

**SINERGISME MULTI ISOLAT *RHIZOBIUM* DAN BAKTERI PELARUT
FOSFAT PADA PERTUMBUHAN DAN HASIL TANAMAN KEDELAI
(*Glycyne max* (L.) Merrill) DI TANAH MASAM**

SKRIPSI

Oleh :

**NADZIFAH
NIM. 07620006**



**JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI (UIN)
MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
2011**

**SINERGISME MULTI ISOLAT *RHIZOBIUM* DAN BAKTERI PELARUT
FOSFAT PADA PERTUMBUHAN DAN HASIL TANAMAN KEDELAI
(*Glycyne max* (L.) Merrill) DI TANAH MASAM**

SKRIPSI

Diajukan Kepada:

**Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang
Untuk memenuhi Salah Satu Persyaratan Dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)**

Oleh :

**NADZIFAH
NIM. 07620006**

**JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI (UIN)
MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
2011**

**SINERGISME MULTI ISOLAT *RHIZOBIUM* DAN BAKTERI PELARUT
FOSFAT PADA PERTUMBUHAN DAN HASIL TANAMAN KEDELAI
(*Glycine max* (L.) Merrill) DI TANAH MASAM**

SKRIPSI

Oleh :

**NADZIFAH
NIM.07620006**

Telah disetujui oleh :

Dosen Pembimbing I

**Dr. Hj. Ulfah Utami, M. Si
NIP. 19650509 199903 2 002**

Dosen Pembimbing III

**Dra. Suryantini, M.Si
NIP. 080 079 379**

Dosen Pembimbing II

**Dr. H. Ahmad Barizi, M.A
NIP. 19731212 199803 1001**

Tanggal, 22 Agustus 2011

**Mengetahui
Ketua Jurusan Biologi**

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

SINERGISME MULTI ISOLAT *RHIZOBIUM* DAN BAKTERI PELARUT FOSFAT PADA PERTUMBUHAN DAN HASIL TANAMAN KEDELAI (*Glycyne max* (L.) Merril) DI TANAH MASAM

SKRIPSI

Oleh :

**NADZIFAH
NIM.07620006**

Telah dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)

Tanggal, 15 September 2011

Susunan Dewan Penguji :	Tanda Tangan
1. Penguji Utama : <u>Dra. Suryantini, M.Si</u> NIP. 080 079 379	()
2. Ketua Penguji : <u>Ir. Lilik Harianie, A.R.,M.P</u> NIP. 19620901 199803 2 001	()
3. Sekertaris Penguji: <u>Dr. Hj. Ulfah Utami, M. Si</u> NIP. 19650509 199903 2 002	()
4. Anggota Penguji : <u>Dr. Ahmad Barizi, M.A</u> NIP. 19731212 199803 1001	()

**Mengetahui dan Mengesahkan
Ketua Jurusan Biologi**

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

**Puji syukur tak terhingga
kepada Allah SWT atas Karunia dan
Nikmat Nya selama ini...**

**Ku persembahkan Karya ini
sebagai Rasa Baktiku kepada Ayahanda
dan Ibunda tercinta serta rasa Sayangku
Mas Agus. Mbak Niesa dan Anas.**

**SURAT PERNYATAAN
ORISINALITAS PENELITIAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Nadzifah

NIM : 07620006

Fakultas / Jurusan : Sains dan Teknologi / Biologi

Judul Penelitian : Sinergisme Multi Isolat *Rhizobium* dan Bakteri Pelarut Fosfat pada Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill) di Tanah Masam

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa hasil penelitian saya ini tidak terdapat unsur-unsur penjiplakan karya penelitian atau karya ilmiah yang pernah dilakukan atau dibuat oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata hasil penelitian ini terbukti terdapat unsur-unsur jiplakan, maka saya bersedia untuk mempertanggung jawabkan, serta diproses sesuai peraturan yang berlaku.

Malang, 16 September 2011

Yang Membuat Pernyataan,

Nadzifah
07620006

KATA PENGANTAR



Assalamu 'alaikum Wr. Wb.

Syukur Alhamdulillah kehadiran Allah SWT karena atas rahmat, taufiq dan hidayahNya, penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi dengan judul “Sinergisme Multi Isolat *Rhizobium* dan Bakteri Pelarut Fosfat pada Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kedelai (*Glycine max* (L.) Merril) di Tanah Masam” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si).

