

## RINGKASAN

**Citra Aurina Lirasari. 125040207111022. Efektivitas Dosis Pupuk Kandang Sapi Dan Multi Isolat *Rhizobium* sp Terhadap Peningkatan Unsur Hara Makro Dan Serapan Nitrogen Tanaman Kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill) Di Tanah Masam. Dibimbing oleh Syekhfani selaku Pembimbing Utama dan Didik Sucahyono selaku Pembimbing Kedua.**

---

Kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill) merupakan tanaman pangan setelah padi dan jagung yang memiliki protein dan sumber nabati yang tinggi. Badan Pusat Statistik (2013), produksi kedelai lokal di Indonesia mencapai 29% dari total keseluruhan dan harus mengimpor 71% kebutuhan kedelai. Untuk memenuhi kebutuhan kedelai, pemerintah harus memanfaatkan lahan suboptimal, yaitu pada lahan masam di luar jawa (Suwarno, 2005). Beberapa kendala pada lahan masam yang dijadikan lahan pertanian, yaitu kemasaman tanah, fiksasi N oleh kacang-kacangan terhambat, kekahatan unsur hara seperti P, K, Ca, Mg, dan Mo, serta mikroba tanah sedikit. Namun, pada fase vegetatif kedelai membutuhkan nitrogen dalam jumlah yang banyak. Nitrogen bersifat mudah tercuci dan menguap sebelum tanaman menyerap nitrogen. Oleh karena itu, untuk memperbaiki fiksasi N yang terhambat perlu adanya pemberian inokulasi bakteri *Rhizobium* sp dan pupuk organik sebagai penyuplai unsur hara di tanah masam. Penelitian ini bertujuan (1). Untuk menentukan dosis pupuk kandang sapi ternak dan multi isolat *Rhizobium* sp yang tepat terhadap peningkatan unsur hara nitrogen dan serapan nitrogen tanaman kedelai, (2). Untuk mengetahui interaksi antara dosis pupuk kandang sapi ternak dan *Rhizobium* sp terhadap tanaman kedelai.

Penelitian ini dilakukan di Rumah Kaca Balai Penelitian Aneka Tanaman Kacang dan Umbi, Kendalpayak, Malang pada November 2016 sampai Desember 2016 dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap Faktorial (RALF) yang terdapat 8 perlakuan dan 3 ulangan. Parameter pengamatan yaitu (1) tanah terdiri dari N-Total, dan pH (2) tanaman terdiri dari serapan N, bobot basah, bobot kering, jumlah bintil akar, dan berat kering akar. Data yang diperoleh dianalisis menggunakan uji ANOVA, apabila berbeda nyata maka diuji lanjut dengan uji Duncan (DMRT) pada taraf 5%. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa perlakuan inokulasi multi isolat *Rhizobium* sp dengan pupuk kandang 3 ton ha<sup>-1</sup> dapat meningkatkan unsur hara makro N sebesar 120,48% dan serapan N tanaman kedelai sebesar 122,6% dibandingkan dengan perlakuan tanpa inokulasi multi isolat *Rhizobium* sp dengan pupuk kandang 3 ton ha<sup>-1</sup>.

## SUMMARY

**Citra Aurina Lirasari. 125040207111022. Effectiveness Dosage Of Cattle Manure And Multi Isolate *Rhizobium* sp to Improve Macro Nutrient and Uptake Nitrogen Plants Soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) On Acid Soil. Supervised by Syekhfani as the Primary Supervisor and Didik Sucahyono as the Second Supervisor.**

---

Soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) is a crop after rice and maize that has protein and vegetable sources is high. Badan Pusat Statistik (2013), local soybean production in Indonesia reaches 29% of the total and must import 71% soybean. To provide needs of soybean, the government must utilize suboptimal land, such as acid soil on outside Java (Suwarno, 2005 ). Some problems on the acid soil for agriculture, was soil acidity, N fixation by legumes is inhibited, loss nutrients such as P, K, Ca, Mg, and Mo, and a less soil microbes. However, the soybean vegetative phase need nitrogen in large quantities. Nitrogen is easily washed and evaporate before the plants absorb nitrogen. Therefore, to improve fixation N hampered the need for the provision of *Rhizobium* sp inoculation and organic fertilizers as a supplier of nutrients in the soil acidic. This research aims to (1). To determine the dose of cattle manure and multi isolates *Rhizobium* sp right to increased nutrient nitrogen and nitrogen uptake soybean, (2). To understand the interaction between doses of cattle manure and *Rhizobium* sp on soybean.

This research was conducted in Greenhouse of Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi (BALITKABI), Kendalpayak, Malang in November 2016 until December 2016 using factorial completely randomized design (RALF) contained eight treatments and three replications. Observations: (1) soil N-total, and pH (2) soybean N uptake, wet weight, dry weight, number of nodules, and root dry weight. Data were analyzed using ANOVA test, if significantly different then further tested by Duncan test (DMRT) at 5% level. Based on the results of this study concluded that treatment of multiple isolates of *Rhizobium* sp inoculation with 3 tons ha<sup>-1</sup> of cattle manure can increase the macro nutrients N by 120,48% and soybean crop N uptake by 122,6% compared to the treatment without inoculation multi isolates *Rhizobium* sp with 3 tons ha<sup>-1</sup> of manure.

## KATA PENGANTAR

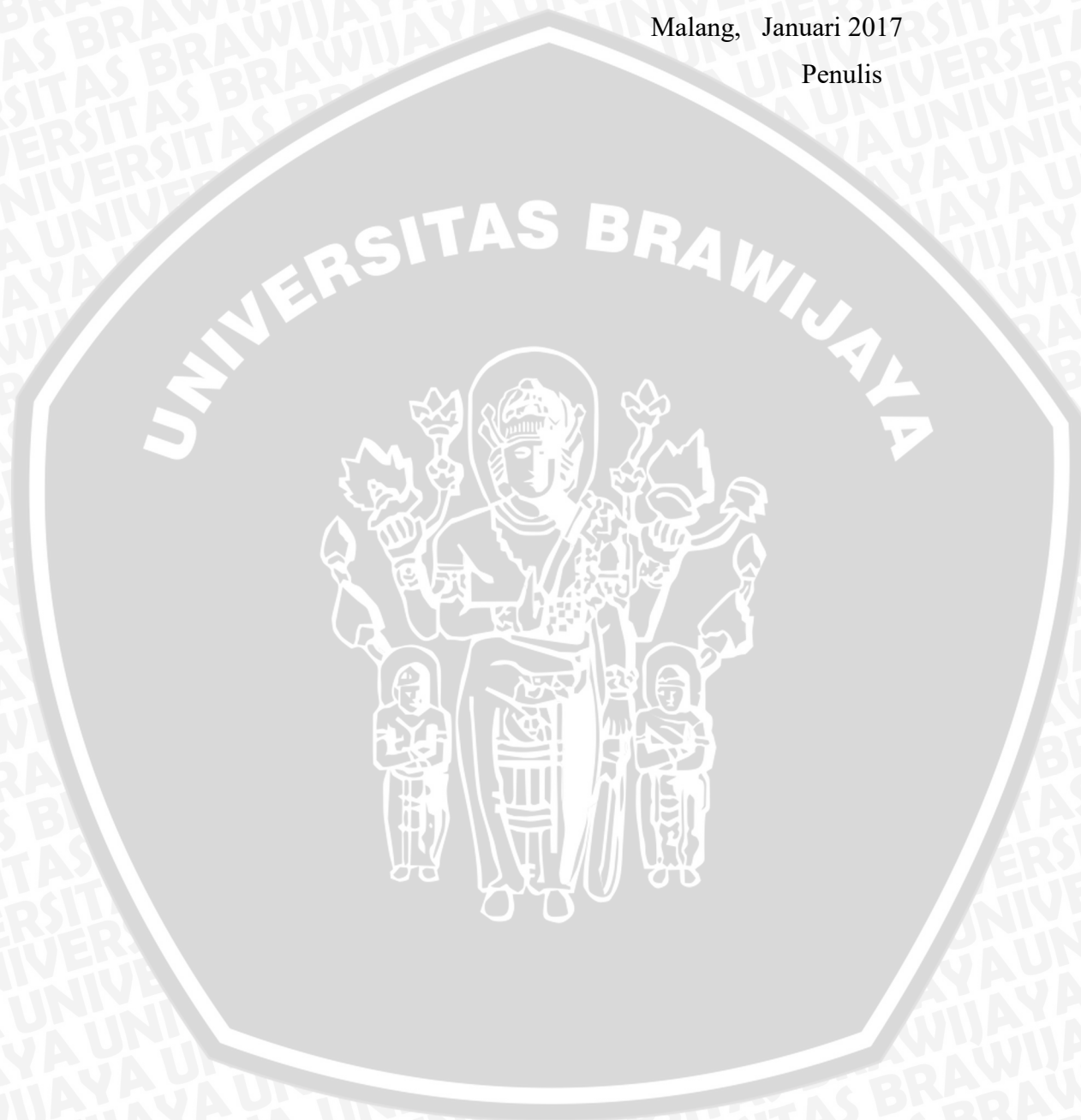
Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT Yang Maha Kuasa, karena dengan kekuatan dan kuasa-Nya penulis mampu menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Efektivitas Dosis Pupuk Kandang Sapi Dan Multi Isolat Rhizobium Terhadap Peningkatan Unsur Hara Makro Dan Serapan Nitrogen Tanaman Kedelai (*Glycine Max (L.) Merril*) Di Tanah Masam”**. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan penuh terima kasih atas bimbingan dan arahan dalam penulisan skripsi untuk memperoleh gelar sarjana pertanian strata satu (S1) kepada :

1. Prof. Dr. Ir. Syekhfani, MS. selaku dosen pembimbing utama yang telah memberikan nasehat, arahan serta bimbingan pada penulisan skripsi ini.
2. Didik Sucahyono, SP., MP. selaku dosen pembimbing kedua yang selalu sabar, memberikan nasehat, dan membimbing dalam pembuatan skripsi ini.
3. Jumali dan Tri Rahayuningsih selaku orang tua penulis yang telah memberikan semangat dan doa sehingga terselesaikannya skripsi ini.
4. Balai Penelitian Aneka Kacang dan Umbi yang telah memberikan bantuan dalam menjalankan penelitian ini.
5. Karyawan serta staf jurusan tanah yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini.
6. Prasetia Dharmawan, Latifatun Nisa, Mbak Dwi, Iqbal Kiswara, Amalia Citra Novi SP., Aristiani Epri San I.S. SP., Oryza Cahya, Arsyanti Nur Ainina SP., dan teman-teman mahasiswa MSDL 2012 yang sudah memberikan saran serta tenaganya untuk membantu dalam penyelesaian skripsi ini.
7. Phubby Wilisaberta, SP. sebagai teman, sahabat, dan guru yang sudah memberikan saran yang baik dalam penyelesaian skripsi ini.
8. Cancerin Rusy Lirasari selaku adik penulis yang telah memberikan semangat dan doa dalam penyelesaian skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, sehingga saran dan kritik yang membangun sangat penulis harapkan. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi teman mahasiswa, pihak - pihak yang lain serta khususnya bagi penulis.

Malang, Januari 2017

Penulis



## RIWAYAT HIDUP

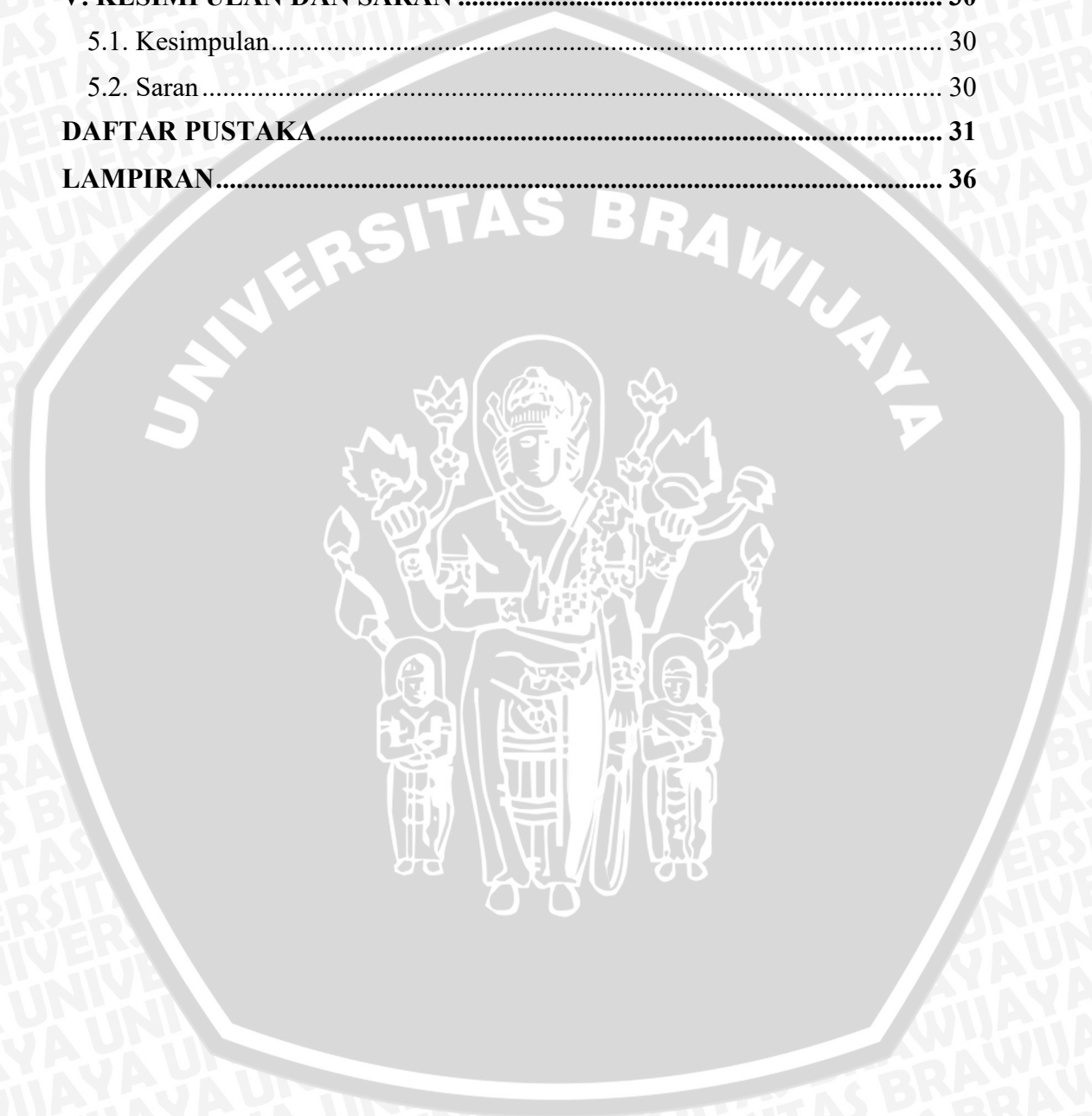
Penulis dilahirkan di Kabupaten Magetan Jawa Timur pada tanggal 16 Juli 1994 dan merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penulis anak dari pasangan Jumali dan Tri Rahayuningsih. Penulis menempuh pendidikan dasar di SD N Kauman I, Magetan, Jawa Timur pada tahun 2000 sampai tahun 2006, dilanjutkan pendidikan menengah pertama di SMP N 2 Karangrejo, Magetan (2006-2009), dan pendidikan sekolah menengah atas di SMA N 1 Barat, Magetan (2009-2012). Pada tahun 2012, penulis melanjutkan pendidikan di perguruan tinggi dan diterima sebagai mahasiswa Strata (S-1) Program studi Agroekoteknologi Minat Manajemen Sumberdaya Lahan Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya, Malang, Jawa Timur, melalui jalur seleksi mandiri (SPMK).

Selama menjadi mahasiswi, penulis pernah menjadi asisten praktikum Mata Kuliah Teknologi Pupuk dan Pemupukan, dan Manajemen Kesuburan Tanah (2014-2015). Penulis juga aktif di kegiatan kepanitiaan GATRAKSI (Galang Mitra dan Kenal Profesi) Jurusan Tanah Universitas Brawijaya pada tahun 2015.

