

**PENGARUH PEMBERIAN PUPUK UREA
DAN BEBERAPA FORMULA PUPUK HAYATI *RHIZOBIUM*
TERHADAP PERTUMBUHAN DAN HASIL KEDELAI (*Glycine max* (L.) Merrill)
DI TANAH MASAM ULTISOL**

SKRIPSI

Oleh :
RISNAWATI
NIM: 05520033



**JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2010**

**PENGARUH PEMBERIAN PUPUK UREA
DAN BEBERAPA FORMULA PUPUK HAYATI *RHIZOBIUM*
TERHADAP PERTUMBUHAN DAN HASIL KEDELAI (*Glycine max* (L.)
Merril)
DI TANAH MASAM ULTISOL**

SKRIPSI

Oleh :
RISNAWATI
NIM : 05520033

Telah Disetujui Oleh :

Pembimbing I

Pembimbing II

Pembimbing Agama

Suyono M.P. NIP. 19710622 2003121 002 Dr. Arief Harsono, M.S. NIP. 080 067 503 Munirul Abidin, M.Ag. NIP. 19720420 2002121 003

Malang, 01 Februari 2010

**Mengetahui,
Ketua Jurusan Biologi**

Dr. Eko Budi Minarno, M. Pd.
NIP: 19630114 199903 1 001

**PENGARUH PEMBERIAN PUPUK UREA
DAN BEBERAPA FORMULA PUPUK HAYATI *RHIZOBIUM*
TERHADAP PERTUMBUHAN DAN HASIL KEDELAI (*Glycine max* (L.) Merrill)
DI TANAH MASAM ULTISOL**

SKRIPSI

Oleh :
RISNAWATI
NIM: 05520033

Telah dipertahankan didepan dewan penguji skripsi
Dan dinyatakan diterima sebagai salah satu persyaratan
Untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si)

Tanggal, 011 Pebruari 2010

Susunan Dewan Penguji :	Tanda Tangan
1. Penguji utama : <u>Dr. Arief Harsono, M.S.</u> NIP. 080 067 503	()
2. Ketua : <u>Dr. Eko Budi Minarno, M. Pd.</u> NIP: 19630114 199903 1 001	()
3. Sekertaris : <u>Suyono M.P.</u> NIP. 19710622 2003121 002	()
4. Anggota : <u>Munirul Abidin, M.Ag.</u> NIP. 19720420 2002121 003	()

**Mengetahui dan Mengesahkan
Ketua Jurusan Biologi**

Dr. Eko Budi Minarno, M. Pd.
NIP: 19630114 199903 1 001

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Segala puji bagi Allah SWT karena dengan pertolongannya-Nya skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Shalawat serta salam semoga selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW. Dalam penyelesaian skripsi ini juga tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, maka penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. H. Imam Suprayogo, selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Prof. Drs. Sutiman Bambang Sumitro, S.U.DSc, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Eko Budi Minarno, M. Pd, selaku Ketua Jurusan Biologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Suyono M.P, selaku Dosen Pembimbing Jurusan yang memberikan bimbingan kepada penulis.
5. Dr. Arif Harsono, M.S, selaku Dosen Pembimbing lapangan atas kesabarannya mengarahkan penulis dalam penyusunan skripsi.
6. Munirul Abidin, M.Ag., selaku Dosen Pembimbing Agama yang telah sabar memberikan bimbingan dan arahnya kepada penulis dalam penyusunan skripsi.

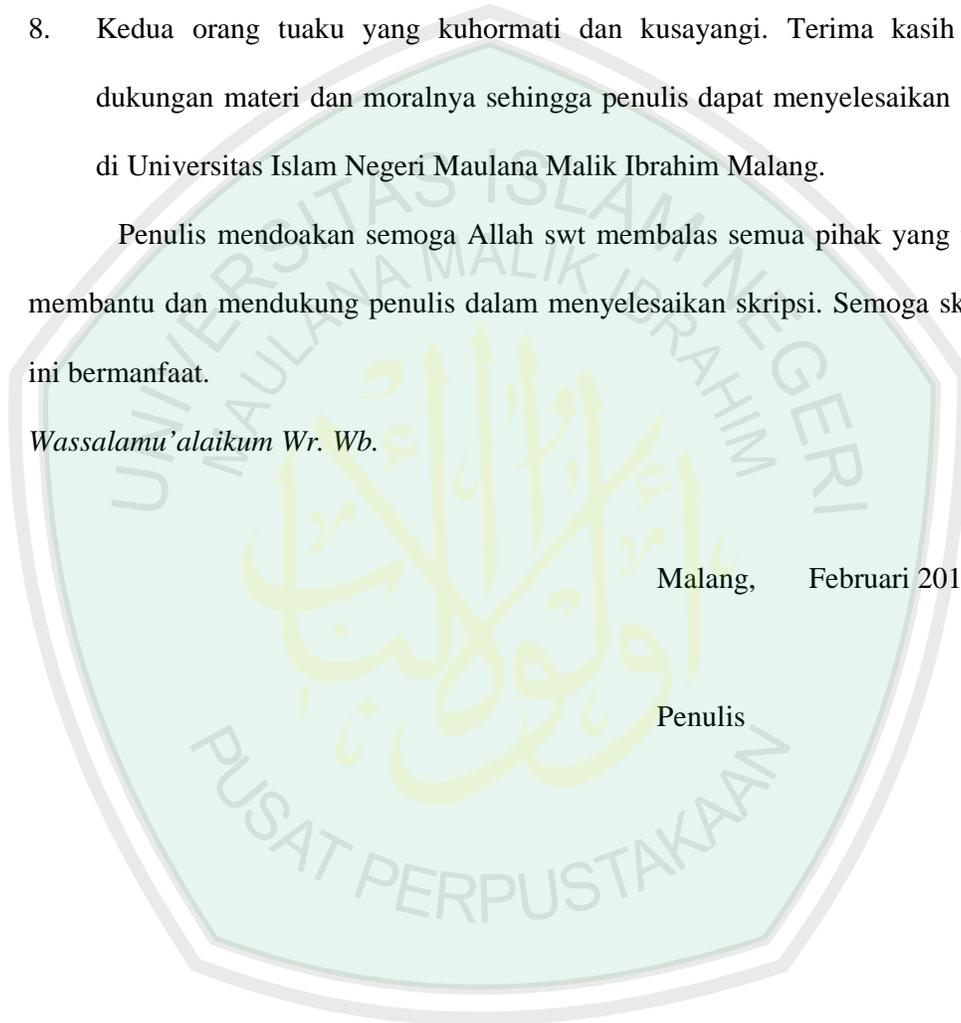
7. Seluruh Dosen dan staf karyawan Jurusan Biologi yang telah berjasa selama penulis menempuh studi di Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
8. Kedua orang tuaku yang kuhormati dan kusayangi. Terima kasih atas dukungan materi dan moralnya sehingga penulis dapat menyelesaikan studi di Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

Penulis mendoakan semoga Allah swt membalas semua pihak yang telah membantu dan mendukung penulis dalam menyelesaikan skripsi. Semoga skripsi ini bermanfaat.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Malang, Februari 2010

Penulis



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PERSETUJUAN	
LEMBAR PENGESAHAN	
KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR TABEL.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR LAMPIRAN.....	vii
ABSTRAK.....	ix
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	6
1.3 Tujuan Penelitian.....	7
1.4 Hipotesis	7
1.5 Manfaat Penelitian.....	7
1.6 Batasan Masalah	7
1.7 Definisi Operasional	8
BAB II KAJIAN PUSTAKA	
2.1. Tanaman Kedelai (<i>Glycine</i> (L.) Merrill).....	9
2.1.1. Morfologi.....	9
2.1.1.1. Daun	9
2.1.1.2. Akar	10
2.1.1.3. Bunga	10
2.1.1.4. Buah dan Biji.....	10
2.1.2. Klasifikasi.....	11
2.1.3. Syarat Tumbuh	12
2.1.2.1. Iklim.....	12
2.1.2.2. Ketinggian.....	12
2.1.2.3. Keadaan Tanah.....	12
2.2. Pemupukan.....	13
2.2.1 Pupuk Urea (Nitrogen).....	14
2.2.2 Peranan Urea Dalam Pertumbuhan Tanaman.....	15
2.3. Bakteri <i>Rhizobium</i>	16
2.3.1 Morfologi.....	17
2.3.2 Klasifikasi.....	17
2.3.3 Faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan Bakteri <i>Rhizobium</i>	17
2.3.4 Mekanisme Nodulasi	19
2.3.5 Daur Nitrogen dan Fiksasi Nitrogen	22
2.3.5.1 Daur Nitrogen.....	22
2.3.5.2 Fiksasi Nitrogen	24
2.4. Inokulasi Bakteri <i>Rhizobium japonicum</i> pada Tanaman Kedelai.....	26

2.5. Kompatibilitas antara Bakteri <i>Rhizobium</i> dengan Varietas Kedelai	28
2.6. Bakteri Pelarut Fosfat	30
a. Faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan Bakteri Pelarut Fosfat	30
b. Peranan Bakteri Pelarut Fosfat bagi Tanaman	31
2.7. Deskripsi Tanah Ultisol	33
2.8. Permasalahan Pertumbuhan Tanaman Kedelai di Tanah Masam.....	34
2.9. Macam-macam Tanah dalam Perspektif Al-Qur'an.....	35
2.10. Pemanfaatan Tanah.....	37
2.11. Perintah untuk Menghidupkan Tanah.....	38
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1 Waktu dan Tempat	40
3.2 Jenis dan Rancangan Penelitian	40
3.3 Alat dan Bahan.....	41
3.3.1 Alat	41
3.3.2 Bahan	41
3.4 Variabel Penelitian	41
3.5 Prosedur Kerja.....	42
3.6 Variabel yang Diamati.....	45
3.7 Analisis Data	47
3.8 Desain Kerja.....	47
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Analisis Tanah Sebelum dan Sesudah Perlakuan.....	48
4.2 Pertumbuhan Tanaman Kedelai	49
4.2.1 Tinggi Tanaman.....	49
4.2.2 Kadar Klorofil Daun	53
4.3 Hasil Tanaman Kedelai.....	58
4.3.1 Jumlah Bintil Akar, Bintil Akar Efektif, Bintil Akar Nonefektif, Berat Basah Bintil Akar dan Berat Kering Bintil Akar	58
4.3.2 Jumlah Cabang, Berat Kering Tanaman dan Berat Kering Akar	61
4.3.3 Rata-rata Berat Polong, Jumlah Polong Isi, Jumlah Polong Hampa, Jumlah Biji dan Berat Kering Biji.....	64
4.4 Ulasan Hasil Penelitian dalam Perspektif Al-Qur'an.....	68
BAB V PENUTUP	
5.1 Kesimpulan	74
5.2 Saran	74
DAFTAR PUSTAKA	75
LAMPIRAN.....	80

DAFTAR TABEL

No.		Halaman
Tabel 2.3. 4.	Tahapan Pembentukan Bintil Akar.....	21
Tabel 2.7.	Tekstur Tanah Ultisol	33
Tabel 3.2.	Kombinasi perlakuan pupuk urea dan formula pupuk hayati <i>Rhizobium</i>	41
Tabel 4.2.1a.	Pengaruh pemberian pupuk urea dan beberapa macam formula pupuk hayati <i>Rhizobium</i> terhadap tinggi tanaman kedelai pada berbagai umur pengamatan.....	50
Tabel 4.2.1b.	Pengaruh interaksi pupuk urea dan beberapa macam formula pupuk hayati <i>Rhizobium</i> terhadap tinggi tanaman kedelai umur 35 hst.....	53
Tabel 4.2.2a.	Pengaruh pemberian pupuk urea dan beberapa macam formula pupuk hayati <i>Rhizobium</i> terhadap kadar klorofil tanaman kedelai pada berbagai umur pengamatan.....	54
Tabel 4.2.2b.	Pengaruh interaksi pupuk urea dan macam formula pupuk hayati <i>Rhizobium</i> terhadap kadar klorofil tanaman kedelai umur 35 hst.....	58
Tabel 4.3.1.	Pengaruh pemberian pupuk urea dan macam formula pupuk hayati <i>Rhizobium</i> terhadap jumlah bintil akar, bintil akar efektif, bintil akar nonefektif, berat basah bintil akar dan berat kering bintil akar.....	59
Tabel 4.3.2.	Jumlah cabang, berat kering tanaman dan berat kering akar akibat perlakuan pemberian pupuk urea dan macam formula pupuk hayati <i>Rhizobium</i> pada saat panen	62
Tabel 4.3.3a.	Berat polong, jumlah polong isi, jumlah polong hampa, jumlah biji dan berat kering biji	65
Tabel 4.3.3b.	Pengaruh interaksi pupuk Urea dan macam formula pupuk hayati <i>Rhizobium</i> terhadap berat kering biji tanaman kedelai.....	67

DAFTAR GAMBAR

No.	Halaman
Gambar 2.1.1.4. Biji Kedelai (<i>Glycine max</i> (L.) Merrill.).....	11
Gambar 2.3.4. Mekanisme Nodulasi	21
Gambar 2.3.5.1. Daur Nitrogen	24
Gambar 3.8. Bagan Alur Penelitian.....	47



DAFTAR LAMPIRAN

No.		Halaman
Lampiran 1	Sifat kimia tanah Ultisol di Propinsi Lampung sebelum dan sesudah pemupukan	80
Lampiran 2	Pengaruh pemberian pupuk urea dan macam formula pupuk hayati <i>Rhizobium</i> terhadap tinggi tanaman kedelai (<i>Glycyne L. (max) Merrill</i>) pada berbagai umur pengamatan.	81
Lampiran 3	Pengaruh pemberian pupuk urea dan macam formula pupuk hayati <i>Rhizobium</i> terhadap kadar klorofil tanaman kedelai (<i>Glycyne L. (max) Merrill</i>) pada berbagai umur pengamatan.....	83
Lampiran 4	Pengaruh pemberian pupuk urea dan macam formula pupuk hayati <i>Rhizobium</i> terhadap jumlah bintil akar tanaman kedelai (<i>Glycyne L. (max) Merrill</i>).	85
Lampiran 5	Pengaruh pemberian pupuk urea dan macam formula pupuk hayati <i>Rhizobium</i> terhadap bintil akar efektif tanaman kedelai (<i>Glycyne L. (max) Merrill</i>).	86
Lampiran 6	Pengaruh pemberian pupuk urea dan macam formula pupuk hayati <i>Rhizobium</i> terhadap bintil akar nonefektif tanaman kedelai (<i>Glycyne L. (max) Merrill</i>).	87
Lampiran 7	Pengaruh pemberian pupuk urea dan macam formula pupuk hayati <i>Rhizobium</i> terhadap berat basah bintil akar tanaman kedelai (<i>Glycyne L. (max) Merrill</i>).	88
Lampiran 8	Pengaruh pemberian pupuk urea dan macam formula pupuk hayati <i>Rhizobium</i> terhadap berat kering bintil akar tanaman kedelai (<i>Glycyne L. (max) Merrill</i>).	89
Lampiran 9	Pengaruh pemberian pupuk urea dan macam formula pupuk hayati <i>Rhizobium</i> terhadap jumlah cabang tanaman kedelai (<i>Glycyne L. (max) Merrill</i>).	90
Lampiran 10	Pengaruh pemberian pupuk urea dan macam formula pupuk hayati <i>Rhizobium</i> terhadap berat kering tanaman kedelai (<i>Glycyne L. (max) Merrill</i>).	91
Lampiran 11	Pengaruh pemberian pupuk urea dan macam formula pupuk hayati <i>Rhizobium</i> terhadap berat kering akar tanaman kedelai (<i>Glycyne L. (max) Merrill</i>).	92
Lampiran 12	Pengaruh pemberian pupuk urea dan macam formula pupuk hayati <i>Rhizobium</i> terhadap berat polong tanaman kedelai (<i>Glycyne L. (max) Merrill</i>).	93
Lampiran 13	Pengaruh pemberian pupuk urea dan macam formula pupuk hayati <i>Rhizobium</i> terhadap jumlah polong isi tanaman kedelai (<i>Glycyne L. (max) Merrill</i>).	94
Lampiran 14	Pengaruh pemberian pupuk urea dan macam formula pupuk hayati <i>Rhizobium</i> terhadap jumlah polong hampa tanaman kedelai (<i>Glycyne L. (max) Merrill</i>).	95

Lampiran 15	Pengaruh pemberian pupuk urea dan macam formula pupuk hayati <i>Rhizobium</i> terhadap jumlah biji tanaman kedelai (<i>Glycyne L. (max) Merrill</i>).	96
Lampiran 16	Pengaruh pemberian pupuk urea dan macam formula pupuk hayati <i>Rhizobium</i> terhadap berat kering biji tanaman kedelai (<i>Glycyne L. (max) Merrill</i>).	97
Lampiran 17	Kebutuhan Pupuk	98



ABSTRAK

Risnawati. 2010. **Pengaruh Pemberian Pupuk Urea dan Beberapa Formula Pupuk Hayati *Rhizobium* terhadap Pertumbuhan dan Hasil Kedelai (*Glycine max* (L.) Merril) di Lahan Masam Ultisol.** Skripsi, Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing : 1. Suyono, MP., Pembimbing 2. Dr. Arief Harsono, M.S, 3. Pembimbing Agama : Munirul Abidin, M.Ag.

Kata Kunci: Urea, Pupuk Hayati, *Rhizobium*, kedelai, ultisol.

Kebutuhan masyarakat terhadap kedelai terus meningkat seiring dengan pertumbuhan jumlah penduduk. Namun peningkatan produksi kedelai banyak menemui kendala, salah satunya adalah makin berkurangnya luas lahan produktif yang dapat ditanaman kedelai. Oleh karena itu kedepan peningkatan produksi kedelai akan diarahkan ke lahan kering masam (Ultisol) yang arealnya cukup luas, tetapi kandungan Al, Fe, Mn tinggi dan miskinnya unsur hara N dan P menjadi salah satu kendala dalam upaya meningkatkan produksi kedelai di lahan masam ultisol. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan dosis pupuk urea dan beberapa macam pupuk hayati *Rhizobium* terhadap pertumbuhan dan hasil kedelai (*Glycine max* (L.) Merril) di tanah ultisol.

Penelitian dilaksanakan selama bulan Juni - September 2009, di Balai Penelitian Tanaman kacang-kacangan dan Umbi-umbian Malang. Rancangan penelitian yang digunakan adalah Acak Lengkap (2 faktor) diulang 3 kali. Faktor pertama adalah dosis urea: 0 Kg/ha, 75 Kg/ha, 100 Kg/ha. Faktor kedua adalah macam formula pupuk hayati *Rhizobium*, meliputi: Pelet ILeTRISoy-2, Pelet ILeTRISoy-4, ILeTRISoy-2 dalam karrier bokasi, ILeTRISoy-4 dalam karrier bokasi, ILeTRISoy-2 + bakteri pelarut fosfat dalam karrier bokasi, ILeTRISoy-4 + bakteri pelarut fosfat dalam karrier bokasi, *Rhizobium* komersial (legin) dan Tanpa inokulasi.

Hasil penelitian menunjukkan pemberian pupuk urea dari 75 Kg/ha hingga 100 Kg/ha dapat meningkatkan tinggi tanaman dari 19,78 cm menjadi 22,58 cm, kadar klorofil dari 29,33 g/mL menjadi 31,30 g/mL, jumlah bintil akar dari 2,58 bintil menjadi 5,42 bintil, dan berat kering biji dari 3,98 g menjadi 4,15 g tetapi tidak meningkatkan berat kering akar dan berat polong. Formula pupuk hayati *Rhizobium* ILeTRISoy- 2 dapat meningkatkan pembentukan bintil akar dari 0,22 bintil menjadi 21,89 bintil sehingga dapat meningkatkan kadar klorofil daun dari 34,29 g/mL menjadi 38,93 g/mL. Pemberian beberapa macam formula pupuk hayati *Rhizobium* mampu meningkatkan berat kering tanaman dari 2,26 g menjadi 2,77 g dan berat kering biji dari 3,86 g menjadi 4,69 g per tanaman. Penggunaan pupuk hayati ILeTRISoy-2 ini mampu menggantikan peran pupuk urea sekitar 75 Kg/ha hingga 100 Kg/ha. Sedangkan interaksi antara pupuk urea dan pemberian macam formula pupuk hayati *Rhizobium* terlihat pada tinggi tanaman umur 35 hst, kadar klorofil 49 hst dan pada berat kering biji.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sebagai makhluk ciptaan Allah SWT yang paling sempurna dari penciptaan makhluk yang lainnya, maka Allah SWT memberikan keutamaan kepada manusia untuk menggunakan akal yang telah dimiliki oleh manusia untuk berfikir bahwa dalam penciptaan langit, bumi dan segala isinya tidak sia-sia. Seperti yang telah Allah firmankan dalam Al-Qur'an :

إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ وَاخْتِلَافِ اللَّيْلِ وَالنَّهَارِ لَآيَاتٍ لِّأُولِي الْأَلْبَابِ ﴿١٩٠﴾
الَّذِينَ يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيَمًا وَقُعُودًا وَعَلَىٰ جُنُوبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ
وَالْأَرْضِ رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هَذَا بَطْلًا سُبْحَانَكَ فَقِنَا عَذَابَ النَّارِ ﴿١٩١﴾

“Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi, dan silih bergantinya malam dan siang terdapat tanda-tanda bagi orang-orang yang berakal. (yaitu) orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri atau duduk atau dalam keadaan berbaring dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata): "Ya Tuhan kami, tiadalah Engkau menciptakan Ini dengan sia-sia, Maha Suci Engkau, Maka peliharalah kami dari siksa neraka”. (Ali Imran: 190-191).

Berkaitan dengan ayat di atas bahwa Allah tidak menciptakan segala sesuatu dengan sia-sia, seperti halnya tanah ultisol yang merupakan tanah yang tidak produktif, maka manusia dituntut untuk berfikir agar tanah ultisol yang tidak produktif bisa produktif sehingga dapat dimanfaatkan untuk kepentingan kepentingan manusia itu sendiri.

Kemudian sebagai kholifah di bumi manusia dibebani amanah untuk memelihara dengan baik apa yang sudah Allah SWT ciptakan dengan baik dan memperbaiki apa yang Allah SWT ciptakan tetapi belum sepenuhnya sempurna. Salah satu contoh adalah lahan yang tidak produktif supaya dikelola menjadi lahan yang lebih produktif. Allah SWT berfirman dalam Al-Qur'an surat Al-A'raf ayat 58:

وَالْبَلَدُ الطَّيِّبُ يَخْرُجُ نَبَاتُهُ بِإِذْنِ رَبِّهِ ۗ وَالَّذِي خَبثَ لَا يَخْرُجُ إِلَّا نَكْدًا ۚ
كَذَلِكَ نُصَرِّفُ الْآيَاتِ لِقَوْمٍ يَشْكُرُونَ ﴿٥٨﴾

“Dan tanah yang baik, tanaman-tanamannya tumbuh subur dengan seijin Allah, dari tanah yang tidak subur, tanaman-tanamannya tumbuh merana. Demikianlah Kami mengulangi tanda-tanda kebesaran (Kami) bagi orang-orang yang bersyukur” (Q.S. Al-A'raf: 58).

Dari ayat di atas dijelaskan bahwa pada tanah yang baik (subur) akan tumbuh tanaman yang subur, sebaliknya tanaman tidak akan tumbuh secara optimal (tumbuh merana) apabila di tanam pada tanah yang tidak subur, dalam hal ini tanah ultisol termasuk tanah yang tidak subur. Menurut Hairiah (2000), luas tanah ini di Indonesia mencapai 45.794.000 ha atau sekitar 25% dari total luas daratan. Namun tanah ini kurang sesuai untuk perkembangan kedelai karena kandungan Al, Fe dan Mn tinggi dimana zat-zat ini bersifat racun bagi tanaman. Pada lahan masam terjadi defisiensi hara N, P, Ca, Mg, Mo yang dibutuhkan tanaman. Kandungan hara tersebut jumlahnya semakin menurun dengan makin rendahnya pH. Pada pH dibawah 5,5 kadar Mn dan Al meningkat dan dapat menjadi racun bagi tanaman (Sumarno, 2005). Penelitian ini dilaksanakan untuk

memperbaiki kesuburan tanah ultisol melalui pemanfaatan mikroba asal tanah tersebut sebagai pupuk hayati.

Kebutuhan masyarakat terhadap kedelai terus meningkat seiring dengan pertambahan jumlah penduduk. Sebagai sumber protein nabati, kedelai berperan penting dalam meningkatkan gizi masyarakat. Kebutuhan kedelai terus meningkat seiring dengan berkembangnya industri pangan. Produk pangan berupa tahu, tempe, dan kecap memerlukan kedelai dalam jumlah besar. Namun peningkatan produksi kedelai belum dapat dipenuhi oleh produk dalam negeri sehingga masih mengimpor dari luar negeri (Sebayang, 2000). Ditjen Tanaman Pangan (2008) melaporkan pada tahun 2007 kebutuhan kedelai di Indonesia mencapai 2.000.000 ton, tetapi produksinya hanya mencapai 600.000 ton. Rendahnya produksi tersebut menyebabkan impor kedelai tahun 2007 mencapai 1,4 juta ton. Usaha yang dilakukan untuk meningkatkan produksi kedelai banyak menemui kendala, salah satunya adalah makin berkurangnya luas lahan produktif yang dapat ditanaman kedelai. Oleh karena itu kedepan peningkatan produksi kedelai akan diarahkan ke lahan kering masam (ultisol) yang arealnya cukup luas.

