Tanah Departemen Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin. Penelitian ini berlangsung pada bulan desember 2024 sampai 2025. Lokasi pengambilan sampel tanah di Desa Moncongloe Bulu, Kecamatan Moncongloe, Kabupaten Maros.

### **2.2 Pelaksanaan Penelitian**

Tahap awal pelaksanaan penelitian dimulai dengan menentukan lokasi pengambilan sampel tanah untuk dijadikan media tanam. Sampel tanah dikering-anginkan selama 2-3 hari, setelah siap kemudian dilakukan pengayakan dan ditimbang sebanyak 3 kg dimasukkan ke polybag untuk dijadikan media tanam. Selain media tanam, perlu dilakukan sterilisasi tanah dan biji kedelai. Tujuannya agar bakteri didalam tanah akan mati dan *Rhizobium sp* jenis lain juga bisa hilang, sehingga *Rhizobium sp* yang digunakan dalam penelitian tidak mengalami gangguan atau tidak terjadi kontaminasi. Langkah selanjutnya dilakukan penanam benih masing-masing 3-5 biji per polybag yang diatur berdasarkan denah yang telah ditentukan. Pemberian Mikoriza dan *Rhizobium Sp* bersamaan dengan penanaman dengan cara diberikan di dekat benih yang ditanam di polybag dengan dosis yang sudah ditentukan. Jenis mikoriza yang dipakai dalam penelitian memiliki 99 spora/100 g yang didalamnya terdapat kandungan *Glomus Claroideum*, *Acaulospora rogusa*, *Acaulospora colosica*, *Glomus fasciculatum*, *Glomus mosseae*, *Gloumus etunicatum*. Sedangkan untuk *Rhizobium sp* memiliki kandungan *Bacillus sp*, *Pseudomonas sp*, *Aspergillus sp*, *Streptomyces sp*, dan *Azospirillum sp*. Penyiraman tanaman dilakukan secara rutin pada pagi dan sore hari dengan menyesuaikan kondisi cuaca dan kebutuhan air tanaman, guna menjaga kelembapan media tanam tetap optimal. Penyulaman dilakukan terhadap tanaman yang mati atau tumbuh tidak normal pada umur 7 hari setelah tanam (HST) untuk menjaga keseragaman pertumbuhan tanaman dalam setiap unit percobaan. Penyiangan dilakukan secara manual dengan mencabut gulma yang tumbuh di sekitar lubang tanam, bertujuan untuk mengurangi kompetisi gulma terhadap air, unsur hara, dan cahaya yang dapat

menghambat pertumbuhan tanaman kedelai. Pengendalian hama dan penyakit dilakukan dengan aplikasi pestisida Sevin sesuai dosis anjuran apabila ditemukan gejala serangan hama dan penyakit.

### 2.3 Parameter pengamatan

Parameter pengamatan yang dilakukan dalam penelitian ini terdiri atas (a) *tinggi tanaman* yaitu dilakukan dari pangkal batang hingga ujung daun tertinggi. Pengamatan dilakukan setiap minggu sekali selama 8 minggu setelah waktu tanam. (b) *Jumlah daun* yaitu menghitung seluruh daun yang telah terbuka sempurna pada masing-masing tanaman kedelai, dilakukan secara berkala sejak tanaman berumur 1 minggu hingga mencapai usia 8 minggu setelah tanam. (c) *Berat segar tanaman* yaitu berat basah tajuk dilakukan pasca panen dengan memisahkan tanaman dari akar dan menghilangkan sisa tanah yang menempel. Setelah itu, tanaman ditimbang menggunakan alat timbang digital. (d) *Berat kering tanaman* yaitu proses pengamatan berat kering tajuk dimulai setelah panen dengan memisahkan bagian tajuk dari akarnya. Tanaman yang telah dipisahkan kemudian dikeringkan dalam oven bersuhu tertentu hingga beratnya stabil, dan selanjutnya ditimbang menggunakan timbangan analitik, dan (e) *Jumlah bunga dan polong* yaitu jumlah bunga dan polong dilakukan setelah 8 MST dengan cara menghitung bunga dan polong disetiap tanaman.

### 2.4 Analisis Sifat Kimia Tanah

Metode yang digunakan dalam Analisis kimia tanah ditunjukkan pada berikut:

Tabel 1. Jenis dan metode analisis tanah

No	Parameter	Metode
1	pH	pH Meter
2	C-Organik	<i>Walkey and Black</i>
3	Kapasitas Tukar Kation (KTK)	Ekstraksi NH <sub>4</sub> OAc Ph7
4	N-total	Kjeldhal
5	P-tersedia	HCL 25%

Nilai pH dan nilai hasil uji laboratorium sifat kimia tanah yang diperoleh, selanjutnya diklasifikasikan berdasarkan Balai Penelitian Tanah (2009). Klasifikasi nilai pH dan nilai hasil uji laboratorium sifat kimia tanah dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 2. Kriteria penilaian kemasaman tanah

Reaksi Tanah	Sangat Masam	Masam	Agak Masam	Netral	Agak Alkalis	Alkalis
pH tanah	<4,5	4,5-5,5	5,6-6,5	6,6-7,5	7,6-8,5	>8,5

Tabel 3. Kriteria penilaian sifat kimia tanah

Parameter	Nilai				
	Sangat Rendah	Rendah	Sedang	Tinggi	Sangat Tinggi
C-Organik (%)	<1	1-2	2-3	3-5	>5
N-Total (%)	<0,1	0,1-0,2	0,21-0,5	0,51-0,75	>0,75
P-tersedia (mg/kg)	<4	5-7	8-10	11-15	>15
K-dd (cmol/kg)	<0,1	0,1-0,3	0,4-0,5	0,6-1,0	>1
Ca-dd (cmol/kg)	<2	2-5	6-10	11-20	>20
Mg-dd (cmol/kg)	<0,3	0,4-1	1,1-2,0	2,1-8,0	>8
KTK (cmol/kg)	<5	5-16	17-24	25-40	>40

## 2.5. Analisis Data

Analisis data menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) Faktorial, yaitu pemberian pupuk kandang ayam terdiri atas 3 taraf yaitu A0 (0 g kontrol), A1 (4 g/polybag) dan A2 (6 g/polybag). Pemberian pupuk hayati *Rhizobium sp* (R) dan Mikoriza (M) terdapat 4 taraf yaitu R0M0 (0 g/polybag (kontrol)), R1 (8 g/polybag), M2 (8 g/polybag) dan R1M1 (8 g/polybag). Analisis dilakukan dengan ANOVA dan terhadap sidik ragam yang nyata dilanjutkan analisis lanjutan dengan Duncan Multiple Range Test (DMRT) dengan taraf 5%. Sehingga dihasilkan 12 kombinasi percobaan yaitu (1) A0R0M0: Pukan 0 ton/ha + Tanpa *Rhizobium sp* dan Mikoriza, (2) A0R1M0: Pukan 0 ton/ha + *Rhizobium sp*, (3) A0M1R0: Pukan 0 ton/ha + Mikoriza, (4) A0R1M1: Pukan 0 ton/ha + *Rhizobium sp* + Mikoriza, (5) A1R0M0: Pukan 2 ton/ha + Tanpa *Rhizobium sp* dan Mikoriza, (6) A1R1M0: Pukan 2 ton/ha + *Rhizobium sp*, (7) A1M1R0: Pukan 2 ton/ha + Mikoriza, (8) A1R1M1: Pukan 2 ton/ha + *Rhizobium sp* dan Mikoriza, (9) A2R0M0: Pukan 3 ton/ha + Tanpa *Rhizobium sp* + Mikoriza, (10) A2R1M0: Pukan 3 ton/ha + *Rhizobium sp*, (11) A2M1R0: Pukan 3 ton/ha + Mikoriza, dan (12) A2R1M1: Pukan 3 ton/ha + *Rhizobium sp* + Mikoriza. Setiap perlakuan diulang sebanyak 3 kali sehingga terdapat 36 unit percobaan dan setiap unit percobaan digunakan 3 kg tanah, sehingga jumlah tanah yang dibutuhkan 108 kg.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Hasil

#### 3.1.1 Analisis Sifat Tanah Sebelum Perlakuan

Hasil analisis sifat kimia tanah sebelum di berikan perlakuan *mikoriza*, *Rhizobium, sp.* dan pupuk kandang ayam dilakukan untuk mengetahui kondisi awal tanah. Analisis awal bertujuan sebagai dasar dalam mengevaluasi pengaruh perlakuan yang diberikan, data hasil analisis sifat kimia tanah sebelum perlakuan dapat dilihat pada Tabel 4 dibawah ini.