## DAFTAR ISI

<b>RINGKASAN .....</b>	<b>i</b>
<b>SUMMARY .....</b>	<b>ii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>iii</b>
<b>RIWAYAT HIDUP .....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>ix</b>
<b>I. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	3
1.3. Tujuan.....	3
1.4. Hipotesis.....	3
1.5. Manfaat.....	3
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>4</b>
2.1. Tanah Masam .....	4
2.2. Kebutuhan Unsur Hara Tanaman Kedelai.....	5
2.3. Bakteri Penambat N(Nitrogen).....	6
2.4. Nitrogen.....	10
2.5. Pupuk Kandang Sapi .....	10
<b>III. METODE PENELITIAN.....</b>	<b>13</b>
3.1. Tempat dan Waktu .....	13
3.2. Alat dan Bahan .....	13
3.3. Metode Penelitian.....	14
3.4. Pelaksanaan Penelitian .....	15
3.5. Variabel Pengamatan.....	17
3.6. Analisis Data .....	18
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>19</b>
4.1. Pengaruh Dosis Pupuk Kandang Sapi Dan Multi Isolat <i>Rhizobium</i> sp Terhadap Nitrogen Total Tanah Dan Serapan Nitrogen Tanaman Kedelai .....	19

4.2. Pengaruh Dosis Pupuk Kandang Sapi Dan Multi Isolat <i>Rhizobium</i> sp Terhadap Jumlah Bintil, Bobot Basah, Bobot Kering, Dan Berat Kering Bintil Akar .....	23
4.3. Hubungan Jumlah Bintil Akar Terhadap Peningkatan N-total Tanah dan Serapan Nitrogen Tanaman Kedelai.....	27
<b>V. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>30</b>
5.1. Kesimpulan.....	30
5.2. Saran.....	30
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>31</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>36</b>



## DAFTAR TABEL

No.	Teks	Halaman
1.	Alat Penelitian .....	12
2.	Bahan Penelitian.....	13
3.	Kombinasi perlakuan.....	13
4.	Perlakuan percobaan.....	14
5.	Variabel pengamatan.....	17
6.	Hasil Rata-rata N total tanah .....	18
7.	Hasil Rata-rata Serapan N Tanaman Kedelai.....	20
8.	Hasil Rata-rata Pertumbuhan Kedelai .....	22
9.	Kriteria Analisa Tanah Staf Pusat Penelitian Tanah .....	37
10.	Hasil Analisis Dasar Tanah.....	38
11.	Hasil Analisis Pupuk Kandang Sapi Ternak .....	39
12.	Hasil Analisis pH H <sub>2</sub> O .....	40





DAFTAR GAMBAR

No.	Teks	Halaman
1.	Tanaman kedelai .....	5
2.	Bakteri <i>Rhizobium</i> sp.....	7
3.	Perlakuan multi isolat <i>Rhizobium</i> sp + 3 ton ha <sup>-1</sup> .....	21
4.	Regresi Jumlah Bintil Akar dengan Serapan dan N-Total Tanah .....	27
5.	Regresi N-total terhadap Serapan N.....	28







## I. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Tanaman kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill) merupakan tanaman pangan setelah padi dan jagung yang memiliki protein dan sumber nabati yang tinggi. Menurut Suhardi (2002), kedelai mengandung protein 75-80% dan lemak 16-20% serta beberapa asam-asam kasein. Di Indonesia, kedelai dijadikan sebagai bahan baku produksi, seperti tahu, tempe, kecap, susu kedelai, dan lainnya (Mursidah, 2005). Menurut Badan Pusat Statistik (2013), produksi kedelai lokal mencapai 851.286 ton atau 29% dari total keseluruhan. Indonesia harus mengimpor kedelai 2.087.986 ton untuk memenuhi 71% kebutuhan kedelai dalam negeri. Hal ini dikarenakan, lahan pertanian di Indonesia beralih fungsi lahan pemukiman, sedangkan setiap tahun kebutuhan kedelai meningkat. Dengan demikian untuk memenuhi kebutuhan kedelai, pemerintah harus memanfaatkan lahan suboptimal, yaitu pada lahan masam di luar Jawa (Suwarno, 2005).

Beberapa kendala yang dijumpai dalam budidaya kedelai di lahan masam yaitu, lahan yang mempunyai kemasaman tanah, fiksasi N oleh kacang-kacangan terhambat, kekahatan unsur hara seperti P, K, Ca, Mg, dan Mo, serta mikroba tanah sedikit (Mariska *et al.*, 2004). Salah satu upaya dalam mengatasi permasalahan di tanah masam, yaitu adanya pemberian kapur, pupuk organik, dan pupuk anorganik. Menurut Sumarno (2001), tanaman kacang-kacangan sangat membutuhkan unsur N, P, K, dan Ca dalam jumlah yang cukup, dan hal tersebut dapat dipenuhi melalui usaha pemupukan dan pemberian kapur.

Pupuk kandang merupakan pupuk organik yang dapat memperbaiki sifat kimia, fisika, dan biologi tanah. Sugito *et al.*, (1995) menyatakan bahwa penggunaan pupuk organik dalam sistem pertanian organik memberikan beberapa manfaat seperti suplai hara makro dan mikro terutama unsur N, meningkatkan kandungan bahan organik tanah sehingga memperbaiki kemampuan tanah menahan air serta menambah porositas tanah dan meningkatkan kegiatan relik dalam tanah. Disamping pemberian pupuk organik, perlu adanya penambahan pupuk hayati seperti inokulan bakteri *Rhizobium* sp dalam meningkatkan mikroba di dalam tanah. *Rhizobium* sp merupakan bakteri yang dapat memfiksasi N<sub>2</sub> dari

udara yang awalnya tidak tersedia bagi tanaman menjadi tersedia. Penggunaan bakteri *Rhizobium* sp tersebut sangat berperan penting dalam menyumbangkan N dalam bentuk asam amino yang ramah lingkungan kepada tanaman kedelai. Giller (2001) dalam Otieno *et al.* (2009), *Rhizobium* sp yang berasosiasi dengan tanaman legum mampu memfiksasi 1-2 kg N ha<sup>-1</sup> dalam satu musim tanam dan meninggalkan sejumlah N untuk tanaman berikutnya.

Nitrogen merupakan unsur hara makro yang sangat dibutuhkan tanaman pada fase vegetatif. Pada fase vegetatif, nitrogen berfungsi sebagai komponen utama protein, hormon, klorofil, vitamin, dan enzim-enzim esensial untuk kehidupan tanaman. Akan tetapi, kandungan nitrogen di atmosfer sebesar 80% dalam bentuk N<sub>2</sub> tidak secara langsung dapat dimanfaatkan oleh tanaman. Nitrogen bersifat mudah tercuci (leaching) dalam suatu kandungan unsur. Menurut Hairiah *et al.* (2000) dalam Bambang *et al.* (2006), menyatakan bahwa pupuk N mudah teroksidasi sehingga cepat menguap atau tercuci sebelum tanaman menyerap seluruhnya.

Menurut Olson dan Kurtz (1982), kebutuhan nitrogen pada tanaman kedelai sangat besar dalam pembentukan klorofil, asam amino, protein, dan menstimulasi perkembangan akar serta meningkatkan penyerapan unsur hara lainnya. Pupuk kandang sapi digunakan sebagai penyedia fraksi nitrogen untuk bakteri *Rhizobium* sp pada tanaman kedelai. Kedelai merespon unsur hara N dengan kapasitas nitrogen pupuk kandang sapi tinggi yang difiksasi oleh *Rhizobium* sp (Sultana, 2003). Pupuk kandang sapi dan *Rhizobium* sp membantu proses fiksasi nitrogen biologis untuk mengurangi biaya pupuk anorganik. Hal ini, dikarenakan pupuk kandang sapi memiliki hormon IAA (*Indol Acetat Acid*) yang membantu proses fiksasi N oleh *Rhizobium* sp. Penggunaan pupuk kandang sapi dan inokulasi *Rhizobium* sp lebih efektif dan potensial dalam pertumbuhan vegetatif kedelai yang lebih baik dan pembentukan nodulasi. Maka, pada penelitian ini bertujuan untuk mencari dosis pupuk organik yang tepat untuk pertumbuhan kedelai terhadap peningkatan unsur hara makro nitrogen dan serapan nitrogen.

## 1.2. Rumusan Masalah

- a. Apakah ada pengaruh dosis pupuk kandang sapi dan multi isolat *Rhizobium* sp terhadap unsur hara N dan serapan N tanaman kedelai ?
- b. Apakah ada interaksi pengaruh dosis pupuk kandang sapi dan multi isolat *Rhizobium* sp terhadap tanaman kedelai ?

## 1.3. Tujuan

- a. Untuk menentukan dosis pupuk kandang sapi dan multi isolat *Rhizobium* sp yang tepat terhadap peningkatan unsur hara nitrogen dan serapan nitrogen tanaman kedelai.
- b. Untuk mengetahui interaksi pengaruh dosis pupuk kandang sapi dan *Rhizobium* sp terhadap tanaman kedelai.

## 1.4. Hipotesis

- a. Pemupukan pupuk kandang sapi dan inokulasi multi isolat bakteri *Rhizobium* sp dapat meningkatkan unsur hara Nitrogen dan serapan N tanaman kedelai.
- b. Terdapat interaksi pengaruh dosis pupuk kandang sapi dan *Rhizobium* sp terhadap tanaman kedelai.

## 1.5. Manfaat

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi kepada petani mengenai dosis pupuk kandang sapi dan multi isolat bakteri *Rhizobium* sp yang tepat untuk meningkatkan produksi tanaman kedelai, serta dapat memberikan informasi pemanfaatan mikroorganisme sebagai pupuk hayati dan pemanfaatan pupuk organik yang ramah lingkungan.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Tanah Masam

Tanah sebagai sumberdaya yang digunakan untuk keperluan pertanian dapat bersifat sebagai sumberdaya yang dapat pulih (*reversible*) dan dapat pula sebagai sumberdaya yang dapat habis (Santoso, 1991). Dalam usaha pertanian tanah mempunyai fungsi utama sebagai sumber penggunaan unsur hara yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman, dan sebagai tempat tumbuh dan berpegangnya akar serta tempat penyimpan air yang sangat diperlukan untuk kelangsungan hidup tumbuhan. Di Indonesia mempunyai berbagai jenis tanah terutama tanah masam yang memiliki kendala dalam bidang pertanian.

Tanah masam adalah tanah yang mempunyai sifat-sifat seperti pH rendah, kapasitas tukar kation (KTK), kejenuhan basa (KB) dan Corganik rendah, kandungan aluminium (kejenuhan Al) tinggi, fiksasi P tinggi, unsur Nitrogen tidak tersedia bagi tanaman, kandungan besi dan mangan mendekati batas meracuni tanaman, peka erosi, dan miskin unsur biotik (Adiningsih dan Sudjadi, 1993 dalam Soepardi, 2001). Tanah masam (*acid soils*) dengan pH rendah <6,5 dikarenakan tanah tersebut memiliki kandungan ion  $H^+$  tinggi, apabila kepekatan ion hidrogen di dalam tanah terlalu tinggi, maka tanah akan bereaksi masam dan mempunyai pH tanah yang rendah. Sebaliknya, bila kepekatan ion hidrogen terlalu rendah, maka tanah akan bereaksi basa atau alkalis yang mempunyai pH yang tinggi. Ion  $H^+$  dipengaruhi dengan adanya kondisi iklim yang tidak menentu di daerah tersebut. Menurut Notohadiprawiro (1986) berasal dari proses pelapukan yang sangat intensif karena berlangsung pada daerah tropika yang bersuhu panas dan bercurah hujan tinggi. Tingginya curah hujan di sebagian wilayah Indonesia, sebagian besar kation tanah tercuci oleh air hujan, yang tertinggal adalah kation yang bersifat masam, seperti  $Al^{3+}$  tinggi, dan  $H^+$ , sehingga tanah bersifat masam. Pada tanah dengan kadar  $Al^{3+}$  tanaman tidak mampu tumbuh. Akar tanaman diselaputi oleh Al dan akar tanaman tidak dapat menyerap hara. Hara P dalam tanah maupun yang ditambahkan tidak tersedia karena diikat oleh Al (Rahmadani, 2007).

## 2.2. Kebutuhan Unsur Hara Tanaman Kedelai

Kedelai merupakan tanaman pangan yang tergolong famili leguminoceae. Nama latin dari kedelai adalah *Glycine max* (L) Merril. Kedelai mempunyai syarat tumbuh dalam budidaya. Syarat tumbuh kedelai meliputi, dapat tumbuh di berbagai jenis tanah dengan tekstur lempung berpasir atau liat berpasir, dan memiliki pH 6-6,8. Menurut Padjar (2010), toleransi kemasaman tanah sebagai syarat tumbuh kedelai yaitu 5,8-7,0 dan untuk pH <5,5 pertumbuhannya sangat lambat karena terdapat racun Aluminium. Kondisi iklim yang sesuai untuk budidaya tanaman kedelai adalah adanya keseimbangan antara suhu udara dan kelembaban yang dipengaruhi curah hujan. Kondisi iklim yang mendukung akan mengoptimalkan pertumbuhan kedelai. Cahyono (2007) menyatakan bahwa kondisi iklim yang paling cocok untuk pertumbuhan tanaman kedelai adalah daerah – daerah yang mempunyai suhu antara 25<sup>0</sup> – 28<sup>0</sup> C, kelembaban udara rata-rata 60%, penyinaran matahari 12 jam/hari atau minimal 10 jam/hari, dan curah hujan paling optimum antara 100 - 400 mm/bulan atau berkisar antara 300 - 400 mm/ 3 bulan. Jika iklim terlalu basah, kedelai tumbuh subur tetapi produksi bijinya kurang (Suhaeni, 2007).



Gambar 1. Kedelai

Sumber : Balai Pengkajian Teknologi Pertanian NAD (2009)

Tanaman kedelai memerlukan 16 jenis unsur hara dalam pertumbuhan dan perkembangannya. Unsur hara tersebut, terdiri dari unsur hara makro dan unsur hara mikro. Unsur makro terdiri dari Nitrogen, Fosfor, dan Kalium sedangkan



unsur hara mikro terdiri dari besi (Fe), seng (Zn), khlor (Cl), kopper (Co), boron (Bo) dan molybdenum (Mo). Selain NPK unsur hara lainnya yang juga dibutuhkan tanaman kedele adalah Magnesium (Mg) dan belerang (S). Unsur hara yang dibutuhkan dalam jumlah banyak oleh tanaman kedele yaitu Karbon (C), Hidrogen (H) dan Oksigen (O<sub>2</sub>) yang didapatkan dari udara dan air. Dari semua unsur hara tersebut yang paling diperlukan tanaman kedelai pada saat pertumbuhan adalah NPK dan terutama unsur Nitrogen. Nitrogen banyak dibutuhkan oleh tanaman kedelai, namun bila pemberian Nitrogen dalam jumlah terlalu banyak justru akan menekan aktivitas penambahan secara hayati yang akan mengurangi jumlah nitrogen. Kedelai yang kekurangan unsur hara Nitrogen akan dibantu oleh bakteri *Rhizobium* sp. Lahan yang sebelumnya ditanami tanaman kedelai akan lebih banyak mengandung Nitrogen dan kandungan bakteri *Rhizobium* sp juga banyak. Untuk memacu atau mempercepat pertumbuhan kedelai diberikan unsur pupuk N awal pada tanaman kedelai berkisar 50 – 75 kg/ha (Adisarwanto, 2005).