Penulis menyadari bahwa banyak pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini. Untuk itu, iringan doa dan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya penulis sampaikan kepada:

1. Prof. Dr. H. Imam Suprayogo, selaku Rektor Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang, yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk belajar di kampus UIN Maliki Malang.
2. Prof. Drs. Sutiman Bambang Sumitro, S.U.DSc, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi beserta stafnya, atas bantuan moril dan pelayanannya sehingga penyusunan skripsi ini berjalan lancar.
3. Dr. Eko Budi Minarno, M. Pd, selaku Ketua Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi, yang senantiasa memberikan dukungan moril, nasehat dengan penuh kesabaran. Semoga kebaikan dan kesabaran bapak diganti pahala yang berlipat oleh Allah.
4. Dr. Hj. Ulfah Utami, M. Si, selaku Dosen Pembimbing Jurusan karena atas bimbingan, pengarahan, dan kesabarannya penulisan skripsi dapat terselesaikan.
5. Dr. H. Ahmad Barizi, M.A, selaku Dosen Pembimbing Agama karena atas bimbingan, pengarahan, dan kesabarannya penulisan skripsi dapat terselesaikan.

6. Dra. Suryantini M. Si, selaku Dosen Pembimbing Lapangan karena atas bimbingan, pengarahan, dan kesabarannya penulisan skripsi dapat terselesaikan.
7. Ayah dan Ibunda tersayang yang dengan sepenuh hati memberikan dukungan moril, material maupun spirituil sehingga penulisan skripsi dapat terselesaikan.
8. Kakak tercinta (Mas Agus dan Mbak Niesa), yang selalu memberi dukungan moril sehingga penulisan skripsi dapat terselesaikan.
9. Anas Hidayat, yang selalu menemani, memberi dukungan moril maupun spirituil sehingga penulisan skripsi dapat terselesaikan.
10. Sahabat-sahabat Jurusan Biologi Angkatan '07 (Inta, Tiyas, Aji, Arif), sahabat kost (Mbak Cuna, Mbak Anggie, Iphe, Asher, Rheny), serta semua pihak yang membantu memberikan dukungan moril maupun spirituil sehingga penulisan skripsi dapat terselesaikan.

Semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan menambah khasanah ilmu pengetahuan.

Wassalamu'alaikum Wr.Wb.

Malang, 17 Agustus 2011

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR LAMPIRAN	vii
ABSTRAK	viii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	7
1.3 Tujuan Penelitian	7
1.4 Hipotesis	8
1.5 Manfaat Penelitian	8
1.6 Batasan Masalah	9
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Kajian Keislaman	10
2.1.1 Penggolongan Tanah	10
2.1.2 Pengelolaan Tanah	11
2.1.3 Mikroba Tanah	13
2.2 Tanaman Kedelai (<i>Glycine max</i> (L.) Merril)	15
2.2.1 Deskripsi Tanaman Kedelai.....	15
2.2.2 Pertumbuhan dan Perkembangan Tanaman Kedelai.....	17
2.2.3 Klasifikasi Tanaman Kedelai	17
2.2.4 Syarat Tumbuh Tanaman Kedelai.....	18
2.2.5 Kedelai Varietas Anjasmoro	19
2.3 Tanah Masam.....	19
2.3.1 Terbentuknya Tanah Masam	19
2.3.2 Deskripsi Tanah Masam	19
2.4 Unsur Hara.....	20
2.4.1 Unsur Hara N (Nitrogen).....	21
2.4.2 Unsur Hara P (Phosporus).....	22
2.5 Pupuk Anorganik	22
2.5.1 Pupuk N (Urea).....	22
2.5.2 Pupuk P (SP 36)	23
2.6 Pupuk Organik Santap.....	23
2.7 Bakteri <i>Rhizobium</i>	26
2.7.1 Deskripsi Bakteri <i>Rhizobium</i>	26
2.7.2 Faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan Bakteri <i>Rhizobium</i>	26
2.7.3 Simbiosis Bakteri <i>Rhizobium</i> dengan Tanaman Kedelai.....	27
2.7.4 Inokulasi Bakteri <i>Rhizobium</i>	28
2.7.5 Mekanisme Pembentukan Bintil Akar	31