### 3.1.3 Parameter Pengamatan Tanaman

#### A. Tinggi Tanaman

Berdasarkan hasil sidik ragam (ANOVA) yang telah dilakukan menunjukkan perlakuan kombinasi pupuk kandang ayam, rhizobium, mikoriza memberikan pengaruh nyata terhadap tinggi tanaman di 5 MST, 6 MST, 7 MST dan 8 MST.

Tabel 6. Rata Rata Tinggi Tanaman Kedelai pada Umur 1-8 Minggu Setelah Tanam (MST) diukur pada Berbagai Perlakuan Kombinasi

Perlakuan	Tinggi Tanaman Minggu Ke- (cm)								Taraf
	1 MST	2 MST	3 MST	4 MST	5 MST	6 MST	7 MST	8 MST	
A0R0M0	12,8 <sup>f</sup>	28,9 <sup>e</sup>	35,3 <sup>tn</sup>	47,7 <sup>h</sup>	55,0 <sup>h</sup>	61,7 <sup>e</sup>	65,7 <sup>g</sup>	68,0 <sup>g</sup>	
A0R1M0	17,9 <sup>e</sup>	31,1 <sup>d</sup>	40,4 <sup>tn</sup>	53,2 <sup>e</sup>	65,0 <sup>f</sup>	73,0 <sup>c</sup>	77,3 <sup>e</sup>	81,0 <sup>e</sup>	
A0M1R0	19,5 <sup>de</sup>	31,4 <sup>cd</sup>	39,9 <sup>tn</sup>	52,7 <sup>ef</sup>	66,3 <sup>ef</sup>	73,0 <sup>c</sup>	76,7 <sup>e</sup>	80,3 <sup>e</sup>	
A0R1M1	20,5 <sup>bcd</sup>	32,7 <sup>bc</sup>	41,7 <sup>tn</sup>	57,7 <sup>bc</sup>	74,7 <sup>b</sup>	77,7 <sup>b</sup>	80,7 <sup>d</sup>	82,7 <sup>de</sup>	
A1R0M0	12,6 <sup>f</sup>	29,7 <sup>e</sup>	38,5 <sup>tn</sup>	49,3 <sup>gh</sup>	59,0 <sup>g</sup>	64,0 <sup>de</sup>	69,7 <sup>f</sup>	70,7 <sup>g</sup>	
A1R1M0	19,8 <sup>cd</sup>	32,3 <sup>c</sup>	42,3 <sup>tn</sup>	54,2 <sup>de</sup>	67,9 <sup>de</sup>	77,0 <sup>b</sup>	83,0 <sup>cd</sup>	86,0 <sup>c</sup>	BNJ
A1M1R0	19,6 <sup>cde</sup>	31,9 <sup>cd</sup>	40,0 <sup>tn</sup>	56,0 <sup>cd</sup>	70,7 <sup>c</sup>	76,7 <sup>b</sup>	82,3 <sup>cd</sup>	85,3 <sup>cd</sup>	5%
A1R1M1	21,1 <sup>bcd</sup>	33,6 <sup>b</sup>	42,3 <sup>tn</sup>	58,9 <sup>b</sup>	76,0 <sup>ab</sup>	81,7 <sup>a</sup>	86,0 <sup>ab</sup>	89,3 <sup>ab</sup>	
A2R0M0	13,3 <sup>f</sup>	30,8 <sup>d</sup>	40,5 <sup>tn</sup>	50,7 <sup>fg</sup>	59,0 <sup>g</sup>	66,0 <sup>d</sup>	72,3 <sup>f</sup>	75,7 <sup>f</sup>	
A2R1M0	22,0 <sup>ab</sup>	34,8 <sup>a</sup>	43,9 <sup>tn</sup>	62,3 <sup>a</sup>	71,3 <sup>c</sup>	79,1 <sup>b</sup>	84,3 <sup>bc</sup>	90,0 <sup>a</sup>	
A2M1R0	21,2 <sup>bcd</sup>	33,6 <sup>b</sup>	41,0 <sup>tn</sup>	57,4 <sup>bc</sup>	70,2 <sup>cd</sup>	77,9 <sup>b</sup>	84,0 <sup>bc</sup>	89,0 <sup>b</sup>	
A2R1M1	23,3 <sup>a</sup>	35,0 <sup>a</sup>	44,6 <sup>tn</sup>	61,5 <sup>a</sup>	78,0 <sup>a</sup>	83,3 <sup>a</sup>	88,7 <sup>a</sup>	92,0 <sup>a</sup>	
NPBNJ	1,67	1,15	1,96	2,37	2,71	2,90	2,92	2,74	

Keterangan: Angka-angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom berarti tidak berbeda nyata menurut uji BNJ taraf  $\alpha = 0.05$

Hasil uji sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan kombinasi pupuk kandang ayam, rhizobium, sp dan mikoriza memberikan hasil pengaruh sangat nyata. Setelah dilakukan uji BNJ pada taraf 5% menunjukkan hasil A2R1M1 (Pukan 2 ton/ha + *Rhizobium sp* + Mikoriza) memiliki nilai rata rata tertinggi pada parameter tinggi tanaman yaitu 92,0 cm (perlakuan terbaik).

#### B. Jumlah Daun

Berdasarkan hasil sidik ragam (ANOVA) yang telah dilakukan menunjukkan bahwa perlakuan kombinasi pupuk kandang ayam, rhizobium, mikoriza memberikan pengaruh nyata terhadap jumlah daun di 4 MST, 5 MST, 6 MST, 7 MST dan 8MST.

Tabel 7. Rata Rata Jumlah Daun Tanaman Kedelai pada Umur 1-8 Minggu Setelah Tanam (MST) diukur pada Berbagai Perlakuan Kombinasi

Perlakuan	Jumlah Daun Minggu Ke- (cm)								Taraf
	1 MST	2 MST	3 MST	4 MST	5 MST	6 MST	7 MST	8 MST	
A0R0M0	2,0 <sup>tn</sup>	5,0 <sup>tn</sup>	7,7 <sup>tn</sup>	10,3 <sup>f</sup>	15,0 <sup>e</sup>	19,3 <sup>h</sup>	26,0 <sup>f</sup>	31,0 <sup>h</sup>	
A0R1M0	2,0 <sup>tn</sup>	5,0 <sup>tn</sup>	8,7 <sup>tn</sup>	11,0 <sup>e</sup>	19,0 <sup>c</sup>	25,7 <sup>ef</sup>	32,0 <sup>fg</sup>	37,7 <sup>de</sup>	BNJ 5%
A0M1R0	2,0 <sup>tn</sup>	5,3 <sup>tn</sup>	9,0 <sup>tn</sup>	12,7 <sup>c</sup>	19,7 <sup>bc</sup>	25,0 <sup>f</sup>	31,0 <sup>gh</sup>	36,0 <sup>fg</sup>	