### 2.3. Bakteri Penambat N(Nitrogen)

#### 2.3.1. *Rhizobium* sp

*Rhizobium* berasal dari dua kata, yaitu *Rhizo* yang artinya akar dan *bios* yang artinya hidup. *Rhizobium* adalah suatu bakteri yang bersifat aerob, berbentuk batang, gram negatif, koloninya berwarna putih berbentuk sirkular, tidak berspora, dan dapat tumbuh dengan baik pada tekanan oksigen kurang dari 1,0 kPa. Jenis *Rhizobium* yang terdapat pada tanaman kedelai adalah *Rhizobium japonicum*. Secara umum, *Rhizobium japonicum* bersifat toleran pada pH 4.0-4.5 dibandingkan dengan *rhizobakteria* lainnya. Inokulasi *Rhizobium* sp pada tanaman kedelai dapat menodulasi tanaman kedelai yang ditanam pada lahan dengan kondisi asam dan Al tinggi, sehingga dapat meningkatkan pertumbuhan kedelai (Rachmania dan Ramasita, 2013). Bakteri *Rhizobium* sp berfungsi sebagai bakteri penambat nitrogen yang hidup di dalam tanah dan berasosiasi simbiotik dengan sel akar legume (kacang-kacangan) membentuk bintil akar. *Rhizobium* sp memerlukan makanan yang berasal dari tanaman polong-polongan tersebut,

sehingga proses ini merupakan simbiosis mutualistik (Islami *et al.*, 1995). Bakteri yang terdapat pada nodulasi akar memiliki sifat motil, selnya terdiri dari sel enzim kompleks, dan tidak berspora pergerakan dalam medium berbentuk batang (rod). *Rhizobium* sp bertumbuh baik dalam ketersediaan oksigen dan mempergunakan jarak yang lebar secara relatif dengan karbohidrat sederhana dan komponen asam amino (dengan pengecualian pada sedikit strain tidak ditemukan fiksasi N dalam bentuk *free-living* kecuali dibawah kondisi spesial).



Gambar 2. Bakteri *Rhizobium* sp  
Sumber : Simanungkalitet *al.* (2006)

Pertumbuhan *Rhizobium* sp yang terdapat pada bintil akar leguminoceae mengambil nitrogen secara langsung dari atmosfer. Pengambilan nitrogen dilakukan dengan aktifitas sel tanaman dan bakteri, nitrogen yang sudah diambil disusun menjadi senyawa nitrogen seperti asam-asam amino dan polipeptida yang ditemukan dalam tumbuh-tumbuhan, bakteri dan lingkungan disekitarnya. Tanaman *leguminoceae* dan bakteri *Rhizobium* sp tidak mampu menambat nitrogen secara mandiri. Apabila bakteri dipisahkan dari inangnya (akar), maka tidak dapat mengikat nitrogen atau hanya mengikat nitrogen sedikit. Bintil-bintil akar melepaskan senyawa nitrogen organik kedalam tanah pada tanaman Leguminosa. Bakteri *Rhizobium* sp hidup dengan menginfeksi akar tanaman legum dan berasosiasi dengan tanaman tersebut serta mengikat nitrogen. Hal ini, akan terjadi penambahan nitrogen yang dapat menambah kesuburan tanah.

Peranan *Rhizobium* sp terhadap pertumbuhan tanaman khususnya berkaitan dengan masalah ketersediaan nitrogen bagi tanaman inangnya.

Menurut Sutedjo *et al.* (1991), bintil akar terbentuk melalui beberapa tahap yaitu : bakteri *Rhizobium* sp berkerumun disekitar rambut akar, rambut akar mengeluarkan *Triptofan* selanjutnya oleh bakteri diubah menjadi asam *Indol Asetat Acid* (IAA) yang menyebabkan rambut akar mengkerut dan bakteri lebih lanjut menghasilkan enzim yang dapat melarutkan senyawa pektat yang terdapat di dalam sellulosa (menyebabkan selaput rambut menjadi sangat tipis dan mudah ditembus oleh *Rhizobium* sp) pada kulit rambut akar, sehingga terikat dimana kehadiran larutan pektat ini menyebabkan bakteri *Rhizobium* sp berubah menjadi bulat kecil-kecil dan dapat bergerak. Terbentuknya nodul akar tanaman dimana bakteri masuk kedalam rambut akar dan berkembang membentuk benang infeksi, sehingga setiap akar dan nodul terbentuk akan mengandung koloni-koloni bakteri.

### 2.3.2. Pengaruh Bakteri *Rhizobium* Terhadap Unsur Nitrogen Tanaman

Unsur hara esensial yang terdiri dari unsur hara makro yang paling banyak dibutuhkan oleh tanaman adalah nitrogen. Nitrogen merupakan unsur hara utama dalam produksi tanaman pangan, seperti tanaman kacang-kacangan. Kebutuhan nitrogen dalam suatu tanaman menempati peringkat keempat setelah karbon, oksigen, dan hidrogen. Pada tanaman, N berfungsi sebagai komponen utama protein, hormon, klorofil, vitamin, dan enzim-enzim esensial untuk kehidupan tanaman. Nitrogen menyusun 40%-50% bobot kering protoplasma, dan bahan hidup sel tanaman (Ali, 2011). Senyawa nitrogen di dalam tanaman berbentuk nitrogen organik maupun anorganik yang membentuk asam amino, enzim, asam nukleat, klorofil, dan alkaloid. Bentuk N di dalam tanah dibedakan menjadi empat macam meliputi nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ), nitrit ( $\text{NO}_2^-$ ), amonium ( $\text{NH}_4^+$ ) dapat ditukar, amonium tidak dapat ditukar (terfiksasi), gas dinitrogen ( $\text{N}_2$ ), dan oksida nitrus ( $\text{N}_2\text{O}$ ) (Munawar, 2011). Sedangkan, N-organik di dalam tanah berada sebagai asam-asam amino atau protein (20% - 40%), gula-gula amino seperti *heksosamin* (5%-10%), derivatif purin dan pirimidin (1% atau kurang), dan senyawa-senyawa kompleks yang belum teridentifikasi yang terbentuk oleh reaksi amonium dengan

lignin, polimerisasi kuinon dengan senyawa-senyawa N, dan kondensasi gula dan amin (Munawar, 2011). Tanaman menyerap nitrogen dengan sebagian besar berupa bentuk  $\text{NO}_3^-$  dan  $\text{NH}_4^+$ .  $\text{NO}_3^-$  yang diambil oleh tanaman dengan jumlah yang lebih besar dibandingkan dengan  $\text{NH}_4^+$ , sehingga nitrat bebas bergerak ke daerah perakaran melalui mekanisme *mass flow* dan difusi.

Kandungan nitrogen di atmosfer sebesar 80% dengan bentuk senyawa  $\text{N}_2$  yang tidak secara langsung dimanfaatkan oleh tanaman. Dalam perubahan  $\text{N}_2$  menjadi N melalui beberapa tahap, diantaranya adalah fiksasi oleh rhizobia. Rhizobia tersebut akan masuk ke daerah perakaran dan membentuk benang infeksi yang didalamnya ada bakteri bintil. Benang infeksi terus berkembang sampai dikorteks dan mengadakan percabangan. Percabangan yang menyebabkan jaringan korteks menjadi besar disebut sebagai bintil dan terjadi fiksasi nitrogen. Fiksasi nitrogen adalah proses pertukaran nitrogen di udara menjadi nitrogen dalam tanah oleh jasad renik tanah yang bersimbiotik dan non-simbiotik. Fiksasi N juga memerlukan cukup banyak energi dalam bentuk ATP dan koenzim. Menurut Islami (1995), menyatakan bahwa ketersediaan unsur hara di daerah perakaran akan berpengaruh terhadap pertumbuhan rhizobium dan fiksasi nitrogen. ATP yang dibawa oleh *Rhizobium* sp untuk menambat nitrogen bebas di udara melalui pembentukan enzim nitrogenase. Enzim nitrogenase adalah suatu enzim yang mengandung protein dengan kandungan Fe dan Mo yang memerlukan Co sebagai aktivator (Novriani, 2011). Dalam suatu proses ATP tersebut terdapat oksigen tetapi, pada enzim nitrogenase ini bersifat labil terhadap oksigen. Maka, diperlukan leghemoglobin untuk mengontrol oksigen dengan enzim nitrogenase. Leghemoglobin ini akan menambat gas nitrogen di udara dan merubah menjadi gas amoniak di dalam nodul bakteroid *Rhizobium* sp. *Rhizobium* sp menerima nutrisi karbon dari inang untuk mereduksi nitrogen menjadi amonium dan kemudian melepas N hasil fiksasi ke tanah. Amonium ini diubah oleh senyawa-senyawa nitrogen yang dapat dimanfaatkan tanaman (Handayanto dan Hairiah, 2007).

Reaksi yang umum terjadi pada proses penambatan nitrogen oleh bakteri legumenose adalah:



1 molekul  $\text{N}_2$  yang direduksi memerlukan 15 – 30 ATP yang 30 – 60 % dari energi ATP ini terbuang dalam bentuk gas  $\text{H}_2$  (Hanafiah, 2007).

#### 2.4. Nitrogen

Nitrogen merupakan unsur hara esensial yang dibutuhkan tanaman dalam jumlah banyak, sebagai penyusun protein, enzim, transfer energi, dan penyusunan asam nukleat. Nitrogen sangat dibutuhkan untuk semua reaksi enzimatik di tanaman, juga merupakan utama bagian dari molekul klorofil dan memainkan peran penting dalam fotosintesis dan merupakan komponen utama beberapa vitamin (Uchida, 2000). Nitrogen berbentuk senyawa  $\text{NO}_3^-$  dan  $\text{NH}_4^+$ . Apabila unsur nitrogen kurang maka tanaman akan mengalami klorosis pada keadaan defisiensi nitrogen yang kuat maka daun tua rontok, karena bila tidak ada nitrogen berarti tidak ada protein yang disintesis (Susila 2004). Kehilangan nitrogen terbesar dari tanah disebabkan oleh pengambilan tanaman dan pencucian. Namun, pada kondisi khusus nitrogen organik dapat diubah menjadi gas dan hilang ke atmosfer. Proses hilangnya nitrogen dalam bentuk gas disebabkan oleh denitrifikasi dan volatilisasi  $\text{NH}_3$  (Havlin, 2005).

Nitrogen yang berada dalam tanah berbentuk amonium ( $\text{NH}_4^+$ ) dan nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ). Menurut Lingga dan Marsono (2013) menyatakan bahwa unsur N memiliki fungsi untuk merangsang pertumbuhan secara keseluruhan, khususnya batang, cabang dan daun, berperan dalam pembentukan hijau daun yang sangat berguna dalam proses fotosintesis dan membentuk protein, lemak dan berbagai persenyawaan organik lainnya. Kebutuhan Nitrogen yang tercukupi dan dapat diserap oleh tanaman, maka tanaman mampu untuk tumbuh dan berkembang secara maksimal dan mampu untuk menghasilkan produktivitas yang tinggi.

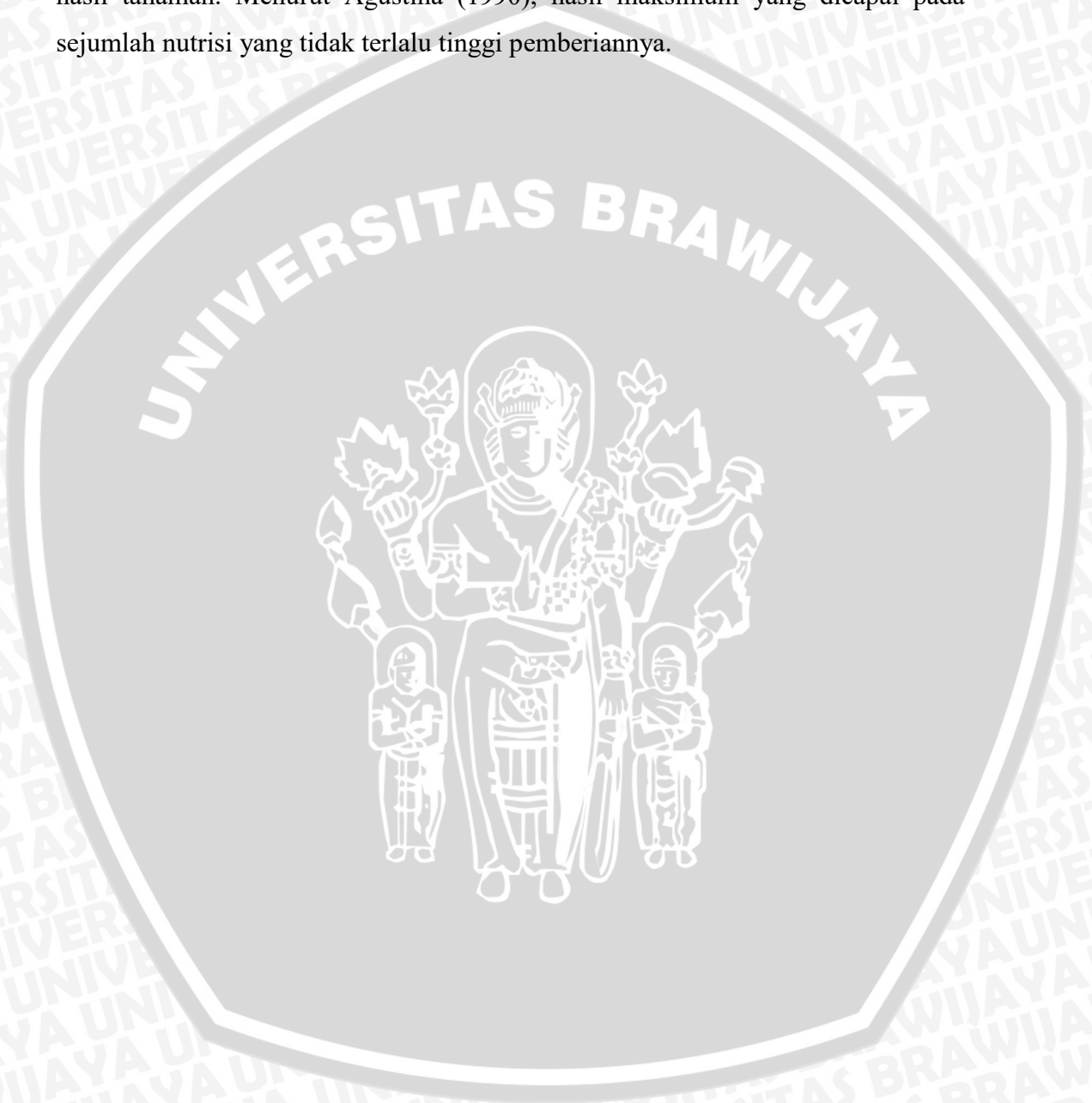
#### 2.5. Pupuk Kandang Sapi

Pupuk kandang adalah pupuk yang berasal dari limbah kotoran hewan peliharaan yang berbentuk padat (kotoran) maupun cair (urine), seperti limbah kotoran sapi. Kualitas dari pupuk kandang sapi tergantung pada jumlah pakan yang dikonsumsi, jenis dan kadar pakan ternak, jenis dan umur ternak, kesehatan

ternak, dan jumlah kandungan haranya. Pupuk kandang sapi memiliki kandungan hara yang terdiri dari 0,5% N ; 0,25% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; dan 0,5% K<sub>2</sub>O. Pupuk kandang sapi padat dengan kadar air 85% mengandung 0,40% N ; 0,20% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; dan 0,1% K<sub>2</sub>O, sedangkan pupuk cair dengan kadar air 95% mengandung 1% N ; 0,2% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; dan 1,35% K<sub>2</sub>O (Soepardi, 1983). Pupuk kandang sapi ini sering digunakan dan diminati petani. Hal ini disebabkan, kebanyakan petani di Indonesia selain bertani juga mencari penghasilan dengan cara berternak. Usaha tersebut memudahkan dan meringankan biaya petani dalam mencari bahan pupuk organik di bidang pertanian. Kegunaan pupuk kandang, untuk memperbaiki sifat kimia tanah, sifat fisik, dan sifat biologi tanah. Menurut Muslihat (2003), secara fisik pupuk kandang membentuk agregat tanah yang baik. Secara biologi, pemberian pupuk kandang kedalam tanah akan memperkaya jasad organisme kedalam tanah. Secara kimia, pupuk kandang sebagai bahan organik dapat menyerap bahan yang bersifat racun seperti Aluminium (Al), Besi (Fe), dan Mangan (Mn), serta dapat meningkatkan pH tanah dan menyediakan unsur hara yang diperlukan untuk tanaman. Pupuk kandang sapi mengandung unsur hara makro seperti Nitrogen (N), Fosfat (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), Kalium (K<sub>2</sub>O) dan Air (H<sub>2</sub>O). Meskipun jumlahnya tidak banyak, limbah kotoran sapi (pupuk kandang) ini juga terkandung unsur hara mikro diantaranya Kalsium (Ca), Magnesium (Mg), Tembaga (Cu), Mangan (Mn), dan Boron (Bo). Unsur hara Nitrogen pada pupuk kandang sudah diproses (dicerna) dalam bentuk protein, persenyawaan amonium dan amoniak. Proses pencernaan tersebut sebagian tersedia untuk tanaman dan sisanya tersedia secara berangsur-angsur sebagai akibat proses penguraian mikrobiologis dari protein.