2.8 Bakteri Pelarut Fosfat	32
2.9 Sinergisme Bakteri <i>Rhizobium</i> dan Bakteri Pelarut Fosfat	35

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	37
3.2 Alat dan Bahan.....	37
3.3 Rancangan Penelitian	38
3.4 Cara Kerja.....	40
3.4.1 Laboratorium.....	41
3.4.1.1 Menyiapkan inokulum Bakteri Multi Isolat <i>Rhizobium</i>	41
3.4.1.2 Menyiapkan inokulum Bakteri Pelarut Fosfat	42
3.4.1.3 Menghitung populasi Bakteri <i>Rhizobium</i> dalam sampel tanah	43
3.4.1.4 Menghitung populasi Bakteri Pelarut Fosfat dalam sampel tanah ..	44
3.4.2 Rumah Kaca.....	45
3.4.2.1 Pemilihan Benih Kedelai	45
3.4.2.2 Persiapan Media Tanah.....	45
3.4.2.3 Pembuatan Label Tanaman	45
3.4.2.4 Pemupukan.....	45
3.4.2.5 Penanaman	46
3.4.2.6 Pemberian inokulasi Multi Isolat <i>Rhizobium</i> dan Bakteri Pelarut Fosfat pada tanaman	46
3.4.2.7 Pemeliharaan	47
3.4.2.8 Penyulaman	47
3.4.2.9 Penjarangan	47
3.4.2.10 Pemanenan dan Pengamatan	47
3.4.2.11 Parameter Pengamatan (Data Pengamatan)	48
3.6 Diagram Kerja.....	49

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pertumbuhan Tanaman Kedelai.....	51
4.1.1 Tinggi Tanaman Kedelai	51
4.1.2 Jumlah Bintil Akar	55
4.1.3 Berat Kering Tanaman Kedelai.....	59
4.2 Hasil Tanaman Kedelai	63
4.2.1 Berat Biji.....	63
4.2.2 Berat 100 Biji	66
4.3 Kajian Tentang Hasil Penelitian dalam Perspektif Islam.....	68

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan	72
5.2 Saran.....	72

DAFTAR PUSTAKA	73
-----------------------------	-----------

LAMPIRAN-LAMPIRAN.....	76
-------------------------------	-----------

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Hasil analisis tanah sebelum perlakuan.....	50
Tabel 4.2 Rata-rata tinggi tanaman akibat pemberian inokulasi multi isolat bakteri <i>Rhizobium</i> dan bakteri pelarut fosfat	52
Tabel 4.3 Rata-rata jumlah bintil akar akibat pemberian inokulasi multi isolat bakteri <i>Rhizobium</i> dan bakteri pelarut fosfat	55
Tabel 4.4 Rata-rata berat kering tanaman akibat pemberian inokulasi multi isolat bakteri <i>Rhizobium</i> dan bakteri pelarut fosfat	60
Tabel 4.5 Rata-rata berat biji akibat pemberian inokulasi multi isolat bakteri <i>Rhizobium</i> dan bakteri pelarut fosfat	64
Tabel 4.6 Rata-rata berat 100 biji akibat pemberian inokulasi multi isolat bakteri <i>Rhizobium</i> dan bakteri pelarut fosfat	66



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Biji Kedelai (<i>Glycine max</i> (L.) Merrill).....	16
Gambar 1.2 Mekanisme Pembentukan Bintil Akar.....	32



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Deskripsi Kedelai Varietas Anjasmoro	76
Lampiran 2. Tabel Analisis Kimia Tanah	77
Lampiran 3. Hasil Analisis Tinggi tanaman	78
Lampiran 4. Hasil Analisis Jumlah Bintil Akar	79
Lampiran 5. Hasil Analisis Berat Kering Tanaman.....	80
Lampiran 6. Hasil Analisis Berat Biji.....	81
Lampiran 7. Hasil Analisis Berat 100 Biji	82
Lampiran 8. Konversi 100 Biji dan Prosentase Produksi Biji Tanaman Kedelai ..	83
Lampiran 9. Konversi Kebutuhan Pupuk	84
Lampiran 10. Proses Pembuatan dan Pengenceran Inokulum Bakteri <i>Rhizobium</i> dan Bakteri Pelarut Fosfat	85
Lampiran 11. Gambar bahan dan alat yang digunakan dalam penelitian	87
Lampiran 12. Peta Lokasi Penelitian	91
Lampiran 13. Bukti Konsultasi Skripsi.....	92



ABSTRAK

Nadzifah. 2011. **Sinergisme Multi Isolat *Rhizobium* dan Bakteri Pelarut Fosfat pada Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kedelai (*Glycine max* (L.) Merril) di Tanah Masam**. Skripsi Jurusan Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing : Dr. Hj. Ulfah Utami, M.Si, Dr. H. Ahmad Barizi, M.A, Dra. Suryantini, M.Si.