A0R1M1	1,7 <sup>tn</sup>	5,3 <sup>tn</sup>	9,3 <sup>tn</sup>	12,7 <sup>c</sup>	20,7 <sup>ab</sup>	26,7 <sup>cd</sup>	32,7 <sup>ef</sup>	36,3 <sup>ef</sup>
A1R0M0	2,0 <sup>tn</sup>	4,3 <sup>tn</sup>	7,3 <sup>tn</sup>	11,0 <sup>e</sup>	15,7 <sup>e</sup>	18,7 <sup>h</sup>	25,0 <sup>i</sup>	30,7 <sup>h</sup>
A1R1M0	2,0 <sup>tn</sup>	5,3 <sup>tn</sup>	9,0 <sup>tn</sup>	11,7 <sup>d</sup>	19,7 <sup>bc</sup>	27,0 <sup>bcd</sup>	34,3 <sup>cd</sup>	38,7 <sup>cd</sup>
A1M1R0	2,0 <sup>tn</sup>	4,0 <sup>tn</sup>	9,0 <sup>tn</sup>	13,0 <sup>bc</sup>	21,0 <sup>a</sup>	26,3 <sup>de</sup>	33,7 <sup>de</sup>	38,0 <sup>d</sup>
A1R1M1	1,7 <sup>tn</sup>	5,3 <sup>tn</sup>	9,0 <sup>tn</sup>	13,3 <sup>b</sup>	21,3 <sup>a</sup>	27,7 <sup>b</sup>	35,0 <sup>bc</sup>	40,0 <sup>bc</sup>
A2R0M0	1,3 <sup>tn</sup>	4,7 <sup>tn</sup>	7,7 <sup>tn</sup>	12,0 <sup>d</sup>	17,3 <sup>d</sup>	20,7 <sup>g</sup>	30,0 <sup>h</sup>	34,7 <sup>g</sup>
A2R1M0	2,0 <sup>tn</sup>	6,0 <sup>tn</sup>	10 <sup>tn</sup>	12,0 <sup>d</sup>	21,3 <sup>a</sup>	27,7 <sup>b</sup>	35,7 <sup>ab</sup>	40,7 <sup>b</sup>
A2M1R0	2,0 <sup>tn</sup>	5,0 <sup>tn</sup>	10 <sup>tn</sup>	13,3 <sup>b</sup>	21,7 <sup>a</sup>	27,3 <sup>bc</sup>	34,0 <sup>cd</sup>	40,0 <sup>bc</sup>
A2R1M1	2,0 <sup>tn</sup>	6,0 <sup>tn</sup>	10,7 <sup>tn</sup>	14,0 <sup>a</sup>	21,7 <sup>a</sup>	29,0 <sup>a</sup>	36,3 <sup>a</sup>	42,3 <sup>a</sup>
NPBNJ	0,11	0,38	0,04722	0,53	1,02	0,85	1,25	1,39

Hasil uji lanjut pada Tabel 7 menunjukkan 8 minggu setelah tanam perlakuan A2R1M1 (Pukan 2 ton/ha + *Rhizobium sp* + Mikoriza) memberikan nilai rata rata jumlah daun tertinggi dengan nilai 42,3 yang berbeda nyata dari semua perlakuan dan kontrol.

### C. Berat Basah dan Berat Kering Tanaman

Berdasarkan hasil sidik ragam (ANOVA) memberikan pengaruh tidak nyata terhadap berat kering tanaman dan pengaruh nyata terhadap berat basah tanaman, Hasil uji lanjut dapat dilihat pada Tabel 8 sebagai berikut:

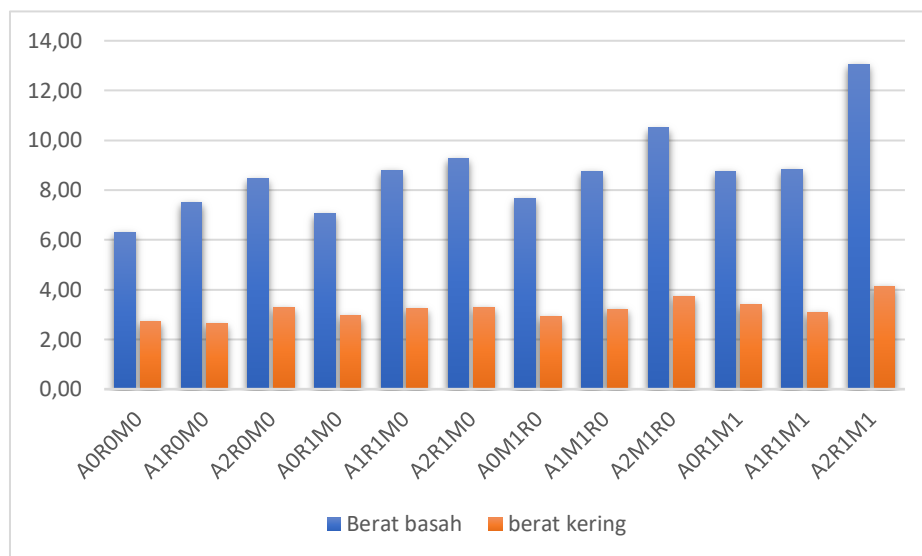
Tabel 8. Hasil pengamatan berat basah tanaman dan berat kering tanaman.

Perlakuan	Parameter 8 MST		Taraf
	Berat Basah Tanaman (g)	Berat Kering Tanaman (g)	
A0R0M0	6,30 <sup>f</sup>	2,73 <sup>f</sup>	BNJ 5%
A0R1M0	7,06 <sup>ef</sup>	2,95 <sup>e</sup>	
A0M1R0	7,67 <sup>de</sup>	2,90 <sup>e</sup>	
A0R1M1	8,74 <sup>c</sup>	3,30 <sup>d</sup>	
A1R0M0	7,51 <sup>e</sup>	2,81 <sup>ef</sup>	
A1R1M0	8,79 <sup>c</sup>	3,41 <sup>cd</sup>	
A1M1R0	8,76 <sup>c</sup>	3,38 <sup>cd</sup>	
A1R1M1	8,83 <sup>c</sup>	3,46 <sup>c</sup>	
A2R0M0	8,47 <sup>cd</sup>	3,27 <sup>d</sup>	
A2R1M0	9,27 <sup>c</sup>	3,65 <sup>b</sup>	
A2M1R0	10,50 <sup>b</sup>	3,73 <sup>b</sup>	
A2R1M1	13,05 <sup>a</sup>	4,14 <sup>a</sup>	
Rata-Rata	8,75	3,31	
NP BNJ	0,91	0,15	

Keterangan: Angka-angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom berarti tidak berbeda nyata menurut uji BNJ taraf  $\alpha = 0.05$

Berdasarkan Gambar 1 menggambarkan nilai rata-rata berat basah dan berat kering tanaman kedelai pada berbagai kombinasi perlakuan antara pupuk kandang ayam, *Rhizobium sp.*, dan mikoriza. Perlakuan A2R1M1, yakni kombinasi pupuk kandang ayam 3 ton/ha dengan inokulasi *Rhizobium sp.* dan mikoriza, menghasilkan nilai berat basah dan berat kering tertinggi yaitu 13,05 g dan 4,14 g. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan terhadap peningkatan biomassa

tanaman. Perlakuan A0R0M0 yang tidak mendapatkan pupuk kandang, *Rhizobium*, maupun mikoriza menghasilkan berat tanaman paling rendah, baik dalam keadaan basah maupun kering.