Miskinnya unsur hara N dan P menjadi salah satu kendala dalam upaya meningkatkan produksi kedelai di lahan masam ultisol. Untuk mengatasi kekurangan unsur hara N dapat dilakukan pemupukan urea, tetapi kedelai merupakan tanaman legume yang mampu mengikat N dari udara melalui simbiosis dengan bakteri *Rhizobium*. Oleh karena itu pemanfaatan *Rhizobium* sebagai pupuk hayati merupakan salah satu alternatif dalam penyediaan N bagi tanaman kedelai sehingga dapat mengurangi penggunaan pupuk anorganik.

Sedangkan bakteri pelarut posfat dapat menghasilkan senyawa organik yang dapat melarutkan P tanah. Apabila bakteri *Rhizobium* dan bakteri pelarut posfat dapat dipadukan sebagai pupuk hayati yang efektif akan dapat menekan kebutuhan pupuk N dan P di lahan masam.

Senyawa nitrogen anorganik (urea) dalam jumlah kecil diperlukan untuk mengatasi kebutuhan nitrogen pada awal pertumbuhan sebelum tanaman dapat mengandalkan kebutuhan nitrogen dari fiksasi N₂ oleh bintil akar (Yuntono, 1985; dan Endrawati, 2005). Kandungan nitrogen dalam tanah yang cukup tinggi dapat menyebabkan pembentukan nodul akan terhambat, dan selanjutnya aktifitas fiksasi nitrogen oleh bakteri *Rhizobium* tidak efektif (Idiyah, 1997 ; Menel, 1982 ; Herrdidge, 1982). Kondisi ini dapat menghambat pertumbuhan, pembungaan dan penguatan pada tanaman (Sutejo, 2002). Oleh karena itu jumlah takaran pupuk nitrogen dalam hal ini Urea perlu diperhatikan (Pasaribu, 1989).

Parveen (1996) dalam Soedarjo (2002) melaporkan bahwa *Rhizobium* dapat menambat N dari udara dan mereduksi nitrogen dalam bintil akar ke bentuk yang dapat dimanfaatkan oleh tanaman. Kemampuan *Rhizobium* untuk hidup dan bersimbiosis dengan tanaman inang serta efektifitasnya dalam menambat nitrogen dipengaruhi oleh kondisi kemasaman. Rendahnya pH tanah masam ini dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman kedelai atau kacang-kacangan karena dalam batas-batas tertentu juga berpengaruh terhadap proses fiksasi nitrogen. Berbagai strain *Rhizobium* berbeda tingkat toleransinya terhadap kemasaman tanah, biasanya diantara strain-strain *Rhizobium* akan terdapat strain yang paling toleran terhadap kondisi masam dan efektif menambat N dari udara. Rhice (1977) dalam

Soedarjo (2002) menemukan beberapa strain *Rhizobium* yang toleran dan mampu membentuk akar efektif pada tanaman alfalfa yang ditanam pada tanah masam. Menurut Soedarjo (2003) pada tanah masam dibutuhkan inokulum *Rhizobium* yang toleran terhadap kemasaman, toksisitas (Alumunium), Fe (Besi) dan Mn (Mangan) tinggi.

Sebagian besar fosfor tanah berupa fosfor organik. Bila senyawa tersebut diserang jasad mikro, maka fosfor organik dimineralisasikan menjadi fosfor inorganik. Bentuk yang dihasilkan sangat bergantung dari pH tanah. Bila pH naik dari 5,5 menjadi 7,5, bentuk fosfor tersedia dari H_2PO_4^- menjadi HPO_4^{2-} . Kedua bentuk ini tersedia bagi tanaman. Karena fosfor inorganik yang sedikit dalam tanah diikat oleh kompleks mineral dan biasanya sangat lambat tersedia, bentuk fosfor organik merupakan sumber utama tanaman. Pemberian bahan organik berlebihan tidak akan mengatasi persoalan fosfor tanah. Kebanyakan tanah memerlukan sejumlah fosfor yang diberikan dalam bentuk pupuk inorganik. Biasanya jumlah yang harus diberikan banyak. Tetapi penggunaan pupuk fosfat secara ekonomik sangat ditentukan oleh perubahan fosfor organik tadi. Karena jasad mikro menggunakan fosfor secara bebas, maka sebagian pupuk fosfat yang diberikan dalam tanah menjadi tubuh mereka atau bahan organik. Dengan demikian fosfor diikat dalam tanah dalam bentuk organik dan menjadi tersedia bagi tanaman melalui kegiatan jasad lainnya (Soepardi, 1986).

Pemanfaatan mikroba pelarut posfat untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman menjadi penting untuk dilakukan. Mikroba pelarut posfat mampu menghasilkan enzim fosfatase yang berperan penting untuk perombakan P organik

menjadi P anorganik berupa H_2PO_4^- dan HPO_4^{2-} yang mudah diserap oleh tanaman (Salam, 1997). Mikroba pelarut posfat ditemukan pada daerah *rhizosfer* dan aktif pada lingkungan tersebut. Patten dan Glik (1996) melaporkan bahwa jenis-jenis mikroba tertentu yang hidup pada permukaan akar seperti *Pseudomonas fluorescensi*, *P. putida* dan *P. striata* mampu memacu pertumbuhan tanaman, karena menghasilkan zat pengatur tumbuh berupa Indol Acetic Acid (IAA) dan Gibberellic Acid (GA3).

Berdasarkan latar belakang di atas, peneliti menganggap penelitian pengaruh pemberian pupuk urea dan beberapa macam formula pupuk hayati *Rhizobium* mampu meningkatkan pertumbuhan dan hasil kedelai di lahan masam ultisol.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan, dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Apakah ada pengaruh pemberian pupuk urea terhadap pertumbuhan dan hasil kedelai di tanah ultisol?
2. Apakah ada pengaruh pemberian beberapa macam formula pupuk hayati *Rhizobium* terhadap pertumbuhan dan hasil kedelai di tanah ultisol?
3. Apakah ada interkasi antara pemberian pupuk urea dengan beberapa macam formula pupuk hayati *Rhizobium* terhadap pertumbuhan dan hasil kedelai di tanah ultisol?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukan penelitian ini adalah untuk menentukan dosis pupuk urea dan beberapa macam pupuk hayati *Rhizobium* terhadap pertumbuhan dan hasil kedelai di tanah ultisol.

1.4 Hipotesis

Pemberian pupuk urea dan beberapa macam formula pupuk hayati *Rhizobium* dapat memperbaiki pertumbuhan dan hasil kedelai di tanah ultisol.

1.5 Manfaat Penelitian

- a. Bagi mahasiswa
 1. Dapat memperkaya wawasan tentang mikroorganisme tanah khususnya bakteri *Rhizobium* dan bakteri pelarut posfat.
 2. Untuk mengetahui pengaruh pemberian pupuk urea dengan beberapa macam pupuk hayati *Rhizobium* terhadap pertumbuhan dan hasil kedelai di tanah ultisol.
- b. Bagi Masyarakat
 1. Menentukan dosis yang tepat dalam pemupukan Urea
 2. Mengetahui efektifitas pupuk hayati (multi-isolat *Rhizobium* dan bakteri pelarut fosfat) sehingga dapat diaplikasikan di lapangan.

1.6 Batasan Masalah

1. Varietas kedelai yang digunakan dalam penelitian ini adalah Wilis.
2. Tanah yang digunakan sebagai tempat pertumbuhan kedelai adalah tanah ultisol yang berasal dari Lampung.
3. Pupuk N yang digunakan adalah Urea dengan dosis tertentu. Sedangkan Multi-isolat *Rhizobium* yang digunakan sebagai perlakuan inokulasi adalah ILeTRIs soy- 2 dan ILeTRIs soy- 4 asal tanah masam ultisol di Lampung.
4. Parameter yang diamati meliputi (1) Pertumbuhan tanaman (tinggi tanaman, kadar klorofil tanaman, berat kering tanaman); (2) Hasil tanaman kedelai (jumlah bintil akar dan berat kering biji).

1.7 Definisi Operasional

1. Multi-Isolat adalah *Rhizobium* merupakan gabungan dari beberapa isolat atau strain yang telah terpilih dari isolat-isolat *Rhizobium* yang telah teruji toleran masam. Isolat diambil dari lokasi, tanah dan kondisi kemasaman yang berbeda, tetapi telah teruji efektif di tanah masam.
2. Inokulasi pupuk hayati adalah usaha menambahkan bakteri *Rhizobium* dan bakteri pelarut Posfat ke dalam tanah.
3. Tanah ultisol adalah tanah yang mempunyai pH < 5,5, unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman sedikit, seperti N, P, Ca, dan Mg.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.12. Tanaman Kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill)

2.1.4. Morfologi

Tanaman kedelai berbatang pendek (30-100 cm), memiliki 3-6 percabangan, berbentuk tanaman perdu, dan berkayu. Batang tanaman kedelai biasanya kaku dan tahan rebah, kecuali yang dibudidayakan di musim hujan atau tanaman yang hidup di tempat yang ternaungi (Adisarwanto, 2005; Pitojo 2003). Adisarwanto (2005), menambahkan bahwa pertumbuhan batang kedelai dibedakan menjadi dua tipe yaitu tipe determinate dan indeterminate, keduanya dibedakan berdasarkan atas keberadaan bunga pada pucuk batang. Pertumbuhan batang tipe determinate ditunjukkan dengan batang yang tidak tumbuh lagi pada saat tanaman mulai berbunga. Sedangkan pertumbuhan indeterminate dicirikan dengan pucuk batang tetap tumbuh daun, walaupun tanaman sudah mulai berbunga.

2.1.1.5. Daun

Daun kedelai mempunyai ciri-ciri antara lain helai daun (lamina) oval dan tata letaknya pada tangkai daun bersifat majemuk berdaun tiga (*Trifoliolatus*) (Rukmana dan Yuniarsih, 1996). Umumnya, bentuk daun kedelai ada dua yaitu bulat (*oval*) dan lancip (*lanceolate*). Kedua bentuk daun tersebut dipengaruhi oleh faktor genetik (Adisarwanto, 2005).

2.1.1.6. Akar

Perakaran kedelai terdiri akar tunggang dan sejumlah akar cabang yang tumbuh dari akar sekunder atau serabut. Selain berfungsi sebagai tempat bertumpuhnya tanaman dan alat pengangkut air maupun unsur hara, perakaran kedelai juga mempunyai kemampuan untuk membentuk nodul yang berfungsi untuk menambah nitrogen bebas (N_2) dari udara (Adisarwanto, 2005, Hidajat, 1993; Titojo, 2003).

2.1.1.7. Bunga

Tanaman kedelai mulai berbunga pada umur antara 30-50 hari setelah tanam, tumbuh berkelompok pada ruas batang, berwarna putih atau ungu, dan memiliki kelamin jantan dan betina. Penyerbukan terjadi pada saat bunga masih tertutup sehingga kemungkinan penyerbukan silang amat kecil (Hidajat, 1993; Pitojo, 2003).

2.1.1.8. Buah dan Biji

Menurut Pitojo (2003); Rukmana dan Yuniarsih (1996), buah kedelai berbentuk polong, pada umumnya polong ini berbulu dan berwarna kuning kecoklatan atau abu-abu. Polong yang telah kering mudah pecah dan bijinya keluar. Sedangkan untuk biji kedelai umumnya berbentuk bulat atau bulat pipih sampai bulat lonjong, biji berkeping dua dan terbungkus oleh kulit tipis.



Gambar 2.1.1.4. Biji Kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill.)
(Anonymous, 2009).

2.1.5. Klasifikasi

Menurut Hidajat (1992) dan Adisarwanto (2002) tanaman kedelai diklasifikasikan sebagai berikut:

Kingdom : Plantae
Divisi : Spermatophyta
Sub-Divisi : Angiospermae
Kelas : Dicotyledoneae
Ordo : Rosales
Famili : Leguminoceae
Sub-Famili : Papilionaceae
Genus : *Glycine*
Spesies : *Glycine max* (L.) Merill

2.1.6. Syarat Tumbuh

2.1.2.4. Iklim

Di Indonesia, kondisi iklim yang paling cocok adalah daerah-daerah yang mempunyai suhu antara 25⁰-27⁰C, kelembaban udara rata-rata 65 %, penyinaran matahari 12 jam/hari atau minimal 10 jam/hari dan curah hujan paling optimum antara 100-200 mm/bulan (Lukmana dan Yuniarsih, 1996).

Menurut Prihatman (2000), suhu yang dikehendaki tanaman kedelai antara 21-34⁰C, akan tetapi suhu optimum bagi pertumbuhan tanaman kedelai 23-27⁰C. pada proses perkecambahan benih kedelai memerlukan suhu yang cocok sekitar 30⁰C dan saat panen kedelai yang jatuh pada musim kemarau akan lebih baik daripada musim hujan, karena berpengaruh terhadap pemasakan biji dan pengeringan hasil.

2.1.2.5. Ketinggian

Di Indonesia tanaman kedelai dapat tumbuh dan bereproduksi dengan baik di lahan dengan ketinggian 0,5-300 m dpl. Kedelai biasanya akan tumbuh baik pada ketinggian tidak lebih dari 500 m dpl.

2.1.2.6. Keadaan Tanah

Kedelai memerlukan tanah yang memiliki airasi, drainase, dan kemampuan menahan air cukup baik, dan tanah yang cukup lembab. Jenis tanah yang sesuai bagi pertumbuhan tanaman kedelai misalnya: tanah alluvial, regosol, grumosol, latosol, dan andosol. (Pitojo, 2005).

Prihatman (2000) menambahkan, bahwa toleransi keasaman tanah sebagai syarat tumbuh bagi kedelai adalah pH 5,8-7,0 tetapi pada pH 4,5 kedelai juga

dapat tumbuh. Pada pH kurang dari 5,5 pertumbuhannya sangat terhambat karena keracunan aluminium. Pertumbuhan bakteri bintil dan proses nitrifikasi (proses oksidasi amoniak menjadi nitrit atau proses pembusukan) akan berjalan kurang baik.

2.13. Pemupukan

Pupuk, dalam arti luas, mencakup semua bahan yang ditambahkan ke tanah untuk memberikan unsur tertentu yang penting bagi pertumbuhan tanaman (Foth, 1994).

Kastono (1999) mengemukakan bahwa pemupukan mempunyai dua tujuan utama, yaitu mengisi perbekalan zat makanan tanaman yang cukup, dan memperbaiki atau memelihara keutuhan kondisi tanah, dalam hal struktur, kondisi pH, potensi pengikat terhadap zat makanan tanaman dan sebagainya.

Menurut Indranada (1986), untuk menghasilkan tanaman yang produktif maka tanaman harus dilakukan pemupukan. Dalam hal pemupukan melibatkan persyaratan kuantitatif dan kualitatif. Persyaratan kuantitatifnya adalah dosis pupuk, sedangkan persyaratan kualitatifnya meliputi empat hal yaitu (1) unsur hara yang diberikan dalam pemupukan relevan dengan masalah nutrisi yang ada; (2) waktu pemupukan dan penempatan pupuk yang tepat; (3) unsur hara yang berada pada waktu dan tempat yang tepat dapat diserap oleh tanaman dan; (4) unsur hara, yang diserap digunakan oleh tanaman untuk meningkatkan produksi dan kualitasnya.

2.2.1 Pupuk Urea

Ashari (2006), menjelaskan bentuk pupuk nitrogen ada dua macam yaitu pupuk organik (alam) diantaranya pupuk kandang dan kompos, sedangkan pupuk anorganik (mineral) seperti Amonium fosfat, Amonium nitrat, Amonium sulfat, kalsium nitrat, sodium nitrat dan urea.

Menurut Soegiman (1982), urea merupakan salah satu bentuk N sintetis yang mempunyai sifat larut dalam air dan cepat menguap. Secara ekonomis pemakaian urea sebagai sumber N lebih menguntungkan karena kadar N nya cukup tinggi (46 %).

Hardjowigeno (1987) mengemukakan urea mempunyai sifat-sifat antara lain:

1. Higroskopis, sudah mulai menarik uap air pada kelembapan nisbi udara 73 %. Sering diberi selaput (*coated*) untuk mengurangi sifat higroskopis.
2. Untuk dapat diserap oleh tanaman, N dalam urea harus diubah menjadi ammonium dengan bantuan enzim tanah urease melalui proses hidrolisis:
$$\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow (\text{NH}_4)_2 \text{CO}_3.$$
3. Bila diberikan ke tanah proses hidrolisis berlangsung cepat sekali sehingga mudah menguap sebagai amoniak (NH_4^+).

Senada dengan Hardjowigeno (1987), Lingga (2004) mengatakan, urea termasuk pupuk yang higroskopis (mudah menarik uap air) pada kelembapan 73%, pupuk ini sudah mampu menarik uap air dari udara, oleh karena itu urea mudah larut dalam air dan mudah diserap oleh tanaman. Kalau diberikan ke tanah

pupuk ini akan mudah berubah menjadi amoniak dan karbondioksida. Sifat lain dari urea yaitu mudah tercuci oleh air dan mudah terbakar oleh sinar matahari.

Urea mempunyai rumus $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$, urea terbuat dari gas amoniak dan gas asam arang. Persenyawaan kedua zat ini melahirkan pupuk urea yang kandungan N nya sebanyak 46 % (Lingga dkk, 2004).

2.2.2 Peranan Urea Dalam Pertumbuhan Tanaman

Menurut Lindawati (2000), pupuk nitrogen merupakan pupuk yang sangat penting bagi semua tanaman, karena nitrogen merupakan penyusun dari semua senyawa protein, kekurangan nitrogen pada tanaman yang sering dipangkas akan mempengaruhi pembentukan cadangan makanan untuk pertumbuhan tanaman.

Apabila unsur urea terdapat dalam jumlah yang rendah maka aktivitas metabolisme yang terkait akan terganggu dan akhirnya pertumbuhan akan terhambat sehingga hasil tanaman akan menjadi rendah. Nitrogen akan diserap oleh akar tanaman dalam bentuk ion NH_3 (nitrat) atau NH_4 (amonium). Menurut Mas'ud (1992) semua bentuk ion yang diserap oleh akar tanaman akan diubah menjadi bentuk ion NH_2 . Jika perakaran menyerap N-nitrit, senyawa ini segera mereduksi menjadi ammonium dengan melibatkan enzim yang mengandung molibdenum. Ion-ion amonium atau bentuk N tereduksi lain dan karbohidrat yang disintesis dalam daun diubah menjadi asam amino didalam bagian tanaman yang mengandung zat hijau atau klorofil.

2.14. Bakteri *Rhizobium*

Rhizobium merupakan bakteri yang dapat bersimbiosis dengan tanaman kacang-kacangan (leguminosa) sehingga menghasilkan bintil akar yang dapat mengikat nitrogen bebas (Young dan Haukkan, 1996).

Nitrogen (N) merupakan nutrisi penting bagi tumbuhan, kandungan N dalam jaringan tumbuhan tinggi per berat kering jaringan adalah 1,5%. Nitrogen penting bagi pertumbuhan dan reproduksi tanaman, Unsur N tidak dapat diganti dengan unsur lain, kebutuhan akan unsur N bersifat langsung dan bukan hasil efek tidak langsung (Sasmitamiharia dan Siregar, 1990).

Pada akar kedelai terdapat bintil-bintil yang berupa gelembung kecil yang di dalamnya hidup bakteri *Rhizobium*. Bintil akar tersebut biasanya mulai terbentuk sekitar dua puluh hari setelah tanam. Namun, pada tanah yang belum ditanami kedelai, bintil akar tidak akan terbentuk (Pitojo, 2003).

Bakteri *Rhizobium* mengikat nitrogen dari udara dan mengubahnya menjadi nitrogen yang dapat digunakan dalam pertumbuhan tanaman dan mencapai puncaknya pada saat pengisian polong (Pitojo, 2003).

Bakteri *Rhizobium* bersimbiosis dengan akar tanaman kedelai sehingga dapat membentuk nodul. Bakteri ini mampu menambat nitrogen bebas (N_2) dari udara yang kemudian dilepaskan kembali untuk pertumbuhan tanaman. Simbiosis antara bakteri *Rhizobium* dengan tanaman kedelai merupakan Simbiosis mutualistik yaitu hubungan yang saling menguntungkan, dimana unsur nitrogen tersebut dimanfaatkan untuk pertumbuhan tanaman kedelai, sedangkan bakteri

Rhizobium memerlukan makanan yang berasal dari tanaman kedelai. *Rhizobium* mulai menambat nitrogen setelah tanaman berumur 3 minggu (Rukmana, 1996).

2.3.6 Morfologi

Rhizobium berukuran sedang (diameter 0,5-0,9 μm , panjang 0,3-1,2 μm), gram negatif, berbentuk batang, pada akar peptonglukosa pertumbuhannya sangat lambat, pada media ekstrak ragi juga tumbuh lambat, koloni berair atau berwarna putih (Anas, 1989).

2.3.7 Klasifikasi

Rhizobium yang menginfeksi tanaman kedelai adalah *Rhizobium japonicum*. *Rhizobium* ini termasuk :

Divisi : Protophyta

Kelas : Scizomycetes

Ordo : Eubracialis

Famili : Rhizobiaceae

Genus : *Rhizobium*

Spesies : *Rhizobium japonicum* (Sprent dan Minchin, 1985).

2.3.8 Faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan Bakteri *Rhizobium*

Populasi mikroorganisme dalam tanah dipengaruhi oleh beberapa faktor yang mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme yaitu: 1) jumlah dan macam zat hara, 2) kelembaban, 3) tingkat aerasi, 4) suhu, 5) pH, dan 6) perlakuan pada tanah seperti penambahan pupuk atau banjir yang dapat menyebabkan peningkatan jumlah mikroorganisme (Budiyanto, 2004).

Kelangsungan hidup *Rhizobium* di dalam tanah sangat tergantung pada kondisi tanah terutama pH, kelembaban, bahan organik, lamanya jarak (periode) antara tanaman budidaya yang menjadi inangnya, serta bahan organik sebagai sumber nutrisi. Tanah berpasir kasar dapat mengering dengan mudah dan mungkin kehilangan *Rhizobium* asli dan tanah asam mungkin kehilangan *Rhizobium* yang membutuhkan pH tinggi (Gardner, 1991). Islami dan Utomo (1995), menambahkan bahwa suhu juga dapat mempengaruhi pertumbuhan bakteri *Rhizobium* dan fiksasi N₂.

Derajat kemasaman tanah atau pH tanah akan menentukan keberhasilan dan laju infeksi *Rhizobium* pada akar tanaman. Menurut Setijono (1996) pH optimum bagi bakteri *Rhizobium* adalah sekitar 5,5-7,0. Hal tersebut menunjukkan bahwa pada pH < 5,5 dan > 7,0 *Rhizobium* tidak dapat berkembang atau berkembang dengan lambat sehingga kegiatan infeksi akan terhenti.

Pertumbuhan bakteri *Rhizobium* juga dipengaruhi oleh ketersediaan unsur hara pada lingkungan perakaran dan tentunya akan berpengaruh pada fiksasi N₂. Beberapa unsur hara yang berpengaruh terhadap pertumbuhan *Rhizobium* dan fiksasi N₂ adalah unsur Mo (molybdenum), Fe (besi), S (belerang), P (fosfor) dan Ca (kalsium), Al (aluminium) dan Mn (mangan). Kelebihan atau kekurangan unsur hara akan berdampak buruk terhadap pertumbuhan *Rhizobium* dan fiksasi N₂. (Soedado, 2003).

Pengaruh suhu atau temperatur terhadap fiksasi nitrogen sangat bervariasi. Asosiasi *Rhizobium*-legum pada daerah beriklim sedang tetap efektif pada temperatur serendah 7⁰C, sedangkan asosiasi tropis menghentikan fiksasinya pada

temperatur lebih rendah dari 20⁰C. Menurut Gardner, Pearce, dan Mitchell (1995); Yutono (1985) dalam Somaatmaja dkk. (1985), bahwa suhu optimal bagi kehidupan *Rhizobium* berkisar antara 18⁰C - 26⁰C, minimal 3⁰C dan maksimal 45⁰C. Pemanasan selama 5 menit pada suhu 60⁰C-62⁰C dapat mematikan *Rhizobium*.

Menurut Gardner, Pearce, dan Mitchell, (1991), kelembaban tanah juga mempengaruhi fiksasi nitrogen oleh bakteri *Rhizobium*. Kelembaban yang berlebihan ataupun penguapan air umumnya mengurangi fiksasi nitrogen. Rao (1994) menjelaskan bahwa tanah yang digenangi air merupakan zone tanah yang anaerob. Dalam kondisi anaerob (tidak ada oksigen), bakteri tidak dapat melaksanakan kegiatan mikrobiologi dalam tanah karena bakteri tidak dapat tumbuh baik tanpa adanya oksigen.