Kata Kunci : *Rhizobium*, Bakteri Pelarut fosfat, Kedelai.

Kebutuhan masyarakat terhadap kedelai terus meningkat seiring dengan pertumbuhan jumlah penduduk. Peningkatan produksi kedelai banyak menemui kendala, salah satunya adalah makin berkurangnya luas lahan produktif sehingga ekstensifikasi diarahkan ke tanah masam. Tanah masam mempunyai ciri pH tanah < 5.5 dan diiringi kandungan Al, Fe, Mn tinggi serta miskinnya unsur hara N dan P. Namun, kendala tanah masam dapat diatasi dengan penerapan teknologi pemupukan secara hayati melalui pemanfaatan inokulasi bakteri. Bakteri *Rhizobium* dan bakteri pelarut fosfat merupakan mikroba yang penting untuk memenuhi nutrisi tanaman kedelai. Mikroba tersebut dapat menyediakan unsur hara dalam memperbaiki kondisi tanah masam dengan menyumbangkan unsur hara N dan P sehingga nutrisi tanaman dapat tercukupi. Pemberian inokulasi ganda antara bakteri *Rhizobium* dan bakteri pelarut fosfat diharapkan menjadi solusi untuk mempercepat penyediaan nutrisi tanaman, sehingga penelitian ini dilakukan untuk mengetahui efek sinergisme antara bakteri *Rhizobium* dan bakteri pelarut fosfat secara ganda dengan dan tanpa pupuk N maupun N+P pada tanaman kedelai di tanah masam.

Penelitian dilakukan di laboratorium dan di rumah kaca Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbuan (BALITKABI) Malang pada bulan Februari sampai Mei 2011. Perlakuan yang digunakan adalah: kontrol (tanpa perlakuan), inokulasi multi isolat *Rhizobium*, inokulasi multi isolat *Rhizobium* dan bakteri pelarut fosfat M₁, inokulasi multi isolat *Rhizobium*+bakteri pelarut fosfat M₂, inokulasi multi isolat *Rhizobium*+bakteri pelarut fosfat M₁+pupuk santap, inokulasi multi isolat *Rhizobium*+bakteri pelarut fosfat M₂+santap. Rancangan penelitian yang digunakan adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan 2 faktor 6 ulangan dan diuji lanjut dengan uji jarak Duncan pada taraf 5%.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa inokulasi ganda antara bakteri *Rhizobium* dan bakteri pelarut fosfat pada perlakuan *Rhizobium*+M₁ tanpa pupuk dapat meningkatkan tinggi tanaman sebesar 32.49 cm, jumlah bintil akar sebesar 16.50 g, perlakuan *Rhizobium*+M₂ tanpa pupuk dapat meningkatkan berat kering tanaman kedelai sebesar 20.91 g, perlakuan *Rhizobium*+M₁+Santap yang dikombinasi dengan pupuk N dapat meningkatkan berat biji sebesar 2.40 g dan perlakuan *Rhizobium*+M₁ tanpa pupuk dapat meningkatkan berat 100 biji sebesar 8.13. Sehingga dapat disimpulkan bahwa inokulasi ganda antara bakteri *Rhizobium* dan bakteri pelarut fosfat memberikan efek sinergisme pada pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai.

ABSTRACT

Nadzifah. 2011. **Synergism Multi *Rhizobium* Isolates and Bacterial Solvents Phosphate on Growth and Yield of Soybean Plants (*Glycine max* (L.) Merrill) in the Land of Sour.** Thesis Department of Biology, Faculty of Science and Technology, UIN Malang Maulana Malik Ibrahim. Lecture: Dr. Hj. Ulfah Utami, M. Si, Dr. H. Ahmad Barizi, M.A, Dra. Suryantini, M.Sc.