Gambar 1 Rata-Rata Berat Kering Tanaman

#### D. Jumlah Bunga dan Polong

Berdasarkan hasil sidik ragam (ANOVA) yang telah dilakukan menunjukkan bahwa perlakuan kombinasi pupuk kandang ayam, rhizobium, mikoriza memberikan pengaruh nyata terhadap parameter, Maka dilakukan uji lanjut BNJ dengan taraf f 95% ( $\alpha = 0.05$ ), Hasil uji lanjut dapat dilihat pada Tabel 9 sebagai berikut:

Tabel 9. Hasil pengamatan bunga dan polong pada tanaman kedelai

Perlakuan	Parameter 8 MST		Taraf
	Bunga (buah)	Polong (buah)	
A0R0M0	9,7 <sup>m</sup>	5,0 <sup>f</sup>	BNJ 5%
A0R1M0	12,3 <sup>m</sup>	5,3 <sup>ef</sup>	
A0M1R0	11,7 <sup>m</sup>	6,3 <sup>d</sup>	
A0R1M1	12,3 <sup>m</sup>	7,0 <sup>cd</sup>	
A1R0M0	9,0 <sup>m</sup>	5,3 <sup>ef</sup>	
A1R1M0	12,7 <sup>m</sup>	6,7 <sup>cd</sup>	
A1M1R0	12,3 <sup>m</sup>	8,0 <sup>b</sup>	
A1R1M1	13,0 <sup>m</sup>	7,7 <sup>b</sup>	
A2R0M0	11,7 <sup>m</sup>	5,7 <sup>e</sup>	
A2R1M0	14,0 <sup>m</sup>	7,7 <sup>b</sup>	
A2M1R0	13,7 <sup>m</sup>	8,0 <sup>b</sup>	
A2R1M1	15,3 <sup>m</sup>	8,7 <sup>a</sup>	
Rata Rata	12,3	6,8	
NPBNJ	-	0,59	

Keterangan: Angka-angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom berarti tidak berbeda nyata menurut uji BNJ taraf  $\alpha = 0.05$

## **3.2 Pembahasan**

### **3.2.1 Karakteristik sifat kimia tanah**

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian pupuk kandang ayam, *Rhizobium sp* dan mikoriza mampu meningkatkan beberapa sifat kimia tanah dan memberikan pengaruh sangat nyata terhadap pengamatan tanaman kedelai di tanah masam. Hasil dari analisis sebelum dan sesudah perlakuan menunjukkan peningkatan sifat kimia tanah seperti pada Tabel 4. Berdasarkan hasil analisis pH tanah terbukti terjadinya perubahan setelah di berikan perlakuan pupuk kandang ayam, *Rhizobium sp*, dan mikoriza. Perlakuan A1R1M0 (Pukan 2 ton/ha + *Rhizobium sp*) memberikan perubahan paling tinggi dari analisis awal diantara perlakuan lainnya (5,6). Hal ini karena adanya penambahan pupuk kandang ayam dan rhizobium pada tanah peneliti. Pemberian bahan organik ke tanah dapat meningkat pH tanah yang awalnya 4,2 menjadi 5,6. Merujuk pada Hasibuan et al., (2014), pupuk kandang ayam menghasilkan senyawa organik berupa asam humat, karboksil, dan fenol. Senyawa-senyawa ini berfungsi meningkatkan pH tanah melalui proses pengikatan terhadap logam seperti Al dan Fe yang menjadi penyebab utama kemasaman, sehingga tanah menjadi lebih netral. Menurut Dewi et al., 2024, Penggunaan pupuk organik juga dapat meningkatkan jumlah senyawa organik dalam tanah yang memiliki kemampuan untuk mengikat aluminium dan besi. Setelah bahan organik didekomposisi, kation-kation basa dari senyawa organik yang mengandung gugus fungsional seperti fenol dan karboksil membentuk senyawa kompleks atau khelat dengan  $Al_3^+$ . Akibatnya, kelarutan Al di dalam tanah berkurang dan kemungkinan hidrolisis Al juga berkurang. Hal ini sesuai dengan pernyataan Belopukhov et al. (2023), pupuk organik memiliki berbagai manfaat, antara lain mampu menyediakan unsur hara makro dan mikro, serta mengandung asam humat (humus) yang berperan dalam meningkatkan pH tanah yang bersifat masam. Di samping itu, aplikasi rhizobium pada tanah masam juga terbukti dapat membantu menaikkan pH tanah, dan berpotensi menurunkan keracunan aluminium di tanah masam (Lei et al. (2011)).

Hasil analisis C-organik setelah diberi perlakuan mengalami peningkatan dibanding dengan kontrol dan juga analisis awal sebelum ada perlakuan. Perlakuan A2M1R0 (Pukan 3 ton/ha + 8 g mikoriza) menunjukkan hasil yang baik dengan nilai 1,67% karena adanya penambahan pupuk kandang ayam (3 ton/ha) dan juga pupuk hayati *Rhizobium*. Menurut Hasibuan et al., (2014), peningkatan kandungan C-Organik yang terdapat didalam tanah masam di sebabkan pupuk kandang ayam, yang merupakan pupuk organik dengan kandungan C-Organik yang tinggi (7,60%), membantu meningkatkan kandungan C-Organik di tanah masam.

Aplikasi mikoriza diketahui mampu meningkatkan kandungan C-organik dalam tanah. Hal ini disebabkan oleh aktivitas hifa eksternal mikoriza yang menghasilkan senyawa glikoprotein glomalin serta asam-asam organik, yang berperan dalam peningkatan kadar C-organik (Herawati et al., 2020). Sesuai dengan Singh et al., (2013) yang menyatakan bahwa karbon yang terkandung dalam glomalin memberikan kontribusi signifikan terhadap peningkatan bahan organik tanah dan perbaikan struktur tanah.

Hasil pengukuran Kapasitas Tukar Kation (KTK) diperoleh nilai Kapasitas Tukar Kation tertinggi dicapai pada perlakuan A2R1M1 dan diikuti A1M1 yang diberikan pupuk kandang dalam perlakuan dibandingkan dengan tanpa perlakuan. Menurut Haliru et al. (2015), Karbon organik yang terdapat dalam pupuk kandang dilengkapi dengan gugus fungsi seperti hidroksil, karboksil, dan fenolik yang membawa muatan negatif. Karena itu, penggunaannya dapat memberikan dampak signifikan terhadap peningkatan Kapasitas Tukar Kation (KTK) tanah. Semakin tinggi kandungan bahan organik yang terdekomposisi dalam tanah, maka nilai KTK akan semakin besar. KTK yang tinggi memungkinkan tanaman menyerap lebih banyak kation dari tanah (Madusari et al., 2015). Pemberian inokulasi mikoriza juga dapat meningkatkan Kapasitas Tukar Kation. Dapat dilihat dari nilai tanpa perlakuan (11,70) dibandingkan dengan diberikan perlakuan. Peningkatan signifikan ktk dilihat diberikan perlakuan mikoriza. Penelitian Syib'li et al., (2013), mikoriza menunjukkan tingkat interaksi yang tinggi terhadap karbon organik, bahan organik, fosfor total, serta kapasitas tukar kation tanah.