Pemberian pupuk kandang selalu diikuti dengan peningkatan hasil tanaman. Menurut Adimihardja *et al.* (2000) dalam Hartatik dan Widowati (2016) bahwa pemberian beberapa jenis pukan sapi, kambing dan ayam dengan takaran 5 ton ha<sup>-1</sup> pada tanah Ultisol Jambi nyata meningkatkan kadar C-organik tanah pada hasil produksi jagung dan kedelai. Hal ini sejalan dengan manfaat pupuk kandang dalam memperbaiki sifat kimia tanah, fisik, dan biologi tanah. Ketersediaan hara dalam tanah, struktur tanah, dan tata udara yang baik sangat mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan akar, serta kemampuan akar

tanaman dalam menyerap unsur hara (Dahlan dan Kaharuddin, 2007). Unsur hara yang akan diserap oleh akar dipengaruhi adanya semua faktor ketersediaan unsur hara sampai berada di permukaan akar, sehingga mempengaruhi pertumbuhan dan hasil tanaman. Menurut Agustina (1990), hasil maksimum yang dicapai pada sejumlah nutrisi yang tidak terlalu tinggi pemberiannya.



### III. METODE PENELITIAN

#### 3.1. Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Mikrobiologi Tanah, Rumah Kaca Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi (BALITKABI) Kendalpayak, Malang dan Laboratorium Kimia jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang. Kegiatan penelitian ini dimulai pada bulan November sampai Desember 2016.

#### 3.2. Alat dan Bahan

##### 3.2.1. Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 1, sebagai berikut :

Tabel 1. Alat Penelitian

No	Alat	Fungsi
1.	Karung	Tempat sampel tanah
2.	Polybag @3kg	Tempat media tanam
3.	Laminar Air Flow (LAF)	Tempat sterilisasi
4.	Timbangan analitik	Menimbang biomassa tanaman
5.	Tabung reaksi	Tempat tumbuh multi isolat <i>Rhizobium</i> sp
6.	Beaker glass	Tempat sterilisasi biji
7.	Ose	Pengambilan isolat <i>Rhizobium</i> sp
8.	Bunsen	Pemanas
9.	Vortex	Pencampuran media tumbuh bakteri
10.	Mikropipet	Pengambilan larutan bakteri <i>Rhizobium</i> sp
11.	Magnetic stirer	Pencampuran larutan
12.	Labu Kjeldahl	Tempat sampel tanah (destruksi)
13.	Erlemeyer 125ml	Tempat larutan $H_3BO_3$ (Titrasi)
14.	Alumunium blok	Tempat destruksi
15.	Glass ukur	Tempat mengukur larutan $H_3BO_3$
16.	Pengaduk	Mengaduk larutan
17.	Alat tulis	Mencatat kegiatan penelitian
18.	Kamera	Dokumentasi

##### 3.2.2. Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 2, sebagai berikut :



Tabel 2. Bahan Penelitian

No	Bahan	Fungsi
1.	Tanah Masam	Media tanam
2.	Urea, SP-36, KCl	Pupuk dasar
3.	Biji Kedelai <i>var.</i> Argomulyo	Tanaman indikator
4.	Multi isolat <i>Rhizobium</i> sp	Perlakuan penelitian
5.	Pupuk kandang sapi	Perlakuan penelitian
6.	Bayclean	Larutan sterilisasi biji kedelai
7.	Media YEM ( <i>Yeast Extract Mannitol</i> )	Media pertumbuhan bakteri <i>Rhizobium</i> sp
8.	Larutan H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	Titiasi
9.	Aquadest	Larutan sterilisasi biji kedelai
10.	Air matang	Perawatan tanaman kedelai

Tanah yang digunakan untuk penelitian ini berasal dari Desa Tukur, Kecamatan Tukur, Pasuruan pada kedalaman olah tanah 0-20cm. Benih tanaman kedelai (*Glycine max* (L.) merril) dalam penelitian ini menggunakan varietas Argomulyo yang didapatkan dari Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi (BALITKABI), Malang. Hal ini, dikarenakan varietas Argomulyo ini toleran terhadap kemasaman tanah dan toleran hama penyakit dibandingkan varietas lainnya.

### 3.3. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap Faktorial (RALF) yang terdiri dari 2 faktor, meliputi :

Tabel 3. Kombinasi Perlakuan Penelitian

Faktor	Inokulasi bakteri <i>Rhizobium</i> sp (perendaman biji)	Dosis Pupuk kandang (ton/ha)
1.	Tanpa Inokulasi	0 ton ha <sup>-1</sup> (kontrol/ pupuk anorganik)
		1 ton ha <sup>-1</sup>
		2 ton ha <sup>-1</sup>
		3 ton ha <sup>-1</sup>
2.	Inokulasi	0 ton ha <sup>-1</sup> (pupuk anorganik)
		1 ton ha <sup>-1</sup>
		2 ton ha <sup>-1</sup>
		3 ton ha <sup>-1</sup>

Dari kedua faktor tersebut terdapat 8 kombinasi perlakuan dengan 3 ulangan. Perlakuan tersebut disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Perlakuan Penelitian

No.	Kode Perlakuan	Perlakuan Penelitian
1.	IOP0	Kontrol (tanpa multi isolat <i>Rhizobium</i> sp dan tanpa pupuk kandang sapi)
2.	IOP1	Tanpa multi isolat <i>Rhizobium</i> sp + 1 ton ha <sup>-1</sup>
3.	IOP2	Tanpa multi isolat <i>Rhizobium</i> sp + 2 ton ha <sup>-1</sup>
4.	IOP3	Tanpa multi isolat <i>Rhizobium</i> sp + 3 ton ha <sup>-1</sup>
5.	IIP0	Multi isolat <i>Rhizobium</i> sp + 0 ton ha <sup>-1</sup> (pupuk anorganik)
6.	IIP1	Multi isolat <i>Rhizobium</i> sp + 1 ton ha <sup>-1</sup>
7.	IIP2	Multi isolat <i>Rhizobium</i> sp + 2 ton ha <sup>-1</sup>
8.	IIP3	Multi isolat <i>Rhizobium</i> sp + 3 ton ha <sup>-1</sup>

Dari tabel diatas terdapat 8 kombinasi perlakuan yang diulang 3 kali sehingga, terdapat 24 polybag. Polybag yang digunakan pada penelitian ini, berukuran 3 kg dengan satu tanaman yang digunakan untuk pengamatan kedelai secara destruktif dan non destruktif sampai tanaman berumur 45 HST (Hari Setelah Tanam). Inokulasi multi isolat bakteri *Rhizobium* sp dilakukan dengan cara perendaman biji.

### 3.4. Pelaksanaan Penelitian

#### 3.4.1. Pembuatan YEM Cair

Menimbang semua bahan yang dibutuhkan dalam media YEM cair 1000 ml. Bahan yang digunakan adalah manitol 10 g, *Yeast extract* 0,5 g, K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> 0,5 g, MgSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O 0,2 g, NaCl 0,1 g dan aquades 1000 ml. Bahan yang sudah ditimbang, dimasukkan kedalam beaker glass dan diberi aquadest sebesar 1000 ml. Kemudian ditaruh di atas magnetic stirer sampai tercampur rata. Setelah bahan tersebut sudah tercampur rata, disterilkan kedalam autoclaf dengan suhu 121<sup>0</sup>C dan tekanan 1 Bar selama 30 menit.

#### 3.4.2. Penanaman Isolat Bakteri *Rhizobium* sp

Isolat bakteri *Rhizobium* sp yang sudah dikoleksi oleh Laboratorium Mikrobiologi Tanah diambil sebanyak 1 ose dan ditanam dalam media YEM (*Yeast Extract Mannitol*) padat di tabung reaksi. Terlebih dahulu tangan dan semua alat yang digunakan semuanya harus steril. Penanaman bakteri pada cawan petri secara zig-zag. Penanaman dari streak satu ke streak berikutnya dengan

bakteri yang berbeda, ose harus tetap steril dan dipanaskan di bunsen. Kemudian media tersebut di wrapping supaya bakteri yang ditanam tidak terkontaminasi dan diinkubasi selama 4 hari.

Isolat bakteri *Rhizobium* sp yang ditanam pada cawan petri diambil sebanyak 1 ose dan ditanam dalam media YEM cair dan divortex supaya semua sel bakteri tercampur rata dengan larutan. Kemudian diinkubasi di orbital shaker selama 4 hari dengan kecepatan 85 rpm.

### 3.4.3. Persiapan Media Tanam

Tanah yang digunakan sebagai media tanam sebelumnya dikering anginkan selama 4-5 hari. Kemudian tanah diayak dengan ayakan berukuran 2 mm. Tanah yang lolos ayakan ditimbang sebesar 3 kg dan dimasukkan ke dalam polybag yang berkapasitas 3 kg untuk media tanam. Pupuk kandang dan Ca (Dolomite) 500 kg ha<sup>-1</sup> diberikan 7 hari sebelum tanam, sedangkan pemupukan dasar terdiri dari Urea 50 kg ha<sup>-1</sup>, Sp36 100 kg ha<sup>-1</sup>, KCl 75kg ha<sup>-1</sup> diberikan pada saat tanam (Harsono, 2011).

### 3.4.4. Sterilisasi Tanah

Sterilisasi tanah ini bertujuan untuk mencapai bintil akar dan pertumbuhan bakteri yang maksimal. Perlakuan sterilisasi tanah dalam pelaksanaan berbagai penelitian yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh inokulasi mikroorganisme tertentu tanpa ada pengaruh mikroorganisme indigenous. Metode sterilisasi tanah yang digunakan pada penelitian ini menggunakan uap yang bertekanan tinggi. Menurut Madigan *et al.* (2000) menyatakan bahwa metode sterilisasi secara fisik melalui penggunaan panas lembab (autoklaf/ uap bertekanan dan uap langsung), dan penggunaan panas kering (oven/ udara panas dan pembakaran).

### 3.4.5. Sterilisasi Biji dan Penanaman Kedelai

Benih yang disterilisasi bertujuan untuk mengeliminasi patogen atau cendawan yang mungkin terbawa saat pengambilan eksplan, yang dapat menimbulkan kontaminasi dan menghindari bakteri eksogen dari debu sehingga menghambat pertumbuhan eksplan menjadi tanaman utuh. Sterilisasi ini menggunakan bayclin dan aquadest dengan ukuran 19 ml dan 100 ml. Kemudian

masukkan biji kedelai kedalam beaker glass yang sudah berisi aquadest dan bayclean. Biji tersebut direndam dan dikocok selama  $4x \pm 10$  menit. Kemudian tiriskan biji kedelai tersebut dan dibilas menggunakan aquadest yang steril sebanyak  $6x$  bilasan. Kemudian benih direndam menggunakan larutan yang berisi multi isolat *Rhizobium* sp dan di diamkan selama 1 menit. Hal ini dikarenakan larutan yang diberikan dapat meresap kedalam benih. Perendaman benih yang tidak terlalu lama agar benih tidak rusak. Benih yang sudah direndam kemudian langsung ditanam di tanah yang sudah di siapkan di Rumah Kaca.

#### 3.4.6. Pemeliharaan Dan Perawatan

Pemeliharaan dan perawatan tanaman kedelai meliputi, penyiraman, penyiangan, dan pengendalian hama penyakit tanaman. Tanaman kedelai yang sudah diaplikasikan bakteri *Rhizobium* sp disiram dengan menggunakan air matang. Hal ini dikarenakan, bakteri yang ada pada tanaman kedelai tidak terkontaminasi dengan ion-ion dan mikroorganisme lainnya. Penyiraman dilakukan 1 hari 2 kali penyiraman, yaitu pagi dan sore hari. Kegiatan penyiangan dan pengendalian hama penyakit tanaman dilakukan secara mekanik. Untuk penyiangan adalah mencabut gulma yang terdapat pada polibag. Sedangkan, pengendalian hama penyakit juga dicabut tanaman tersebut apabila tanaman sudah menunjukkan gejalanya seperti, terdapat telur dibelakang daun.

#### 3.5. Variabel Pengamatan

Variabel pengamatan yang diamati terbagi menjadi dua variabel. Variabel pertama adalah variabel pengamatan tanah meliputi, pH ( $H_2O$ ) dan N-total. Variabel kedua yang diamati adalah variabel tanaman. Variabel tanaman ini meliputi serapan N, bobot basah, bobot kering, jumlah bintil akar, dan berat kering akar. Berikut variabel pengamatan penelitian yang disajikan dalam Tabel 5.

Tabel 5. Variabel Pengamatan Penelitian

Sampel	Parameter	Metode Analisis	Waktu Pengamatan
Tanah	pH (H <sub>2</sub> O)	Glass Elektrode	Sebelum tanam dan 45 HST
	N total (%)	Kjedhal	Sebelum tanam dan 42HST
	P total	HCl 25%	Sebelum tanam
	K total	Flametometer	Sebelum tanam
	Na	Flametometer	Sebelum tanam
	Ca	Titiasi EDTA	Sebelum tanam
	Mg	Titiasi EDTA	Sebelum tanam
	C-organik	Walkey and Black	Sebelum tanam
	KTK	NH <sub>4</sub> OAc 1N pH 7.0	Sebelum tanam
	Kadar Air	Oven	Sebelum tanam dan 45 HST
Tanaman	Berat basah	Gravimetri	45 HST
	Berat kering	Gravimetri	45 HST
	Jumlah bintil	Perhitungan	45 HST
	Berat kering akar	Gravimetri	45 HST
	Serapan N	Kjedahl	45 HST
Pupuk kandang sapi	N total	Kjeldahl	Sebelum tanam
	P total	Pengabuan basa	
	K total	NH <sub>4</sub> OAc 1N pH 7.0	
	C-organik	Walkey and Black	
	pH	Glass Elektrode	
	KTK	NH <sub>4</sub> OAc 1N pH 7.0	
	Mg	Titiasi EDTA	
	Na	NH <sub>4</sub> OAc 1N pH 7.0	
	Ca	Titiasi EDTA	
	Kadar air	Oven	

### 3.6. Analisis Data

Data pengamatan yang diperoleh akan dilakukan pengujian analisis sidik atau *Analysis of Variance* (ANOVA) dengan menggunakan *Microsoft Excel* dan *Genstat Discovery Edition 4*. Apabila terdapat rata-rata perbedaan antar perlakuan, maka akan dilanjutkan dengan uji DMRT (*Duncan Multiple's Range Test*) taraf 5%. Kemudian untuk mengetahui keeratan antar parameter pengamatan dilakukan uji korelasi dan regresi.

## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Pengaruh Dosis Pupuk Kandang Sapi Dan Multi Isolat *Rhizobium* sp Terhadap Nitrogen Total Tanah Dan Serapan Nitrogen Tanaman Kedelai

#### 4.1.1. N-total Tanah Tanaman Kedelai

Hasil analisis ragam efektivitas dosis pupuk kandang sapi dan multi isolat *Rhizobium* sp menunjukkan bahwa terdapat pengaruh yang berbeda sangat nyata  $P < 12,60^*$  terhadap N-total tanah (Lampiran 7a). Pemberian dosis pupuk kandang sapi dan inokulasi multi isolat *Rhizobium* sp memiliki kandungan Nitrogen setiap perlakuan sebesar 0,1851-0,2230% dengan kriteria rendah. Menurut Staf Pusat Penelitian Tanah (1983) dalam Hardjowigeno (2015) N-total tanah antara (0,1-0,2 %) termasuk kedalam kriteria N-total rendah.

Tabel 6. Rata-rata N-total Tanah Tanaman Kedelai

Perlakuan	N-total (%)
IOP0	0,185 a
IOP1	0,190 a
IOP2	0,203 ab
IOP3	0,203 ab
IIP0	0,214 ab
IIP1	0,215 ab
IIP2	0,221 b
IIP3	0,223 b
KK (%)	12,3

Keterangan : Angka pada perlakuan yang sama yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak nyata pada uji DMRT taraf 5% ; tn : tidak berbeda nyata.