Key words: *Rhizobium*, Bacterial Solvents phosphate, Soy.

Public demand for soybeans continues to increase along with population growth. Increased soybean production to meet many obstacles, one of which is the less productive land so that the extension be directed to acid soils. Acid soils have characteristics of soil pH <5.5 and accompanied by the content of Al, Fe, Mn high and poor nutrients N and P. However, acidic soil constraints can be overcome by the application of technology in bio-fertilization through the utilization of bacterial inoculation. *Rhizobium* bacteria and bacterial microbes solvent phosphate is essential to meet the nutrition of soybean plants. Microbes can provide nutrients in improving the conditions of acid soils by contributing nutrients N and P so that plant nutrients can be fulfilled. The provision of dual inoculation of *Rhizobium* bacteria and bacterial phosphate solvent is expected to be the solution to accelerate the provision of plant nutrients, so the study was conducted to determine the effect of synergism between *Rhizobium* bacteria and bacterial phosphate dual solvent with and without fertilizer N and N + P on soybean plants in soil sour.

The study was conducted in the laboratory and in greenhouses Crops Research Institute Nuts and Tuber umbuan (Balitkabi) Malang in February to May 2011. The treatments used were: control (without treatment), multiple isolates of *Rhizobium* inoculation, multiple isolates of *Rhizobium* inoculation and phosphate solvents M1 bacteria, *Rhizobium* inoculation of multiple isolates of bacteria solvent phosphate + M2, inoculation of multiple isolates of *Rhizobium* bacteria + M1 + phosphate solvent meal fertilizer, inoculation multiple isolates of *Rhizobium* bacteria + M2 + phosphate solvent meal. The study design used was Randomized Design Group (RAK) with 6 replications and 2 factors were tested further with Duncan's range test at 5% level.

Results showed that dual inoculation of *Rhizobium* bacteria and bacterial phosphate solvent on the M1 + *Rhizobium* treatment without fertilizer can increase plant height of 32.49 cm, the number of root nodules of 16:50 g, M2 + *Rhizobium* treatment without fertilizer can increase dry weight of 20.91 g of soybean plants, M1 + + *Rhizobium* treatment Dining in combination with N fertilizer can increase the weight of seeds of 2:40 g and M1 + *Rhizobium* treatment without fertilizer can increase the weight of 100 seeds for 8.13. So it can be concluded that the dual inoculation of *Rhizobium* bacteria and bacterial phosphate solvent synergism effect on growth and yield of soybean plants.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kedelai merupakan salah satu komoditas tanaman pangan yang digunakan sebagai sumber protein di Indonesia (Sumarno, 1983). Peningkatan produksi kedelai di Indonesia dari tahun ke tahun tercatat belum mampu memenuhi kebutuhan masyarakat yang meningkat juga setiap tahunnya yang disebabkan adanya peningkatan laju pertumbuhan penduduk. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS), produksi kedelai pada periode 1978-2008 meningkat rata-rata sebesar 2,08% per tahun. Peningkatan produksi kedelai disebabkan karena meningkatnya produktivitas kedelai rata-ratanya sebesar 1,49% per tahun, serta meningkatnya luas areal panen kedelai rata-rata sebesar 0,56% per tahun.

Di lain sisi, laju rata-rata pertumbuhan pendapatan perkapita tahun 1978-2008 adalah 18,09% per tahun, lebih besar dari tingkat konsumsi kedelai di Indonesia yang 7,22% per tahun. Konsumsi kedelai yang terus meningkat pesat setiap tahunnya, juga sejalan dengan meningkatnya kesadaran masyarakat akan gizi yang ditandai oleh meningkatnya konsumsi per kapita kedelai sebesar 5,55%. Sebagian besar produksi kedelai diolah menjadi bahan pangan yang siap dikonsumsi oleh masyarakat, baik secara langsung maupun tidak langsung seperti tempe, tahu, kecap dan kripik tempe. Sekitar 115.000 pengusaha tahu dan tempe anggota Koperasi Produsen Tempe dan Tahu Indonesia (KOPTI) adalah konsumen terbesar kedelai. Mereka membutuhkan 1,2 juta ton kedelai per tahun, atau lebih dari separuh dari total kebutuhan nasional sebanyak 2,2 juta ton per tahun. Pabrik kecap, perusahaan pakan ternak, dan industri makanan-minuman berada di urutan berikutnya sebagai konsumen kedelai.