Hasil analisis P-tersedia setelah diberi perlakuan mengalami peningkatan dibandingkan dengan kontrol. perlakuan A2R1 dan A2R1M1 menunjukkan hasil yang baik dengan nilai 9,02 pm setelah pemberian perlakuan mikoriza dan pupuk kandang ayam di dalam tanah. Hal ini sejalan dengan (Astiko et al., 2019), Mikoriza mampu meningkatkan efisiensi penyerapan unsur hara, terutama fosfor (P), melalui sistem perakaran tanaman kedelai yang telah terinfeksi. Hifa eksternal mikoriza yang berkembang di sekitar akar tanaman inang berperan aktif dalam menyerap fosfor dari tanah dan menyalurkannya ke akar tanaman (Muis & Widada, 2013). Melalui aktivitas biologisnya, mikoriza mampu memproduksi senyawa seperti asam organik dan enzim fosfatase yang berperan dalam mengubah fosfor yang terikat di dalam tanah menjadi bentuk yang tersedia dan dapat dimanfaatkan oleh akar tanaman. Adanya unsur P pada tanaman berfungsi memberikan sumber energi keseluruhan tanaman, karena peran unsur hara fosfor sangat penting dalam merangsang pertumbuhan dan perkembangan sistem perakaran, terutama pada fase awal pertumbuhan benih dan tanaman muda. Mikoriza berkontribusi dalam penyerapan

fosfor dari tanah yang kemudian dimanfaatkan untuk pembentukan senyawa penting dalam proses pembentukan serta pengisian polong (Susanti et al., 2018). Peningkatan ketersediaan fosfor (P) di dalam tanah salah satunya disebabkan oleh penambahan bahan organik seperti pupuk kandang ayam. Aplikasi bahan organik pada tanah masam terbukti dapat meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk fosfat. Asam organik dalam pupuk organik berperan mengikat senyawa aluminium (Al), sehingga memperbesar ketersediaan unsur fosfor (P) di dalam tanah. Secara umum, bahan organik dapat memperbesar ketersediaan P melalui proses dekomposisi yang dapat menghasilkan asam organik dan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) (Hanum, 2013).

N-total pada hasil analisis awal 0,11% mengalami peningkatan yang dapat dilihat pada perlakuan A2R1M1 yang menunjukkan hasil terbaik dengan nilai 0,23% (sedang). Peningkatan N-Total disebabkan oleh penambahan rhizobium, mikoriza dan bahan organik pupuk kandang ayam merupakan salah satu komponen yang digunakan dalam penyuplai nitrogen bagi tanaman. Pemberian rhizobium yang efektif, dapat menambat fiksasi nitrogen bebas, dan sebagai sumber unsur hara N yang tersedia bagi tanaman kedelai. Salah satu yang menunjang peningkatan N total di dalam tanah di akibatkan penambahan perlakuan bahan organik pupuk kandang ayam. Rakhmalia (2015) menyatakan pupuk kandang ayam menunjukkan menunjukkan komposisi hara sebesar 1,83% N, 0,79% P, dan 1,43% K, yang menandakan bahwa nitrogen merupakan unsur yang paling dominan. Peningkatan N-total tanah tersebut sangat erat kaitannya dengan sumbangan secara langsung unsur N yang terdapat dalam pupuk ayam. Semakin tinggi pemberian N yang berasal dari pupuk kandang kotoran ayam maka semakin tinggi kandungan hara N-total dalam tanah (Mathias et al., 2019).

Berdasarkan pada Tabel 5 analisis Al dd menunjukkan penurunan setelah diberi perlakuan pada media tanam, nilai al dd sebelum perlakuan 0,83 dan setelah diberi perlakuan A2R1M1 memiliki nilai al dd terendah yaitu 0,33, karena adanya penambahan pupuk kandang ayam ke media tanam. Sebagaimana ditunjukkan dalam Tabel 5, penurunan kandungan Al-dd tanah secara signifikan terjadi setelah penerapan pupuk kandang ayam hingga akhir fase vegetatif tanaman. Penurunan Al-dd di dalam tanah dikaitkan dengan kandungan bahan organik dalam pupuk yang menghasilkan asam-asam organik, yang berfungsi mengikat ion Al. sejalan dengan Hasibuan et al. (2014) bahwa pelapukan bahan organik akan menghasilkan berbagai asam seperti humat dan fulvat yang mampu mengikat logam, termasuk aluminium. Selain itu, peningkatan pH tanah menyebabkan Al terendapkan dalam bentuk Al(OH)<sub>3</sub>, sehingga tidak lagi

bersifat toksik. Sedangkan Damanik et al. (2013) menemukan penurunan Kandungan Al-dd terjadi seiring pH tanah meningkat.

### **3.2.2 Tinggi Tanaman**

Berdasarkan hasil pengamatan tinggi tanaman pada Tabel 6 perlakuan A2R1M1 (Pukan 3 ton/ha+ 4 g *Rhizobium sp* + 4 g Mikoriza) menunjukkan hasil nilai rata-rata tertinggi pada parameter tinggi tanaman di 5-8 MST. Terlihat bahwa pemberian pupuk kandang ayam, *Rhizobium* dan Mikoriza diperlukan bagi tanaman kedelai yang ditanam di tanah masam, guna menghasilkan pertumbuhan tinggi tanaman yang optimal. Perlakuan A2R1M1 memiliki tinggi tanaman yang tertinggi dengan nilai rata rata 92,0 cm di 8 MST dibanding dengan tanaman yang tidak diberikan perlakuan A0R0M0 (Pukan 0 ton/ha + Tanpa *Rhizobium sp* dan Mikoriza) yang tidak toleran dengan tanah masam mengalami pertumbuhan rendah dengan tinggi tanaman 68,0 cm. Ketersediaan unsur hara didalam tanah karena pemberian pupuk kandang, *rhizobium* dan mikoriza. Menurut Yusdian et al. (2018), pengaplikasian pupuk kandang ke dalam tanah dapat meningkatkan ketersediaan unsur hara makro maupun mikro, yang kemudian dimanfaatkan tanaman dalam fase pertumbuhan vegetatif dan generatif. Unsur nitrogen, fosfor, dan kalium yang tersedia di tanah sangat berperan dalam menentukan tinggi tanaman.

Pemberian kombinasi *Rhizobium* dan mikoriza juga terbukti meningkatkan pertumbuhan tinggi tanaman kedelai. Selama proses pertumbuhannya, tanaman kedelai memerlukan nitrogen dalam jumlah mencukupi yang diserap melalui sistem perakarannya. Salah satu sumber nitrogen tersebut berasal dari proses fiksasi nitrogen atmosfer ( $N_2$ ) oleh bakteri *Rhizobium sp.* yang bersimbiosis dengan akar tanaman kedelai (Meitasari & Wicaksono, 2017). Seperti yang dikemukakan oleh Kurniaty et al. (2013) bahwa inokulasi *Rhizobium sp.* dapat merangsang peningkatan tinggi tanaman, karena kemampuan *Rhizobium* dalam menambat nitrogen dari udara, sehingga suplai nitrogen dari pupuk tidak lagi dibutuhkan. Sesuai dengan Sari & Prayudyarningsih (2015), bakteri *Rhizobium* mampu membentuk hubungan simbiosis dengan tanaman kedelai melalui proses infeksi pada akar, yang kemudian menghasilkan bintil akar. Bintil akar yang terbentuk secara efektif berperan dalam menyediakan nitrogen yang dibutuhkan untuk mendukung pertumbuhan tanaman. Proses fiksasi nitrogen oleh *Rhizobium* secara nyata berkontribusi terhadap peningkatan kadar nitrogen dalam tanah. Menurut studi oleh Apriyangsa & Natalia (2025), bahwa tanah yang diinokulasi dengan *Rhizobium* mengalami peningkatan konsentrasi nitrogen sebesar 40% dibandingkan dengan tanah yang tidak mendapatkan inokulasi.

Mikoriza berperan dalam meningkatkan tinggi tanaman kedelai pada masa awal pertumbuhan, karena tanaman yang diinokulasi dengan mikoriza menunjukkan penyerapan unsur hara yang lebih baik, yang secara langsung memperbaiki proses metabolisme pertumbuhan. Menurut Yusrizal et al., (2018), mikoriza arbuskula berperan dalam meningkatkan efisiensi penyerapan air dan fosfor oleh tanaman, sementara Marschner & Dell, (1994) menyatakan hifa eksternal mikoriza juga berperan dalam menyerap unsur hara bergerak seperti N, K, Mg, Zn, Cu, Mn, dan Ca. Pada tanah dengan tingkat keasaman tinggi, fosfor menjadi sangat tidak tersedia, dan tanaman yang tidak diinokulasi mikoriza berisiko menghambat pertumbuhan akibat kekurangan fosfor (Indriani et al., 2011).