**IOP0**: Tanpa inokulasi multi isolat *Rhizobium* sp + tanpa pupuk kandang sapi; **IOP1**: Tanpa inokulasi multi isolat *Rhizobium* sp + 1 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang sapi; **IOP2**: Tanpa inokulasi multi isolat *Rhizobium* sp + 2 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang sapi; **IOP3**: Tanpa inokulasi multi isolat *Rhizobium* sp + 3 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang sapi; **IIP0**: Inokulasi multi isolat *Rhizobium* sp tanpa pupuk kandang sapi; **IIP1**: Inokulasi multi isolat *Rhizobium* sp + 1 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang sapi; **IIP2**: Inokulasi multi isolat *Rhizobium* sp + 2 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang sapi; **IIP3**: Inokulasi multi isolat *Rhizobium* sp + 3 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang sapi.

N-total adalah jumlah keseluruhan kandungan nitrogen di dalam tanah. Nitrogen merupakan unsur hara esensial yang sangat dibutuhkan oleh tanaman pada fase vegetatif, seperti daun, akar, dan batang. Berdasarkan hasil pengamatan dengan nilai KK (Koefisien Keragaman Keragaman) sebesar 12,3%, N-total yang memiliki nilai tertinggi terdapat pada perlakuan inokulasi multi isolat *Rhizobium* sp + 3 ton ha<sup>-1</sup> dengan nilai 0,2230%, sebanding dengan inokulasi multi isolat *Rhizobium* sp + 2 ton ha<sup>-1</sup> dengan nilai 0,2215%, dan lebih tinggi dibandingkan

perlakuan lainnya (Tabel 6). Perlakuan kontrol (tanpa multi isolat *Rhizobium* sp dan pupuk kandang) memiliki nilai rata-rata N-total terendah sebesar 0,1851% dan tidak berbeda nyata dengan perlakuan tanpa inokulasi multi isolat *Rhizobium* sp + 1 ton ha<sup>-1</sup>. Hal tersebut menunjukkan bahwa peningkatan kandungan N-total dipengaruhi dengan pemberian dosis 2 ton ha<sup>-1</sup> dan dosis 3 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang sapi dengan inokulasi multi isolat *Rhizobium* sp. yang memiliki peningkatan sama terhadap N-total. Hasil penelitian Manik (2003) menunjukkan bahwa pemupukan dengan pupuk kandang sapi dengan dosis 4 ton ha<sup>-1</sup> menghasilkan pertumbuhan tanaman kedelai yang terbaik dan juga berbeda nyata dengan dosis yang berbeda dari pupuk kandang sapi.

Inokulasi multi isolat *Rhizobium* sp + 3 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang sapi dengan tanpa inokulasi multi isolat *Rhizobium* sp + 3 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang sapi menunjukkan peningkatan sebesar 120,48%, sedangkan perlakuan inokulasi multi isolat *Rhizobium* sp + 2 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang sapi dengan tanpa inokulasi multi isolat *Rhizobium* sp + 2 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang sapi mengalami peningkatan sebesar 119,67%. Keempat perlakuan tersebut menunjukkan berbeda nyata dengan kontrol. Peningkatan N-total tanah diperoleh langsung dari hasil dekomposisi bahan organik yang akan menghasilkan ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) dan atau nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), kemudian senyawa tersebut akan difiksasi oleh *Rhizobium* sp agar senyawa tersebut yang awalnya tidak tersedia menjadi tersedia bagi tanaman. Fiksasi tersebut melalui terbentuknya nodul pada akar tanaman kedelai. Keberadaan nodul tersebut membuktikan bahwa terdapatnya bakteri *Rhizobium* sp yang tumbuh dan membantu fiksasi nitrogen bagi tanaman kedelai. Peningkatan kadar N-total tanah berhubungan erat dengan keberadaan bintil akar tanaman kedelai dan penambahan bahan organik. Menurut Adijaya *et al.* (2004), bintil-bintil akar melepaskan senyawa Nitrogen organik kedalam tanah yang kemudian terjadi penambahan unsur hara Nitrogen kedalam tanah. Pada perlakuan multi isolat *Rhizobium* sp + 3 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang sapi dengan parameter pengamatan jumlah bintil akar juga memberikan hasil rata-rata tertinggi dibandingkan perlakuan lainnya. Hal ini sesuai dengan pendapat Jumini dan

Hayati (2010) bahwa cukup tersedianya suplai N berkaitan dengan hasil simbiosis antara bakteri *Rhizobium* sp dengan tanaman kedelai.

#### 4.1.2. Serapan N Tanaman Kedelai

Hasil analisis ragam pemberian dosis pupuk kandang sapi dan multi isolat *Rhizobium* sp menunjukkan bahwa terdapat pengaruh berbeda nyata  $P < 24,88^*$  terhadap serapan Nitrogen tanaman kedelai *varietas* Argomulyo (lampiran 7b). Serapan Nitrogen pada tanaman kedelai yang memiliki rata-rata tertinggi adalah perlakuan inokulasi multi isolat *Rhizobium* sp + 3 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang sapi sebesar 0,768% dengan nilai KK (Koefisien Keragaman) sebesar 8,7%. Hasil analisis laboratorium serapan Nitrogen pada Tanaman Kedelai disajikan pada tabel 7.

Tabel 7. Hasil Rata-rata Analisis Serapan N Tanaman Kedelai var. Argomulyo, Lab. Kimia Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya. 2016

Perlakuan	Serapan N (%)
IOP0	0,504 a
IOP1	0,583 ab
IOP2	0,668 bc
IOP3	0,672 bc
IIP0	0,735 cd
IIP1	0,736 cd
IIP2	0,764 cd
IIP3	0,825 d
KK (%)	8,7

Keterangan : Angka pada perlakuan yang sama yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak nyata pada uji DMRT (Duncan) taraf 5% ; tn : tidak berbeda nyata.

**IOP0**: Tanpa inokulasi multi isolat *Rhizobium* sp + tanpa pupuk kandang sapi; **IOP1**: Tanpa inokulasi multi isolat *Rhizobium* sp + 1 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang sapi; **IOP2**: Tanpa inokulasi multi isolat *Rhizobium* sp + 2 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang sapi; **IOP3**: Tanpa inokulasi multi isolat *Rhizobium* sp + 3 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang sapi; **IIP0**: Inokulasi multi isolat *Rhizobium* sp tanpa pupuk kandang sapi; **IIP1**: Inokulasi multi isolat *Rhizobium* sp + 1 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang sapi; **IIP2**: Inokulasi multi isolat *Rhizobium* sp + 2 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang sapi; **IIP3**: Inokulasi multi isolat *Rhizobium* sp + 3 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang sapi.

Dilihat pada Tabel 7 bahwa perlakuan inokulasi multi isolat *Rhizobium* sp dengan 3 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang sapi tidak berbeda nyata terhadap 3 perlakuan, yaitu inokulasi multi isolat *Rhizobium* sp + 0 ton ha<sup>-1</sup> (tanpa pupuk kandang sapi), inokulasi multi isolat *Rhizobium* sp + 1 ton ha<sup>-1</sup>, inokulasi multi isolat *Rhizobium* sp dan 2 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang sapi. Inokulasi multi isolat *Rhizobium* sp + 3 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang sapi berbeda nyata dengan tanpa inokulasi multi isolat



*Rhizobium* sp + 3 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang sapi dengan peningkatan sebesar 163,44%. Perlakuan inokulasi multi isolat *Rhizobium* sp + 3 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang sapi memiliki nilai tertinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Hal ini sesuai dengan perannya bakteri *Rhizobium* sp sebagai penambat N bagi tanaman kedelai. Perlakuan inokulasi multi isolat *Rhizobium* sp + 3 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang sapi juga didukung dengan meningkatnya jumlah bintil akar dan berat kering bintil akar, sehingga penambatan Nitrogen oleh bakteri *Rhizobium* sp terhadap serapan tanaman tinggi. Bakteri *Rhizobium* sp memiliki peran dalam memfiksasi Nitrogen pada perlakuan tersebut dengan didukung kandungan N-total tanah yang tinggi. Kandungan Nitrogen pada tanaman kedelai yang memiliki kandungan tinggi akan mempengaruhi pertumbuhan kedelai pada fase vegetatif. Hal ini sesuai dengan pernyataan Javaid *et al.* (2010), inokulasi kedelai dengan strain *Rhizobium* sp spesifik meningkatkan materi tanaman kering, konsentrasi nitrogen, akumulasi nitrogen, dan hasil produksi. Adapun perbedaan perlakuan tanaman kedelai berumur 45 HST yang diinokulasikan multi isolat *Rhizobium* sp + 3 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang sapi menunjukkan warna daun lebih hijau pekat dibandingkan perlakuan tanpa inokulasi multi isolat *Rhizobium* sp + 3 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang sapi (Gambar 3).



Gambar 3. Perlakuan multi isolat *Rhizobium* sp dan 3 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang sapi (I1P3) dengan tanpa multi isolat *Rhizobium* sp + 3 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang sapi (I0P3)

Serapan Nitrogen juga berhubungan erat dengan bintil akar yang terbentuk. Semakin tinggi jumlah bintil akar (Tabel 6), maka semakin tinggi pula kadar serapan Nitrogen. Aktivitas fiksasi nitrogen yang dilakukan bakteri *Rhizobium* sp mampu meningkatkan kandungan nitrogen yang dibutuhkan tanaman kedelai. Apabila jumlah nitrogen yang ada di dalam tanah sesuai dengan perkembangan bintil akar, maka akan dihasilkan aktivitas fiksasi nitrogen yang optimal. Hal ini sesuai dengan penjelasan RAO (1994) dalam Agistia (2009) yang menyatakan bahwa peningkatan berat kering bintil akar akan diikuti dengan peningkatan jumlah nitrogen pada tanaman.

#### 4.2. Pengaruh Dosis Pupuk Kandang Sapi Dan Multi Isolat *Rhizobium* sp Terhadap Jumlah Bintil, Bobot Basah, Bobot Kering, Dan Berat Kering Bintil Akar

Berdasarkan pengamatan tanaman kedelai penelitian ini mengambil beberapa variabel yaitu, bobot basah, bobot kering tanaman, jumlah bintil akar, dan berat kering akar. Pada masing-masing perlakuan didapatkan hasil yang beragam antar variabel pengamatan. Hasil pengamatan tersebut disajikan dalam Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Rata-Rata Pengamatan Pertumbuhan Tanaman Kedelai *varietas Argomulyo*

Perlakuan	Bobot basah tanaman (g)	Bobot kering tanaman (g)	Jumlah bintil akar (buah)	Berat Kering Akar (g)
IOP0	3,58 a	1,14 a	3,0 a	0,13 a
IOP1	3,80 a	1,17 a	3,67a	0,16 a
IOP2	4,12 a	1,32 a	4,67a	0,16 a
IOP3	4,28 a	1,34 a	5,0 a	0,17 a
IIP0	4,95 a	1,62 ab	6,67ab	0,19 a
IIP1	5,18 a	1,65 ab	8,67ab	0,24 a
IIP2	7,59 b	2,45 bc	9,0 ab	0,35 ab
IIP3	9,88 b	3,44 c	14,0 b	0,48 b
KK (%)	5,4	4,8	9,2	5,6

Keterangan : Angka pada perlakuan yang sama yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak nyata pada uji DMRT taraf 5% ; tn : tidak berbeda nyata.

**IOP0:** Tanpa inokulasi multi isolat *Rhizobium* sp + tanpa pupuk kandang sapi; **IOP1:** Tanpa inokulasi multi isolat *Rhizobium* sp + 1 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang sapi; **IOP2:** Tanpa inokulasi multi isolat *Rhizobium* sp + 2 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang sapi; **IOP3:** Tanpa inokulasi multi isolat *Rhizobium* sp + 3 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang sapi; **IIP0:** Inokulasi multi isolat *Rhizobium* sp tanpa pupuk kandang sapi; **IIP1:** Inokulasi multi isolat *Rhizobium* sp + 1 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang sapi; **IIP2:** Inokulasi multi isolat *Rhizobium* sp + 2 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang sapi; **IIP3:** Inokulasi multi isolat *Rhizobium* sp + 3 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang sapi.

#### 4.2.1. Bobot Basah dan Bobot Kering Tanaman Kedelai

Hasil analisis ragam efektivitas dosis pupuk kandang sapi dan multi isolat *Rhizobium* sp berpengaruh secara sangat berbeda nyata  $P < 27,61$  terhadap bobot basah tanaman kedelai (Lampiran 7c). Pada pengamatan bobot basah tanaman kedelai dilakukan penimbangan pertama pada saat tanaman berumur 45 HST. Penimbangan bobot basah bertujuan untuk mengetahui berat segar tanaman kedelai pada saat pemanenan. Hasil nilai rata-rata bobot basah tanaman disajikan pada Tabel 8. Perlakuan rata-rata tertinggi bobot basah tanaman terdapat pada perlakuan inokulasi multi isolat *Rhizobium* sp + 3 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang sapi sebesar 9,88 g tan<sup>-1</sup>, sebanding dengan inokulasi multi isolat *Rhizobium* sp + 2 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang sapi sebesar 7,59 g tan<sup>-1</sup> dan lebih tinggi dengan perlakuan lainnya serta secara statistik menunjukkan tidak berbeda nyata (Tabel 8). Kedua perlakuan tersebut memiliki perbedaan nyata terhadap tanpa inokulasi multi isolat *Rhizobium* sp + 3 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang sapi dengan peningkatan sebesar 230,8%, dan tanpa inokulasi multi isolat *Rhizobium* sp + 2 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang sapi yang mengalami peningkatan sebesar 212,01%. Namun, pada perlakuan kontrol (tanpa multi isolat rhizobium dan pupuk kandang sapi) memiliki rata-rata terendah sebesar 3,58 g tan<sup>-1</sup> dengan perbedaan nyata terhadap perlakuan lainnya. Perlakuan multi isolat *Rhizobium* sp + 3 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang sapi dan multi isolat *Rhizobium* sp + 2 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang sapi mengindikasikan bahwa tanaman menyerap unsur hara Nitrogen yang tinggi. Kandungan Nitrogen yang tinggi akan mengoptimalkan pertumbuhan dan produktivitas tanaman kedelai. Hal ini sesuai dengan pernyataan Sugito dan Tugeno (1999) yang menyatakan bahwa unsur nitrogen yang cukup akan menambah pertumbuhan daun, jumlah unsur nitrogen yang tinggi mempercepat pengubahan karbohidrat menjadi protein yang kemudian diubah menjadi asam amino.

Bobot kering tanaman yang berbeda antar perlakuan mencerminkan efektivitas simbiosis unsur hara. Menurut Imas dan Juniarti (2000), bobot kering tanaman merupakan parameter untuk mengevaluasi penambatan nitrogen karena sekitar 75% hasil penambatan didistribusikan ke bagian atas tanaman. Bobot kering dalam suatu produksi tanaman tergantung pada laju fotosintesis. Apabila

laju fotosintesis yang dihasilkan tanaman menurun, maka berat kering pada tanaman juga mengalami penurunan. Berdasarkan hasil analisis ragam menunjukkan bahwa efektivitas dosis pupuk kandang sapi dan multi isolat *Rhizobium* sp berpengaruh secara sangat berbeda nyata  $P < 20,85^*$  terhadap bobot kering (Lampiran 7d). Pada perlakuan multi isolat *Rhizobium* sp + 3 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang sapi memberikan hasil tertinggi dengan rata-rata sebesar 3,31 g tan<sup>-1</sup>, sedangkan hasil terendah pada perlakuan kontrol sebesar 1,14 g tan<sup>-1</sup>. Perlakuan multi isolat *Rhizobium* sp + 3 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang sapi berbeda nyata terhadap perlakuan lainnya. Namun, tidak berbeda nyata pada perlakuan multi isolat *Rhizobium* sp + 2 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang sapi sebesar 2,45 g tan<sup>-1</sup>. Inokulasi multi isolat *Rhizobium* sp + 3 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang sapi berbeda nyata dengan tanpa multi isolat *Rhizobium* sp + 3 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang sapi yang mengalami peningkatan bobot kering sebesar 247%, sedangkan inokulasi multi isolat *Rhizobium* sp + 2 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang sapi dengan tanpa multi isolat *Rhizobium* sp + 2 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang sapi juga mengalami peningkatan sebesar 185,6%. Hal ini dikarenakan, bakteri *Rhizobium* sp mendapatkan keserasian dengan lingkungan dan bahan organik yang diberikan sehingga, tercipta penambatan nitrogen yang tinggi. Hal ini sesuai dengan pernyataan Salisbury dan Ross dalam Hadie (2004) pertumbuhan tanaman yang tinggi dapat dilihat dengan besarnya berat kering total tanaman sebagai petunjuk besarnya fotosintat yang dihasilkan selama pertumbuhannya. Berat kering akan bertambah dengan peningkatan serapan Nitrogen tanaman.