2.3.9 Mekanisme Nodulasi

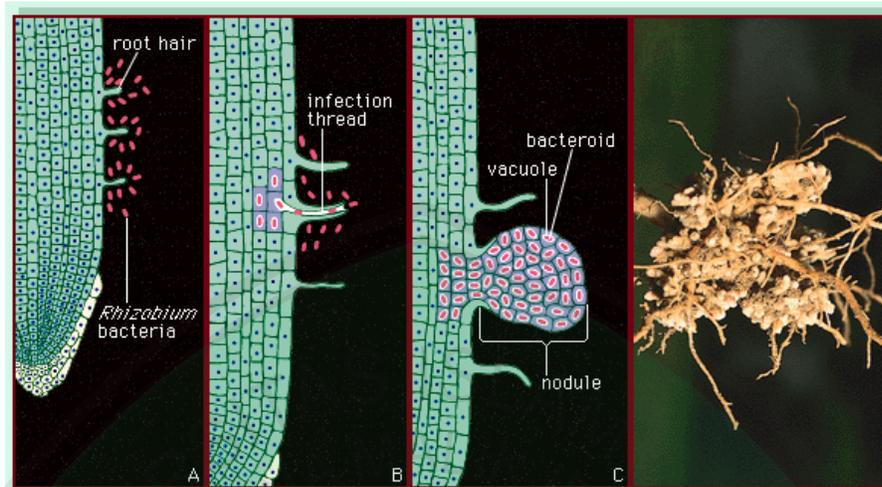
Simbiosis mutualisme antara *Rhizobium* dengan akar legum bermula dari perkembangan *Rhizobium* di daerah sekitar perakaran. Simbiosis ini dapat terjadi karena ada komunikasi antara tanaman inang dengan *Rhizobium*. Komunikasi tersebut dapat terjadi karena ada sinyal kimiawi yang dapat dikenali oleh *Rhizobium* yang disebut oligosakarida (Soedarjo, 1998). Peristiwa tersebut selanjutnya diikuti dengan penggulungan dan deformasi rambut akar (Rao, 1994). Deformasi rambut akar disebabkan oleh adanya *Rhizobium* yang melekat pada ujung akar. Adanya perlekatan ini memungkinkan *Rhizobium* terperangkap ke dalam lingkungan akar tersebut dan mendegradasi dinding sel akar. Degradasi

dinding sel tersebut mengakibatkan *Rhizobium* masuk ke dalam sel korteks melalui benang infeksi (Soedarjo, 1998).

Bintil akar dapat menghasilkan senyawa bernitrogen karena keberadaan *Rhizobium* yang membentuk bakteroid di dalam bintil akar tersebut (Rao, 1994); Cambell, Reece, dan Mitchell; 2003). Fiksasi nitrogen oleh bintil akar dapat terjadi hanya setelah bakteroid terbentuk (Tortora, 2001).

Pembentukan bintil akar (nodulasi) meliputi beberapa langkah berurutan yaitu sebagai berikut:

1. Rekognisi: suatu komunikasi kimiawi antara akar leguminosa dan *Rhizobium* yang akhirnya membentuk suatu benang infeksi melalui invaginasi kearah dalam membran plasma.
2. Invasi: masuknya bakteri *Rhizobium* menembus korteks akar didalam benang infeksi. Sel korteks akar dan perisikel terbelah, dan kantung yang mengandung bakteri *Rhizobium* memisah ke sel kortikal dari benang infeksi yang bercabang.
3. Pertumbuhan sel pada bagian korteks dan perisikel yang terpengaruh. Kedua masa sel-sel yang tumbuh dan membelah tersebut akhirnya membentuk bintil.
4. Berkembangnya jaringan pembuluh yang menghubungkan bintil dengan xilem dan floem stele. Jaringan pembuluh ini menyediakan zat-zat makanan dari bintil ke dalam stele untuk distribusi hingga kebagian tanaman yang lain Tortora (2001) dan Campbell (2003).



Gambar 2.3.4 Mekanisme Nodulasi
(Anonymous, 1996)

Hidajat (1985) menambahkan, bahwa mekanisme pembentukan bintil akar (nodulasi) oleh *Rhizobium* berlangsung melalui beberapa tahap yaitu sebagai berikut:

Tabel 2.3.4. Tahapan Pembentukan Bintil Akar.

Umur Bintil (Hari)	Tahapan Nodulasi
0	<i>Rhizobium</i> masuk ke dalam akar rambut atau epidermis.
1-2	Benang infeksi mencapai dasar sel epidermis dan memasuki korteks.
3-4	Suatu masa kecil sel-sel terinfeksi dalam primodium bintil.
5	Pembagian pesat dari sel-sel bakteri dan sel-sel akar (inang).
7-9	Bintil mulai tampak.
12-18	Pertumbuhan lanjut dari jaringan bintil, jaringan bakteroid berwarna merah muda mulai terjadi fiksasi nitrogen.
23	Sebagian besar pembagian sel bakteri dan sel inang berhenti, tetapi pembesaran bintil tetap berlanjut karena pembesaran sel, merupakan periode aktif fiksasi nitrogen.
28-37	Bintil mencapai besar maksimal, fiksasi nitrogen berlanjut sampai awal pelapukan bintil.
50-60	Pelapukan bintil.

(Hidajat, 1985)

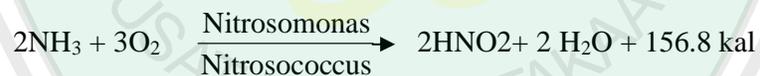
2.3.5 Daur Nitrogen dan Fiksasi Nitrogen

2.3.5.1 Daur Nitrogen

Nitrogen memasuki tanah dalam bentuk ammonia dan nitrat(NH₃⁻) bersama air hujan, dalam bentuk hasil penambatan N₂ atau dalam bentuk penambatan pupuk sintesis. Kandungan tanah yang cukup tinggi lebih banyak disebabkan oleh adanya kemampuan beberapa mikroba untuk memfiksasinya, N organik yang terbentuk kemudian diubah menjadi ammonia melalui proses *deaminasi*, karena ammonia dapat secara langsung diasimilasikan oleh mikroba atau dirubah terlebih dahulu menjadi senyawa nitrat secara *nitrifikasi*. Nitrifikasi merupakan proses aerob yang terjadi pada tanah dengan pH netral dan akan terhambat prosesnya dalam keadaan anaerob atau keadaan tanah menjadi asam (Suriawiria, 1995).

Proses nitrifikasi ini terjadi dalam beberapa tingkat, yaitu:

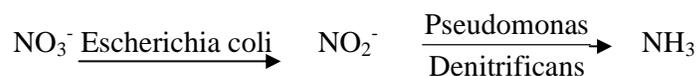
- a. Oksidasi ammonia menjadi nitrit :



- b. Oksidasi senyawa nitric menjadi nitrat :



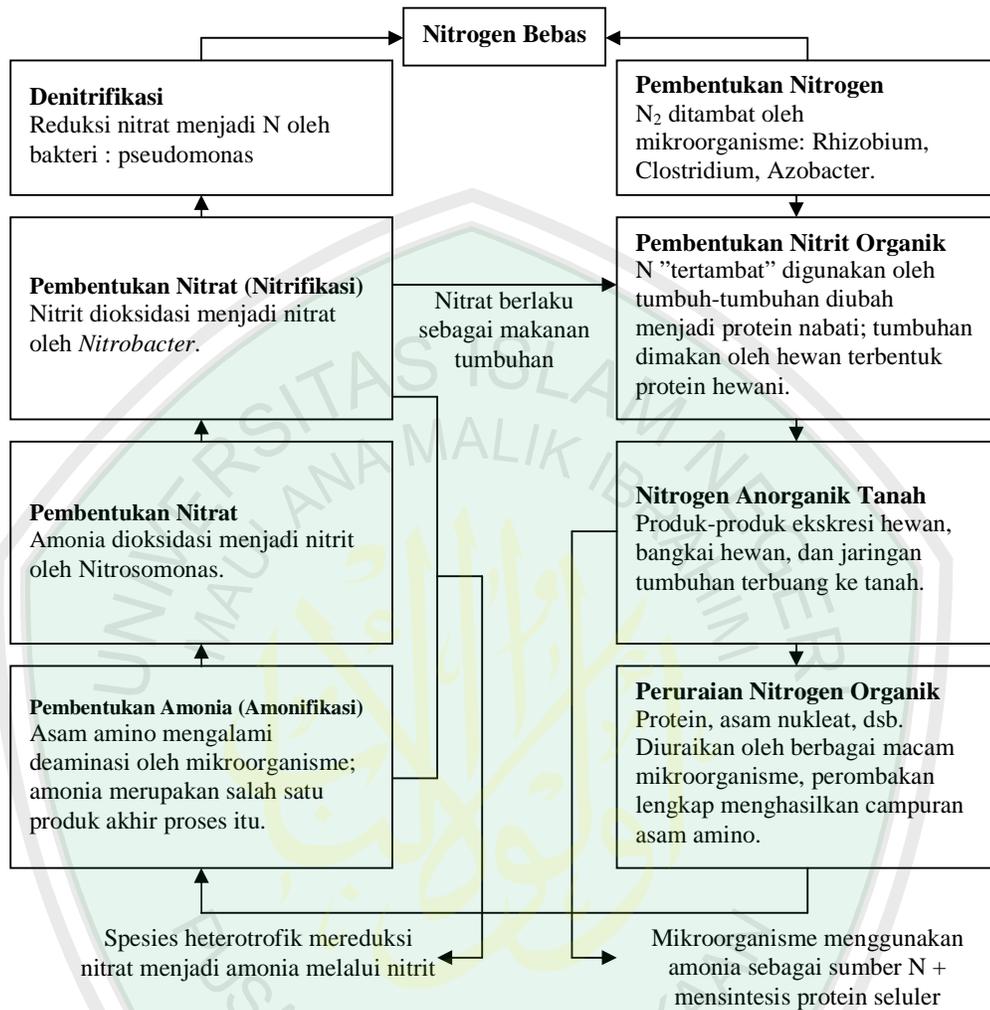
Tetapi proses dapat terjadi sebaliknya, yaitu senyawa nitrat diubah menjadi nitrit, kemudian menjadi ammonia. Proses ini dinamakan proses *denitrifikasi*.



Proses nitrogen adalah sebagai berikut :

- 1) Nitrogen udara ditambat secara fisik (loncatan bunga api listrik), secara kimia (pabrik pupuk) dan secara biologis (fiksasi), kemudian jatuh ke dalam tanah, dan dimanfaatkan oleh tanaman.
- 2) Tanaman yang hidup subur kemudian dijadikan bahan makanan oleh hewan dengan menghasilkan protein hewani dan kotoran.
- 3) Ketika kotoran dan tanaman (hewan) mati jatuh di tanah, oleh bakteri pembusuk akan diuraikan menjadi NH_3 yang selanjutnya menjadi nitrit dan nitrat.
- 4) Nitrat merupakan pupuk untuk tanaman, sedang sebagian lagi melalui proses denitrifikasi akan diubah menjadi nitrit, ammonia dan kemudian nitrogen yang langsung terkumpul diudara.

Rangkaian perubahan nitrogen bebas diatmosfer menjadi persenyawaan organik (nitrogen tertambat) dan kompleks di dalam jaringan tumbuhan, hewan, dan mikroorganisme, serta pelepasan nitrogen yang pada akhirnya kembali menjadi nitrogen atmosfer (Pelczar, 2005). Berikut merupakan bagan daur nitrogen.



Gambar 2.3.5.1. Daur Nitrogen (Pelczar, 2005).

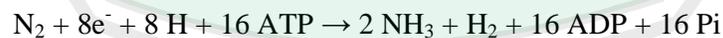
2.3.5.2 Fiksasi Nitrogen

Nitrogen yang diperlukan tanaman kedelai bersumber dari dalam tanah juga dari N atmosfer melalui simbiosis dengan bakteri *Rhizobium*. Bakteri ini membentuk bintil akar (nodul) pada akar tanaman kedelai dan dapat menambat N dari udara. Hasil fiksasi nitrogen ini digunakan untuk memenuhi kebutuhan N

yang diperlukan oleh tanaman kedelai. Pada fiksasi yang efektif 50-75% dari total kebutuhan tanaman akan nitrogen tersebut dapat dipenuhi (Pasaribu, 1989).

Nitrogen adalah mineral yang paling sering membatasi pertumbuhan dan produksi tanaman karena keadaan nitrogen dalam tanah relatif minimum, baik karena pemasukan yang kurang maupun karena kehilangan yang besar seperti kehilangan karena erosi, pencucian atau penguapan. Namun tanaman tidak akan kekurangan nitrogen apabila tanaman dapat menggunakan nitrogen dari atmosfer (N_2) yang mencapai 80%. Untuk memperoleh N_2 tanaman harus bersimbiosis dengan bakteri pemfiksasi nitrogen.

Salah satu bakteri yang dapat memfiksasi N_2 di atmosfer adalah bakteri *Rhizobium*. Dalam memfiksasi N_2 *Rhizobium* harus bersimbiosis dengan tanaman kacang-kacangan (leguminosa). Jumlah N_2 yang difiksasi oleh simbiosis tersebut bervariasi, tergantung pada jenis dan kultivar legum, spesies dan strain *Rhizobium* serta kondisi pertumbuhannya. Menurut Campbell, Reece, dan Mitchell (2003), fiksasi nitrogen oleh bakteri pemfiksasi nitrogen merupakan suatu proses yang rumit dan bertahap. Secara ringkas reaksi pengikatan nitrogen sebagai berikut:



Pertama-tama nitrogen di udara (N_2) harus diubah menjadi amonia (NH_3) (Loveless, 1991). Dalam larutan tanah, amonia mengambil ion hidrogen lain untuk membentuk amonium NH_4^+ yang diserap oleh tumbuhan (Campbell, Reece, dan Mitchell, 2003). Namun demikian, tumbuhan memperoleh nitrogennya terutama dalam bentuk nitrat NO_3 . Hal ini dikarenakan nitrat mempunyai

mobilitas yang tinggi di dalam tanah dan lebih mudah masuk ke akar tanaman daripada amonium. Muatan positif amonium berikatan dengan muatan negatif tanah, sedangkan muatan negatif nitrat tidak berikatan dengan muatan positif lain (Tortora, 2001).

Keseluruhan urutan reaksi dalam fiksasi nitrogen dikatalisis oleh satu kompleks enzim yang disebut nitrogenase. Nitrogenase mereduksi N_2 menjadi NH_3 (amonia) dengan cara menambahkan elektron bersama-sama ion hidrogen. Fiksasi nitrogen memerlukan energi yang cukup besar yaitu dibutuhkan delapan molekul ATP untuk mensintesis satu molekul amonia (Campbell, Reece, dan Mitchell 2003).

2.15. Inokulasi Bakteri *Rhizobium japonicum* pada Tanaman Kedelai

Sejumlah besar *Rhizobium* dapat hilang, (tidak berkembang) salah satunya dapat disebabkan oleh keasaman tanah (Gardner dkk.,1991). Islami dan Utomo (1995) menyatakan bahwa kisaran pH yang sangat rendah akan mempengaruhi perkembangan *Rhizobium* dan bahkan menghambat proses infeksi bakteri tersebut. Pada keadaan masam, agar perlakuan inokulasi *Rhizobium* efektif maka perlu dilakukan penambahan kapur untuk menaikkan pH tanah, mengurangi kelarutan Al dan menaikkan ketersediaan Mo.

Inokulasi dilakukan bila di dalam tanah tidak adanya spesies *Rhizobium*, atau kalau terdapat sedikit jumlahnya sehingga tidak efektif. Dalam kondisi seperti ini, inokulasi dapat membentuk populasi galur yang efektif yang menghasilkan tanaman legum yang lebih baik perbintilannya (Gardner dkk., 1991; Rukmana, 1996). Inokulasi *Rhizobium* pada kedelai juga bertujuan agar

menghasilkan pembintilan secara tepat dan efektif serta untuk menempatkan populasi *Rhizobium* kedalam tanah dalam jumlah cukup besar dan bertahan hidup sebagai sumber inokulum tanaman berikutnya (Suryantini, 1994).

Inokulasi yang dilakukan terkadang tidak menunjukkan pengaruh yang positif dalam hal pengikatan nitrogen bebas, hal ini dapat disebabkan oleh: (1) jumlah *Rhizobium* di dalam inokulum tidak memadai; (2) *Rhizobium* tidak efektif untuk varietas tertentu; (3) metode inokulasi yang digunakan tidak tepat sehingga untuk meningkatkan efisiensi inokulasi *Rhizobium* pada kacang-kacangan perlu diperhatikan antara lain: (1) kondisi fisik dan kimia tanah (kadar air tanah, kemasaman tanah, ketersediaan unsur hara, dan pupuk nitrogen); (2) populasi dan efektifitas *Rhizobium* dalam tanah dan; (3) inokulan *Rhizobium* (Suryantini, 1994). Lebih lanjut Sumadi (1985), menambahkan untuk pembentukan bintil akar yang efektif dan efisien pada tanaman kacang-kacangan maka diperlukan: (1) Cukup tersedia bahan untuk fotosintesis dengan tersedianya luas daun, sinar dan CO₂ yang cukup; (2) Keadaan lingkungan yang baik; (3) Kondisi yang baik untuk peningkatan nitrogen dan (4) Pengangkutan hasil pengikatan nitrogen yang efisien dari bintil akar ke seluruh tanaman.

Inokulan *Rhizobium* yang digunakan dapat berasal dari inokulan alami (berasal dari tanah) dan inokulan biakan murni yang masing-masing memiliki sifat-sifat tersendiri. Penggunaan inokulan dari biakan murni *Rhizobium* relatif lebih murah dan mudah aplikasinya (Suryantini, 1994). Namun, dalam prakteknya apabila sejumlah besar populasi asli (populasi alami) *Rhizobium* sudah terlebih dulu terdapat di dalam tanah maka, galur yang ditambahkan (asing) kemungkinan

dikalahkan. Oleh sebab itu agar diperoleh hasil yang lebih baik maka inokulan dari biakan murni *Rhizobium* perlu diberikan dengan dosis yang tinggi (Gardner dkk., 1991).

Rhizobium dapat bertahan hidup dalam tanah selama 5-10 tahun, termasuk pada tanah sawah yang digenangi air. Syarat lingkungan tumbuh yang ideal bagi kehidupan *Rhizobium* adalah pada tanah yang kaya (banyak) mengandung bahan organik, pH 5,8-7,0 dan pertumbuhan tanaman kedelainya subur (Rukmana dkk., 1996). Apabila pH diatas 7,0 tanaman kedelai akan mengalami klorosis sehingga tanaman menjadi kerdil dan daunnya menguning. Sementara pada pH 5,0 kedelai mengalami keracunan Al, Fe, dan Mn sehingga pertumbuhannya terganggu (Fachruddin, 2000).

2.16. Kompatibilitas antara Bakteri *Rhizobium* dengan Varietas Kedelai

Kompatibilitas isolat *Rhizobium* dengan varietas leguminosa (kacang-kacangan) menunjukkan adanya keserasian antara strain-strain *Rhizobium* dengan varietas-varietas leguminosa, misalnya kedelai. Simbiosis antara strain-strain *Rhizobium* dengan varietas-varietas leguminosa terdapat perbedaan dalam keserasiannya, karena untuk dapat bersimbiosis dengan sempurna antara tanaman dengan *Rhizobium* dibutuhkan kondisi lingkungan yang sesuai dan sifat yang spesifik antara isolat *Rhizobium* dengan kedelai. Menurut Champion (1992); Qian (1996) dalam Soedarjo (2007) bahwa genotipe tanaman dan faktor lingkungan (seperti mutasi alam, unsur kimia dan lain-lain) berpengaruh terhadap tingkat efektivitas *Rhizobium*. Soedarjo (1998) menambahkan bahwa tanaman kacang-kacangan mengeksudasi oligosakarida sebagai signal yang dapat dikenali oleh

Rhizobium sebelum menginfeksi akar. Apabila terdapat kesesuaian antara *Rhizobium* dengan tanaman inang akan dihasilkan bintil akar yang efektif dalam memfiksasi N₂.

Spesies *Rhizobium* tertentu umumnya efektif dengan hanya satu spesies ataupun dalam setiap kultivar kacang-kacangan (Ashari 2006; Salisbury, 1995; Rao 1994; Anas, 1989). *Rhizobium* untuk kacang tanah berbeda dengan *Rhizobium* untuk kedelai (Sumarno, 1996), Suryantini (1994), menjelaskan spesies *Rhizobium japonicum* dan *BradyRhizobium japonicum* bersimbiosis dengan kedelai, *BradyRhizobium spp* bersimbiosis dengan kacang tanah, kacang tunggak, dan kacang gude, sedangkan *Rhizobium phaseoli* bersimbiosis dengan kacang hijau.

Tanaman kedelai dapat mengikat nitrogen bebas (N₂) di atmosfer melalui aktivitas bakteri *Rhizobium japonicum* (Adisarwanto, 2005). *Rhizobium japonicum* bersimbiosis di dalam akar kacang-kacangan dengan membentuk nodula/bintil akar (Suriawiria, 1995). Adanya bintil (nodul) ini akan memberikan keuntungan dalam memfiksasi nitrogen dalam tanah serta meningkatkan kesuburan tanah pertanian.

Bentuk simbiosis antara tanaman kedelai dengan bakteri *Rhizobium japonicum* adalah simbiosis mutualisme, karena bakteri dalam bersimbiosis menginfeksi tanaman dan tumbuhan menanggapi dengan membentuk bintil (nodul). Bakteri *Rhizobium* memperoleh makanan berupa mineral, gula/karbohidrat. dan air dari tanaman inangnya, sedangkan bakteri memberi

imbalan berupa nitrogen yang ditambatnya dari atmosfer (Ashari, 2006; Campbell dkk. Jilid 2, 2003; Foth, 1994; Loveless, 1991; Anas, 1989).

2.17. Bakteri Pelarut Fosfat

Bakteri pelarut fosfat dapat menghasilkan senyawa organik yang dapat melarutkan P-tanah, sehingga ketersediaan P bagi tanaman meningkat dan mengurangi takaran penggunaan pupuk P. Telah banyak dihasilkan pupuk hayati yang mengandung mikroba pelarut fosfat. Mikroba ini ada yang hidup bebas di dalam tanah atau hidup di daerah perakaran (rhizobakteri).

Stevenson dan Cole (1999) menyatakan ketersediaan P organik bagi tanaman sangat tergantung pada aktivitas mikroba untuk memineralisasikannya. Hasil mineralisasi ini bersenyawa dengan bagian-bagian anorganik untuk membentuk senyawa yang relatif sukar larut. Enzim fosfatase berperan utama dalam melepaskan P dari ikatan P organik. Enzim ini banyak dihasilkan oleh mikroba tanah, terutama yang bersifat heterotrof. Aktivitas fosfatase dalam tanah meningkat dengan meningkatnya C organik, tetapi juga dipengaruhi oleh pH, kelembaban, temperatur dan faktor lainnya.

2.6.1 Faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan Bakteri Pelarut Fosfat

Umumnya di dalam tanah ditemukan mikroba pelarut P anorganik sekitar 10^4 - 10^6 cfu/gram tanah dan sebagian besar berada pada daerah perakaran. (Musnamar, 2005). Adanya eksudat akar berupa senyawa karbohidrat dan senyawa bernitrogen menyebabkan populasi mikroba lebih banyak berada di daerah tersebut. Variasi dan populasi mikroba ini berhubungan dengan banyak faktor tanah seperti nutrisi tanah, pH, kelembaban, bahan organik dan aktifitas

beberapa enzim tanah (Ponmuragan dan Gopi, 2006). Inokulan Fosfobakterin mampu memberikan hasil yang paling baik pada tanah-tanah netral sampai basa dengan kandungan bahan organik tinggi (Smith, 1961).

2.6.2 Peranan Bakteri Pelarut Fosfat bagi Tanaman

Soepardi (1933) mengemukakan peranan P antara lain penting untuk pertumbuhan sel, rambut akar, memperbaiki kualitas tanaman, pembentukan bunga, buah dan biji serta memperkuat daya tahan terhadap penyakit. Kekurangan P pada tanaman akan mengakibatkan berbagai hambatan metabolisme, di antaranya dalam proses sintesis protein, yang menyebabkan terjadinya akumulasi karbohidrat dan ikatan-ikatan nitrogen. Kekurangan P tanaman dapat diamati secara visual yaitu daun-daun yang tua akan berwarna keunguan atau kemerahan oleh terbentuknya pigmen antusianin. Pigmen ini terbentuk oleh adanya akumulasi gula di dalam daun sebagai akibat terhambatnya sintesis protein. Gejala lain adalah nekrosis (kematian jaringan) pada pinggir atau helai dan tangkai daun, diikuti melemahnya batang dan akar tanaman.