### **3.2.3 Jumlah Daun**

Hasil dari sidik ragam (ANOVA) pada Tabel 7 menunjukkan pada rata rata 8 MST perlakuan A2R1M1 (Pukan 2 ton/ha + 4 g *Rhizobium sp* + 4 g Mikoriza) memberikan nilai rata rata tertinggi pada jumlah daun dengan rata rata 42,3 cm. Namun, berbeda nyata dengan perlakuan kontrol (A0R0M0) dan perlakuan lainnya. Penelitian ini membuktikan adanya interaksi antara aplikasi pupuk kandang ayam, *Rhizobium*, dan mikoriza yang berpengaruh terhadap peningkatan jumlah daun pada tanaman kedelai dalam 8 minggu setelah tanam (MST). Kombinasi perlakuan yang memberikan hasil optimal yakni pemberian Pukan 2 ton ha<sup>-1</sup> + 4 g *Rhizobium sp* + 4 g Mikoriza sebesar 42,3 (Tabel 7). Hasil ini menunjukkan bahwa kombinasi antara pupuk kandang, *Rhizobium sp.*, dan mikoriza mampu meningkatkan jumlah daun pada tanaman. Efek tersebut erat kaitannya dengan peran unsur hara nitrogen dan fosfor. *Rhizobium sp.* merupakan bakteri penambat nitrogen yang mampu menyediakan hingga 80% kebutuhan nitrogen tanaman leguminosa serta meningkatkan produksi nitrogen sebesar 10–25% (Sari & Prayudyaningsih, 2015). Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian Meitasari & Wicaksono, (2017) bahwa aplikasi *Rhizobium* dan pemberian nitrogen 100% dapat meningkatkan jumlah daun. Hal ini terjadi karena unsur nitrogen yang memadai mempercepat konversi karbohidrat menjadi protein yang kemudian tersusun menjadi protoplasma. Pertambahan jumlah daun dipengaruhi oleh aktivitas pembelahan sel di bagian ujung batang, yang hanya dapat terjadi secara optimal jika tanaman memperoleh cukup karbohidrat hasil fotosintesis. Fotosintesis itu sendiri berjalan maksimal apabila nutrisi yang diperlukan tersedia dan faktor lingkungan mendukung (Suhastyo & Raditya, 2019 Selain itu (Purwanto et al., 2021) unsur nitrogen berperan dalam sintesis klorofil, yang pada akhirnya memacu peningkatan jumlah daun tanaman.

### **3.2.4 Berat basah dan berat kering tanaman**

Berdasarkan pada Tabel 8, perlakuan A2R1M1 menunjukkan rata-rata nilai berat basah dan berat kering tanaman yang tinggi yaitu 13,05 (g) dan 4,14 (g) dibandingkan dengan kontrol. Hal ini disebabkan karena adanya penambahan rhizobium, mikoriza dan pupuk kandang ayam ke media tanam. Aplikasi pupuk kandang dapat memperbaiki sifat fisik dan kimia tanah, meningkatkan kadar hara yang tersedia, serta merangsang aktivitas mikroorganisme di dalam tanah. Kandungan unsur hara makro dan mikro dalam pupuk organik memberikan dampak kompleks terhadap proses pembentukan karbohidrat dan produksi biomassa tanaman (Barus et al., (2015). Pasokan energi dan unsur hara memengaruhi pertumbuhan jumlah serta ukuran sel, serta efektivitas penyerapan air (Mastur et al. (2017)).

Berat kering pada tanaman merupakan hasil dari kemampuan tajuk dalam menyerap dan mengoptimalkan penggunaan cahaya matahari yang tersedia sepanjang masa tanam. Pemberian pupuk hayati seperti *Rhizobium sp*, dan mikoriza dapat meningkatkan bobot kering tanaman karena disebabkan oleh mikroba penambat nitrogen dan mikroba pelarut fosfor. Kondisi ini berkaitan erat dengan kemampuan sistem perakaran dan aktivitas *Rhizobium* dalam menambat nitrogen, yang meningkatkan kebutuhan unsur nitrogen sebagai komponen utama dalam pembentukan klorofil. Peningkatan kadar klorofil tersebut mendorong peningkatan laju fotosintesis dan produksi asimilat, sehingga pertumbuhan tanaman berlangsung optimal hingga masa panen, berkat suplai nitrogen hasil fiksasi oleh bakteri *Rhizobium* yang tersedia bagi tanaman kedelai. Sesuai dengan pendapat Setyawati et al., (2024), bahwa berat kering suatu tanaman yang diinokulasi *Rhizobium sp* lebih tinggi dibanding dengan kontrol. Peningkatan bobot tanaman disebabkan oleh penambatan N dari *Rhizobium sp* (Prasetyani et al., 2021). Salah satu temuan yang menarik adalah bahwa perlakuan kontrol A0R0M0 menghasilkan bobot basah dan kering tanaman paling rendah dibandingkan seluruh perlakuan lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa kekurangan unsur hara, khususnya nitrogen, selama fase vegetatif berdampak negatif terhadap pembentukan biomassa tanaman (Marschner, 2019). Peningkatan berat kering tanaman juga seiring meningkatnya ketersediaan P dalam tanah. Peningkatan P tersedia mempengaruhi pula serapan P oleh tanaman. Fosfor (P) yang diserap tanaman berperan penting dalam merangsang pembentukan akar, sehingga mendukung pertumbuhan tanaman secara optimal (Wahyuningsi et al., 2017). Ketersediaan fosfor dapat mempercepat perkembangan sistem perakaran yang baik, terutama pada fase awal pertumbuhan. Dengan

sistem akar yang berkembang optimal, efisiensi penyerapan unsur hara akan meningkat, sehingga seluruh proses metabolisme dalam tanaman berlangsung dengan lancar.

### **3.2.5 Jumlah Bunga dan Polong Tanaman**

Berdasarkan data pada Tabel 9, aplikasi pupuk kandang ayam, *Rhizobium*, dan mikoriza memberikan pengaruh signifikan terhadap jumlah polong per tanaman kedelai. Proses pembentukan dan pembesaran polong cenderung meningkat seiring bertambahnya usia tanaman dan jumlah bunga yang terbentuk (Maimunah et al., 2018). Rata-rata jumlah polong tertinggi dicapai pada perlakuan A2R1M1 dengan nilai 8,7 polong, yang berbeda nyata dibandingkan kontrol A0R0M0 (5,0 polong), meskipun tidak menunjukkan pengaruh signifikan terhadap jumlah bunga. Aplikasi *Rhizobium* secara khusus juga terbukti memengaruhi jumlah polong secara signifikan. Sejalan dengan penelitian Putra et al. (2017), inokulasi *Rhizobium* pada tanaman kedelai dapat meningkatkan pertumbuhan dan hasil, terutama jumlah cabang, polong berisi, dan hasil per petak. Sajar & Setiawan (2023), mengemukakan bahwa bakteri *Rhizobium* sp. membentuk bintil akar melalui asosiasi dengan akar tanaman, memungkinkan fiksasi nitrogen dari udara untuk mendukung pertumbuhan vegetatif dan generatif, termasuk pembentukan daun, batang, akar, polong, dan biji.