Dirjen Tanaman Pangan (2008) melaporkan bahwa, tahun 2007 kebutuhan masyarakat Indonesia terhadap kedelai mencapai 2.000.000 ton dan terus meningkat setiap tahunnya, sedangkan produksi dalam negeri hanya mencapai 600.000 ton. Hal ini disebabkan karena sebagian besar daratan Indonesia termasuk tanah masam (Fauzia, 2009).

Tanah masam dikarakterkan dengan keberadaan Al, Fe dan Mn yang tinggi dimana zat-zat ini bersifat toksik bagi tanaman. Pada tanah masam terjadi defisiensi hara yang dibutuhkan tanaman (N, P, Ca, Mg, Mo). Kandungan hara tersebut jumlahnya semakin menurun seiring dengan menurunnya pH. Pada pH dibawah 5,5 kadar Mn dan Al meningkat dan dapat menjadi racun bagi tanaman (Sumarno, 2005).

Sementara itu, tanah masam atau tanah yang tidak subur sudah diterangkan dalam Al Qur'an Surat Al A'raf (7) ayat 58 yang berbunyi :

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

Artinya : Dan tanah yang baik, tanaman-tanamannya tumbuh subur dengan seizin Allah; dan tanah yang tidak subur, tanaman-tanamannya Hanya tumbuh merana. Demikianlah Kami mengulangi tanda-tanda kebesaran (Kami) bagi orang-orang yang bersyukur (Q.S Al A'raf / 7:58).

Menurut tafsir Ath-Thabari yang ditulis oleh Abu Ja'far tentang surat Al A'raf ayat 58 yaitu bahwa “Negeri yang baik itu tanahnya subur dan airnya segar. Tumbuh-tumbuhannya keluar apabila Allah menurunkan hujan dan mengirimkan kehidupan kepadanya dengan izin-Nya. Tumbuh-tumbuhan itu mengeluarkan buah-buahan yang baik pada saat itu. Sedangkan tanah yang tidak subur dan airnya asin, maka tumbuh-tumbuhannya tidak keluar ,melainkan sangat sulit”.

Dari ayat dan tafsir di atas terdapat tiga hal penting yang dapat dikaji. Pertama, *“Dan tanah yang baik, tanaman-tanamannya tumbuh subur dengan seizin Allah”*, ayat di atas menjelaskan Allah memberikan tanah subur yang dapat dimanfaatkan oleh manusia untuk mencukupi kebutuhannya. Kedua, *“dan tanah yang tidak subur, tanaman-tanamannya hanya tumbuh merana”*, ayat tersebut berisi tentang bagaimana Allah juga bisa menjadikan suatu tanah menjadi tidak subur sehingga tanah tersebut tidak bisa menghasilkan sesuatu yang berguna bagi manusia. Ketiga, *“Demikianlah kami mengulangi tanda-tanda kebesaran (kami) bagi orang-orang yang bersyukur”*, dari ayat tersebut dapat diperoleh penjelasan secara jelas bahwa Allah telah memberikan kemudahan-kemudahan secara berulang-ulang kepada orang-orang yang bersyukur. Allah menciptakan tanah yang subur dan tidak subur. Tanah yang tidak subur menuntut manusia untuk berfikir (mengatasi kendala tanah tidak subur) serta menggunakan kemampuan yang diberikan Allah bagaimana tanah yang tidak subur (tanah masam) tersebut dapat diolah menjadi tanah yang produktif sehingga dapat dimanfaatkan bagi manusia itu sendiri.

Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengatasi kendala pada tanah masam yaitu dengan penerapan teknologi pemupukan berimbang melalui penggunaan pupuk anorganik dan organik, sedangkan untuk meningkatkan pH tanah diperlukan metode pengapuran. Menurut Farida dan Hamdani (2011) terdapat interaksi positif pada penggunaan pupuk organik dan pupuk anorganik.