Mikroba pelarut fosfat bersifat menguntungkan karena mengeluarkan berbagai macam asam organik seperti asam formiat, asetat, propionat, laktat, glikolat, fumarat, dan suksinat. Asam-asam organik ini dapat membentuk khelat (kompleks stabil) dengan kation Al, Fe atau Ca yang mengikat P, sehingga ion $H_2PO_4^-$ menjadi bebas dari ikatannya dan tersedia bagi tanaman untuk diserap (Ahmad, 1982).

2.18. Deskripsi Tanah Ultisol

Hairiah (2000) mendeskripsikan Ultisol sebagai tanah yang mengalami pencucian intensif. Kandungan liat meningkat di lapisan bawah. Karena proses pencucian yang intensif, tanah mengalami pemiskinan unsur hara dalam bentuk kation basa, sehingga biasanya mempunyai kejenuhan basa rendah. Handayanto (1998) menambahkan, luas tanah masam di lahan kering mencapai 55.597.000 ha atau sekitar lebih dari 25% dari total luas daratan Indonesia. Tanah Ultisol ditemukan pada daerah-daerah yang mempunyai curah hujan tinggi dan berkembang dari bahan induk tua. Kisaran pH tanah Ultisol sekitar 4,2-4,7. Proses perkembangan Ultisol dimulai oleh pencucian yang intensif terhadap basa-basa. Pada daerah tropika basah seperti Indonesia, proses pencucian berlangsung sangat intensif yang mengakibatkan kejenuhan basa rendah (< 35%).

Kendala dalam tanah Ultisol menurut Zaini (2005) ialah kasarnya tekstur tanah lapisan atas, sedangkan lapisan bawah lebih padat. Adanya akumulasi liat di lapisan bawah menyebabkan berat isi tanah menjadi tinggi, sehingga tanah tersebut padat dan mempunyai aerasi yang buruk mengakibatkan lambatnya proses pengisian air tanah pada daerah perakaran tanaman, sehingga air tersedia bagi tanaman rendah, maka pada musim kemarau tanah akan cepat mengalami kekeringan. Selain itu sifat kimia Ultisol umumnya kurang baik, sehingga kesuburan tanahnya rendah. Hal ini dicirikan oleh miskinnya hara terutama P, Ca, Mg dan K, reaksi tanah masam, bahan organik rendah, KTK tanah rendah, peka terhadap erosi dan sebagian besar disertai kadar Al tinggi sehingga dapat meracuni tanaman.

Sedangkan menurut Wirastanto & Kurniatun (2004), tanah ultisol merupakan salah satu jenis tanah masam yang mempunyai karakteristik yang dapat dilihat dari tekstur dan susunan kimiawi tanahnya. Tekstur tanah ultisol tersusun atas lapisan pasir, debu, dan tanah liat seperti yang tercantum dalam tabel 2.7.

Tabel 2.7. Tekstur Tanah Ultisol

Kedalaman Tanah	Pasir (%)	Debu	Liat (%)
0-5	74	12	14
5-29	64	13	23
29-45	64	12	24
45-66	61	12	27
66-89	61	11	27
89-110	61	11	28
>110	56	13	31

Tanah ultisol bagian atas (0 cm - 5 cm) mengandung pasir dengan persentase tinggi (74%). Hal ini menyebabkan tanah berongga karena tanah mempunyai pori-pori yang berukuran besar. Berbeda dengan lapisan dibawahnya, kandungan pasir semakin menurun sehingga pori-pori tanah semakin kecil. Pori yang berukuran kecil berfungsi untuk menahan air, sedangkan pori yang berukuran besar merangsang pergerakan air dan udara. Kondisi ini mengakibatkan sebagian besar air hujan yang jatuh diatas permukaan tanah akan cepat mengalir ke bawah, dan tidak mampu ditahan oleh tanah. Tanaman kemungkinan akan cepat mengalami kekeringan, karena sedikitnya cadangan air didalam tanah, walaupun curah hujan yang jatuh cukup tinggi (Wirastanto & Kurniatun, 2004).

Masalah lain yang dihadapi adalah perbedaan daya perkolasi air pada lapisan atas dan lapisan bawah pada tanah tersebut, karena kandungan tanah liat yang meningkat pada lapisan di bawah 5 cm, maka kemungkinan air lebih mudah

bergerak secara lateral di lapisan 0 cm - 5 cm. Aliran air yang bergerak ke bawah (vertikal) maupun ke samping (lateral) akan membawa serta unsur-unsur hara yang penting di dalam tanah tersebut. Bila kondisi tersebut dibiarkan terus-menerus, tanah akan cepat mengalami pencucian unsur hara. Partikel pasir kurang berperan dalam pengikatan unsur hara tanah. Prasetyo dan Suriadikarta (2006) menambahkan bahwa adanya akumulasi tanah liat pada lapisan bawah permukaan tanah dapat mengurangi daya serap air dan meningkatkan aliran serta erosi. Erosi merupakan salah satu kendala fisik pada tanah ultisol dan merugikan karena dapat mengurangi kesuburan tanah. Kesuburan tanah ultisol sering kali hanya ditentukan oleh kandungan bahan organik pada lapisan atas. Bila lapisan ini tererosi maka tanah menjadi defisiensi bahan organik dan hara.

2.19. Permasalahan Pertumbuhan Tanaman Kedelai di Tanah Masam

Sumarno (2005) menyatakan, pada pH kurang dari 5,5 atau pada tanah masam, pertumbuhan kedelai sangat terhambat karena beberapa sebab antara lain (1) keracunan Al atau Mn, (2) pertumbuhan bintil terhambat dan proses pengikatan N dari udara tidak maksimal, (3) Pertumbuhan vegetatif terhambat sebagai akibat kekurangan hara makro dan mikro, (4) Tanaman mudah mendapatkan cekaman kekeringan karena terhambatnya pertumbuhan akar. Gejala yang sangat jelas pada tanaman kedelai di tanah masam adalah pertumbuhan yang sangat kerdil, daun berwarna kuning-kecoklatan, pertumbuhan perakaran sangat terbatas, bunga yang terbentuk minimal dan jumlah polong juga minimal, produktivitas sangat rendah berkisar $0,5 \text{ t ha}^{-1}$.

Hairiah (2000), menyatakan pada tanah masam sebaran akar menjadi dangkal. Dangkalnya sebaran perakaran pada lahan masam disebabkan 2 hambatan. Hambatan pertama berupa penghalang fisik dengan adanya lapisan keras yang sulit ditembus akar, misalnya lapisan kerikil. Hambatan kedua adanya lapisan beracun pada lapisan bawah, karena mengandung unsur Al sangat banyak. Keracunan Al mudah dikenali dengan mengamati perakarannya karena akar adalah bagian tanaman yang langsung terpengaruh oleh keracunan Al. Tanda-tanda morfologi akar tanaman yang mengalami keracunan Al antara lain (1) membesarnya akar sehingga garis tengahnya menjadi lebih besar dari biasanya. Akar menjadi lebih pendek dan kaku seperti kawat, (2) akar mudah patah, (3) membengkaknya ujung-ujung akar, (4) akar tanaman tidak dapat berfungsi dengan sempurna dalam menyerap air dan unsur hara.

2.20. Macam-macam Tanah dalam Perspektif Al-Qur'an

Isi kandungan Al-Qur'an dan Hadist menyebutkan istilah tentang tanah sebagai berikut:

1. Tanah Subur

Allah menciptakan berbagai macam tanah, salah satunya adalah tanah subur, seperti yang tercantum dalam Al-Qur'an surat Al-A'raf ayat 58 :

وَالْبَلَدُ الطَّيِّبُ يَخْرُجُ نَبَاتُهُ بِإِذْنِ رَبِّهِ ۗ وَالَّذِي خَبثَ لَا يَخْرُجُ إِلَّا نَكْدًا كَذَلِكَ
نُصِرَفَ الْأَيْتِ لِقَوْمٍ يَشْكُرُونَ ﴿٥٨﴾

“Dan tanah yang baik, tanaman-tanamannya tumbuh subur dengan seijin Allah, dari tanah yang tidak subur, tanaman-tanamannya tumbuh merana. Demikianlah

Kami mengulangi tanda-tanda kebesaran (Kami) bagi orang-orang yang bersyukur” (Q.S. Al-A'raf: 58).

Al-Qur'an Surat al-A'raf ayat 58 menjelaskan bahwa pada tanah yang subur akan tumbuh tanaman yang subur pula. Imam Jalaluddin al-Mahali dalam tafsir Jalalain menjelaskan bahwa pada tanah yang subur akan tumbuh tanaman yang subur pula ditafsirkan sebagai orang mukmin yang mau mendengar nasihat kemudian ia mengambil manfaat dari nasihat itu (Jalaluddin, 2002). Sayyid Quthb (2003) mengibaratkan tanah yang subur sebagai orang yang mempunyai hati yang baik, yaitu orang yang mudah menerima nasihat dan petunjuk kebenaran sehingga hanya kebenaran dan kebaikan yang ada di dalam hatinya.

2. Tanah tidak Subur SWT

Disamping menciptakan tanah yang subur, Allah SWT juga menciptakan tanah yang tidak subur. Menurut Jalaluddin (2002) bahwa tanah yang tidak subur ditafsirkan sebagai orang kafir, yaitu orang yang tidak mau menerima petunjuk kebenaran Islam, mempunyai sifat keras hati sehingga sulit menerima kebenaran. Selanjutnya Ibnu Abbas R.A menjelaskan bahwa Al-Qur'an Surat al-A'raf ayat 58 adalah suatu perumpamaan yang diberikan oleh Allah SWT bagi orang mukmin dan orang kafir, bagi orang baik dan orang jahat. Allah SWT menyerupakan orang-orang tersebut dengan tanah yang baik dan yang buruk, dan menyerupakan turunnya Al-Qur'an dengan turunnya hujan. Maka tanah yang baik dengan turunnya hujan dapat menumbuhkan bunga-bunga dan buah-buahan, sedangkan tanah yang buruk, apabila dicurahi hujan tidak dapat menumbuhkan kecuali sedikit sekali.

Allah berfirman dalam Al-Qur'an Surat Al-Kahfi ayat 8 sebagai berikut :

وَإِنَّا لَجَاعِلُونَ مَا عَلَيْهَا صَعِيدًا جُرُزًا ﴿٨﴾

"Dan sesungguhnya Kami benar-benar akan menjadikan (pula) apa yang di atasnya menjadi tanah rata lagi tandus" (Al-Kahfi : 8).

Surat Al-Kahfi ayat 8 menjelaskan bahwa Allah berkuasa atas segala sesuatu dan Dia mempunyai kekuasaan untuk menjadikan segala apa yang ada di muka bumi sesuai dengan kehendak-Nya, seperti tanah tandus. Tanah tandus merupakan salah satu kategori tanah tidak subur yang biasanya dicirikan dengan tanah yang kering, keras dan berpasir sehingga tidak produktif bagi pertanian (Sutanto, 2005).

2.21. Pemanfaatan Tanah

Dalam pandangan Islam, segala sesuatu yang ada di langit dan bumi hakikatnya adalah milik Allah SWT semata. Firman Allah SWT:

وَلِلَّهِ مُلْكُ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ وَإِلَى اللَّهِ الْمَصِيرُ ﴿٤٢﴾

"Dan kepunyaan Allahlah kerajaan langit dan bumi dan kepada Allahlah kembali (semua makhluk)." (QS An-Nuur: 42).

Allah SWT juga berfirman:

لَهُ مُلْكُ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ تَمِّحِي ۚ وَيُمِيتُ وَهُوَ عَلَىٰ كُلِّ شَيْءٍ قَدِيرٌ ﴿٢﴾

"Kepunyaan-Nyalah kerajaan langit dan bumi, Dia menghidupkan dan mematikan, dan Dia Maha Kuasa atas segala sesuatu." (QS Al-Hadid: 2).

Kemudian, Allah SWT sebagai pemilik hakiki, memberikan kuasa (istikhlaf) kepada manusia untuk mengelola milik Allah ini sesuai dengan hukum-hukum-Nya. (Tafsir Al-Qurthubi, Juz I hal. 130).

Allah SWT telah menciptakan tanah sebagai salah satu nikmat yang diberikan kepada umat manusia, karena di atas tanah manusia hidup, bercocok tanam, dan melakukan aktivitas yang lain.

Syariah Islam mengharuskan pemilik tanah pertanian untuk mengolahnya sehingga tanahnya produktif. Allah SWT berfirman dalam surat Yaasiin ayat 33:

وَأَيُّهُمُ الْأَرْضُ الْمَيِّتَةُ أَحْيَيْنَاهَا وَأَخْرَجْنَا مِنْهَا حَبًّا فَمِنْهُ يَأْكُلُونَ ﴿٣٣﴾

"Dan suatu tanda (Kekuasaan Allah yang besar) bagi mereka adalah bumi yang mati kami hidupkan bumi itu dan kami keluarkan dari padanya biji-bijian, maka daripadanya mereka makan".

Dari ayat di atas, Allah menjelaskan bahwa sebagai manusia yang sudah disediakan fasilitas oleh Allah berupa tanah agar dimanfaatkan untuk kemaslahatan manusia itu sendiri. Allah telah menunjukkan kebesarannya dengan menghidupkan dari sesuatu yang mati (tanah) menjadi hijau (tumbuhan), menumbuhkan berbagai macam biji-bijian (tanaman kedelai). Hal ini juga diperkuat oleh sabda nabi Muhammad SAW untuk memanfaatkan tanah:

"Barangsiapa mempunyai tanah (pertanian), hendaklah ia mengolahnya....."
(HR Bukhari).

2.22. Perintah untuk Menghidupkan Tanah

Tanah subur lebih mudah dimanfaatkan oleh manusia sebagai lahan pertanian maupun perkebunan, sehingga hasilnya dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan hidup, lain halnya dengan tanah tidak subur yang tidak cukup produktif untuk dapat menghasilkan tanaman secara optimal, untuk itu Islam juga menganjurkan untuk memanfaatkan lahan yang tidak subur sehingga menjadi subur. Nabi Muhammad SAW telah bersabda :

"Barang siapa menghidupkan tanah yang mati maka tanah itu menjadi miliknya"
(Hadist Riwayat Imam Bukhori).

Riwayat Imam Bukhori di atas, menyatakan bahwa Islam menganjurkan untuk membuat produktif suatu lahan, tidak dibiarkan begitu saja dan tidak terurus. Hal ini dapat tercapai apabila dilakukan pengelolaan dengan baik terhadap lahan yang tidak produktif (tanah tidak subur), sehingga hasil dari tanah tersebut dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan umat manusia. Tanah tidak produktif dapat dikelola dengan cara misalnya pemberian pupuk, pengapuran, dan inokulasi *Rhizobium* (Soedarjo & Suryantini, 2002).



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan selama bulan Juni – September 2009, di *Green House* (Rumah Kaca) Balai Penelitian Tanaman kacang-kacangan dan Umbi-umbian (BALITKABI) Desa Kendal Payak, Kecamatan Pakis saji, Kabupaten Malang.

3.2 Jenis dan Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (2 faktor). Perlakuan dibagi dalam 2 set penelitian, masing-masing perlakuan diulang 3 kali. Penelitian pertama ditanam dalam polybag berisi 1 Kg tanah untuk dipanen secara destruktif umur 45 hari. Penelitian kedua ditanam dalam polybag berisi 5 Kg tanah untuk dipanen pada saat masak fisiologi.

Faktor I pemupukan urea :

- U₁ : 0 urea/ha
- U₂ : 75 urea kg/ha
- U₃ : 100 urea kg/ha

Faktor II beberapa macam pupuk hayati *Rhizobium*:

- R₁ : Pelet ILeTRIs soy- 2
- R₂ : Pelet ILeTRIs soy- 4
- R₃ : ILeTRIs soy- 2 dalam karrier bokasi
- R₄ : ILeTRIs soy- 4 dalam karrier bokasi
- R₅ : ILeTRIs soy- 2 + bakteri pelarut fosfat dalam karrier bokasi
- R₆ : ILeTRIs soy- 4 + bakteri pelarut fosfat dalam karrier bokasi

R₇ : *Rhizobium* komersial (legin)

R₈ : Tanpa inokulasi

Dari 2 faktor tersebut diperoleh 24 kombinasi perlakuan seperti tersaji pada tabel 3.2.

Tabel 3.2. Kombinasi perlakuan pupuk urea dan formula pupuk hayati *Rhizobium*

Perlakuan	Formula Pupuk Hayati <i>Rhizobium</i>								
	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	R ₇	R ₈	
Pupuk Urea	U ₁	U ₁ R ₁	U ₁ R ₂	U ₁ R ₃	U ₁ R ₄	U ₁ R ₅	U ₁ R ₆	U ₁ R ₇	U ₁ R ₈
	U ₂	U ₂ R ₁	U ₂ R ₂	U ₂ R ₃	U ₂ R ₄	U ₂ R ₅	U ₂ R ₆	U ₂ R ₇	U ₂ R ₈
	U ₃	U ₃ R ₁	U ₃ R ₂	U ₃ R ₃	U ₃ R ₄	U ₃ R ₅	U ₃ R ₆	U ₃ R ₇	U ₃ R ₈

3.3 Alat dan Bahan

3.3.3 Alat

Alat yang digunakan adalah timbangan digital, autoklaf, oven, tabung reaksi, gelas ukur, beacker glass, jarum inokulan, ayakan, sendok pengaduk, nampan, saringan, bunsen, penggaris, gunting, erlenmeyer, plastik, kertas label dan polybag.

3.3.4 Bahan

Sedangkan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah dolomit, bokasi, SP-36, KCl, bakteri *Rhizobium*, air, lem, kedelai varietas Willis, tanah masam asal Lampung (pH 4,5), media cair (YEM).

3.4 Variabel Penelitian

1. Variabel Bebas:

Pemberian dosis pupuk urea dengan dosis yang berbeda yaitu 0 kg/ha, 75 kg/ha dan 100 kg/ha. Formula pupuk hayati *Rhizobium*, yaitu R₁: ILeTRIsOy-2, R₂: ILeTRIsOy-4, R₃: ILeTRIsOy- 2 dalam karrier bokasi, R₄:

ILeTRISoy- 4 + dalam karrier bokasi, R₅ : ILeTRISoy- 2 + bakteri pelarut fosfat dalam karrier bokasi, R₆ : ILeTRISoy- 4 + bakteri pelarut fosfat dalam karrier bokasi, R₇ : *Rhizobium* komersial (legin) dan R₈ : tanpa inokulasi.

2. Variabel Terikat:

Tinggi tanaman, kadar klorofil, jumlah, berat basah dan berat kering bintil akar, dan jumlah polong (isi dan hampa) dan berat biji.

3. Variabel Kendali:

Pertumbuhan kedelai willis pada tanah masam.

3.5 Prosedur Kerja

1. Menimbang biji kedelai sebanyak 2,2 Kg dan dibagi 2
2. Proses Pembuatan pelet (untuk perlakuan R₁ dan R₂)
 - a. Mengayak dan menimbang dolomit 100 g, bokasi 466, 7 g dan SP-36 866,7 g dengan menggunakan ayakan berdiameter 0,045 mm.
 - b. Campur sehingga menjadi adonan, kemudia adonan dibagi 2
 - c. Membuat media dengan mengencerkan ILeTRISoy-2 pada larutan YEM.
 - d. Membuat media dengan mengencerkan ILeTRISoy-4 pada larutan YEM
 - e. Campurkan ILeTRISoy-2 ke dalam adonan pertama
 - f. Campurkan ILeTRISoy-4 ke dalam adonan kedua
 - g. Biji kedelai pertama di masukkan ke adonan pertama
 - h. Biji kedelai kedua di masukkan ke adonan kedua
 - i. Diaduk sehingga seluruhnya homogen
 - j. Diaduk perlahan-lahan kemudian disaring
 - k. Simpan dalam lemari pendingin

3. Untuk perlakuan R₃ dan R₄
 - a. Bokasi disterilkan terlebih dahulu dengan cara dimasukkan ke dalam autoklaf suhu 114 °C selama 15 menit.
 - b. Dioven suhu 70 °C selama 24 jam, kemudia dibagi 2
 - c. Multi Isolat ILeTRIsOy-2 diinjeksikan ke bokasi pertama
 - d. Multi Isolat ILeTRIsOy-4 diinjeksikan ke bokasi kedua
 - e. Diinkubasi ± 3 hari
 - f. Diinjeksikan pada benih
4. Untuk perlakuan R₅ dan R₆
 - a. Bokasi disterilkan terlebih dahulu dengan cara dimasukkan ke dalam autoklaf suhu 114 °C selama 15 menit.
 - b. Dioven suhu 70 °C selama 24 jam, kemudia dibagi 2
 - c. Multi Isolat ILeTRIsOy-2 dan bakteri pelarut fosfat diinjeksikan ke bokasi pertama
 - d. Multi Isolat ILeTRIsOy-4 bakteri pelarut fosfat diinjeksikan ke bokasi kedua
 - e. Diinkubasi ± 3 hari
 - f. Diinjeksikan pada benih
5. Pengisian Polybag

Media (tanah) yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Lampung. Tanah dimasukkan dalam polybag masing-masing 5 kg sebanyak 72 polybag dan 1 kg sebanyak 72 polybag.

Kemudian tanah dianalisis untuk mencirikan sifat kimia tanah (pH, kadar N, bahan organik, Al atau Fe atau Mn, Ca, Mg, Mo) dan sifat biologis (densitas populasi alam *Rhizobium*). Populasi alam *Rhizobium* akan ditera dengan menggunakan metode "Most Probable Number" (MPN).

6. Penimbangan Pupuk

Penimbangan pupuk pada masing-masing perlakuan: bokasi sebanyak 3000 kg/ha, dolomit 1500 kg/ha, SP36 100 kg/ha, KCl 75 kg/ha. Sedangkan penimbangan pada pupuk urea, perlakuan pertama sebanya 0 kg/ha, perlakuan kedua 75 kg/ha, dan perlakuan ketiga 100 kg/ha. Perhitungan kebutuhan pupuk yang dibutuhkan per polybag tersaji dalam lampiran 17.

7. Penanaman

Masing-masing benih dimasukkan dalam polybag yang telah diberi lubang penanaman sebelumnya. polybag 1 Kg ditanami 2 biji kedelai sedangkan polybag 5 Kg ditanami 4 biji. Setelah satu minggu dipilih pertumbuhannya yang paling baik 1 tanaman pada polybag 1 Kg sedangkan pada polybag 5 Kg disisakan 2 tanaman.

8. Pemeliharaan Tanaman

Pemeliharaan tanaman meliputi penyiraman, pengendalian gulma, hama dan penyakit dilakukan secara intensif. Dua hari sekali tanaman kedelai disiram selama 25 hari, selanjutnya disiram sehari satu kali. Pengendalian gulma dilakukan jika terdapat tanaman lain yang hidup dan tumbuh di sekitar tanaman langsung dicabuti. Hama yang biasa menyerang tanaman kedelai

adalah kutu kebul (*Bemisia tabaci* Genn.), kutu kebul disemprot dengan insetisida kimia dua kali seminggu.

9. Pemanenan

Pemanenan dilakukan dalam dua tahap. Tahap pertama, ulangan pertama sampai ketiga (polybag 1 kg) dipanen pada umur 35 hts. Sedangkan ulangan keempat sampai keenam (5 kg) dipanen setelah masak fisiologis.

3.6 Variabel yang Diamati

1. Data Pertumbuhan

1. Tinggi Tanaman

Diukur menggunakan penggaris, diukur mulai dari permukaan media pada pangkal batang pertama sampai ujung tanaman. Pengamatan dilakukan 1 minggu sekali, dimulai 21 hts sampai 99 hst (saat panen).

2. Kadar Klorofil Daun

Pengamatan dilakukan 1 minggu sekali, dimulai 27 hts sampai 45 hts sebelum panen. Pengukuran menggunakan klorofil meter, daun yang diukur adalah daun ketiga dari atas (yang tidak membuka daunnya).

2. Data Hasil

1. Jumlah Bintil Akar, bintil akar efektif dan bintil akar nonefektif

Pada saat panen bintil akar dipisah dari akar dengan cara bintil akar diambil dari akar kemudian dipisahkan antara bintil akar yang efektif dan yang tidak efektif dan masing-masing dihitung jumlahnya. Bintil akar yang efektif bila dibelah pada tengah bintil akar berwarna merah

sedangkan bintil akar yang tidak efektif jika dibelah pada tengah bintil akar berwarna putih.

2. Berat Basah dan Berat Kering Bintil Akar

Setelah dihitung bintil akar efektif tidak efektif, kemudian ditimbang untuk mengetahui berta basahnya. Setelah itu bintil akar dioven beberapa hari setelah itu ditimbang berat keringnya.

3. Berat kering tanaman

Pengamatan ini dilakukan secara destruktif. Setelah panen, tanaman dioven terlebih dahulu selama 3-4 hari pada suhu 70°C , kemudian ditimbang berat kering tanamannya.

4. Berat Kering Akar

Pengamatan ini dilakukan secara destruktif. Setelah panen, tanaman dioven terlebih dahulu selama 3-4 hari pada suhu 70°C , kemudian ditimbang berat kering akarnya.