## **4. KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil penelitian, kombinasi pupuk kandang ayam, *Rhizobium* sp., dan mikoriza memberikan dampak positif terhadap perbaikan sifat kimia tanah dan pertumbuhan tanaman kedelai. Perlakuan A2R1M1 (pupuk kandang ayam 2 ton ha<sup>-1</sup> + *Rhizobium* sp. + mikoriza) menunjukkan respons terbaik pada peningkatan KTK, P-tersedia, dan N-total, yang berimplikasi pada peningkatan tinggi tanaman (92,0 cm), jumlah daun (42,3 helai), jumlah polong (6,8 buah), serta bobot basah (13,05 g) dan bobot kering tanaman (4,14 g).

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Apriyansa Gulo, & Natalia Kristiani Lase. (2025). Peran *Rhizobium* dalam Kesuburan Tanah : Kajian Literatur. *Hidroponik : Jurnal Ilmu Pertanian Dan Teknologi Dalam Ilmu Tanaman*, 2(1), 95–101. <https://doi.org/10.62951/hidroponik.v2i1.229>
- Astiko, W., Wangiyana, W., & Susilowati, L. E. (2019). Tropical Agricultural Science Indigenous Mycorrhizal Seed-coating Inoculation on Plant Growth and Yield, and NP-uptake and Availability on Maize-sorghum Cropping Sequence in Lombok's Drylands. *Pertanika J. Trop. Agric. Sc*, 42(3), 1131–1146. <http://www.pertanika.upm.edu.my/>

- Barus, H. & Pasta, A. (2015). Tanggapan Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Jagung Manis (*Zea Mays L. Saccharata*) pada aplikasi Berbagai Pupuk Organik. *Agrotekbis* 3 (2)
- Belopukhov, S. L., Grigoryeva, M. V., Bagnavets, N. L., Osipova, A. V., & Rybkin, I. D. (2023). The influence of Agrotechnologies of Organic Farming on The Content of Humus, Phosphorus and Potassium in The Soil. *Brazilian Journal of Biology*, 83. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.275585>
- Damanik, V., Musa, L., & Marbun, P. (2013). Pengaruh Pemberian Kompos Kulit Durian Dan Kompos Kulit Kakao Pada Ultisol Terhadap Beberapa Aspek Kimia Kesuburan Tanah. *Jurnal Online Agroekoteknologi*, 2(1), 455–461.
- Dewi, S. C. O., Suprayogo, D., Rahmanto, D., & Rini, T. S. (2024). Optimalisasi Dan Uji Efektivitas *Actinomyces* Pada Brassica Chinensis Di Bawah Cekaman Kekeringan dan Ph Masam Ultisol. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 11(1), 193-204.
- Fitriana, D., Islami, T., & Sugito, Y. (2015). Pengaruh Dosis Rhizobium Serta Macam Pupuk Kandang Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kacang Tanah (*Arachis hypogaea L.*). *Jurnal Produksi Tanaman*, 3(7), 547–555.
- Ganti, N., Sahta, G., & Leomo, S. (2023). Pengaruh Pemberian Pupuk Organik Terhadap Sifat Kimia Tanah Masam dan Hasil Tanaman Jagung (*Zea mays L.*). *Berkala Penelitian Agronomi*, 11(1). <https://doi.org/10.33772/bpa.v11i1.400>
- Haliru, M., Audu, M., Lukman, S., Sauwa, M., Aliyu, I., & Hayatu, N. (2015). Effect of Cow Dung, NPK and Their Combinations on Soil Properties and Performance of Sweet Potato (*Ipomoea batatas L.*) in Sudan Savanna, Nigeria. *American Journal of Experimental Agriculture*, 6(3), 189–195. <https://doi.org/10.9734/ajea/2015/14464>
- Hanum, Chairani. (2013). Pertumbuhan, Hasil, dan Mutu Biji Kedelai dengan Pemberian Pupuk Organik dan Fosfor. *J. Agron. Indonesia*, 41(3), 209–214.
- Hasibuan, S., Damanik, M., & Sitanggang, G. (2014). Aplikasi Pupuk Sp-36 Dan Pupuk Kandang Ayam terhadap Ketersediaan dan Serapan Fosfor Serta Pertumbuhan Tanaman Jagung Pada Ultisol Kwala Bekala. *Jurnal Online Agroekoteknologi*, 2(3), 1118–1125.
- Herawati, A., Syamsiyah, J., & Rochmadtulloh, M. (2020). Pengaruh Aplikasi Mikoriza dan Bahan Pembenh terhadap Sifat Kimia dan Serapan Fosfor di Tanah Pasir. *Soilrens*, 18(2), 26–35. <https://doi.org/https://doi.org/10.24198/soilrens.v18i2.32074>
- Indriani, N. P., Mansyur, Susilawati, I., & Islami, R. (2011). Peningkatan Produktivitas Tanaman Pakan Melalui Pemberian Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA). *Pastura*, 1 (1), 27–30.
- Kurniaty, R., Bustomi, S., & Widyati, E. (2013). Penggunaan Rhizobium dan Mikoriza Dalam Pertumbuhan Bibit Kaliandra (*Calliandra Callothyrsus*) Umur 5 Bulan). *Jurnal Penelitian Sosial Dan Ekonomi Kehutanan*, 1 (2), 59–64. <https://doi.org/10.20886/bptpth.2013.1.2.59-64>
- Lei Zhang, Jian-pingGu, Shi-qingWei, Ze-yangZhou, ChaoZhang, and YongxiongYu. (2011).

- Mechanism of acid tolerance in a rhizobium strain isolated from *Pueraria lobata* (Willd.) Ohwi. *Canadian Journal of Microbiology*. 57(6): 514-524. <https://doi.org/10.1139/w11-036>
- Madusari, S., Prog, D., Budidaya, S., Kelapa, P., Politeknik, S., Sawit, K., & Widya Edukasi - Bekasi, C. (2015). Kajian Kapasitas Tukar Kation (KTK) dan Rasio C/N Pada Aplikasi Pupuk Cair Bonggol Pisang (*Musa sp.*) dan Mikoriza di Pembibitan Awal Tanaman Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.). *Jurnal Citra Widya Edukasi*, 2.
- Marschner, H., & Dell, B. (1994). Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. *Plant and Soil*, 159 (1), 89–102. <https://doi.org/10.1007/BF00000098>
- Mastur, Syarifuddin & Syakir, M. (2015). Peran dan pengelolaan hara nitrogen pada tanaman tebu untuk peningkatan produktivitas tebu. *Perspektif: Review Penelitian Tanaman Industri* 14(2), 73-86
- Ma'sum, M. A., Partoyo, P., & Kundarto, M. (2020). Kesesuaian Lahan untuk Kedelai Edamame Di Desa Purwobinangun Kecamatan Pakem Kabupaten Sleman. *Jurnal tanah dan air (Soil and Water Journal)*, 11-19.
- Mathias, P., Leku, N., Duaja, W., & Bako, P. O. (2019). Pengaruh Dosis Kombinasi Pupuk Kandang Kotoran Ayam dan Pupuk Majemuk NPK Phonska Terhadap beberapa Sifat Kimia Tanah Dan Hasil Cabai Rawit (*Capsicum frutescens* L.) Pada Alfisol. *Agrisa*, 8(1), 404–417.
- Meitasari, A. D., & Wicaksono, K. P. (2017). Inoculation of Rhizobium And Nitrogen Equalization On Soybean (*Glycine Max* (L) Merrill) Varieties Wilis. *Plantropica Journal of Agricultural Science*, 2(1), 55–63.
- Marschner, P. (2019). *Nutrisi Mineral Tanaman Tingkat Tinggi* (edisi ke-3). Academic Press.
- Muis, A., & Widada, J. (2013). The Effect Of Arbuscula Mycorrhizal Inoculation On The Growth And Yield Of Soybean (*Glycine Max* (L.) Merrill) At Various Watering Intervals. *Vegetalika*, 2(2), 7–20.
- Maimunah, M., Rusmayani, G & Langai, B. (2018). Pertumbuhan dan Hasil Dua Varietas Tanaman Kedelai (*Glycine max* (L.) Merril) Dibawah Kondisi Cekaman Kekeringan Pada Berbagai Stadia Tumbuh. *EnviroScienteeae* 14 (3), 211-221
- Nong Baka, Y., & Tematan, Y. B. (2020). Pengaruh Pemberian Mulsa Jerami Padi dan Pupuk Kandang Ayam terhadap Produksi Bawang Merah (*Allium cepa*L.var. *Ascalonicum*. *Spizaetus: Jurnal Biologi Dan Pendidikan Biologi*, 1(2), 33–39. <https://doi.org/https://doi.org/10.55241/spibio.v1i2.10>
- Pangaribuan, N. (2014). Penjaringan Cendawan Mikoriza Arbuskula Indigenous Dari Lahan Penanaman Jagung Dan Kacang Kedelai Pada Gambut Kalimantan Barat. *Jurnal Agro*, 1(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.15575/81>
- Pasang, Y., Jayadi, Muh., & Rismaneswati. (2019). Peningkatan Unsur Hara Fospor Tanah