Pupuk anorganik merupakan pupuk kimiawi yang berfungsi untuk memperbaiki produktivitas tanah dengan menambahkan unsur hara pada tanaman, khususnya tanaman kedelai. Unsur hara dibutuhkan oleh tanaman kedelai antara lain unsur hara N dan P. Pupuk anorganik yang dapat menyediakan unsur hara N adalah pupuk N (Urea) yang merupakan hara bersifat

higroskopis atau mudah menyerap air dan mudah larut dalam tanah. Unsur hara N mudah hilang, tidak tersedia bagi tanaman, dan bersifat mobil di dalam tanah. Sedangkan pupuk anorganik yang dapat menyediakan unsur hara P adalah pupuk P (SP 36). Pupuk SP 36 merupakan salah satu jenis pupuk super fosfat yang digunakan sebagai sumber fosfor. Menurut Harjowigeno (1992) sumber hara fosfor termasuk SP 36 reaksinya lambat. Oleh karena itu, jenis pupuk anorganik ini diberikan sekaligus sebelum atau saat tanam.

Penggunaan pupuk anorganik dalam jumlah yang banyak dapat menyebabkan efek negatif diantaranya pencemaran lingkungan sehingga pemberian berlebih akan menyebabkan tanaman rentan. Selain itu, pupuk anorganik harganya relatif mahal. Untuk meningkatkan efisiensi pemupukan dan keberlanjutan pada sistem produksi pertanian adalah pemupukan organik. Dalam penelitian ini, pupuk organik yang digunakan yaitu pupuk organik santap. Pupuk organik santap adalah pupuk hasil produksi Balai Penelitian Kacang-kacangan dan Umbi-umbian (BALITKABI) yang belum mendapat izin dagang untuk diproduksi secara bebas. Pupuk organik santap merupakan pupuk yang terbuat dari komposisi campuran pupuk kandang, pupuk kompos dan didalamnya sudah ditambahkan unsur hara N maupun P yang baik untuk memperbaiki kondisi fisik, kimia dan biologi tanah. Menurut Musnamar (2005) mengatakan bahwa penggunaan pupuk organik tidak akan meninggalkan residu pada hasil tanaman sehingga aman bagi kesehatan manusia.

Teknologi terbaru untuk memperbaiki kondisi tanah dan ramah lingkungan serta meningkatkan kesuburan tanah selain menggunakan pupuk organik (santap) adalah dengan teknologi pemupukan secara hayati, yaitu dengan menginokulasi mikroorganisme penyedia unsur hara dalam memacu pertumbuhan dan hasil tanaman. Mikroorganisme yang berfungsi sebagai penyedia unsur hara di dalam tanah diantaranya adalah kelompok penyedia unsur hara N

dan P. Salah satu mikroorganisme penyedia unsur N yang cocok untuk tanaman kedelai yaitu *Rhizobium japonicum*, sedangkan mikroorganisme penyedia unsur P yang sering diketahui pada tanaman kedelai yaitu bakteri pelarut fosfat jenis *Pseodomonas* sp. Simamarta dalam Suliasih (1999) mengemukakan, bahwa penggunaan berbagai pupuk hayati pada lahan marginal di Indonesia ternyata mampu meningkatkan ketersediaan hara dan hasil berbagai tanaman antara 20%-100%.

Bakteri *Rhizobium* dan bakteri pelarut fosfat merupakan mikroba yang penting untuk memenuhi nutrisi tanaman kedelai. Mikroba tersebut dapat menyediakan unsur hara dalam memperbaiki kondisi tanah masam dengan menyumbangkan unsur hara N dan P sehingga nutrisi tanaman dapat tercukupi.

Pada penelitian sebelumnya, BALITKABI sudah mendapat multi isolat *Rhizobium* terbaik (efektif pada tanaman kedelai) yang dinamakan "*Rhizobium* Iletrysoy" dan pada penelitian sebelumnya juga telah menemukan multi isolat bakteri pelarut fosfat terbaik yang dinamakan "M₁ dan M₂", sehingga pada penelitian ini akan di uji kembali keefektifan dari inokulan bakteri tersebut secara bersama (ganda) dengan dan tanpa kombinasi pupuk N maupun N+P. Pemberian inokulasi ganda antara multi isolat *Rhizobium* dan bakteri pelarut fosfat diharapkan menjadi solusi untuk mempercepat penyediaan nutrisi dalam meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman, sehingga penelitian ini dilakukan untuk mengetahui efek sinergisme antara bakteri *Rhizobium* dan bakteri pelarut fosfat pada tanaman kedelai di tanah masam.