5. Jumlah Cabang

Setelah panen, dihitung jumlah cabang per tanaman

6. Berat polong, polong isi dan polong hampa

Pengamatan ini dilakukan secara destruktif. Setelah panen, dihitung jumlah polong isi dan polong hampa. Kemudian dioven selama 3-4 hari pada suhu 70°C , setelah itu ditimbang berat polongnya.

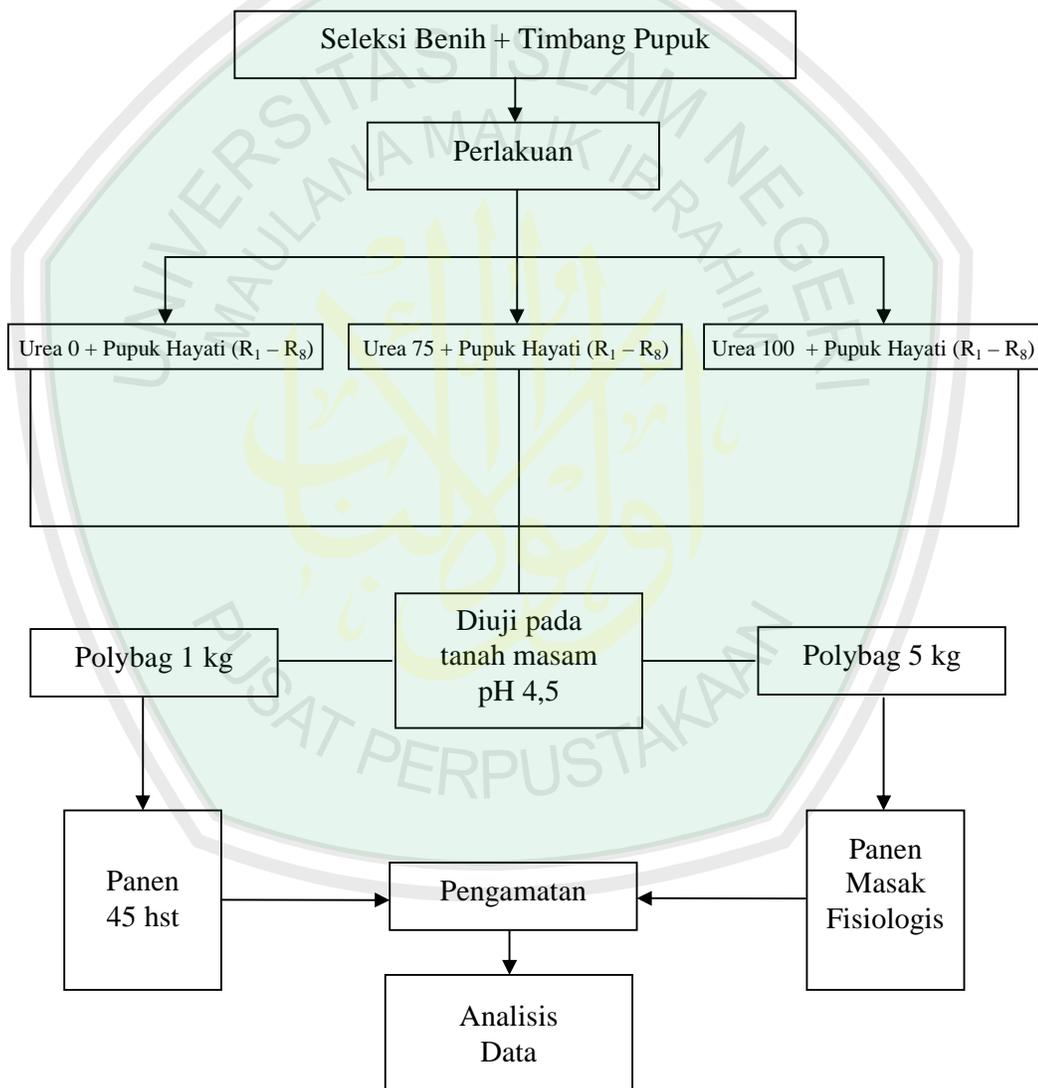
7. Jumlah dan berat kering biji

Setelah berat polong ditimbang, dilakukan pengupasan dan menghitung jumlahnya, setelah itu di timbang berat kering bijinya.

3.7 Analisis Data

Data yang diperoleh dilakukan analisa ragam ANOVA untuk mengetahui pengaruh perlakuan, kemudian dilanjutkan dengan Uji BNT atau DMRT (*Duncan Multiple Range Test*).

3.8 Desain Kerja



Gambar 3.8. Bagan Alur Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Tanah Sebelum dan Sesudah Perlakuan

Hasil analisis kimia tanah sebelum tanam menunjukkan bahwa pH 4,4, setelah pemupukan dilakukan pH menjadi 5,1 dan kandungan hara mikro seperti Al sebesar 2,05 me/100 g dan Mg 0,49 me/100 menjadi 0,22 dan 0,72 (lampiran 1). Detty dan Arief (1999) menjelaskan bahwa toleransi keasaman tanah sebagai syarat tumbuh bagi kedelai adalah pH 5,8-7,0 tetapi pada pH 4,5 pun kedelai dapat tumbuh. Pada pH kurang dari 5,5 pertumbuhannya sangat terlambat karena keracunan aluminium. Foth (1998) menambahkan, organisme pengikat nitrogen akan dihambat perkembangannya bila pH kurang dari 5,5. Hasil analisis kimia tanah Ultisol Lampung menunjukkan pH tanah sebesar 4.4 dan kandungan Al dan Fe yang dapat meracuni pertumbuhan tanaman kedelai dan membahayakan pertumbuhan *Rhizobium*. Islami dan Utomo (1995) melaporkan bahwa kisaran pH yang sangat rendah akan mempengaruhi perkembangan *Rhizobium* dan bahkan menghambat proses infeksi bakteri tersebut. Sehingga perlu dilakukan pencarian strain *Rhizobium* yang toleran masam dan mampu memfiksasi nitrogen secara efektif.

Berbagai upaya dilakukan untuk memperbaiki kesuburan tanah Ultisol antara lain dengan pemupukan, pengapuran dan pemberian bahan organik. Miskinnya unsur hara, terutama nitrogen menjadi salah satu kendala dalam upaya meningkatkan produksi kedelai di tanah Ultisol. Untuk mengatasi keterbatasan

unsur hara N dapat dilakukan pemupukan N. Tanah Ultisol yang berpasir dapat menyebabkan hara yang ditambahkan seperti nitrogen melalui pupuk urea akan cepat tercuci dan menguap. Sedangkan pemberian pupuk anorganik berlebih dan terus menerus dapat merusak lingkungan karena dapat mencemari lingkungan. Sehingga diusahakan cara pemupukan yang lebih efisien dengan masukan rendah dan tidak mencemari lingkungan, salah satunya dengan inokulasi pupuk hayati yaitu *Rhizobium* pembentuk bintil akar ke dalam tanah. *Rhizobium* diharapkan dapat memenuhi kebutuhan hara N pada tanaman melalui penambatan N.

Inokulasi dilakukan bila di dalam tanah tidak ada spesies *Rhizobium* atau kalau terdapat sedikit jumlahnya dan tidak efektif. Dalam kondisi seperti ini, inokulasi dapat membentuk populasi galur yang efektif sehingga menghasilkan tanaman legum yang lebih baik perbintilannya (Gardner, 1991). Inokulasi *Rhizobium* pada kedelai juga bertujuan agar menghasilkan nodulasi yang efektif serta untuk menempatkan populasi *Rhizobium* ke dalam tanah dalam jumlah cukup besar dan bertahan hidup sebagai sumber inokulum tanaman berikutnya (Suryantini, 1998). Namun demikian, inokulasi *Rhizobium* hanya efektif bilamana populasi *Rhizobium* alam rendah, sehingga diperlukan takaran inokulasi yang tepat untuk mengoptimalkan fungsi *Rhizobium* sebagai agen pemfiksasi nitrogen.

4.2 Pertumbuhan Tanaman Kedelai

4.2.3 Tinggi Tanaman

Pemberian pupuk urea dan beberapa macam formula pupuk hayati *Rhizobium* berpengaruh terhadap tinggi tanaman kedelai pada umur pengamatan 21, 28, 42, 35, 49 dan 70 hst, karena berdasarkan hasil analisis variansi (ANAVA)

menunjukkan $F_{hitung} > F_{tabel}$ 0,05 (lampiran 2). Data rata-rata tinggi tanaman kedelai dan beberapa macam formula pupuk hayati *Rhizobium* pada berbagai umur pengamatan akibat pemberian pupuk Urea diuji lanjut dengan DMRT 5 % disajikan pada tabel 4.2.1a.

Tabel 4.2.1a. Pengaruh pemberian pupuk urea dan beberapa macam formula pupuk hayati *Rhizobium* terhadap tinggi tanaman kedelai pada berbagai umur pengamatan.

Perlakuan	Tinggi Tanaman (cm) Berbagai Umur Pengamatan (Hari)											
	21	28	35	42	49	63						
Pemupukan Urea												
0 Kg/ha	19,63	a	26,27	a	32,56	a	37,54	a	50,90	a	53,13	a
75 Kg/ha	20,46	b	27,23	b	35,00	b	43,42	b	52,95	b	54,46	b
100 Kg/ha	21,13	b	27,65	b	35,56	b	43,48	b	53,73	b	54,48	b
Formula Pupuk Hayati <i>Rhizobium</i>												
Pelet ILeTRIsOy- 2	22,58	b	29,23	b	37,50	b	48,78	b	56,58	b	57,06	b
Pelet ILeTRIsOy- 4	19,68	a	27,44	a	34,50	a	39,39	a	52,36	a	53,39	a
ILeTRIsOy- 2 dalam karrier bokasi	19,94	a	26,61	a	33,83	a	41,17	a	51,56	a	53,83	a
ILeTRIsOy- 4 dalam karrier bokasi	20,22	a	26,39	a	33,33	a	42,44	a	52,78	a	54,00	a
ILeTRIsOy- 2 + BPF dalam karrier bokasi	19,95	a	26,61	a	34,00	a	39,94	a	51,42	a	53,17	a
ILeTRIsOy- 4 + BPF dalam karrier bokasi	20,33	a	26,89	a	34,17	a	39,83	a	51,33	a	53,61	a
<i>Rhizobium</i> komersial	20,78	a	26,39	a	34,17	a	40,11	a	52,97	a	53,17	a
Tanpa inokulasi	19,78	a	26,83	a	33,50	a	40,17	a	51,19	a	54,00	a

Duncan 5 %

Keterangan: Nilai sekolom dalam perlakuan sama yang didampingi oleh huruf sama tidak berbedanya berdasarkan DMRT 5 %.

Berdasarkan hasil uji DMRT 5 % menunjukkan U_2 (Urea 75 kg/Ha) dan U_3 (Urea 100 kg/Ha) menghasilkan rata-rata tinggi tanaman terbaik sejak umur 21 sampai 63 hst. Sedangkan U_1 (kontrol) menghasilkan rata-rata tinggi tanaman terendah. Jadi dari tabel 4.2.1a diketahui bahwa pemberian pupuk Urea 75 kg/ha hingga 100 kg/ha mampu membantu meningkatkan rata-rata tinggi tanaman kedelai karena Urea mengandung unsur nitrogen yang dibutuhkan tanaman untuk pertumbuhan.. Hal ini sejalan dengan pendapat Salisbury dan Ross (1995), bahwa pertumbuhan diartikan sebagai pertambahan ukuran adalah hasil dari penambahan sel. Munculnya sel-sel baru diawali oleh terjadinya mitosis (pembelahan inti) dan dilanjutkan dengan sitokonesis (pembelahan sel), dalam pembentukan sel-sel baru

diperlukan protein dan penyusun protein salah satunya adalah nitrogen, seperti yang pendapat Istanti (1999) bahwa protein merupakan komponen yang terbesar dari sel, lebih dari 50% berat kering. Protein adalah mikromolekul, merupakan polimer dari asam amino yang saling berikatan dengan ikatan sulfida. Protein tersusun dari unsur karbon, hidrogen, oksigen dan nitrogen. Hardjowigeno (1987) menambahkan, fungsi unsur hara nitrogen bagi tanaman adalah merangsang pertumbuhan vegetatif tanaman khususnya akar, batang dan daun. Apabila unsur hara N ini terdapat dalam jumlah yang kurang maka aktivitas metabolisme yang terkait akan terganggu dan akhirnya pertumbuhan tanaman akan terhambat dan hasil tanaman akan menjadi rendah. Pada vase vegetatif ini memiliki peranan yang sangat penting, karena menurut Satifah (2004), bahwa penambahan tinggi tanaman secara langsung dapat meningkatkan jumlah daun, sehingga proses fotosintesis berlangsung sempurna. Dengan demikian kebutuhan karbohidrat untuk proses pembungaan dan pembuahan serta perkembangannya dapat terpenuhi sehingga hasil yang diperolehpun tinggi. Terbukti dengan pemupukan Urea 75 kg/Ha hingga 100 kg/ha dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman kedelai.

Macam formula pupuk hayati *Rhizobium* terhadap berbagai umur tinggi tanaman juga menunjukkan adanya pengaruh, karena berdasarkan hasil analisis variansi (ANAVA) menunjukkan $F_{hitung} > F_{tabel}$ 0,05 (lampiran 2). Data rata-rata tinggi tanaman kedelai pada berbagai umur pengamatan akibat pemberian macam formula pupuk hayati *Rhizobium* diuji lanjut dengan DMRT 5 % tersaji pada tabel 4.2.1a.

Berdasarkan DMRT 5 % pada tabel 4.2.1a pelet ILeTRISoy-2 memberikan nilai tinggi tanaman tertinggi pada umur 21 hari sampai dengan 63 hari. Sedangkan perlakuan pelet ILeTRISoy-4, ILeTRISoy-2 dalam karrier bokasi, ILeTRISoy-4 dalam karrier bokasi, ILeTRISoy-2 + BPF dalam karrier bokasi, ILeTRISoy-4 + BPF dalam karrier bokasi, *Rhizobium* komersial dan tanpa inokulasi sama-sama memberikan nilai tinggi tanaman terendah pada umur tersebut. Berbedanya kemampuan inokulasi *Rhizobium* dalam menghasilkan tinggi tanaman karena tingkat komabilitas antara tanaman kedelai dengan strain *Rhizobium* yang berbeda menjadi salah satu faktor penyebab berbedanya menghasilkan tinggi tanaman. Simbiosis antara strain-strain *Rhizobium* dengan varietas-varietas leguminosa terdapat perbedaan dalam keserasiannya, karena untuk dapat bersimbiosis dengan sempurna antara tanaman dengan *Rhizobium* dibutuhkan kondisi lingkungan yang sesuai dan sifat yang spesifik antara isolat *Rhizobium* dengan kedelai. Menurut Champion (1992); Qian (1996) dalam Soedarjo (2007) bahwa genotipe tanaman dan faktor lingkungan (seperti mutasi alam, unsur kimia dan lain-lain) berpengaruh terhadap tingkat efektivitas *Rhizobium*.

Pengamatan tinggi tanaman pada umur 35 hst menunjukkan adanya interaksi antara pupuk urea dan beberapa macam formula pupuk hayati *Rhizobium* terhadap tinggi tanaman kedelai. Data hasil uji lanjut dengan DMRT 5 % disajikan pada tabel 4.2.1b.

Tabel 4.2.1b. Pengaruh interaksi pupuk urea dan beberapa macam formula pupuk hayati *Rhizobium* terhadap tinggi tanaman kedelai umur 35 hari.

Formula Pupuk Hayati <i>Rhizobium</i>	Tinggi Tanaman (cm) Umur 35 hari					
	0 Kg/ha Urea		75 Kg/ha Urea		100 Kg/ha Urea	
Pelet ILeTRIsoy- 2	35,50	cdefg	39,50	g	37,50	efg
Pelet ILeTRIsoy- 4	33,83	abcde	34,33	abcde	35,33	cdef
ILeTRIsoy- 2 dalam karrier bokasi	32,00	abcd	35,67	cdefg	33,83	abcde
ILeTRIsoy- 4 dalam karrier bokasi	30,33	a	34,17	abcde	35,50	cdefg
ILeTRIsoy- 2 + BPF dalam karrier bokasi	31,00	ab	36,17	defg	34,83	bcdef
ILeTRIsoy- 4 + BPF dalam karrier bokasi	32,17	abcde	34,67	bcdef	35,67	cdefg
<i>Rhizobium</i> komersial	30,33	a	33,67	abcde	38,50	fg
Tanpa inokulasi	35,33	cdef	31,83	abc	33,33	abcde

Duncan 5 %

Keterangan: Nilai yang didampingi oleh huruf sama tidak berbeda nyata berdasarkan DMRT 5 %.

Berdasarkan DMRT 5 % pada tabel 4.2.1.b, diketahui bahwa hasil terbaik terlihat pada perlakuan pemupukan urea 75 Kg/ha dan pelet ILeTRIsoy-2 yakni 39,50.

4.2.4 Kadar Klorofil Daun

Berdasarkan hasil analisis variansi (ANAVA) menunjukkan $F_{hitung} > F_{tabel}$ 0,05 (lampiran 3), hal ini menunjukkan bahwa ada pengaruh pemberian pupuk urea dan beberapa macam formula pupuk hayati *Rhizobium* terhadap kadar klorofil tanaman kedelai pada berbagai umur pengamatan. Rata-rata kadar klorofil tanaman kedelai akibat pemberian pupuk urea dan beberapa macam formula pupuk hayati *Rhizobium* diuji lanjut dengan DMRT 5 % disajikan pada tabel 4.2.2a.

Tabel 4.2.2a. Pengaruh pemberian pupuk urea dan beberapa macam formula pupuk hayati *Rhizobium* terhadap kadar klorofil tanaman kedelai pada berbagai umur pengamatan.

Perlakuan	Kadar Klorofil (g/mL) Tanaman Berbagai Umur Pengamatan (Hari)					
	21	28	35	42	49	63
Pemupukan Urea						
0 Kg/ha	29,33	a 26,52	a 27,66	a 27,58	a 31,82	a 35,85
75 Kg/ha	30,69	b 27,71	b 28,48	a 29,35	b 32,26	a 36,05
100 Kg/ha	31,30	b 28,39	b 30,11	b 30,30	b 33,40	b 38,11
Formula Pupuk Hayati <i>Rhizobium</i>						
Pelet ILeTRIs soy- 2	33,95	b 29,71	b 31,63	b 32,83	b 34,64	b 38,51
Pelet ILeTRIs soy- 4	30,46	a 27,06	a 28,34	a 28,37	a 32,73	a 36,39
ILeTRIs soy- 2 dalam karrier bokasi	29,76	a 27,25	a 28,34	a 28,23	a 32,54	a 36,57
ILeTRIs soy- 4 dalam karrier bokasi	29,82	a 27,13	a 28,28	a 28,94	a 31,74	a 36,59
ILeTRIs soy- 2 + BPF dalam karrier bokasi	29,19	a 27,71	a 28,96	a 28,18	a 31,95	a 36,48
ILeTRIs soy- 4 + BPF dalam karrier bokasi	30,58	a 27,21	a 27,88	a 28,84	a 31,56	a 36,50
<i>Rhizobium</i> komersial	29,38	a 27,13	a 28,60	a 28,44	a 32,19	a 36,13
Tanpa inokulasi	30,35	a 27,13	a 27,99	a 28,79	a 32,61	a 36,19
Duncan 5 %						

Keterangan: Nilai sekolom dalam perlakuan sama yang didampingi oleh huruf sama tidak berbeda nyata berdasarkan DMRT 5 %.

Berdasarkan DMRT 5 % pada tabel 4.2.2a perlakuan urea 75 kg/ha dan 100 kg/ha menghasilkan kadar klorofil paling tinggi dibanding kontrol pada umur pengamatan 21, 28 dan 49 hari. Sedangkan pada umur pengamatan 35, 49 dan 63, perlakuan urea 100 kg/ha menunjukkan kadar klorofil paling tinggi dibandingkan pemupukan Urea 75 kg/ha dan kontrol. Nitrogen adalah unsur makro primer yang merupakan komponen utama berbagai senyawa dalam tubuh tanaman. Tanaman yang tumbuh harus mengandung N dalam membentuk sel-sel baru. Fotosintesis menghasilkan karbohidrat, O₂, dan H₂O, namun proses tersebut tidak dapat berlangsung untuk menghasilkan protein dan asam nukleat bilamana N tidak tersedia. Nitrogen yang tersedia bagi tanaman dapat mempengaruhi pembentukan protein, dan disamping itu juga merupakan bagian integral dari khlorofil (Nyakpa, 1988).

Pemberian pupuk urea menyebabkan kandungan nitrogen di dalam tanah meningkat karena pupuk urea mengandung unsur nitrogen. Nitrogen menyebabkan kandungan klorofil tanaman menjadi lebih tinggi dan selanjutnya laju fotosintesis juga meningkat. Laju fotosintesis meningkat menyebabkan sintesis karbohidrat dan sintesa senyawa organik lainnya juga meningkat. Nitrogen merupakan unsur penyusun asam amino, sedangkan asam amino penyusun protein, protein menyerap berbagai enzim untuk katalisator reaksi biokimia dan struktur sel yang baru, yang selanjutnya memberi kontribusi dalam pertumbuhan vegetatif tanaman termasuk pertumbuhan tinggi tanaman (Irwan, 2005). Dengan adanya pemupukan, yaitu semakin meningkatnya dosis urea 100 kg/Ha kadar klorofil tanaman kedelai juga semakin meningkat. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian dari Howard dan Tiller (1989) yang menyatakan bahwa takaran nitrogen 100 kg/Ha nyata meningkatkan kadar klorofil tanaman kedelai.

Formula pupuk hayati *Rhizobium* terhadap berbagai umur tinggi tanaman juga menunjukkan adanya pengaruh, karena berdasarkan hasil analisis variansi (ANAVA) menunjukkan $F_{hitung} > F_{tabel}$ 0,05 (lampiran 3). Data rata-rata tinggi tanaman kedelai pada berbagai umur pengamatan akibat pemberian macam formula pupuk hayati *Rhizobium* diuji lanjut dengan DMRT 5 % disajikan pada tabel 4.2.2a.

Berdasarkan DMRT 5 % pada tabel 4.2.2a pelet ILeTRIsOy-2 memberikan kadar klorofil tanaman tertinggi pada umur 21 sampai 63 hari. Sedangkan perlakuan pelet ILeTRIsOy-4, ILeTRIsOy-2 dalam karrier bokasi, ILeTRIsOy-4 dalam karrier bokasi, ILeTRIsOy-2 + BPF dalam karrier bokasi, ILeTRIsOy-4 +

BPF dalam karrier bokasi, *Rhizobium* komersial dan tanpa inokulasi sama-sama memberikan nilai tinggi tanaman terendah pada umur tersebut.

Berbedanya kemampuan antara strain *Rhizobium* dalam menghasil kadar klorofil selain disebabkan oleh kesesuaian antara strain *Rhizobium* dengan tanaman kedelai kemungkinan juga disebabkan karena terjadi persaingan antara bakteri *Rhizobium* dengan bakteri pelarut fosfat untuk mendapatkan nutrisi di sekitar perakaran tanaman kedelai, hal ini diperkuat oleh pernyataan Sumarno dan Harnoto (1983), bahwa inokulasi akan berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan dan hasil apabila inokulan yang diberikan mampu bersaing dengan mikroba asli tanah dan inokulan tersebut merupakan inokulan yang efektif dan efisien terhadap tanaman, serta mempunyai keserasian dengan tanaman inangnya, dan Freire (1977) menambahkan bahwa setiap strain mempunyai kemampuan yang berbeda dalam penyesuaian serta kemampuan bersaing dengan mikroba setempat.

Kadar klorofil daun penting artinya untuk melihat sumbangan fiksasi nitrogen biologis terhadap pemenuhan kebutuhan nitrogen tanaman, sebagaimana diketahui bahwa nitrogen merupakan salah satu unsur penyusun cincin porfirin pada klorofil (Salisbury dan Ross, 1995). Kenyataan bahwa nitrogen merupakan salah satu unsur penyusun klorofil, sedangkan klorofil sendiri adalah mesin bagi proses fotosintesis, menjadikan nitrogen juga merupakan faktor yang mempengaruhi laju fotosintesis. Jika persediaan nitrogen terbatas, klorofil mungkin tidak terbentuk dan akhirnya akan menurunkan laju fotosintesis (Gardner, 1991). Pada tabel 4.1.2.a dengan pemberian pelet ILeTRIsOy- 2 ternyata mampu meningkatkan kadar klorofil daun tanaman kedelai karena ILeTRIsOy- 2

mampu memfiksasi nitrogen dari udara yang kemudian digunakan sebagai salah satu penyusun klorofil. Sedangkan inokulasi jenis isolat yang berbeda juga diduga menjadi penyebab perbedaan kemampuan *Rhizobium* dalam memfiksasi nitrogen, karena untuk dapat menghasilkan kadar klorofil tertinggi, isolat *Rhizobium* harus kompatibel dengan varietas kedelai yang ditanam. Ini dibuktikan hanya pada isolat ILeTRISoy-2 menghasilkan kadar klorofil tertinggi, sehingga dapat dikatakan bahwa ILeTRISoy-2 adalah isolat yang paling efektif dan kompatibel dengan tanaman kedelai. Hal ini sejalan dengan Gardner (1991) yang menjelaskan bahwa beberapa jenis isolat *Rhizobium* yang berbeda menyebabkan berbedanya kemampuan memfiksasi nitrogen. Menurut Champion (1992); Qian (1996) dalam Soedarjo (2007) bahwa genotip tanaman dan faktor lingkungan seperti mutasi alam (*nature mutation*) berpengaruh terhadap tingkat efektivitas *Rhizobium*. Soedarjo (1998) menambahkan bahwa tanaman kacang-kacangan mengeksudasi oligosakarida sebagai signal yang dapat dikenali oleh *Rhizobium* sebelum menginfeksi akar. Apabila terdapat kesesuaian (kompatibilitas) antara *Rhizobium* dengan tanaman inang akan dihasilkan bintil akar yang efektif dalam memfiksasi N_2 .