#### 4.2.2. Jumlah Bintil Akar

Hasil analisis ragam efektivitas dosis pupuk kandang sapi dan multi isolat *Rhizobium* sp berpengaruh secara nyata  $P < 10,49$  terhadap jumlah bintil akar tanaman kedelai (Lampiran 7e). Hasil pengamatan jumlah bintil akar disajikan pada Tabel 8. Peningkatan jumlah bintil akar terjadi pada multi isolat *Rhizobium* sp + 3 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang sapi yang memiliki rata-rata jumlah bintil akar tertinggi sebesar 14 buah bintil akar dan tidak berbeda nyata dengan tiga perlakuan, yaitu inokulasi multi isolat *Rhizobium* sp + 0 ton ha<sup>-1</sup> tanpa pupuk

kandang sapi, inokulasi multi isolat *Rhizobium* sp + 1 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang sapi, dan inokulasi multi isolat *Rhizobium* sp + 2 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang sapi. Untuk rata-rata jumlah bintil akar terendah terdapat pada perlakuan kontrol sebesar 3 buah bintil akar. Inokulasi multi isolat *Rhizobium* sp + 3 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang sapi dengan tanpa inokulasi multi isolat *Rhizobium* sp + 3 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang sapi mengalami peningkatan sebesar 280%. Perbedaan rata-rata jumlah bintil akar antar perlakuan tersebut dapat dilihat dari pemakaian multi isolat *Rhizobium* sp dengan tanpa multi isolat *Rhizobium* sp. Hal ini sesuai dengan Sennang (1984) yang menyatakan bahwa inokulan rhizobium dapat meningkatkan jumlah bintil akar, bobot basah bintil akar, total N tanaman, hasil biji dan mutu benih kedelai.

Hasil pengamatan tersebut menunjukkan bahwa dengan dosis 3 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang sapi, maka semakin tinggi pula jumlah bintil. Hasbianto (2013) menyatakan bahwa penggunaan pupuk organik dapat meningkatkan jumlah bintil. Pupuk kandang sapi memiliki kandungan *Triptofan* alami yang digunakan *Rhizobium* sp untuk memproduksi IAA (*Indole Acetat Acid*). IAA merupakan hormon auksin yang dihasilkan oleh bakteri untuk pertumbuhan tanaman dan membuat rambut akar mengeriting, sehingga jika asam Indol Asetat yang dihasilkan semakin banyak, maka dengan mudah bakteri membentuk bintil akar. Sutedjo *et al.* (1996) menyatakan bahwa bakteri *Rhizobium* sp sebelum membentuk bintil akar akan berkerumun di sekitar rambut akar, kemudian rambut akar akan mengekskresikan *Triptofan* yang akan dirubah oleh bakteri menjadi *Indole Acetat* yang menyebabkan rambut akar mengeriting.

#### 4.2.3. Berat Kering Akar

Akar adalah tempat simbiosis antara tanaman inang (tanaman kedelai) dengan bakteri yang memfiksasi N pada bintil akar. Akar merupakan tempat pembentukan bintil akar oleh bakteri *Rhizobium* sp. Hasil analisis ragam efektivitas dosis pupuk kandang sapi dan inokulasi multi isolat *Rhizobium* sp memberikan pengaruh yang secara nyata  $P < 10,93^*$  terhadap berat kering akar (Lampiran 7f). Berdasarkan hasil pengamatan perlakuan inokulasi multi isolat

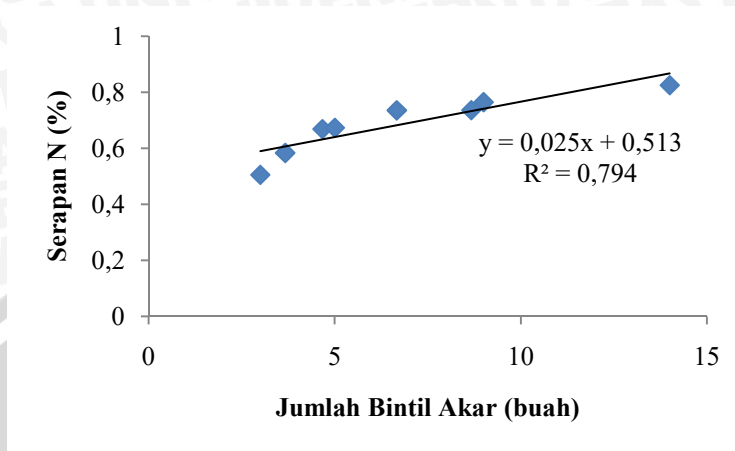
*Rhizobium* sp + 3 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang sapi memberikan nilai rata-rata tertinggi sebesar 0,48 g tan<sup>-1</sup>, sedangkan nilai rata-rata terendah dimiliki oleh perlakuan kontrol sebesar 0,15 g tan<sup>-1</sup>. Perlakuan inokulasi multi isolat *Rhizobium* sp + 3 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang sapi dan inokulasi multi isolat *Rhizobium* sp + 2 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang sapi memberikan pengaruh yang nyata dibandingkan perlakuan lainnya, serta sama-sama memberikan hasil yang tertinggi (Tabel 8).

Inokulasi multi isolat *Rhizobium* sp + 3 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang sapi dan tanpa inokulasi multi isolat *Rhizobium* sp + 3 ton ha<sup>-1</sup> memberikan peningkatan sebesar 282,4%. Peningkatan pada berat kering akar pada tanaman kedelai diduga karena pertumbuhan *Rhizobium* sp pada tanaman kedelai banyak dengan didukung jumlah bintil perlakuan tersebut. Hormon yang dihasilkan bakteri *Rhizobium* sp dapat memacu pertumbuhan akar. Hal ini didukung dengan pernyataan penelitian Novriani (2011), bahwa bakteri *Rhizobium* sp selain menambat Nitrogen juga berpengaruh terhadap pertumbuhan akar dan percabangan akar yang didapatkan dari hormon IAA (*Indole Acetat Acid*) dan giberelin. Peningkatan berat kering akar diduga adanya pengaruh dari ketersediaan N. Lubis *et al.* (2013), menyatakan bahwa jumlah nitrogen dan fosfat yang meningkat akan menghasilkan jumlah protein yang banyak pada tanaman kedelai, sehingga terdapat peningkatan juga terhadap pertumbuhan jaringan dan berat kering akar. Adapun gambar yang menunjukkan pertumbuhan akar pada setiap perlakuan antara pemberian inokulasi multi isolat *Rhizobium* sp dengan tanpa inokulasi multi isolat *Rhizobium* sp.

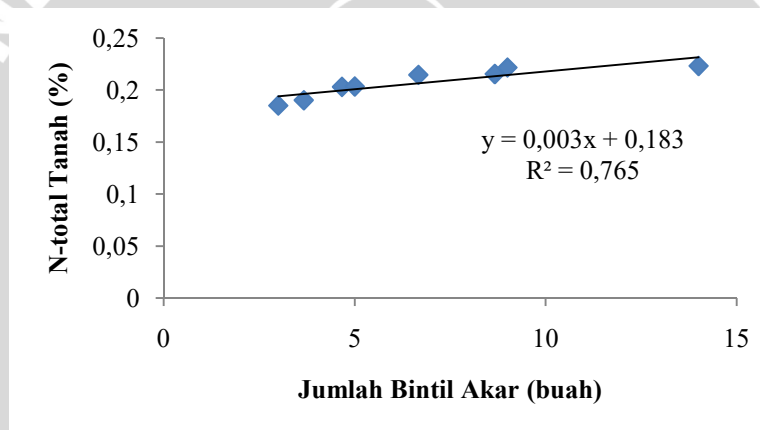
#### **4.3. Hubungan Jumlah Bintil Akar Terhadap Peningkatan N-total Tanah dan Serapan Nitrogen Tanaman Kedelai**

Bintil akar merupakan bintil yang terbentuk pada tanaman *leguminosae* untuk mengikat nitrogen. Nitrogen yang dibutuhkan tanaman kedelai sangat banyak pada fase vegetatif. Keberadaan bintil akar mampu meningkatkan nitrogen tanaman kedelai, karena bintil akar merupakan tempat pertumbuhan bakteri *Rhizobium* sp.

(5a)



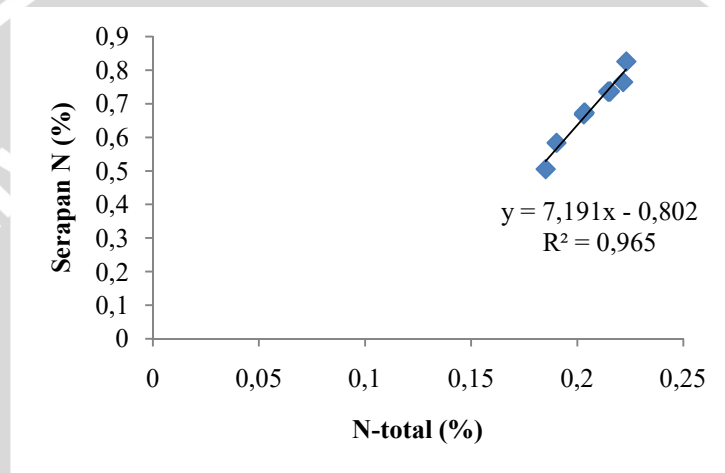
(5b)



Gambar 5. Regresi Jumlah Bintil Akar dengan Serapan N dan N-total Tanah Tanaman Kedelai

Hasil regresi antara hubungan jumlah bintil akar dengan serapan N menunjukkan bahwa jumlah bintil berpengaruh terhadap serapan N tanaman kedelai sebesar 79% (Gambar 5a). Hasil regresi tersebut memiliki hubungan yang tinggi. Berdasarkan hasil uji korelasi menunjukkan adanya hubungan korelasi positif yang kuat antara serapan N tanaman dengan jumlah bintil akar yang memiliki nilai  $r = 0,89^{**}$  (Lampiran 8). Dengan korelasi yang positif dan kuat ini maka peningkatan serapan N tanaman akan diikuti juga dengan jumlah bintil akar. Hasil regresi antara hubungan jumlah bintil akar dengan N-total tanah menunjukkan bahwa jumlah bintil akar berpengaruh terhadap N-total tanah tanaman kedelai sebesar 77% dan memiliki hubungan yang tinggi (Gambar 5b).

Jumlah bintil akar meningkatkan serapan N dan N-total tanah tanaman kedelai, karena bakteri menyediakan unsur N dalam bentuk tersedia yang memudahkan tanaman menyerap nitrogen. Menurut Agistia (2009) bahwa semakin banyak jumlah bintil, semakin banyak jumlah *Rhizobium* sp, sehingga kemampuan menambat N tinggi pula. Serapan N pada tanaman akan diikuti dengan peningkatan N-total tanah. Hubungan serapan N dan N-total tanah mempunyai hubungan yang erat dalam peningkatan hasil tanaman kedelai.



Gambar 6. Regresi Antar Variabel Pengamatan N-total tanah Dengan Serapan N Tanaman Kedelai

Berdasarkan hasil uji korelasi menunjukkan adanya hubungan korelasi positif kuat antara N-total dengan serapan N tanaman yang memiliki nilai  $r = 0,98^{**}$  (Lampiran 8). Korelasi positif dan kuat ini, maka peningkatan N-total tanah akan diikuti oleh peningkatan serapan N tanaman. Hal ini sesuai dengan hubungan hasil regresi dengan nilai  $R^2 = 0,96^*$  yang menunjukkan bahwa peningkatan N-total akan diikuti dengan peningkatan serapan N (Gambar 1) dan memiliki hubungan tinggi. Menurut Lingga dan Marsono (2013) yang menyatakan bahwa unsur N memiliki fungsi untuk merangsang pertumbuhan secara keseluruhan, khususnya batang, cabang dan daun, berperan dalam pembentukan hijau daun yang sangat berguna dalam proses fotosintesis dan membentuk protein, lemak dan berbagai persenyawaan organik lainnya.



## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. Kesimpulan

1. Perlakuan multi isolat *Rhizobium* sp + 3 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang sapi dan multi isolat *Rhizobium* sp + 2 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang sapi memberikan peningkatan terhadap N-total tanah sebesar 120,48% dan 119,67% dibandingkan dengan tanpa multi isolat *Rhizobium* sp + 3 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang sapi dan perlakuan tanpa multi isolat *Rhizobium* sp + 2 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang sapi, sedangkan serapan N yang memberikan peningkatan sebesar 163,44% pada perlakuan multi isolat *Rhizobium* sp + 3 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang sapi dan perlakuan multi isolat *Rhizobium* sp + 2 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang sapi memberikan peningkatan sebesar 151,37% dibandingkan dengan tanpa multi isolat *Rhizobium* sp dan kontrol.
2. Terdapat interaksi dalam pemberian pupuk kandang sapi dan inokulasi multi isolat *Rhizobium* sp terhadap peningkatan unsur hara makro dan serapan Nitrogen tanaman kedelai *varietas* Argomulyo.

### 5.2. Saran

1. Untuk Peneliti yaitu, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut guna mengetahui pengaruh residu pada musim tanam kedua dan dilakukan sampai fase generatif agar terlihat perbedaan yang menonjol antar perlakuan.
2. Untuk Petani yaitu, dengan dosis 2 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang sapi sudah dapat meningkatkan pertumbuhan kedelai dan meningkatkan unsur hara makro nitrogen, serta serapan nitrogen tanaman kedelai.

## DAFTAR PUSTAKA

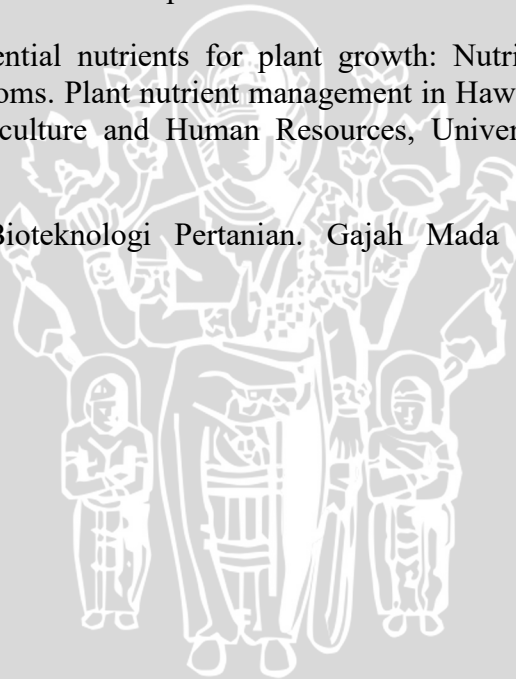
- AAK. 1989. Kedelai. Yogyakarta : Kanisius.
- Adijaya, D. 2004. Aplikasi Pemberian Legin (*Rhizobium*) Pada Uji Beberapa Varietas Kedelai di Lahan Kering. Balai Pengkajian eknologi Pertanian. Bali.
- Adiningsih, J. Dan M. Sudjadi. 1993. Peranan Sistem Bertanam Lorong (Alley Cropping) Dalam Meningkatkan Kesuburan Tanah Pada Lahan Kering Masam. Risalah Seminar, Hasil Penelitian Tanah Agroklimat. Pusat Pnelitian Tanah Dan Agroklimat. Bogor.
- Adisarwanto, T. 2005<sup>a</sup>. Budidaya Kedelai dengan Pemupukan yang Efektif dan Pengoptimalan Bintil Akar. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Adisarwanto, T. 2005<sup>b</sup>. Kedelai (ed. Terbaru). Penebar Swadaya. Jakarta.
- Agistia, I., dan Ricky Indri Hapsari. 2006. Pengaruh Aplikasi Rhizobium Indigen Terhadap Pertumbuhan Kedelai Pada Entisol dan Inceptisol. Buana Sains. 6(2) : 171-176.
- Agustina, L. 1990. Dasar Nutrisi Tanaman. Jakarta : Rineka Cipta.
- Bambang, M., Hasanudin, dan Indrian. 2006. Peran Pupuk N dan P Terhadap Serapan N, Efisiensi N Dan Hasil Tanaman Jahe Dibawah Tegakan Tanaman Karet. Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia. 8 (1) : 61-68.
- BPS. 2013. Statistik Indonesia. Badan Pusat Statistik. Jakarta.
- Cahyono, B. 2007. Kedelai : Teknik Budidaya dan Analisis Usaha Tani. Aneka Ilmu. Semarang. Hlm 153.
- Dahlan, F.H., dan Kaharuddin. 2007. Pengaruh Penggunaan Pemberian Pupuk Bokashi Kotoran Sapi Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Jagung. Jurnal Agribisnis. 3 (1). Jakarta.
- Giller, K.E. 2001. Nitrogen Fixation In Tropical Croppig System. 2nd Edn., CAB International. Wallingford, UK., ISBN-10.
- Hadie, J. 2004. Pemanfaatan Rhizobium Indigen Dalam Upaya Peningkatan Pertumbuhan dan Hasil Kacang Tunggak di Lahan Lebak Kalimantan Selatan. Disertasi. Program Pascasarjana. Universitas Brawijaya. Malang.
- Hairiah K, Widiyanto, S.R. Otami, D. Suprayogo, Sunaryo, S.M. Sitompul, B. Lusiana, R. Mulia, M.V. Noordnizk dan G. Cadish. 2000. Pengelolaan Tanah Masam Secara Biologi. Universitas Lampung. Lampung.
- Hanafiah K. A. 2007. Dasar-Dasar Ilmu Tanah. Grafindo Persada. Jakarta.