Ultisol Melalui Pemberian Pupuk Kandang, Kompos Dan Pelet. *Jurnal Ecosolum*, 8(2).  
<https://doi.org/https://doi.org/10.20956/ecosolum.v8i2.7872>

- Prasetyani, C, E., Nuraini, Y & Sucahyono, D. (2021). Pengaruh Salinitas Tanah Terhadap Efektivitas Bakteri Rhizobium sp Toleran Salinitas Pada Tanaman Kedelai (*Glycine max* L. Merril) Effect of Soil Salinity on the Effectiveness. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan* Vol 8 (1), 281-292, 2021
- Purwanto, P., Mardin, S. & Rahmah, S. (2021). Aplikasi Pupuk Daun yang di Perkaya dengan Silika untuk Meningkatkan Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kacang Hijau (*Vigna radiata* L.): Array. *Jurnal Pertanian Peradaban (Peradaban Journal of Agriculture)* 1 (2), 17-27
- Putra, H, P., Sumarni, T & Islamic, T. (2017). Pengaruh Macam Bahan Organik dan Inokulum Rhizobium Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kedelai (*Glycine max* (L.) Merril). *Jurnal Produksi Tanaman* 5 (2)
- Rakhmalia, R. (2015). Kandungan C-Organik, N-Total Tanah serta Hasil Padi Gogo (*Oryza sativa* L.) Akibat Perlakuan Pupuk Organik pada Ultisols Asal Desa Kentrong, Provinsi Banten. *Jurnal Agrikultura*, 26(2), 99–103.
- Ridha, R., Saputra, I., Juanda, B. R., (2024). *Manajemen* Kualitas Benih Mekanisme Ketahanan Varietas Kedelai (*Glycine max* (L) Merril) pada Lahan Masam Selama Fase Vegetatif. *Jurnal Bisnis Dan Manajemen*, 2(1), 113–126.
- Ritung S., Suryan E., & Subardja D. (2015). *Sumber Daya Lahan Pertanian Indonesia Luas, Penyebaran, dan Potensi Ketersediaan*. IAARD Press.
- Sari, E., Puspitorini, P., & Kurniastuti, T. (2016). Pengaruh Pemberian Legin dan Pupuk Urea Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kedelai (*Glycine Max* (L.) Merril). *Jurnal Viabel Pertanian*, 10(1), 20–36.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.35457/viabel.v10i1.111>
- Sari, R., & Prayudyaningsih, R. (2015). Rhizobium: Pemanfaatannya sebagai Bakteri Penambat Nitrogen. *Jurnal Penelitian Sosial Dan Ekonomi Kehutanan*, 12(1), 51–64.  
<https://doi.org/10.20886/buleboni.5054>
- Sajar, S & Setiawan A. 2023. Respon Penggunaan Bakteri Penambat Nitrogen *Rhizobium sp* dan pupuk kohe ayam. *Agrivet: Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian dan Peternakan (Journal of Agricultural Sciences and Veteriner)* 11 (2), 151-161
- Setyawati, E, A., Wijayani, S & Banjarnahor, M. 2024. Pengaruh Kombinasi Dosis Pupuk NPK dan Dosis Inokulum *Rhizobium sp* terhadap Pembentukan Nodulasi dan Pertumbuhan *Pueraria Javanica*
- Setiawan, W., Solfan, B., Septirosya, T., (2025). Pertumbuhan dan Hasil Kedelai (*Glycine Max* (L.) Merr.) Pada Tanah Ultisol dengan Pemberian Sludge Pabrik Kelapa Sawit Growth And Yield Of Soybean (*Glycine Max* (L.) Merr.) On Ultisol With The Application Of Oil Palm Mill Sludge. *Seminar Nasional Integrasi Pertanian Dan Peternakan*, 3(1), 457–468. <https://semnasfpp.uin-suska.ac.id/index.php/snipp>

- Singh, P. K., Singh, M., & Tripathi, B. N. (2013). Glomalitin: an arbuscular mycorrhizal fungal soil protein. *Protoplasma*, 250(3), 663–669. <https://doi.org/10.1007/s00709-012-0453-z>
- Sompotan, S. (2013). Hasil Tanaman Sawi (*Brassica Juncea L.*) Terhadap Pemupukan Organik dan Anorganik. *Geosains*, 2(1), 14–17.
- Suhastyo, A., & Raditya (2019). Respon Pertumbuhan Dan Hasil Sawi Pagoda (*Brassica narinosa*) Terhadap Pemberian Mol Daun Kelor. *Jurnal Agrotechnology*, 3 (1), 56-60
- Susanti, A., Faizah, M., Wibowo Fakultas Pertanian Universitas KHA Wahab hasbullah Jl Garuda No, R., & Jombang, T. (2018). Uji Infektifitas Mikoriza Indigenous Terhadap Tanaman Kedelai Terinfeksi Phakopsora pachyrhizi Syd. *Seminar Nasional Multidisiplin*.
- Tobing, S., Rachmania, N., & Triadiati. (2014). Aplikasi Bradyrhizobium japonicum dan Aeromonas Salmonicida pada Penanaman Kedelai di Tanah Asam dalam Percobaan Rumah Kaca. *BIOTIK: Jurnal Ilmiah Biologi Teknologi dan Kependidikan*, 2(1), 10–16. <https://doi.org/10.22373/biotik.v2i1.229>
- Utami, S., & Putrady Marbun, R. (2019). Pertumbuhan dan Hasil Bawang Sabrang (*Eleutherine Americana Merr.*) Akibat Aplikasi Pupuk Kandang Ayam dan KCL. *Agrium*, 22(1), 52. <https://doi.org/10.30596/agrium.v21i3.2456>
- Yusdian, Y., dan, K., & Vaisal, R. (2018). Pengaruh Dosis Pupuk Kandang Ayam Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kentang (*Solanum tuberosum L.*) Varietas Granola. *Jurnal Ilmiah Pertanian*, 6(2), 98–102. <http://journal.unwim.ac.id/index.php/paspalum>
- Yusrizal, Muyassir, & Syafruddin. (2018). Optimalisasi Tanah Kritis dengan Mikoriza dan Fosfat untuk Peningkatan Pertumbuhan dan Serapan Hara Kedelai. *Jurnal Agrotek Lestari*, 5 (1), 100–112.
- Wahyuningsi, Proklamasiningsih, E & Dwianti, M. 2016. Serapan Fosfor dan Pertumbuhan Kedelai (*Glycine max*) pada Tanah Ultisol dengan Pemberian Asam Humat. *Biosfera* Vol 33, No 2 Mei 2016 : 66-70