Pengamatan kadar klorofil pada umur 49 menunjukkan adanya interaksi antara pupuk urea dan macam formula pupuk hayati *Rhizobium*. Data hasil uji lanjut dengan DMRT 5 % disajikan pada tabel 4.2.2b.

Tabel 4.2.2b. Pengaruh interaksi pupuk urea dan macam formula pupuk hayati *Rhizobium* terhadap kadar klorofil tanaman kedelai umur 49 hari.

Formula Pupuk Hayati <i>Rhizobium</i>	Kadar Klorofil (g/mL) Tanaman Umur 49 hari					
	0 Kg/ha Urea		75 Kg/ha Urea		100 Kg/ha Urea	
Pelet ILeTRIs soy- 2	35,80	e	32,32	abcd	35,81	e
Pelet ILeTRIs soy- 4	31,65	abcd	32,25	abcd	34,30	de
ILeTRIs soy- 2 dalam karrier bokasi	31,42	abcd	32,12	abcd	34,10	de
ILeTRIs soy- 4 dalam karrier bokasi	29,40	a	31,80	abcd	34,02	de
ILeTRIs soy- 2 + BPF dalam karrier bokasi	32,65	abcde	29,85	ab	33,35	bcde
ILeTRIs soy- 4 + BPF dalam karrier bokasi	30,43	abc	32,47	abcde	31,77	abcd
<i>Rhizobium</i> komersial	31,10	abcd	33,47	cde	32,02	abcd
Tanpa inokulasi	32,12	abcd	33,82	cde	31,88	abcd

Duncan 5 %

Keterangan: Nilai yang didampingi oleh huruf sama tidak berbeda nyata berdasarkan DMRT 5 %.

Berdasarkan DMRT 5 % pada tabel 4.2.2b diketahui bahwa hasil terbaik terlihat pada perlakuan urea 0 kg/ha dengan pelet ILeTRIs soy- 2 dan urea 100 kg/ha dengan pelet ILeTRIs soy- 2, sedangkan hasil terendah tampak pada perlakuan urea 75 kg/ha dengan ILeTRIs soy- 4 dalam karrier bokasi.

4.3 Hasil Tanaman Kedelai

4.3.4 Jumlah Bintil Akar, Bintil Akar Efektif, Bintil Akar Nonefektif, Berat Basah Bintil Akar dan Berat Kering Bintil Akar

Berdasarkan hasil analisis variansi (ANAVA) terdapat pengaruh pemberian pupuk urea dan macam formula pupuk hayati *Rhizobium* terhadap jumlah bintil akar, bintil akar efektif, berat basah bintil akar dan berat kering bintil akar tanaman kedelai, karena $F_{hitung} > F_{tabel}$ 0,05 (lampiran 4, 5, 7 dan 8). Data hasil pengamatan jumlah bintil akar, bintil akar efektif, bintil akar nonefektif, berat basah bintil akar dan berat kering bintil akar tanaman kedelai akibat pemberian pupuk urea dan macam formula pupuk hayati *Rhizobium* diuji lanjut dengan DMRT 5 % disajikan pada tabel 4.3.1.

Tabel 4.2.1. Pengaruh pemberian pupuk urea dan macam formula pupuk hayati *Rhizobium* terhadap jumlah bintil akar, bintil akar efektif, bintil akar nonefektif, berat basah bintil akar dan berat kering bintil akar.

Perlakuan	Jumlah Bintil Akar/tan		Jumlah Bintil Akar Efektif/tan		Jumlah Bintil Akar Nonefektif/tan		Berat Basah Bintil Akar/tan (g)		Berat Kering Bintil Akar/tan (g)	
Pemupukan Urea										
0 Kg/ha	2,58	a	2,54	a	0,04	a	0,01	a	0,01	a
75 Kg/ha	3,38	a	3,38	a	0,04	a	0,02	a	0,02	a
100 Kg/ha	5,42	b	5,25	b	0,04	a	0,04	b	0,03	b
tn										
Formula Pupuk Hayati <i>Rhizobium</i>										
Pelet ILeTRIsoy- 2	21,89	b	21,33	b	0,22	b	0,11	b	0,10	b
Pelet ILeTRIsoy- 4	2,78	a	2,78	a	0,00	a	0,02	a	0,02	a
ILeTRIsoy- 2 dalam karrier bokasi	0,89	a	0,89	a	0,00	a	0,01	a	0,01	a
ILeTRIsoy- 4 dalam karrier bokasi	0,78	a	0,78	a	0,00	a	0,01	a	0,01	a
ILeTRIsoy- 2 + BPF dalam karrier bokasi	1,89	a	1,89	a	0,00	a	0,01	a	0,01	a
ILeTRIsoy- 4 + BPF dalam karrier bokasi	1,11	a	1,11	a	0,00	a	0,01	a	0,01	a
<i>Rhizobium</i> komersial	0,78	a	0,78	a	0,00	a	0,01	a	0,01	a
Tanpa inokulasi	0,22	a	0,22	a	0,00	a	0,00	a	0,00	a
Duncan 5 %										

Keterangan: Nilai sekolom dalam perlakuan sama yang didampingi oleh huruf sama tidak berbeda nyata berdasarkan DMRT 5 %.

Berdasarkan DMRT 5 % pada tabel 4.3.1. menunjukkan pemupukan urea 100 kg/ha meningkatkan jumlah bintil akar, jumlah bintil akar efektif, berat basah bintil akar dan berat kering bintil akar tanaman kedelai sedangkan pemupukan urea 75 kg/ha dan kontrol memberikan nilai jumlah bintil akar, jumlah bintil akar efektif, berat basah bintil akar dan berat kering bintil akar tanaman kedelai terendah. Hal ini sesuai dengan penelitian Supriono (2000), bahwa pemupukan urea dosis 100 Kg/ha dapat meningkatkan jumlah bintil akar tanaman kedelai. Meningkatnya bintil akar efektif karena *Rhizobium* dapat membentuk bintil akar efektif, hal ini sejalan dengan penelitian Mahsunah (2007), *Rhizobium* telah memberikan sumbangan nitrogen kepada inangnya (dengan terbentuknya bintil akar efektif).

Pada pemberian macam formula pupuk hayati *Rhizobium* juga berpengaruh terhadap jumlah bintil akar karena berdasarkan hasil analisis variansi (ANOVA) $F_{hitung} > F_{tabel}$ 0,05 (lampiran 4). Hasil uji lanjut dengan DMRT 5 % tercantum pada tabel 4.3.1.

Berdasarkan DMRT 5 % pada tabel 4.3.1. menunjukkan pelet ILeTRIs soy-2 menghasilkan jumlah bintil akar tanaman tertinggi. Sedangkan pelet ILeTRIs soy-4, ILeTRIs soy-2 dalam karrier bokasi, ILeTRIs soy-4 dalam karrier bokasi, ILeTRIs soy-2 + BPF dalam karrier bokasi, ILeTRIs soy-4 + BPF dalam karrier bokasi, *Rhizobium* komersial dan tanpa inokulasi menghasilkan jumlah bintil akar terendah. Gibson (1981) mengemukakan, bahwa pembentukan bintil akar yang baik dari hasil penambatan N pada akar tanaman legum merupakan suatu rangkaian yang komplek dari proses fisiologi yang meliputi interaksi antara tanaman inang dengan biak yang diinokulasikan.

Berbedanya kemampuan diantara inokulasi pupuk hayati karena berbedanya kemampuan strain *Rhizobium* mengikat N bebas diudara. Hal ini sejalan dengan Gardner (1991) yang menjelaskan bahwa beberapa jenis isolat *Rhizobium* yang berbeda menyebutkan berbedanya kemampuan memfiksasi nitrogen. Penelitian terdahulu juga menunjukkan bahwa inokulasi *Rhizobium* pada tanaman kacang-kacangan menunjukkan perbedaan kecocokan, baik terhadap varietas tanaman maupun lingkungan tempat tumbuh. Tingkat kecocokan suatu strain *Rhizobium* dapat terlihat dari kemampuan menginfeksi tanaman inang, kemampuan sistem simbiosis dalam menambat N udara serta tanggapan pertumbuhan tanaman inang (Usman, 1983; Yutono, 1985). Selain itu

keberhasilan suatu galur inokulan yang diberikan juga tergantung pada kemampuannya berkompetisi dengan *Rhizobium* asli (indigenous) yang ada di dalam tanah, dan mempunyai kemampuan beradaptasi dengan lingkungan (Frederick, 1975).

Pemberian pupuk urea dan macam formula pupuk hayati *Rhizobium* tidak meningkatkan bintil akar nonefektif. Sedangkan pada berat basah bintil akar dan berat kering bintil akar pemberian pupuk urea dan macam formula pupuk hayati *Rhizobium* berpengaruh signifikan. Dimana pada formula pelet ILeTRIsOy-2 meningkatkan berat basah dan berat kering bintil akan dari 0,00 menjadi 0,11 dan 0,10.

4.3.5 Jumlah Cabang, Berat Kering Tanaman dan Berat Kering Akar

Berdasarkan hasil analisis variansi (ANAVA) terdapat pengaruh pemberian pupuk urea dan macam formula pupuk hayati *Rhizobium* terhadap berat kering tanaman kedelai, karena $F_{hitung} > F_{tabel}$ 0,05 (lampiran 10), tetapi tidak meningkatkan jumlah cabang dan berat kering akar. Data hasil pengamatan berat kering tanaman kedelai akibat pemberian pupuk urea dan macam formula pupuk hayati *Rhizobium* diuji lanjut dengan DMRT 5 % disajikan pada tabel 4.3.2.

4.3.2. Jumlah cabang, berat kering tanaman dan berat kering akar akibat perlakuan pemberian pupuk urea dan macam formula pupuk hayati *Rhizobium* pada saat panen.

Perlakuan	Jumlah Cabang		Berat Kering/ tan (g)		Berat Kering Akar/ tan (g)	
Pemupukan Urea						
0 Kg/ha	2,08	a	1,98	a	0,28	a
75 Kg/ha	2,46	a	2,31	b	0,25	a
100 Kg/ha	2,38	a	2,41	b	0,29	a
		tn				tn
Formula Pupuk Hayati <i>Rhizobium</i>						
Pelet ILeTRISoy- 2	2,11	a	2,77	b	0,27	a
Pelet ILeTRISoy- 4	2,11	a	2,09	a	0,28	a
ILeTRISoy- 2 dalam karrier bokasi	2,44	a	2,20	a	0,29	a
ILeTRISoy- 4 dalam karrier bokasi	2,22	a	2,20	a	0,26	a
ILeTRISoy- 2 + BPF dalam karrier bokasi	2,78	a	2,02	a	0,27	a
ILeTRISoy- 4 + BPF dalam karrier bokasi	2,33	a	2,02	a	0,27	a
<i>Rhizobium</i> komersial	2,44	a	2,04	a	0,25	a
Tanpa inokulasi	2,00	a	2,26	a	0,28	a
Duncan 5 %		tn				tn

Keterangan: Nilai sekolom dalam perlakuan sama yang didampingi oleh huruf sama tidak berbeda nyata berdasarkan DMRT 5 %.

Berdasarkan DMRT 5 % pada tabel 4.3.2 menunjukkan perlakuan urea 75 kg/ha dan 100 kg/ha memberikan pengaruh tertinggi terhadap berat kering tanaman sebesar 2,41, sedangkan kontrol memberikan nilai berat kering tanaman terendah. Berat kering tanaman merupakan efisiensi penyerapan dan pemanfaatan radiasi matahari yang tersedia selama pertumbuhan oleh tajuk tanaman (Gardner, 1991). Adapun organ utama pada tanaman yang menyerap radiasi matahari lebih banyak yaitu pada bagian daun.

Selanjutnya, formula pupuk hayati *Rhizobium* juga berpengaruh terhadap berat kering tanaman karena berdasarkan hasil analisis variansi (ANAVA) $F_{hitung} > F_{tabel}$ 0,05 (lampiran 10). Berdasarkan DMRT 5 % pada tabel 4.3.2 menunjukkan berat kering tanaman kedelai, hasil terbaik didapat dari pelet ILeTRISoy-2 yang menghasilkan berat kering tanaman yaitu 2,77. Sedangkan pelet ILeTRISoy-4, ILeTRISoy-2 dalam karrier bokasi, ILeTRISoy-4 dalam karrier bokasi,

ILeTRISoy-2 + BPF dalam karrier bokasi, ILeTRISoy-4 + BPF dalam karrier bokasi, *Rhizobium* komersial mempengaruhi berat kering bintil akar terendah. Pelet ILeTRISoy-2 menunjukkan adanya pengaruh terhadap berat kering tanaman. Adanya pengaruh inokulasi pupuk hayati terhadap berat kering tanaman disebabkan karena inokulasi yang diberikan mengandung bakteri *Rhizobium* yang berperan dalam penyediaan unsur nitrogen melalui fiksasi biologis (fiksasi nitrogen), tanaman kedelai menyediakan nutrisi bagi *Rhizobium*, dan *Rhizobium* menyediakan nitrogen yang ditambatnya bagi tanaman kedelai (Loveless, 1991), Unsur nitrogen salah satunya berperan dalam pembentukan dan pertumbuhan organ-organ vegetatif yaitu batang, daun, dan akar (Sutejo, 2002). Hasil ini juga sejalan dengan penelitian Gunarto (1992) bahwa inokulasi *Rhizobium* mampu memacu pertumbuhan tanaman dengan baik yang tercermin dari hasil berat kering brangkasan. Foth (1998) menambahkan, sekitar 79 % penyusun atmosfer terdiri dari nitrogen (N_2) dan pada umumnya tidak tersedia bagi tumbuhan. Terdapat beberapa bakteri yang mampu menangkap N_2 dari udara dan mengubahnya menjadi amonia dimana tanaman dapat menggunakannya. Bakteri yang memfiksasi nitrogen, yaitu *Rhizobium*, menempel pada akar tanaman kemudian tanaman akan membentuk nodul. Tanaman menyediakan makanan bagi bakteri dan sebaliknya tanaman inang memanfaatkan nitrogen yang difiksasi. Keuntungan lain menggunakan bakteri *Rhizobium* adalah dari sebagian N yang ditambat tetap berada dalam akar dan bintil akar yang terlepas ke dalam tanah, nitrogen tersebut akan dimanfaatkan jasad lain dan berakhir dalam bentuk ammonium dan nitrat. Apabila jasad tersebut mati maka akan terjadi pelapukan, amonifikasi dan

nitrifikasi, sehingga sebagian dari N yang ditambat dari udara menjadi tersedia bagi tumbuhan itu sendiri dan tumbuhan lain di sekitarnya (Soepardi, 1983). Simarmata (1995) mengemukakan bahwa penggunaan berbagai pupuk hayati pada lahan marginal di Indonesia ternyata mampu meningkatkan ketersediaan hara dan hasil berbagai tanaman antara 20-100%, serta dapat menekan pemakaian pupuk buatan dan meningkatkan efisiensi pemupukan. Pasaribu (1989) juga mengemukakan bahwa peningkatan hasil kedelai jelas terjadi dengan mengadakan inokulasi *Rhizobium japonicum*. Selain itu bakteri *Rhizobium* mempunyai dampak yang positif terhadap sifat fisik dan kimia tanah (Alexander, 1977).

4.3.6 Rata-rata Berat Polong, Jumlah Polong Isi, Jumlah Polong Hampa, Jumlah Biji dan Berat Kering Biji

Berdasarkan hasil analisis variansi (ANAVA) terdapat pengaruh pemberian pupuk urea dan macam formula pupuk hayati *Rhizobium* terhadap berat kering biji karena $F_{hitung} > F_{tabel}$ 0,05 (lampiran 16) tetapi tidak mempengaruhi berat polong, jumlah polong isi, jumlah polong hampa dan jumlah biji. Data hasil pengamatan berat kering biji tanaman kedelai akibat pemberian pupuk urea dan macam formula pupuk hayati *Rhizobium* diuji lanjut dengan DMRT 5 % disajikan pada tabel 4.3.3a.

Tabel 4.3.3a. Berat polong, jumlah polong isi, jumlah polong hampa, jumlah biji dan berat kering biji

Perlakuan	Berat Polong/ tan (g)	Jumlah Polong Isi/ tan	Jumlah Polong Hampa/ tan	Jumlah Biji/ tan	Berat Kering Biji/ tan (g)
Pemupukan Urea					
0 Kg/ha	5,33 a	18,13 a	1,83 a	70,46 a	3,65 a
75 Kg/ha	5,54 a	18,79 a	2,50 a	71,21 a	3,98 ab
100 Kg/ha	5,78 a	19,13 a	2,50 a	75,13 a	4,15 b
	tn	tn	tn	tn	
Formula Pupuk Hayati <i>Rhizobium</i>					
Pelet ILeTRIs soy- 2	6,46 a	20,44 a	1,89 a	82,11 a	4,69 b
Pelet ILeTRIs soy- 4	5,73 a	19,22 a	2,33 a	76,78 a	4,06 a
ILeTRIs soy- 2 dalam karrier bokasi	5,37 a	17,44 a	2,78 a	71,44 a	3,78 a
ILeTRIs soy- 4 dalam karrier bokasi	5,33 a	18,56 a	1,33 a	69,67 a	3,71 a
ILeTRIs soy- 2 + BPF dalam karrier bokasi	5,00 a	17,89 a	2,78 a	67,00 a	3,59 a
ILeTRIs soy- 4 + BPF dalam karrier bokasi	5,44 a	19,22 a	3,22 a	72,00 a	3,80 a
<i>Rhizobium</i> komersial	5,44 a	18,33 a	2,11 a	69,11 a	3,94 a
Tanpa inokulasi	5,63 a	18,33 a	1,78 a	70,00 a	3,86 a
Duncan 5 %	tn	tn	tn	tn	

Keterangan: Nilai sekolom dalam perlakuan sama yang didampingi oleh huruf sama tidak berbeda nyata berdasarkan DMRT 5 %.

Berdasarkan DMRT 5 % pada tabel 4.3.3a menunjukkan perlakuan urea 100 kg/ha memberikan pengaruh tertinggi terhadap berat kering tanaman dibandingkan pemupukan urea 75 kg/ha dan kontrol. Berat kering tanaman merupakan efisiensi penyerapan dan pemanfaatan radiasi matahari yang tersedia selama pertumbuhan oleh tajuk tanaman (Gardner, 1991). Adapun organ utama pada tanaman yang menyerap radiasi matahari lebih banyak yaitu pada bagian daun.

Berdasarkan DMRT 5 % pada tabel 4.3.3a menunjukkan berat kering biji tanaman kedelai, hasil terbaik didapat dari pelet ILeTRIs soy-2 yang menghasilkan berat kering biji seberat 4,69, sedangkan pelet ILeTRIs soy-4, ILeTRIs soy-2 dalam karrier bokasi, ILeTRIs soy-4 dalam karrier bokasi, ILeTRIs soy-2 + BPF dalam karrier bokasi, ILeTRIs soy-4 + BPF dalam karrier bokasi, *Rhizobium* komersial dan tanpa inokulasi menghasilkan berat kering biji terendah. Adisarwanto (2005),

menjelaskan bahwa jumlah nitrogen yang diserap tanaman melalui tanah pada awalnya tertimbun pada bagian batang dan daun setelah terbentuk polong, nitrogen selanjutnya dihimpun di dalam kulit polong, semakin tua polong, maka sebagian besar nitrogen (80 – 85 %) diserap kedalam biji. Dengan demikian, inokulasi *Rhizobium* memberikan pengaruh terhadap berat kering tanaman dan berat kering biji tanaman kedelai.

ILeTRISoy- 2 yang diinokulasikan terhadap tanaman kedelai menunjukkan bahwa toleran masam dan cocok dengan tanaman kedelai. Sedangkan ILeTRISoy- 4 menunjukkan kurang efektif. Dari hasil pengujian kemampuan bersimbiosis dapat diambil kesimpulan bahwa walaupun strain tersebut yang diinokulasikan mampu menginfeksi suatu akar tanaman, belum tentu biak tersebut efektif terhadap tanaman itu (kedelai). Seperti dikemukakan Usman (1983) bahwa suatu bakteri yang dapat menginfeksi tanaman inang tertentu tidak selalu efektif. Banyak jenis *Rhizobium* yang cukup dan sangat efektif atau tidak efektif sama sekali melainkan biak tersebut mempunyai sifat infeksi, namun tidak selalu bisa membentuk bintil akar efektif penuh, namun dapat membentuk bintil akar efektif parsial, sehingga hasil penambatan nitrogennya tidak cukup untuk memenuhi kebutuhan N tanaman inangnya.

Persentase keefektifan ini sangat bervariasi tergantung dari keefektifan dari masing-masing biak yang diinokulasikan dan kecocokan terhadap tanaman inang, apabila terjadi kecocokan antara biak dengan tanaman inang akan terjadi simbiosis yang efektif. Simbiosis antara strain-strain *Rhizobium* dengan spesies leguminosa terdapat perbedaan dalam keserasiannya, bahkan perbedaan dalam

hubungan simbiosis itu terdapat antara strain-strain *Rhizobium* dengan varietas tanaman legumonisasi. Hubungan yang serasi menghasilkan bintil akar yang sangat efektif dalam menambat N udara (Yutono, 1985). Selain itu faktor lingkungan dan fisiologi juga sangat berpengaruh.

Selanjutnya, pengaruh interaksi pupuk Urea dan macam formula pupuk hayati *Rhizobium* terhadap berat kering biji kedelai disajikan pada tabel 4.3.3b.

Tabel 4.3.3b. Pengaruh interaksi pupuk Urea dan macam formula pupuk hayati *Rhizobium* terhadap berat kering biji tanaman kedelai.

Formula Pupuk Hayati <i>Rhizobium</i>	Berat Kering Biji/tan (g)					
	0 Kg/ha Urea		75 Kg/ha Urea		100 Kg/ha Urea	
Pelet ILeTRIs soy- 2	3,27	a	5,07	bc	5,73	c
Pelet ILeTRIs soy- 4	4,18	ab	4,30	ab	3,70	a
ILeTRIs soy- 2 dalam karrier bokasi	3,52	a	3,66	a	4,16	ab
ILeTRIs soy- 4 dalam karrier bokasi	3,28	a	3,86	a	3,99	ab
ILeTRIs soy- 2 + BPF dalam karrier bokasi	3,87	a	3,63	a	3,26	a
ILeTRIs soy- 4 + BPF dalam karrier bokasi	3,74	a	3,51	a	4,13	ab
<i>Rhizobium</i> komersial	3,85	a	3,92	a	4,07	ab
Tanpa inokulasi	3,51	a	3,91	a	4,15	ab

Duncan 5 %

Keterangan: Nilai yang didampingi oleh huruf sama tidak berbeda nyata berdasarkan DMRT 5 %

Tabel 4.3.3b menunjukkan bahwa perlakuan urea 100 kg/ha dengan formula pupuk hayati pelet ILeTRIs soy-2 yang diberikan pada saat tanam mampu meningkatkan berat kering biji menjadi 5,73 g dibandingkan dengan kontrol 3,51 g, tetapi pada pemupukan 100 kg/ha dan tanpa inokulasi menghasilkan berat kering biji tidak berbeda nyata dengan pemupukan 0 kg/ha dan Pelet ILeTRIs soy-2. Semakin tinggi dosis yang diberikan maka semakin tinggi pula berat biji tanaman. Pupuk urea yang diberikan saat tanam mengandung unsur N, unsur N merupakan bahan pembentuk protein sehingga unsur ini diperlukan untuk pertumbuhan biji kedelai (Mimbar, 1990). Unsur N juga merupakan komponen esensial dalam asam amino yang menjadi dasar pembentukan protein, juga dalam

basa nitrogen yang terdapat dalam asam nukleat dan senyawa yang berkerabat, seperti ATP (Tjitrosomo, 1983) yang akhirnya menambah berat kering biji.