- Handayanto, dan K. Hairiah. 2007. Biologi Tanah Landasan Pengelolaan Tanah Sehat. Pustaka Adipura. Yogyakarta.
- Hardjowigeno, S. 2015 Ilmu Tanah. CV Akademika Pressindo. Jakarta.
- Harsono, A., Prihastuti, dan Subandi, 2011. Efektivitas Multi-isolat *Rhizobium* dalam Pengembangan Kedelai di Lahan Kering Masam. Iptek Tanaman Pangan. 6 (1) : 57-72.
- Hartatik, dan L.R. Widowati. 2016. <http://balittanah.litbang.pertanian.go.id/ind/dokumentasi/lainnya/04pupuk%20kandang.pdf>. Diakses tanggal 30 Oktober 2016.
- Hasbianto, A. 2013. Aplikasi Organik Terhadap Pertumbuhan Tanaman dan Mutu Fisiologis Pada Benih Kacang Tanah (*Arachis hypogea* L.) Di Lahan Kering Masam. Dalam seminar nasional Inovasi Pertanian (Online). Tersedia di <http://kalsel.litbang.pertanian.go.id/ind/images/pdf/prosiding/36%20agus.pdf>. Diakses 12 Januari 2017.
- Havlin et al. 2005. Soil Fertility and Fertilizers, an Introduction to Nutrient Management. 10th edition. Pearson Education, Inc. New Jersey.
- Islami, Titiek dan H. Wani Utomo. 1995. Hubungan Tanah, Air, dan Tanaman. IKIP Semarang Press. Semarang.
- Javaid A, Mahmood N. 2010. Growth, nodulation, and yield response of soybean to biofertilizers and organic manures. *Plant Journal of Botany*. 42 (2) : 863-871.
- Jumini dan R. Hayati. 2010. Kajian Biokomplek Trico-G dan Inokulasi *Rhizobium* pada Hasil Tanaman Kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill). *Jurnal Floratek* 5 (1) : 23-30.
- Lingga, P. dan Marsono, 2013. Petunjuk Penggunaan Pupuk (Ed. Revisi). Penebar Swadaya Grup. Jakarta. Hlm 162.
- Lubis, A.I., Jumini dan Syraffuddin. 2013. Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kacang Tanah (*Arachis hypogea* L.) Akibat Pngaruh Dosis Pupuk N dan P Pada Kondisi Media Tanam Tercemar Hidrokarbon. *Jurnal Agrista*. 17 (3) : 119-126.
- Madigan, M.T., J.M. Martinko dan J. Parker. 2000. *Biology of Microorganisms*. 9th edition. Prentice Hall International, Inc. New Jersey.
- Manik TB. 2003. Pengaruh Pemberian Pupuk Kandang, Kapur dan Perendaman Benih dengan Ehtrel Terhadap Pertumbuhan Tanaman Kedelai (*Glycine Max* (L) Merill) pada Tanah Podsolik Merah Kuning [Skripsi]. Bogor : Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Hal 34.

- Martins, L.M.V., Xavier, G.R., Rangel, F.W., Ribeiro, J.R.A., Neves, M.C.P., Morgado, L.B. and Rumjanek, N.G. 2003. Contribution of biological 141 nitrogen fixation to cowpea: a strategy for improving grain yield in the semiarid region of Brazil. *Biology and Fertility Soils* 38: 333 – 339.
- Mayani, N. dan Hapsoh. 2011. Potensi Rhizobium dan Pupuk Urea Untuk Meningkatkan Produksi Kedelai (*Glycine max* L.) Pada Lahan Bekas Sawah. *Jurnal Ilmu Pertanian Kultivar*. 5 (2) : 11.
- Munawar, A. 2011. Kesuburan Tanah dan Nutrisi Tanaman. PT Penerbit IPB Press. Bogor. Hlm 223.
- Mursidah. 2005. Perkembangan Produksi Kedelai Nasional dan Upaya Pengembangannya di Provinsi Kalimantan Timur. Kalimantan: LIPI.
- Muslihat. 2003. Teknik Percobaan Takaran Pupuk Kandang pada Pembibitan Abaca. *Buletin Teknik Pertanian*. 8 (1) : 37-39.
- Notohadiprawiro, T. 1983. Persoalan Tanah Masam dalam Pembangunan Pertanian di Indonesia. Fakultas Pertanian Universitas Gajah Mada. Yogyakarta. 18 : 44-47.
- Novriani, 2011. Peranan *Rhizobium* dalam Meningkatkan Ketersediaan Nitrogen bagi Tanaman Kedelai. *Jurnal Agronobis*, 3 (5) : 35-42.
- Otieno, P.E., J. W. Muthomi, G.N. Chemming, dan J.H. Nderitu. 2009. Effect Of Rhizobia Inoculation, Farm Yard Manure and Nitrogen Fertilizer On Nodulation and Yield Of Food Grain Legumes. *Journal of Biological Science*. 9(4) : 326-332.
- Olson, R.A., and L.T. Kurtz. 1982. Crop nitrogen requirement, utilization, and fertilization. In: F.J. Stevenson (ed.). *Nitrogen in Agricultural soils*. ASA, CSSA, SSSA, Madison, WI. pp 576-604.
- Pitojo, S. 2003. Benih Kedelai. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Padjar. 2010. Kedelai setelah satu dekade. *Majalah tempo*. <http://majalah.tempointeraktif.com/id/arsip/2010/03/29/EB/mbm.2010.id.html>. Diakses pada tanggal 2 Januari 2017.
- Rao, S. 1994. Mikroorganisme Tanah dan Pertumbuhan Tanaman. Universitas Indonesia. Jakarta.
- Rachmania, N. dan Yoan Ramasita. 2013. Respon Pertumbuhan Tanaman Kedelai terhadap *Bradyrhizobium japonicum* Toleran Masam dan Pemberian Pupuk di Tanah Masam. *Jurnal Agron Indonesia*. 41 (1) : 24 -31.

- Rukmana, R. 1996. Kedelai Budi Daya dan Perkembangannya. Yogyakarta: Kanisius.
- Salisbury, F.B. dan C. W. Ross. 1995. Fisiologi Tumbuhan. Jilid 2. Terjemahan Diah R. Lukmana dan Sumaryono. ITB-Press. Bandung. P. 293-295.
- Santoso, P. and Ahmad Safrudin. 1991. Dampak Pembangunan Terhadap Tanah, Tata guna Lahan dan Tata ruang. Bandung.
- Saraswati, R. dan Sumarno. 2008. Pemanfaatan Mikroba Penyubur Tanah sebagai Komponen Tek-nologi Pertanian. Puslitbang. Jakarta. Jurnal Iptek Tanaman Pangan. 3 (1) : 41-54.
- Sennang, NR. 1984. Pengaruh Pemberian *Rhizobium Japonicum* dan Pupuk Kandang Terhadap Pembentukan Bintil Akar, Pertumbuhan dan Produksi 3 Varietas Kedelai (*Glycine Max* (L) Merrill) [Tesis] Institut Pertanian Bogor. Hal 103.
- Setyorini dan Widowati. 2008. Pemupukan Berimbang dengan Uji Tanah Sawah. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Departemen Pertanian. Bogor.
- Simanungkalit, R. D. M., D. A. Suriadikarta, R. Saraswati, D. Setyorini, dan W. Hartatik. 2006. Pupuk Organik dan Pupuk Hayati (Organic Fertilizer and Biofertilizer). Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian. Jawa Barat.
- Soepardi, G. 1983. Sifat dan Ciri Tanah. Jurusan Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Insitut Pertanian Bogor. Bogor. Hal 591.
- Soepardi, H. G. 2001. Strategi usahatani agribisnis berbasis sumber daya lahan. hlm. 35-52 dalam Prosiding Nasional Pengelolaan Sumber daya Lahan dan Pupuk Buku I. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat. Bogor.
- Sugito, Y., Yulia N, dan Ellis N. 1995. Sistem Pertanian Organik. Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya. Malang. 83p.
- Sugito dan Tugeno. 1999. Pengaruh Dosis Pupuk Organik Azolla dan EM-4 terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman *Caisim*. Malang. 10 : 51-58.
- Suhaeni, N. 2007. Petunjuk Praktis Menanam Kedelai. Penerbit Nuansa. Bandung.
- Suhardi, 2002. Hutan dan Kebun Sebagai Sumber Pangan Nasional. Kanisius Yogyakarta.

- Suhartina, 2005. Deskripsi Varietas Unggul Kacang-kacangan dan Umbi-umbian. Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi. Malang.
- Sultana, M.N. 2003. Effects of Rhizobium inoculum and nitrogen fertilizer on yield and nutrient quality of cowpea (*Vigna unguiculata*) forage at different stages of maturity. M. Sc. (A.H). Thesis, Dept. of Animal Nutrition, Bangladesh Agricultural University. Mymensingh.
- Sumarno. 2011. Kedelai, Teknik Produksi dan Pengembangan. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Bogor. Jurnal Iptek Tanaman Pangan. 6 (2) : 24-25.
- Suprpto, H.S. 2001. Bertanam Kedelai. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Sutedjo, MM., AG., Kartasapoetra, dan R.S.D. Sastroatmojo. 1996. Mikrobiologi Tanah. Jakarta : PT. Rineka Cipta.
- Uchida, R. 2000. Essential nutrients for plant growth: Nutrient functions and deficiency symptoms. Plant nutrient management in Hawaii's soils. College of Tropical Agriculture and Human Resources, University of Hawaii at Manoa. p : 31-55.
- Yuwono, T. 2006. Bioteknologi Pertanian. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.



## LAMPIRAN

**Lampiran 1. Deskripsi Tanaman Kedelai**

Deskripsi kedelai varietas Argomulyo menurut Suhartina (2005), sebagai berikut:

Dilepas tahun	: 1998
Nomor galur	: -
Asal	: Introduksi dari Thailand, oleh PT Nestle Indonesia pada tahun 1998 dengan nama asal Nakhon Sawan 1
Daya hasil	: 1,5 – 2,0 ton <sup>-1</sup>
Warna hipokotil	: Ungu
Warna bulu	: Coklat
Warna bunga	: Ungu
Warna kulit biji	: Kuning
Warna hilum	: Putih terang
Tipe tumbuh	: Determinit
Umur berbunga	: 30 hari
Umur saat panen	: 80-82 hari
Tinggi tanaman	: 40 cm
Percabangan	: 3-4 cabang dari batang utama
Bobot 100 biji	: 16,0 g
Kandungan protein	: 39,4%
Kandungan minyak	: 20,8%
Kerebahan	: Tahan rebah
Ketahanan penyakit	: Toleran karat daun
Keterangan	: Sesuai untuk bahan baku susu kedelai
Pemulia	: Rosidah S., C. Ismail., Gatot Sunyoto, dan Sumarno
Benih Penjenis (BS)	: Dirawat dan diperbanyak oleh BPTP Karangploso, Malang.

## Lampiran 2. Perhitungan kebutuhan pupuk

1. Bobot 1 ha lapisan olah tanah

$$BI = 0,99 \text{ g/cm}^3$$

$$\text{Kedalaman Lapisan Olah (KLO)} = 20 \text{ cm}$$

$$\text{Luas Lahan (LL)} = 1 \text{ ha} = 10^4 \text{ m}^2 = 10^8 \text{ cm}^2$$

$$\text{HLO} = BI \times \text{KLO} \times \text{LL}$$

$$= 0,99 \text{ g/cm}^3 \times 20 \text{ cm} \times 10^8 \text{ cm}^2$$

$$= 1,99 \times 10^9 \text{ g}$$

$$= 1,99 \times 10^6 \text{ kg}$$

2. Kebutuhan Pupuk dasar per polibag : bobot tanah polybag/ bobot HLO x kebutuhan pupuk/ha

$$\text{Kebutuhan pupuk Urea per polybag (3 kg)} = 3\text{kg}/1,99 \times 10^6 \times 50 \text{ kg/ha}$$

$$= 75,5 \times 10^{-6} \text{ kg urea/polybag}$$

$$= 0,0755 \text{ g urea/polybag}$$

$$\text{Kebutuhan pupuk SP36 per polybag (3 kg)} = 3\text{kg}/1,99 \times 10^6 \times 100 \text{ kg/ha}$$

$$= 151 \times 10^{-6} \text{ kg/polybag}$$

$$= 0,151 \text{ g SP36/polybag}$$

$$\text{Kebutuhan pupuk KCl per polybag (3 kg)} = 3\text{kg}/1,99 \times 10^6 \times 75 \text{ kg/ha}$$

$$= 113,25 \times 10^{-6} \text{ kg/polybag}$$

$$= 0,11325 \text{ g KCl/polybag}$$

$$\text{Kebutuhan Dolomit per polybag (3 kg)} = 3\text{kg}/1,99 \times 10^6 \times 500 \text{ kg/ha}$$

$$= 755 \times 10^{-6} \text{ kg/polybag}$$

$$= 0,755 \text{ g Dolomit/polybag}$$

3. Kebutuhan pupuk kandang sapi per polybag

a. 1 ton/ha = 1000 kg/ha

$$\text{Pupuk kandang sapi 1 ton/ha (3 kg)} = 3\text{kg}/1,99 \times 10^6 \times 1000 \text{ kg/ha}$$

$$= 1,51 \times 10^{-3} \text{ kg}$$

$$= 1,51 \text{ g/ polybag}$$

b. 2 ton/ha = 2000 kg/ha

$$\text{Pupuk kandang sapi 2 ton/ha (3 kg)} = 3\text{kg}/1,99 \times 10^6 \times 2000 \text{ kg/ha}$$

$$= 3,02 \times 10^{-3} \text{ kg}$$

$$= 3,02 \text{ g/ polybag}$$

c. 3 ton/ha = 3000 kg/ha

$$\text{Pupuk kandang sapi 3 ton/ha (3 kg)} = 3\text{kg}/1,99 \times 10^6 \times 3000 \text{ kg/ha}$$

$$= 4,53 \times 10^{-3} \text{ kg}$$

$$= 4,53 \text{ g/ polybag}$$



**Lampiran 3. Kriteria Analisis Tanah**

Tabel 8. Kriteria Analisa Tanah Staf Pusat Penelitian Tanah (1983) dalam Hardjowigeno (2015)