4.4 Ulasan Hasil Penelitian dalam Perspektif Al-Qur'an

Islam sangat menghargai tanah yang merupakan karunia Allah SWT sebagai salah satu nikmat yang diberikan kepada hambaNya. Sebagai karunia Allah SWT, tanah tidak boleh dibiarkan terlantar meskipun tanah tersebut tidak subur tetap harus diolah sehingga dapat dimanfaatkan untuk kepentingan manusia dan dapat menjadi bekal ibadah kepada Allah SWT. Seperti halnya tanah ultisol dalam penelitian ini yang digolongkan sebagai tanah tidak subur untuk diolah dan dimanfaatkan, Allah SWT berfirman dalam Al-Qur'an surat Al-A'raf: 58):

وَالْبَلَدُ الطَّيِّبُ يَخْرُجُ نَبَاتُهُ بِإِذْنِ رَبِّهِ ۗ وَالَّذِي خَبثَ لَا يَخْرُجُ إِلَّا نَكْدًا كَذٰلِكَ
نُصِرَفُ الْاٰیٰتِ لِقَوْمٍ یَّشْكُرُوْنَ ﴿٥٨﴾

“Dan tanah yang baik, tanaman-tanamannya tumbuh subur dengan seijin Allah, dari tanah yang tidak subur, tanaman-tanamannya tumbuh merana. Demikianlah Kami mengulangi tanda-tanda kebesaran (Kami) bagi orang-orang yang bersyukur” (Q.S. Al-A'raf: 58).

Merujuk dari ayat di atas, Allah menciptakan tanah subur dan tanah tidak subur. Ditinjau dari ilmu sains, tanah subur dicirikan dengan adanya kandungan air, unsur hara, bahan organik, dan bahan anorganik yang tersedia bagi tanaman di dalam tanah, sehingga tanaman dapat tumbuh dan berkembang dengan baik (Sutanto, 2005). Novvitasari (2006) menambahkan bahwa pada tanah yang subur terdapat mikroorganisme endogen yang dapat bersimbiosis dengan tanaman sebagai inangnya, seperti *Rhizobium japonicum* yang dapat bersimbiosis dengan tanaman kedelai sebagai inangnya. *Rhizobium japonicum* menyumbangkan

nitrogen yang ditambatnya untuk pertumbuhan tanaman kedelai sehingga tanaman kedelai dapat tumbuh subur, sebaliknya tanaman kedelai menyediakan karbohidrat bagi *Rhizobium japonicum* sehingga bakteri *Rhizobium japonicum* dapat melanjutkan proses metabolismenya. Sebaliknya, tanah tidak subur dicirikan dengan rendahnya kandungan unsur hara, bahan organik dan anorganik yang dibutuhkan oleh tanaman untuk pertumbuhan dan perkembangannya, sehingga tanaman akan kering dan bahkan mati (Sutanto, 2005). Pemberian pupuk urea juga dibutuhkan oleh tanaman karena kandungan unsur nitrogen pada urea merupakan bahan anorganik yang diperlukan dalam pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai. Lindawati (2000) menambahkan, pupuk nitrogen merupakan pupuk yang sangat penting bagi semua tanaman, karena nitrogen merupakan penyusun dari semua senyawa protein.

Dari apa yang telah Allah ciptakan seperti tanah subur dan tidak subur adalah sebagai bukti kekuasaanNya, agar manusia mau mensyukuri dan berusaha untuk memanfaatkan segala sesuatu yang telah diamanatkan kepada umat manusia, karena manusia diciptakan untuk menjadi kholifah (pemimpin) di muka bumi.

Allah SWT menciptakan segala sesuatu tidak dengan sia-sia begipula dengan bumi dan segala isinya. Manusia dianjurkan untuk berfikir dan mensyukuri segala sesuatu yang telah Allah SWT ciptakan, hal ini sesuai dengan firman Allah:

إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ وَاخْتِلَافِ اللَّيْلِ وَالنَّهَارِ لَآيَاتٍ لِّأُولِي الْأَلْبَابِ ﴿١٩١﴾ الَّذِينَ
يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيَمًا وَقُعُودًا وَعَلَىٰ جُنُوبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ
رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هَذَا بَطْلًا سُبْحَانَكَ فَقِنَا عَذَابَ النَّارِ ﴿١٩٢﴾

“*Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi, dan silih bergantinya malam dan siang terdapat tanda-tanda bagi orang-orang yang berakal. (yaitu) orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri atau duduk atau dalam keadaan berbaring dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata): "Ya Tuhan kami, tiadalah Engkau menciptakan Ini dengan sia-sia, Maha Suci Engkau, Maka peliharalah kami dari siksa neraka".* (Ali Imran: 190-191).

Setelah diketahui tanah ultisol merupakan tanah tidak subur, maka peneliti mencoba memanfaatkan pupuk urea dan bakteri *Rhizobium* karena kedua pupuk tersebut dapat menyediakan unsur nitrogen yang dibutuhkan oleh tanaman kedelai. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian pupuk Urea dan formula macam pupuk hayati *Rhizobium* (pelet ILeTRISoy-2) dapat meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai.

Pemupukan Urea 75 Kg/ha hingga 100 Kg/ha terbukti telah meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai, hal ini sesuai dengan firman Allah dalam surat Al-Qamar ayat 49:

إِنَّا كُلَّ شَيْءٍ خَلَقْنَاهُ بِقَدَرٍ ﴿٤٩﴾

“*Sesungguhnya kami menciptakan segala sesuatu menurut ukuran*” (Al-Qamar :49).

Dari penjelasan ayat di atas, dapat kita ketahui bahwa Allah SWT dalam setiap menciptakan sesuatu tidak diciptakan dengan tanpa pertimbangan terlebih dahulu. Allah telah merancang sedemikian rupa segala sesuatu yang akan Dia

ciptakan, salah satu contoh adalah pupuk urea, dimana dengan takaran/dosis Urea 75 Kg/ha hingga 100 Kg/ha bisa meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai.

Sedangkan inokulasi bakteri *Rhizobium japonicum* dilakukan pada tanaman kedelai karena antara bakteri *Rhizobium japonicum* dengan tanaman kedelai dapat menjalin hubungan kerja sama (simbiosis) yang saling menguntungkan. Dimana bakteri *Rhizobium japonicum* membantu tanaman kedelai dalam memfiksasi nitrogen dan tanaman kedelai menyediakan makanan (nutrisi) bagi bakteri *Rhizobium japonicum*.

Kelebihan lain dari bakteri *Rhizobium japonicum* adalah dia hanya bisa bersimbiosis dengan tanaman kacang-kacangan (kedelai). Bakteri *Rhizobium* hanya kompatibel dengan tanaman kacang-kacangan, tidak bisa bersimbiosis dengan tanaman selain kacang-kacangan, kenyataan ini sesuai dengan firman Allah:

وَأَنَّهُ خَلَقَ الزَّوْجَيْنِ.....

“Dan bahwasanya dialah yang menciptakan berpasang-pasangan....” (An Najm: 45).

Dari ayat tersebut dapat disimpulkan bahwa Allah SWT menciptakan segala sesuatu dengan pasangannya masing-masing, seperti langit dan bumi, pria dan wanita, siang dan malam, begitupula dengan penciptaan bakteri *Rhizobium* dan tanaman kacang-kacangan. Dari simbiosis ini merupakan suatu asosiasi yang menguntungkan kedua belah pihak. Nitrogen yang terfiksasi dapat merupakan sumber nitrogen bagi legum, sedangkan legum memasok fotosintat bagi *Rhizobium* sebagai sumber energi. Soedarjo (1998) menyatakan bahwa legum mengeksudasi asam amino dan senyawa organik lainnya, dan eksudat akar ini

berfungsi sebagai sinyal dan sebagai sumber energi untuk perkembangbiakan *Rhizobium*.

Rao (1994) menyatakan bahwa simbiosis mutualisme ini bermula dari perkembangan *Rhizobium* di daerah sekitar perakaran. Simbiosis ini dapat terjadi karena adanya komunikasi antara tanaman inang dengan kedelai dengan menggunakan sinyal kimiawi. Peristiwa ini kemudian diikuti dengan penggulungan dan deformasi rambut akar. Adapun proses nodulasi (pembentukan bintil pada akar legume) menurut Fisher and Long, 1992 dalam Soedarjo (1998) adalah perkembangan *Rhizobium* disekitar perakaran, melekatnya *Rhizobium* pada bulu akar, perubahan bentuk akar, pembengkokan ujung bulu akar, pembentukan talon bintil akar, pembentukan benang infeksi, infeksi *Rhizobium* melalui benang infeksi, perkembangan *Rhizobium* dalam bintil akar yang akhirnya berdeferensiasi kedalam bentuk bakteroid.

Terdapat hikmah kepada manusia dari simbiosis mutualisme antara kedelai dan *Rhizobium* bahwa manusia hendaknya bisa seperti kedelai dan *Rhizobium* yang mampu bekerja sama saling menguntungkan, oleh karena itu keharusan bagi manusia untuk dapat tolong-menolong dalam kebaikan dan taqwa, baik terhadap sesama maupun makhluk ciptaan Allah SWT yang lain, seperti tumbuhan dan hewan. Sebagaimana Allah SWT telah berfirman dalam Surat AlMaidah ayat 2 sebagai berikut :

وَتَعَاوَنُوا عَلَى الْبِرِّ وَالتَّقْوَىٰ ۖ وَلَا تَعَاوَنُوا عَلَى الْإِثْمِ وَالْعُدْوَانِ ۗ وَاتَّقُوا اللَّهَ ۖ إِنَّ اللَّهَ

شَدِيدُ الْعِقَابِ ﴿٢﴾

"....Dan tolong-menolonglah kamu dalam (mengerjakan) kebajikan dan takwa, dan jangan tolong-menolong dalam berbuat dosa dan pelanggaran. dan bertakwalah kamu kepada Allah, Sesungguhnya Allah amat berat siksa-Nya" (Al-Maidah : 2).

Hikmah yang dapat dipetik dari penelitian ini adalah semakin banyak mengkaji ilmu dan meneliti ciptaan Allah SWT, baik makhluk hidup (kedelai, *Rhizobium*) maupun benda mati (urea, tanah ultisol) dapat lebih meningkatkan diri kita kepada Allah SWT. Allah SWT memberikan bekal berupa akal supaya digunakan untuk meneliti semua ciptaanNya dan Allah telah memberikan keutamaan kepada hambaNya yang berilmu berupa kemuliaan di sisiNya dan kebahagiaan abadi.

Allah SWT juga memberikan keutamaan kepada manusia untuk menggunakan akal (*Ulul Albab*) yang telah dimiliki oleh manusia agar melakukan dzikir, yaitu melakukan kontemplasi yang mengarah hanya kepada Allah Sang Kholiq dan menjadikan seluruh ciptaan Allah SWT sebagai obyek berfikir.

Allah SWT menciptakan langit, bumi beserta isinya tiada yang sia-sia, termasuk diciptakannya tanah ultisol yang dikenal sebagai lahan yang tidak produktif untuk dijadikan sebagai lahan pertanian, maka dengan aplikasi pupuk Urea dan pupuk hayati (multi-isolat *Rhizobium* dan bakteri pelarut fosfat) tanah ultisol bisa dimanfaatkan untuk kepentingan pertanian. Untuk itu manusia wajib melestarikan alam dan mensyukuri nikmat berupa tanah dan pupuk yang diberikan Allah SWT.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Pemberian pupuk Urea hingga 100 Kg/ha dapat meningkatkan tinggi tanaman dari 19,78 cm menjadi 22,58 cm, kadar klorofil dari 29,33 g/mL menjadi 31,30 g/mL, jumlah bintil akar dari 2,58 bintil menjadi 5,42 bintil, dan berat kering biji dari 3,98 g menjadi 4,15 g tetapi tidak meningkatkan berat kering akar dan berat polong.
2. Formula pupuk hayati *Rhizobium* ILeTRIsOy- 2 dapat meningkatkan pembentukan bintil akar dari 0,22 bintil menjadi 21,89 bintil sehingga dapat meningkatkan kadar klorofil daun dari 34,29 g/mL menjadi 38,93 g/mL. Pemberian beberapa macam formula pupuk hayati *Rhizobium* mampu meningkatkan berat kering tanaman dari 2,26 g menjadi 2,77 g dan berat kering biji dari 3,86 g menjadi 4,69 g per tanaman. Penggunaan pupuk hayati ILeTRIsOy-2 ini mampu menggantikan peran pupuk urea sekitar 75 Kg/ha hingga 100 Kg/ha.
3. Terdapat interaksi antara pemberian pupuk urea dan pemberian macam formula pupuk hayati *Rhizobium* terhadap tinggi tanaman umur 35 hst, kadar klorofil 49 hst dan terhadap berat kering biji.

5.2 Saran

Inokulasi bakteri *Rhizobium* ILeTRIsOy-2 dapat meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai. Harapan penulis, adanya penelitian lebih lanjut tentang bakteri *Rhizobium* ILeTRIsOy-2 agar dapat dikemas dalam bentuk pupuk hayati dengan efektif di lahan masam.

DAFTAR PUSTAKA

- Adisarwanto. 2005. *Kedelai*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Ahmad, N and K.K. Jha. 1982. *Effect of Phosphate solubilizer on dry matter yield and phosphorus uptake by soybean*. J.Indian Soc.Soil Sci 30 : 105-106.
- Anas, Iswandi. 1989. *Biologi Tanah dalam Praktek*. Bogor: ITB.
- Budiyanto, H. Moch. Agus Krisno. 2004. *Mikrobiologi Terapan*. Malang: Universitas Muhammadiyah Malang.
- Campbell, N. A., Reece, J. B., and Mitchell, L. G. 2003. *Biologi*. 5th Terjemahan oleh Wasman Manula. 1999. Jakarta: Erlangga.
- Detty dan Arief. 1999. *Kedelai*. <http://warintek.progressio.id/pertanian.htm>. Bogor
- Foth, Hanry D. 1998. *Dasar-dasar Ilmu Tanah*. UGM Press. Yogyakarta. Pp. 495-498.
- Gardner, F. P., Pearce, R. B., Mitchel, R. L. 1991. *Fisiologi Tanaman Budidaya*. Jakarta UI Press.
- Hairiah, K. and Van Nordwijk, M. 1986. *Root Studies on a Tropical Ultisol in Relation to Nitrogen Management*. Institut voor Bodemvruchtbaarheid, Haren, The Netherlands.
- Hairiah, K., Utami, S.R., Suprayogo, D., Widiyanto, Sitompul, S.M., Sunaryo, Lusiana, B., Mulia, R., van Nordwijk, M., dan Cadisch, G. 2000. *Agroforestri pada Tanah Masam di Daerah Tropika Basah: Pengelolaan Interaksi antara Pohon-Tanaman Semusim*. International Centre for Research in Agroforestry (ICRAF). Bogor.
- Hairiah, K., Widiyanto, Utami, S.R., dan Lusiana, B. 2002. *WaNuLCas Model Simulasi untuk Sistem Agroforestri*. International Centre for Research in Agroforestry (ICRAF). Bogor.
- Hairiah, K., Widiyanto, Utami, S.R., Suprayogo, D., Sunaryo, Sitompul, S.M., Lusiana, B., Mulia, R., van Nordwijk, M., dan Cadisch, G. 2000. *Pengelolaan Tanah Masam secara Biologi*. International Centre for Research in Agroforestry (ICRAF). Bogor.
- Hardjowigeno, S. 1993. *Klasifikasi Tanah dan Pedogenesis*. Jakarta: Akademika Presindo.

- Hidajat, O. O. 1993. *Morfologi Tanaman Kedelai*. Dalam Kedelai, Cetakan Kedua. Bogor: Badan Litbang Pertanian. Puslitbang Tanaman Pangan.
- Howard, D.D. and D.D. Tyler. 1989. Nitrogen Source, Rate, and Application Method for No-Tillage Corn. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 53: 1573-1577.
- Islami, Titiek & Utomo, Wani H. 1995. *Hubungan Tanah, Air dan Tanaman*. Semarang: IKIP Semarang Press.
- Istanti, A, Prasetyo. T. I, dan Dwi Listyorini. 199. *Biologi Sel*. Malang: Frekuensi-MIPA Universitas Negeri Malang. Hlm:83.
- Kastono, D. 1999. *Budidaya Tanaman Semusim: Bagian Tembakau*. Diklat Mata Kuliah Budidaya Tanaman Semusim. Fakultas Pertanian UGM. Yogyakarta. (Tidak dipublikasikan).
- Khairul, U. 2001. Pemanfaatan Bioteknologi untuk Peningkatan Produksi Pertanian. <http://www.worddagroforestry.org/sea/publocation/files/book/BK0028pdf>. Akses 14 Februari 2009.
- Lindawati, N., Izhar dan H. Syafria. 2000. *Pengaruh Pemupukan Nitrogen dan Interval Pemotongan Terhadap Produktivitas dan Kualitas Rumput Lokal Kumpai pada Tanah Podzolik Merah Kuning*. JPPTP 2.
- Loveless. 1991. *Prinsip-prinsip Biologi Tumbuhan untuk Daerah Tropika 1*. Jakarta: PT. Garamedia Pustaka Utama.
- Mahsunah. 2008. *Studi Efektivitas Isolat Rhizobium Toleran Masam dari Aspek Penambatan N₂ dan Pertumbuhan Tanaman Kedelai (Glycine max (L). Merril) Varietas Sinabung di Tanah Masam Ultisol*. Malang: Universitas Islam Negeri Malang.
- Miharja, O. A. A. 2003. Peningkatan Pertumbuhan dan Hasil Kedelai serta Efisiensi Pemupukan Fosfat sebagai Akibat Pembuatan Pupuk Hayati pada Tanah Ultisol Jatinangoro. *Jurnal*. http://www.kompas.com/kompas_cetak/1412/17/ilpeng/14422850.htm. Akses tanggal 21 Maret 2009.
- Norman, M.J.T., Pearson, C.J., and Searl, P.G.E. 1995. *The Ecology of Tropical Food Crop*. Cambridge University Press. New York.
- Novvitasari, Retno. H. D. 2006. *Pengaruh Fungisida Terhadap Nodulasi dan Efektivitas Rhizobium Endogen pada Tanah Alami dan Tanah Kurus*. Malang: Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Malang.
- Nyakpa, Y.M., A.A. Lubis, M.A. Pulung, A.G. Amrah, A. Munawar, Go Ban Hong dan N. Hakim. 1988. *Kesuburan Tanah*. Unila, Lampung.

- Pasaribu D.A., N. Sumarlin, Sumarno, Y. Supriati, R. Saraswati, Sucipto dan S. Karama. 1989. Penelitian Inokulasi *Rhizobium* di Indonesia. Risalah Lokakarya Penelitian Penambatan Nitrogen Secara Hayati pada Kacang-kacangan. Kerjasama Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan, Badan Penelitian Pengembangan Pertanian dan Pusat Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Bogor.
- Pitojo, S. 2003. *Benih Kedelai*. Yogyakarta: Kanisius.
- Prihatman, K. 2000. *Kedelai (Glycine max (L.) Merrill)*. Jakarta: Kantor Deputi Menegristek. Bidang Pendayagunaan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi.
- Rao, N. S. Subba. 1994. *Mikroorganism Tanah dan Pertumbuhan Tanaman*. Jakarta: UI Press.
- Rukmana, R. 1996. *Kedelai Budi Daya dan Perkembangannya*. Yogyakarta: Kanisius.
- Sanchez, P. A. 1993. *Sifat dan Penggolongan Tanah Tropika*, Jilid dua. Terjemahan dari Properties and Management of Soils in the Tropics, 2st edition oleh: Johara T. Jayadinata. 1976. Bandung: ITB.
- Sebayang, dkk. 2000. *Pengaruh Beberapa Metode Pengendalian Gulma terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kedelai (Glycine Max L.)*. Malang: Habitat FPUB.
- Salisbury, FB., CW, Ross. *Fisiologi Tumbuhan Jilid II*. Bandung: ITB.
- Setijono, S. 1996. *Intisari Kesuburan Tanah*. Malang: IKIP Malang.
- Soedarjo, Muchdar. 1998. *Komunikasi Intim Antara (Brady) Rhizobium dengan Tanaman Kecang-kacangan Mengawali Nodulasi*. Di dalam Prosiding Seminar Nasional dan pertemuan Tahunan KOMDA HITI hlm: 371-379.
- Soedarjo, Muchdar & Suryantini. 2002. *Peningkatan Efektivitas Pupuk Anorganik, Organik dan Hayati pada Tanaman Kedelai di Lahan Sawah dan Lahan Kering*. Malang: Balitkabi.
- Soedarjo, Muchdar, Nasir, Saleh, Adisarwanto, Titis, Modar, Darman, Manshuri, A. Ghozi and Ishiki, Koshun. 2003. *Characterization and Effectiveness of Acid Tolerant Rhizobia Isolated from Nodules of Soybean*. Cultivated in Indonesia. Japanes Journal of Tropical Agriculture. Vol. 42, No 4 Dec 2003.

- Soedarjo, Muchdar & Sucahyono, Didik. 2005. *Teknologi Nodulasi dan Kolonisasi Mikoriza pada Tanaman Kedelai di Lahan Kering Masam*. Malang: Balitkabi.
- Somaatmaja, Sodikin. 1985. *Kedelai*. Bogor: Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan.
- Sudarmadji, D., 1991. *Mimba, Insektisida Alami*. Trubus. Thn IV, no. 44, hal 20-21.
- Soepardi, Goeswono. 1986. *Sifat dan Ciri Tanah*. Malang: Balai Penelitian Tanaman Pangan Malang. Badan Litbang Pertanian.
- Sumarno dan Harnoto. 1983. *Kedelai dan Cara Bercocok Tanam*. Malang: Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Balai Penelitian Tanaman Pangan. Malang. Hal:2-3.
- Sumarno dan Harnoto. 2005. *Kedelai dan Cara Bercocok Tanam*. Malang: Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Supriono. 2000. Pengaruh Dosis Urea Tablet dan Jarak Tanam Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Kedelai Kultivar Sindoro. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Suryantini, 1994. *Inokulasi Rhizobium pada kacang-kacangan*. Malang: Balittan.
- Suryantini dan Kustyastuti, H. 1998. *Peningkatan Efektivitas Penambatan N dan Efisiensi Pupuk N pada Kedelai Melalui Penggunaan Rhizopus*. Di dalam Hasil Penelitian Komponen Teknologi Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian. Maalang: Balitkabi.
- Sutanto, R. 2005. *Penerapan Pertanian Organik*. Yogyakarta: Kanisius.
- Sutejo, M. M. 2002. *Pupuk dan cara Pemupukannya*. Jakarta: PT. Rineka Cipta.
- Szoot, LT, Fernandes, ECM, and Sanchez, PA. 1991. *Soil-Plant Interaction in Agroforestry Systems*. In: Jarvis, PG (Ed). *Agroforestry: Principle and Practice*. Proceedings of an International Conference 23-28 July 1989 at the University of Edinburgh, Edinburgh. Elsevier. Amsterdam.
- Tjitrosomo, G. 1993. *Taksonomi Umum (Dasar-dasar Taksonomi Tumbuhan)*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Yasin Ghadiy, Al-Amwal wa Al-Amlak al-'Ammah fil Islam, hal. 19

- Yitnosumarto, Suntoyo. (1993). *Percobaan Perancangan, Analisis, dan Interpretasinya*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Young, P. W. And Haukka, K. E. 1996. *Diversity and Phylogeny of Rhizobia*. New Phytol J. 133.
- Yutono. 1985. *Inokulasi Rhizobium pada Kedelai*. Dalam Somatmadji. *Kedelai*. Balai Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Puslitbangtan. Hlm.217-230.



Lampiran 1

Sifat kimia tanah Ultisol di Propinsi Lampung sebelum dan sesudah pemupukan

Sifat Tanah	Sebelum Pemupukan	Sesudah Pemupukan	Standart Kebutuhan
pH H ₂ O	4,4	5,1	6,6-7
pH KCl	3,9	-	-
CO (%)	0,25	1,8	2,21-30
N (%)	0,02	0,045	0,21-0,5
P ₂ O ₅ (ppm)	6,5	96,40	21-41
SO ₄ (ppm)	-	-	-
K (me/100 g)	-	0,3	0,4-0,5
Na (me/100 g)	0,10	-	-
Ca (me/100 g)	0,88	1,43	0,4-0,7
Mg (me/100 g)	0,49	0,72	1,1-2,0
Al dd (me/100 g)	2,05	0,22	-
KTK (me/100 g)	5,86	5,91	-
Fe (ppm)	-	39,7	2,5-4,5
Zn (ppm)	-	3,24	0,5-1,0
Mn (ppm)	-	12,5	< 1

Sumber : Adisarwanto, 2006, Harsono, dkk., 2007, Subandi, dkk. 2009.

Lampiran 2

Pengaruh pemberian pupuk urea dan macam formula pupuk hayati *Rhizobium* terhadap tinggi tanaman kedelai (*Glycine L. (max) Merril*) pada berbagai umur pengamatan.

Tinggi_Tanaman_21 hst

SK	db	JK	KT	F _{hit}	F _{tabel} 5%
Urea	2	27,267	13,633	7,476	3,190
Formula Pupuk Hayati <i>Rhizobium</i>	7	56,158	8,023	4,399	2,210
Urea * Formula Pupuk Hayati <i>Rhizobium</i>	14	48,503	3,465	1,900	1,900
Galat	48	87,538	1,824		
Total	71	219,466			

Tinggi_Tanaman_28 hst

SK	db	JK	KT	F _{hit}	F _{tabel} 5%
Urea	2	23,783	11,892	5,909	3,190
Formula Pupuk Hayati <i>Rhizobium</i>	7	56,075	8,011	3,980	2,210
Urea * Formula Pupuk Hayati <i>Rhizobium</i>	14	39,117	2,794	1,388	1,900
Galat	48	96,602	2,013		
Total	71	215,577			

Tinggi_Tanaman_35 hst

SK	db	JK	KT	F _{hit}	F _{tabel} 5%
Urea	2	122,062	61,031	13,604	3,190
Formula Pupuk Hayati <i>Rhizobium</i>	7	109,375	15,625	3,483	2,210
Urea * Formula Pupuk Hayati <i>Rhizobium</i>	14	151,104	10,793	2,406	1,900
Galat	48	215,333	4,486		
Total	71	597,875			

Tinggi_Tanaman_42 hst

SK	db	JK	KT	F _{hit}	F _{tabel} 5%
Urea	2	558,187	279,094	33,519	3,190
Formula Pupuk Hayati					
<i>Rhizobium</i>	7	605,941	86,563	10,396	2,210
Urea * Formula Pupuk Hayati					
<i>Rhizobium</i>	14	136,924	9,78	1,175	1,900
Galat	48	399,667	8,326		
Total	71	1700,719			

Tinggi_Tanaman_49 hst

SK	db	JK	KT	F _{hit}	F _{tabel} 5%
Urea	2	102,793	51,397	5,386	3,190
Formula Pupuk Hayati					
<i>Rhizobium</i>	7	199,076	28,439	2,98	2,210
Urea * Formula Pupuk Hayati					
<i>Rhizobium</i>	14	59,984	4,285	0,449	1,900
Galat	48	458,042	9,543		
Total	71	819,895			

Tinggi_Tanaman_63 hst

SK	db	JK	KT	F _{hit}	F _{tabel} 5%
Urea	2	29,340	14,670	6,926	3,190
Formula Pupuk Hayati					
<i>Rhizobium</i>	7	101,444	14,492	6,842	2,210
Urea * Formula Pupuk Hayati					
<i>Rhizobium</i>	14	10,493	4,750	1,354	1,900
Galat	48	101,667	2,118		
Total	71	411,000			

Lampiran 3

Pengaruh pemberian pupuk urea dan macam formula pupuk hayati *Rhizobium* terhadap kadar klorofil tanaman kedelai (*Glycine L. (max) Merril*) pada berbagai umur pengamatan.

Kadar_Klorofil_21 hst

SK	db	JK	KT	F _{hit}	F _{tabel} 5%
Urea	2	48,865	24,433	4,703	3,190
Formula Pupuk Hayati <i>Rhizobium</i>	7	142,971	20,424	3,932	2,210
Urea * Formula Pupuk Hayati <i>Rhizobium</i>	14	134,681	9,620	1,852	1,900
Galat	48	249,350	5,195		
Total	71	575,868			

Kadar_Klorofil_28 hst

SK	db	JK	KT	F _{hit}	F _{tabel} 5%
Urea	2	42,814	21,407	11,932	3,190
Formula Pupuk Hayati <i>Rhizobium</i>	7	50,802	7,257	4,045	2,210
Urea * Formula Pupuk Hayati <i>Rhizobium</i>	14	61,319	4,380	1,441	1,900
Galat	48	86,118	1,794		
Total	71	241,053			

Kadar_Klorofil_35 hst

SK	db	JK	KT	F _{hit}	F _{tabel} 5%
Urea	2	74,698	37,349	9,296	3,190
Formula Pupuk Hayati <i>Rhizobium</i>	7	92,515	13,216	3,290	2,210
Urea * Formula Pupuk Hayati <i>Rhizobium</i>	14	64,496	4,607	1,147	1,900
Galat	48	192,852	4,018		
Total	71	424,560			

Kadar_Klorofil_42 hst

SK	db	JK	KT	F _{hit}	F _{tabel} 5%
Urea	2	91,653	45,826	13,102	3,190
Formula Pupuk Hayati <i>Rhizobium</i>	7	149,857	21,408	6,121	2,210
Urea * Formula Pupuk Hayati <i>Rhizobium</i>	14	103,601	7,400	1,116	1,900
Galat	48	167,893	3,498		
Total	71	513,005			

Kadar_Klorofil_49 hst

SK	db	JK	KT	F _{hit}	F _{tabel} 5%
Urea	2	32,067	16,033	5,081	3,190
Formula Pupuk Hayati <i>Rhizobium</i>	7	58,584	8,369	2,652	2,210
Urea * Formula Pupuk Hayati <i>Rhizobium</i>	14	89,605	6,400	2,028	1,900
Galat	48	151,455	3,155		
Total	71	331,711			

Kadar_Klorofil_63 hst

SK	db	JK	KT	F _{hit}	F _{tabel} 5%
Urea	2	75,302	37,651	11,602	3,190
Formula Pupuk Hayati <i>Rhizobium</i>	7	149,857	21,408	6,121	2,210
Urea * Formula Pupuk Hayati <i>Rhizobium</i>	14	108,996	7,785	1,399	1,900
Galat	48	155,773	3,245		
Total	71	376,464			

Lampiran 4

Pengaruh pemberian pupuk urea dan macam formula pupuk hayati *Rhizobium* terhadap jumlah bintil akar tanaman kedelai (*Glycine L. (max) Merril*).

SK	db	JK	KT	F _{hit}	F _{tabel 5%}
Urea	2	102,583	51,292	3,799	3,190
Formula Pupuk Hayati					
<i>Rhizobium</i>	7	3408,097	486,871	36,065	2,210
Urea * Formula Pupuk					
Hayati <i>Rhizobium</i>	14	313,194	22,371	1,657	1,900
Galat	48	648,000	13,500		
Total	71	5507,000			

Lampiran 5

Pengaruh pemberian pupuk urea dan macam formula pupuk hayati *Rhizobium* terhadap bintil akar efektif tanaman kedelai (*Glycine L. (max) Merril*).

SK	db	JK	KT	F _{hit}	F _{tabel 5%}
Urea	2	92,361	46,181	3,282	3,190
Formula Pupuk Hayati					
<i>Rhizobium</i>	7	3229,556	461,365	31,788	2,210
Urea * Formula Pupuk Hayati					
<i>Rhizobium</i>	14	261,861	18,704	1,289	1,900
Galat	48	696,667	14,514		
Total	71	5278,000			

Lampiran 6

Pengaruh pemberian pupuk urea dan macam formula pupuk hayati *Rhizobium* terhadap bintil akar nonefektif tanaman kedelai (*Glycyne L. (max) Merril*).

SK	db	JK	KT	F _{hit}	F _{tabel 5%}
Urea	2	0,028	0,014	0,500	3,190
Formula Pupuk Hayati					
<i>Rhizobium</i>	7	0,389	0,056	2,000	2,210
Urea * Formula Pupuk Hayati					
<i>Rhizobium</i>	14	0,194	0,014	0,500	1,900
Galat	48	1,333	0,028		
Total	71	2,000			

Lampiran 7

Pengaruh pemberian pupuk urea dan macam formula pupuk hayati *Rhizobium* terhadap berat basah bintil akar tanaman kedelai (*Glycyne L. (max) Merril*).

SK	db	JK	KT	F _{hit}	F _{tabel 5%}
Urea	2	0,010	0,005	9,275	3,190
Formula Pupuk Hayati					
<i>Rhizobium</i>	7	0,082	0,012	20,939	2,210
Urea * Formula Pupuk Hayati					
<i>Rhizobium</i>	14	0,012	0,001	1,493	1,900
Galat	48	0,027	0,001		
Total	71	0,173			

Lampiran 8

Pengaruh pemberian pupuk urea dan macam formula pupuk hayati *Rhizobium* terhadap berat kering bintil akar tanaman kedelai (*Glycyne L. (max) Merril*).

SK	db	JK	KT	F _{hit}	F _{tabel 5%}
Urea	2	0,008	0,004	9,649	3,190
Formula Pupuk Hayati					
<i>Rhizobium</i>	7	0,065	0,009	22,827	2,210
Urea * Formula Pupuk Hayati					
<i>Rhizobium</i>	14	0,009	0,001	1,605	1,900
Galat	48	0,020	0,000		
Total	71	0,132			

Lampiran 9

Pengaruh pemberian pupuk urea dan macam formula pupuk hayati *Rhizobium* terhadap jumlah cabang tanaman kedelai (*Glycyne L. (max) Merril*).

SK	db	JK	KT	F _{hit}	F _{tabel 5%}
Urea	2	1,861	0,931	1,457	3,190
Formula Pupuk Hayati					
<i>Rhizobium</i>	7	3,944	0,563	0,882	2,210
Urea * Formula Pupuk Hayati					
<i>Rhizobium</i>	14	4,806	0,343	0,537	1,900
Galat	48	30,667	0,639		
Total	71	424,000			

Lampiran 10

Pengaruh pemberian pupuk urea dan macam formula pupuk hayati *Rhizobium* terhadap berat kering tanaman kedelai (*Glycine L. (max) Merril*).

SK	db	JK	KT	F _{hit}	F _{tabel 5%}
Urea	2	2,229	1,114	6,204	3,190
Formula Pupuk Hayati					
<i>Rhizobium</i>	7	3,886	0,555	3,091	2,210
Urea * Formula Pupuk					
Hayati <i>Rhizobium</i>	14	1,830	0,131	0,728	1,900
Galat	48	8,621	0,180		
Total	71	365,002			

Lampiran 11

Pengaruh pemberian pupuk urea dan macam formula pupuk hayati *Rhizobium* terhadap berat kering akar tanaman kedelai (*Glycyne L. (max) Merril*).

SK	db	JK	KT	F _{hit}	F _{tabel 5%}
Urea	2	0,016	0,008	1,657	3,190
Formula Pupuk Hayati					
<i>Rhizobium</i>	7	0,010	0,001	0,297	2,210
Urea * Formula Pupuk Hayati					
<i>Rhizobium</i>	14	0,044	0,003	0,630	1,900
Galat	48	0,238	0,005		
Total	71	5,574			

Lampiran 12

Pengaruh pemberian pupuk urea dan macam formula pupuk hayati *Rhizobium* terhadap berat polong tanaman kedelai (*Glycyne L. (max) Merril*).

SK	db	JK	KT	F _{hit}	F _{tabel 5%}
Urea	2	2,425	1,213	1,039	3,190
Formula Pupuk Hayati					
<i>Rhizobium</i>	7	11,461	1,637	1,402	2,210
Urea * Formula Pupuk					
Hayati <i>Rhizobium</i>	14	8,791	0,628	0,538	1,900
Galat	48	56,042	1,168		
Total	71	2297,499			

Lampiran 13

Pengaruh pemberian pupuk urea dan macam formula pupuk hayati *Rhizobium* terhadap jumlah polong isi tanaman kedelai (*Glycyne L. (max) Merrill*).

SK	db	JK	KT	F _{hit}	F _{tabel 5%}
Urea	2	12,444	6,222	0,462	3,190
Formula Pupuk Hayati					
<i>Rhizobium</i>	7	54,986	7,855	0,583	2,210
Urea * Formula Pupuk					
Hayati <i>Rhizobium</i>	14	119,556	8,540	0,634	1,900
Galat	48	646,667	13,472		
Total	71	25959,000			

Lampiran 14

Pengaruh pemberian pupuk urea dan macam formula pupuk hayati *Rhizobium* terhadap jumlah polong hampa tanaman kedelai (*Glycine L. (max) Merrill*).

SK	db	JK	KT	F _{hit}	F _{tabel 5%}
Urea	2	7,111	3,556	1,463	3,190
Formula Pupuk Hayati					
<i>Rhizobium</i>	7	24,444	3,492	1,437	2,210
Urea * Formula Pupuk Hayati					
Hayati <i>Rhizobium</i>	14	34,222	2,444	1,006	1,900
Galat	48	116,667	2,431		
Total	71	556,000			

Lampiran 15



Lampiran 16

Pengaruh pemberian pupuk urea dan macam formula pupuk hayati *Rhizobium* terhadap berat kering biji tanaman kedelai (*Glycine L. (max) Merril*).

Berat_ Biji	SK	db	JK	KT	F _{hit}	F _{tabel 5%}
Urea		2	3,049	1,525	4,345	3,190
Formula Pupuk Hayati						
<i>Rhizobium</i>		7	7,246	1,035	2,950	2,210
Urea * Formula Pupuk						
Hayati <i>Rhizobium</i>		14	10,682	0,763	2,174	1,900
Galat		48	16,844	0,351		
Total		71	1148,439			

Lampiran 17

Kebutuhan Pupuk

Kebutuhan pupuk per ha

Dolomit	=	1500 Kg/ha
SP-36	=	100 Kg/ha
KCl	=	75 Kg/ha
Bokasi	=	3000 Kg/ha
Urea	=	0 Kg/ha
Urea	=	75 Kg/ha
Urea	=	100 Kg/ha

Berat tanah per polybag = 1 Kg dan 5 Kg

Berat 1 hektar lapisan olah tanah (HLO)

$$1 \text{ ha} = 10.000 \text{ m}^2 = 10^8 \text{ m}^2$$

$$\text{Berat isi tanah} = 1 \text{ g cm}^{-3}$$

$$\text{Berat 1 HLO} = 10^8 \text{ m}^2 \times 20 \text{ cm} \times 1 \text{ g cm}^{-3}$$

$$= 2.10^9 \text{ g}$$

$$= 2.10^6 \text{ kg tanah ha}^{-1}$$

$$\text{Kebutuhan pupuk per polybag} = \frac{\text{Bobot tanah polibag}^{-1}}{\text{Bobot HLO}} \times \text{Kebutuhan pupuk per ha}$$

$$\text{Dolomit per polybag (1 kg)} = \frac{1}{2.10^6 \text{ kg}} \times 1500 \text{ kg ha}^{-1}$$

$$= \frac{1}{2.000.000} \times 1.500 \text{ gr}$$

$$= 0,00075 \text{ g}$$

$$(5 \text{ kg}) = \frac{5}{2.10^6 \text{ kg}} \times 1.500 \text{ kg ha}^{-1}$$

$$= \frac{5}{2.000.000} \times 1.500 \text{ gr}$$

$$= 0,00375 \text{ g}$$

$$\text{SP-36 per polybag (1 kg)} = \frac{1}{2.10^6 \text{ kg}} \times 100 \text{ kg ha}^{-1}$$

$$= \frac{1}{2.000.000} \times 100.000 \text{ gr}$$

$$= 0,05 \text{ g}$$

$$(5 \text{ kg}) = \frac{5}{2.10^6 \text{ kg}} \times 100 \text{ kg ha}^{-1}$$

$$= \frac{5}{2.000.000} \times 100.000 \text{ gr}$$

$$= 0,25 \text{ g}$$

$$\begin{aligned} \text{KCl per polybag (1 kg)} &= \frac{1}{2.10^6 \text{ kg}} \times 75 \text{ kg ha}^{-1} \\ &= \frac{1}{2.000.000} \times 75.000 \text{ gr} \\ &= 0,0375 \text{ g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (5 \text{ kg}) &= \frac{5}{2.10^6 \text{ kg}} \times 75 \text{ kg ha}^{-1} \\ &= \frac{5}{2.000.000} \times 75.000 \text{ gr} \\ &= 0,19 \text{ g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Bokasi per polybag (1 kg)} &= \frac{1}{2.10^6 \text{ kg}} \times 3 \text{ kg ha}^{-1} \\ &= \frac{1}{2.000.000} \times 3000 \text{ gr} \\ &= 0,0015 \text{ g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (5 \text{ kg}) &= \frac{5}{2.10^6 \text{ kg}} \times 3 \text{ kg ha}^{-1} \\ &= \frac{5}{2.000.000} \times 3000 \text{ gr} \\ &= 0,01 \text{ g} \end{aligned}$$

Urea per polybag:
Urea 0 kg/ha

$$\begin{aligned} \text{Polybag (1 kg)} &= \frac{1}{2.10^6 \text{ kg}} \times 0 \text{ kg ha}^{-1} \\ &= \frac{1}{2.000.000} \times 0 \text{ gr} \\ &= 0 \text{ g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Polybag (5 kg)} &= \frac{5}{2.10^6 \text{ kg}} \times 0 \text{ kg ha}^{-1} \\ &= \frac{5}{2.000.000} \times 0 \text{ gr} \\ &= 0 \text{ g} \end{aligned}$$

Urea 75 kg/ha

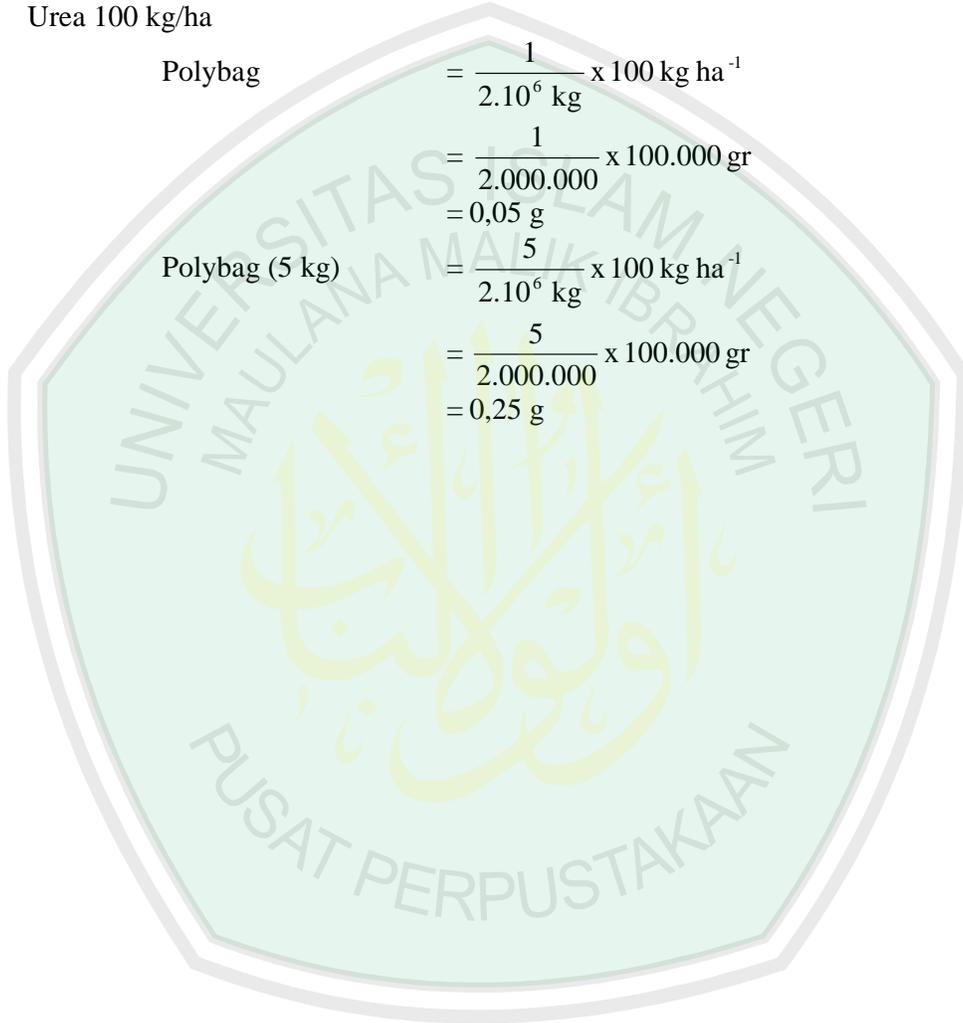
$$\begin{aligned} \text{Polybag (1 kg)} &= \frac{1}{2.10^6 \text{ kg}} \times 75 \text{ kg ha}^{-1} \\ &= \frac{1}{2.000.000} \times 75.000 \text{ gr} \\ &= 0,0375 \text{ g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Polybag (5 kg)} &= \frac{5}{2.10^6 \text{ kg}} \times 75 \text{ kg ha}^{-1} \\ &= \frac{5}{2.000.000} \times 75.000 \text{ gr} \\ &= 0,19 \text{ g}\end{aligned}$$

Urea 100 kg/ha

$$\begin{aligned}\text{Polybag} &= \frac{1}{2.10^6 \text{ kg}} \times 100 \text{ kg ha}^{-1} \\ &= \frac{1}{2.000.000} \times 100.000 \text{ gr} \\ &= 0,05 \text{ g}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Polybag (5 kg)} &= \frac{5}{2.10^6 \text{ kg}} \times 100 \text{ kg ha}^{-1} \\ &= \frac{5}{2.000.000} \times 100.000 \text{ gr} \\ &= 0,25 \text{ g}\end{aligned}$$





DEPARTEMEN AGAMA RI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
Jl. Gajayana No. 50 Malang Telp. (0342) 551354 Fax. (0341) 572533

BUKTI KONSULTASI

Nama Mahasiswa : Risnawati
NIM : 05520033
Jurusan : Biologi
Dosen Pembimbing : Suyono, M.P
Judul Skripsi : Pengaruh Pemberian Pupuk Urea dan Beberapa Formula Pupuk Hayati *Rhizobium* terhadap Pertumbuhan dan Hasil Kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill) di Tanah Ultisol.

No.	Tanggal	Materi Konsultasi	Tanad Tangan
1	06 April 2009	Pengajuan Judul	
2	27 April 2009	Konsultasi Proposal	
3	04 Mei 2009	Revisi Proposal	
4	25 Mei 2009	ACC Proposal	
5	14 September 2009	Seminar Proposal	
6	28 September 2009	Konsultasi BAB I, II, III	
7	01 Oktober 2009	Revisi BAB I, II, III	
8	12 November 2009	Konsultasi BAB IV dan V	
9	19 November 2009	Revisi BAB IV dan V	
10	10 Desember 2009	Konsultasi Keseluruhan	
11	06 Januari 2010	Revisi Keseluruhan	
12	01 Februari 2010	ACC Keseluruhan	

Malang, 13 April 2010
Mengetahui,
Ketua Jurusan Biologi

Dr. Eko Budi Minarno, M. Pd.
NIP: 19630114 199903 1 001



DEPARTEMEN AGAMA RI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
Jl. Gajayana No. 50 Malang Telp. (0342) 551354 Fax. (0341) 572533

BUKTI KONSULTASI

Nama Mahasiswa : Risnawati
NIM : 05520033
Jurusan : Biologi
Dosen Pembimbing : Dr. Arief Harsono, M.S.
Judul Skripsi : Pengaruh Pemberian Pupuk Urea dan Beberapa Formula Pupuk Hayati *Rhizobium* terhadap Pertumbuhan dan Hasil Kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill) di Tanah Ultisol.

No.	Tanggal	Materi Konsultasi	Tanad Tangan
1	06 April 2009	Pengajuan Judul	
2	28 April 2009	Konsultasi Proposal	
3	04 Mei 2009	Revisi Proposal	
4	26 Mei 2009	ACC Proposal	
5	16 September 2009	Seminar Proposal	
6	29 September 2009	Konsultasi BAB I, II, III	
7	05 Oktober 2009	Revisi BAB I, II, III	
8	13 November 2009	Konsultasi BAB IV dan V	
9	19 November 2009	Revisi BAB IV dan V	
10	09 Desember 2009	Konsultasi Keseluruhan	
11	08 Januari 2010	Revisi Keseluruhan	
12	01 Februari 2010	ACC Keseluruhan	

Malang, 13 April 2010
Mengetahui,
Ketua Jurusan Biologi

Dr. Eko Budi Minarno, M. Pd.
NIP: 19630114 199903 1 001

DEPARTEMEN AGAMA RI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
Jl. Gajayana No. 50 Malang Telp. (0342) 551354 Fax. (0341) 572533

BUKTI KONSULTASI

Nama Mahasiswa : Risnawati
NIM : 05520033
Jurusan : Biologi
Dosen Pembimbing : Munirul Abidin, M.Ag.
Judul Skripsi : Pengaruh Pemberian Pupuk Urea dan Beberapa Formula Pupuk Hayati *Rhizobium* terhadap Pertumbuhan dan Hasil Kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill) di Tanah Ultisol.

No.	Tanggal	Materi Konsultasi	Tanad Tangan
1	08 April 2009	Pengajuan Judul	
2	29 April 2009	Konsultasi Proposal	
3	04 Mei 2009	Revisi Proposal	
4	26 Mei 2009	ACC Proposal	
5	15 September 2009	Seminar Proposal	
6	29 September 2009	Konsultasi BAB I, II, III	
7	02 Oktober 2009	Revisi BAB I, II, III	
8	13 November 2009	Konsultasi BAB IV dan V	
9	20 November 2009	Revisi BAB IV dan V	
10	11 Desember 2009	Konsultasi Keseluruhan	
11	07 Januari 2010	Revisi Keseluruhan	
12	01 Februari 2010	ACC Keseluruhan	

Malang, 13 April 2010
Mengetahui,
Ketua Jurusan Biologi

Dr. Eko Budi Minarno, M. Pd.
NIP: 19630114 199903 1 001