	Parameter tanah				
	sangat rendah	Rendah	Sedang	Tinggi	sangat tinggi
C (%)	<1	1-2	2-3	3-5	>5
N (%)	<0,1	0,1-0,2	0,21-0,5	0,51-0,75	>0,75
C/N	<5	5-10	11-15	16-25	>25
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> HCl 25% (mg 100 g <sup>-1</sup> )	<15	15-20	21-40	41-60	>60
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> Bray (ppm P)	<4	5-7	8-10	11-15	>15
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> Olsen (ppm P)	<5	5-10	10-15	16-20	>20
K <sub>2</sub> O HCl 25% (mg 100 g <sup>-1</sup> )	<10	10-20	21-40	41-60	>60
KTK (me 100 g tanah <sup>-1</sup> )	<5	5-16	17-24	25-40	>40
Susunan kation	<2	2-5	6-10	11-20	>20
- Ca (me 100 g tanah <sup>-1</sup> )	<0,3	0,4-1	1,1-2,0	2,1-8	>8
- Mg (me 100 g tanah <sup>-1</sup> )	<0,1	0,1-0,3	0,4-0,5	0,6-1	>1
- K (me 100 g tanah <sup>-1</sup> )	<0,1	0,1-0,3	0,4-0,7	0,8-1	>1
- Na (me 100 g tanah <sup>-1</sup> )	<0,1	0,1-0,3	0,4-0,5	0,6-1	>1
Kejenuhan basah (%)	<20	20-40	41-60	61-80	>80

	sangat masam	masam	agak masam	Normal	agak alkalis	alkalis
pH (H <sub>2</sub> O)	<4,5	4,5-5,5	5,6-6,5	6,6-7,5	7,6-8,5	>8,5
pH (KCL)	<2,5	2,5-4	-	4,1-6,0	6,1-6,5	.6,5

#### Lampiran 4. Hasil Analisis Dasar Tanah

Tabel 9. Hasil Analisis Dasar Tanah

Parameter	Hasil	Kriteria
C (%)	1,5 %	Rendah
N (%)	0,20 %	Rendah
C/N	7,5 %	Rendah
pH (H <sub>2</sub> O)	4,2	Masam
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (HCL 25%)	16,13 me/100g	Rendah
K <sub>2</sub> O (HCL 25%)	14,41 me/100g	Rendah
KTK (me 100 g tanah <sup>-1</sup> )	11,99 me/100g	Rendah
Ca (me 100 g tanah <sup>-1</sup> )	0,33 me/100g	Rendah
Mg (me 100 g tanah <sup>-1</sup> )	0,16 me/100g	Rendah
Kejenuhan basa (%)	28 %	Rendah
Kadar Air	17,17%	-
pF 2,5	0,4	-
pF 4,2	0,23	-

#### Lampiran 5. Hasil Analisis Pupuk Kandang Sapi

Tabel 10. Hasil Analisis Kimia Pupuk Kandang Sapi

Parameter	Metode	Satuan	Hasil
pH H <sub>2</sub> O	Glass Elektrode	pH	7,3
N	Kjeldahl	%	2,0
P	Olsen	%	0,67
K	Flame-photometer	%	1,71
Ca	Titration EDTA	%	1.13
Mg	Titration EDTA	%	0,41
C-organik	Wet Oxydation Walkey and Black	%	10,13
C/N	Perhitungan	-	5,065
Kadar air	Oven	%	34,64

## Lampiran 6. Hasil Analisis pH (H<sub>2</sub>O)

Tabel 11. Hasil Analisis pH H<sub>2</sub>O

pH H <sub>2</sub> O (sebelum)	Perlakuan	pH H <sub>2</sub> O (Panen)
4,20	IOP0 1	4,74
	IOP0 2	4,77
	IOP0 3	4,94
	IOP1 1	5,33
	IOP1 2	4,84
	IOP1 3	5,13
	IOP2 1	5,02
	IOP2 2	5,28
	IOP2 3	5,07
	IOP3 1	4,91
	IOP3 2	5,16
	IOP3 3	4,98
	IIP0 1	4,84
	IIP0 2	5,04
	IIP0 3	5,01
	IIP1 1	5,46
	IIP1 2	5,18
	IIP1 3	5,02
	IIP2 1	4,96
	IIP2 2	5,08
	IIP2 3	5,13
	IIP3 1	5,12
	IIP3 2	5,31
	IIP3 3	5,30

Keterangan : **IOP0**: Tanpa inokulasi multi isolat *Rhizobium* sp + tanpa pupuk kandang sapi; **IOP1**: Tanpa inokulasi multi isolat *Rhizobium* sp + 1 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang sapi; **IOP2**: Tanpa inokulasi multi isolat *Rhizobium* sp + 2 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang sapi; **IOP3**: Tanpa inokulasi multi isolat *Rhizobium* sp + 3 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang sapi; **IIP0**: Inokulasi multi isolat *Rhizobium* sp tanpa pupuk kandang sapi; **IIP1**: Inokulasi multi isolat *Rhizobium* sp + 1 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang sapi; **IIP2**: Inokulasi multi isolat *Rhizobium* sp + 2 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang sapi; **IIP3**: Inokulasi multi isolat *Rhizobium* sp + 3 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang sapi.

**Lampiran 7. Analisa ragam (ANOVA)****a. Analisis ragam (ANOVA) N-total**

Sumber keragaman	KT	Db	JK	F hit	F tab 5%
Bakteri	0.0032	1	0.0032	12.609*	4.493
Dosis pupuk kandang sapi	0.001	3	0.0002	1.061	3.238
Interaksi	0.0001	3	0.00003	0.150	3.238
Galat	0.004	16	0.0003		
Total	0.008	23			

**b. Analisis ragam (ANOVA) Serapan N**

Sumber keragaman	KT	Db	JK	F hit	F tab 5%
Bakteri	0.149	1	0.149	24.888*	4.493
Dosis pupuk kandang sapi	0.059	3	0.019	3.293*	3.238
Interaksi	0.013	3	0.004	0.760	3.238
Galat	0.096	16	0.006		
Total	0.304	23			

**c. Analisis ragam (ANOVA) Bobot Basah Tanaman**

Sumber keragaman	KT	Db	JK	F hit	F tab 5%
Bakteri	52.362	1	52.362	27.604*	4.493
Dosis pupuk kandang sapi	30.910	3	10.303	5.431*	3.238
Interaksi	18.417	3	6.139	3.236	3.238
Galat	30.35	16	1.896		
Total	132.040	23			

**d. Analisis ragam Bobot Kering Tanaman**

Sumber keragaman	KT	Db	JK	F hit	F tab 5%
Bakteri	6.040	1	6.040	20.851*	4.493
Dosis pupuk kandang sapi	3.550	3	1.183	4.085*	3.238
Interaksi	2.294	3	0.764	2.640	3.238
Galat	4.634	16	0.289		
Total	16.519	23			

**e. Analisis ragam Jumlah bintil Akar**

Sumber keragaman	JK	Db	KT	F hit	F tab 5%
Bakteri	170.666	1	170.666	9.122*	4.493
Dosis pupuk kandang sapi	80.5	3	26.833	1.434	3.238
Interaksi	19.333	3	6.444	0.344	3.238
Galat	299.333	16	18.708		
Total	569.833	23			

**f. Analisis ragam Berat Kering Akar**

Sumber keragaman	JK	Db	KT	F hit	F tab 5%
Bakteri	0.160	1	0.160	10.938*	4.493
Dosis pupuk kandang sapi	0.092	3	0.030	2.097	3.238
Interaksi	0.057	3	0.019	1.303	3.238
Galat	0.234	16	0.014		
Total	0.543	23			

Keterangan : \* = nyata  
 tn = tidak nyata

**Lampiran 8. Uji Korelasi Antar Variabel Pengamatan**

Tabel 12. Hasil Uji Korelasi Antar Variabel Pengamatan

	N-total	N-tanaman	Bobot Basah	Bobot Kering	Jumlah bintil	Berat Kering Akar
N-total	1					
N-tanaman	0,98**	1				
Bobot Basah	0,80**	0,81**	1			
Bobot Kering	0,79**	0,80**	0,99**	1		
Jumlah bintil	0,87**	0,89**	0,95**	0,95**	1	
Berat Kering Akar	0,80**	0,82**	0,99**	0,99**	0,96**	1

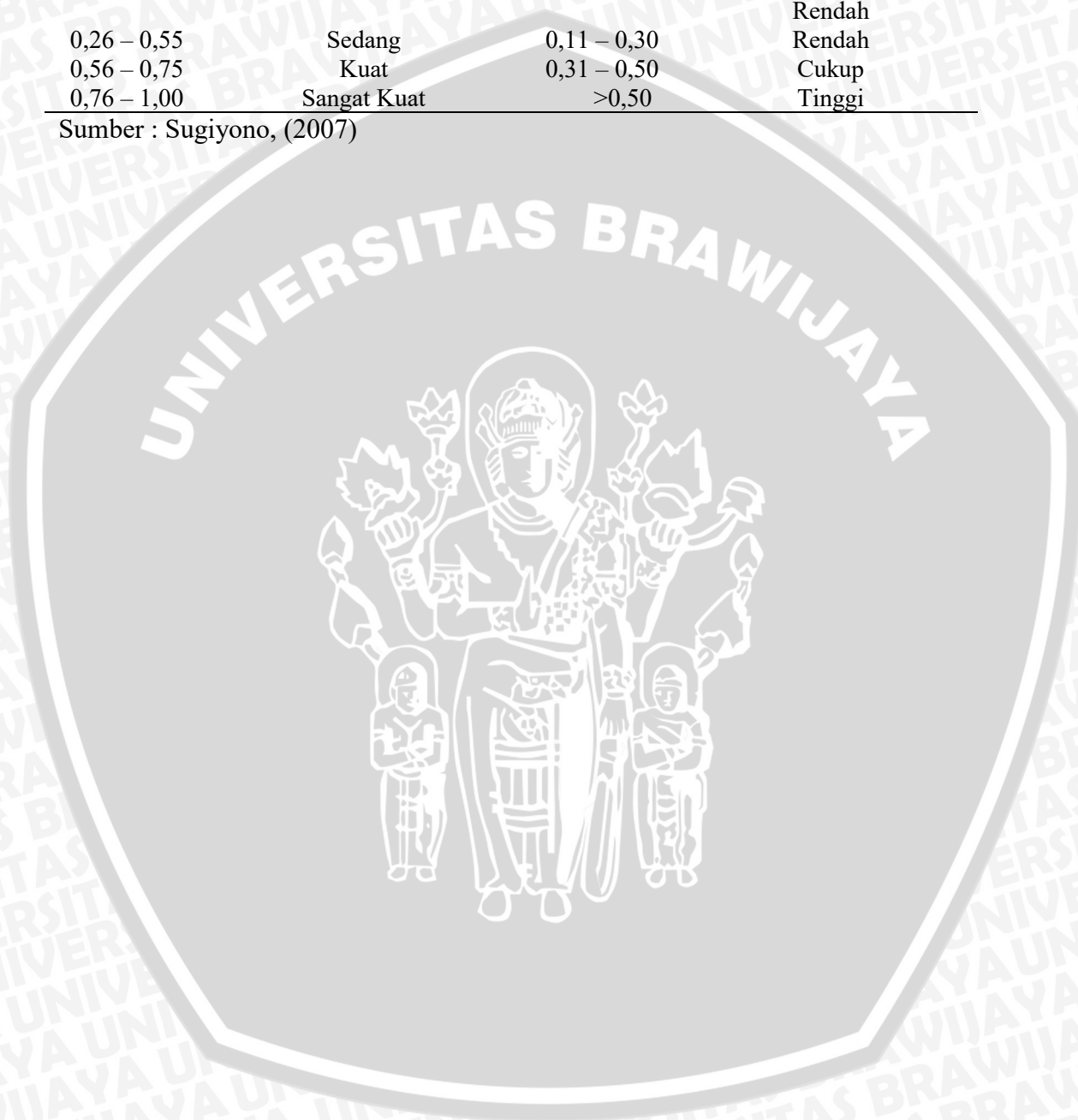
Keterangan : \*\* = sangat kuat



Tabel 13. Kriteria Nilai Kolerasi dan Regresi

Korelasi		Regresi	
Nilai	Kriteria	Nilai	Kriteria
0,00 - 0,25	Lemah	< 0,1	Sangat Rendah
0,26 - 0,55	Sedang	0,11 - 0,30	Rendah
0,56 - 0,75	Kuat	0,31 - 0,50	Cukup
0,76 - 1,00	Sangat Kuat	> 0,50	Tinggi

Sumber : Sugiyono, (2007)



### Lampiran 9. Kegiatan Penelitian

#### 1. Kegiatan panen 45 HST



Gambar 1. Jumlah bintil



Gambar 2. Bobot kering akar



Gambar 3. Bobot basah tanaman



Gambar 4. Pembuatan biuret ( $H_3BO_4$ )



Gambar 5. Bobot kering tanaman



Gambar 6. Bobot kering akar



Gambar 7. Titrasi N-total



Gambar 8. Preparasi tanaman



Gambar 9. Tanaman 45 HST



Gambar 10. Akar tanaman 45HST

## 2. Penanaman dan Perawatan



Gambar 11. Biji kedelai



Gambar 12. Penyiraman



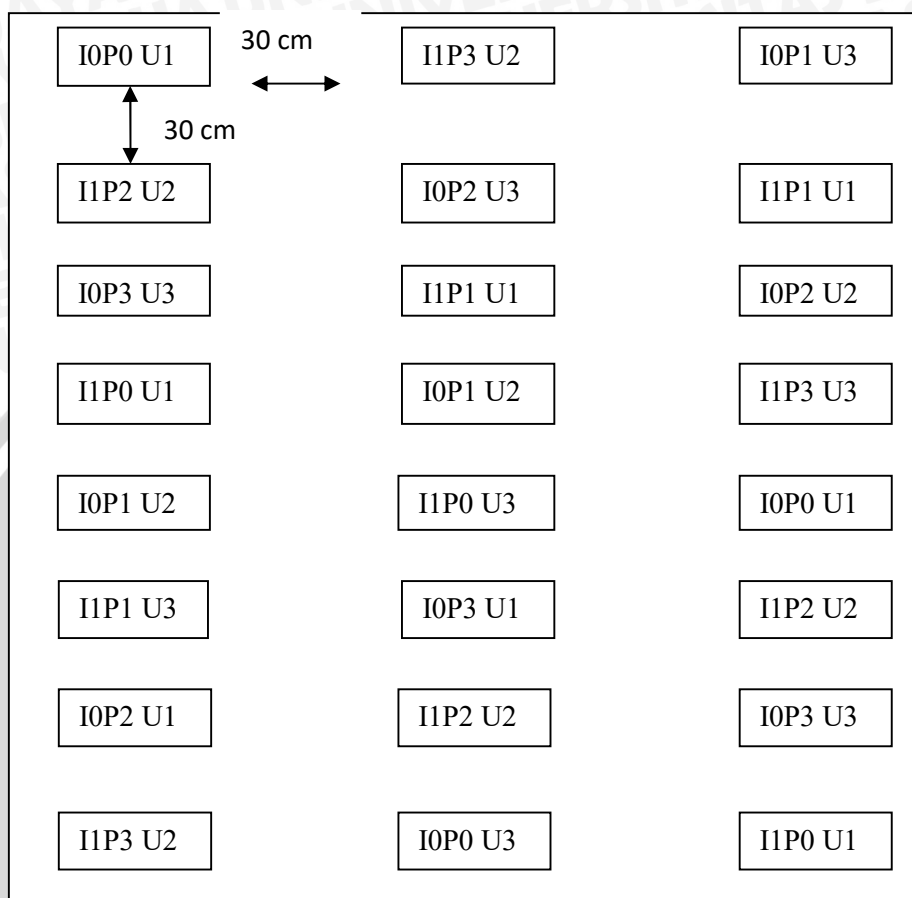
Gambar 13. Perendaman biji (isolat)



Gambar 14. Tanaman 21 HST



Lampiran 10. Denah percobaan



Keterangan : **IOP0**: Tanpa inokulasi multi isolat *Rhizobium* sp + tanpa pupuk kandang sapi; **IOP1**: Tanpa inokulasi multi isolat *Rhizobium* sp + 1 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang sapi; **IOP2**: Tanpa inokulasi multi isolat *Rhizobium* sp + 2 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang sapi; **IOP3**: Tanpa inokulasi multi isolat *Rhizobium* sp + 3 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang sapi; **IIP0**: Inokulasi multi isolat *Rhizobium* sp tanpa pupuk kandang sapi; **IIP1**: Inokulasi multi isolat *Rhizobium* sp + 1 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang sapi; **IIP2**: Inokulasi multi isolat *Rhizobium* sp + 2 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang sapi; **IIP3**: Inokulasi multi isolat *Rhizobium* sp + 3 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang sapi.