Menurut Rahmawati (2005) penggunaan mikroorganisme berupa bakteri *Rhizobium* berperan sebagai penyedia hara bagi tanaman. Bila bersimbiosis dengan tanaman legum, bakteri ini akan menginfeksi akar tanaman dan membentuk bintil akar didalamnya. Sedangkan, bakteri

pelarut fosfat adalah bakteri pemacu pertumbuhan tanaman. Bakteri tersebut menghasilkan vitamin dan fitohormon yang dapat memperbaiki pertumbuhan akar tanaman dan meningkatkan serapan hara (Glick, 1995). Selain itu bakteri fosfat juga berperan juga dalam transfer energi, penyusunan protein, koenzim, asam nukleat dan senyawa-senyawa metabolik lainnya yang dapat menambah aktivitas penyerapan P pada tumbuhan yang kekurangan P (Rao, 1994). Hal ini diperkuat dengan hasil penelitian Afzal (2008) tentang inokulasi ganda antara bakteri *Rhizobium* dan bakteri pelarut fosfat memberi peningkatan pada hasil panen.

Berdasarkan uraian di atas, maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian yang berjudul “Sinergisme Multi Isolat *Rhizobium* dan Bakteri Pelarut Fosfat pada Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kedelai di Tanah Masam”. Penelitian ini diharapkan menghasilkan pengetahuan baru mengenai pemanfaatan pupuk hayati seperti inokulan *Rhizobium* dan bakteri pelarut fosfat (BPF) yang memiliki efisiensi yang tinggi dan ramah lingkungan dalam meningkatkan produksi kedelai di tanah masam.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, maka didapatkan rumusan masalahnya yaitu :

1. Adakah efek sinergisme multi isolat *Rhizobium* dan Bakteri Pelarut Fosfat pada pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai (*Glycine max* (L) Merrill) di tanah masam?
2. Adakah perlakuan terbaik multi isolat *Rhizobium* dan Bakteri Pelarut Fosfat pada pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai (*Glycine max* (L) Merrill) di tanah masam?
3. Adakah interaksi antara multi isolat (*Rhizobium* dan Bakteri Pelarut Fosfat) dengan pupuk organik (santap) maupun anorganik (N+P) pada pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai (*Glycine max* (L) Merrill) di tanah masam?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dipaparkan, maka didapatkan tujuannya yaitu :

1. Untuk mengetahui efek sinergisme multi isolat *Rhizobium* dan Bakteri Pelarut Fosfat pada pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai (*Glycine max* (L) Merril) di tanah masam.
2. Untuk mengetahui perlakuan terbaik multi isolat *Rhizobium* dan Bakteri Pelarut Fosfat pada pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai (*Glycine max* (L) Merril) di tanah masam.
3. Untuk mengetahui interaksi antara multi isolat (*Rhizobium* dan Bakteri Pelarut Fosfat) dengan pupuk organik (santap) maupun anorganik (N+P) pada pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai (*Glycine max* (L) Merril) di tanah masam.

1.4 Hipotesis

Hipotesis dari penelitian ini adalah:

1. Pemberian multi isolat *Rhizobium* dan Bakteri Pelarut Fosfat dapat memberikan efek sinergisme pada pertumbuhan tanaman kedelai (*Glycine max* (L) Merril) di tanah masam.
2. Pemberian multi isolat *Rhizobium* dan Bakteri Pelarut Fosfat dapat memberikan efek sinergisme pada hasil tanaman kedelai (*Glycine max* (L) Merril) di tanah masam.

1.5 Manfaat Penelitian

- a. Bagi Peneliti dan Mahasiswa :

Menambah khazanah keilmuan peneliti, menjadi referensi dalam melakukan penelitian yang terkait, pemanfaatan tanah masam untuk penelitian lanjutan serta

memberikan informasi lebih terhadap kemampuan mikroorganisme dalam meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai.

b. Bagi Masyarakat :

Memberikan pemahaman bahwa tanah masam bisa dimanfaatkan sebaik mungkin untuk tanah pertanian, memberikan informasi lebih terhadap kemampuan dari mikroorganisme serta menjadi pertimbangan dalam memunculkan teknik baru yang lebih efektif untuk meningkatkan ketersediaan unsur N dan P di tanah masam sehingga tanah masam dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai.

1.6 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini antara lain adalah :

1. Kedelai Varietas Anjasmoro

Varietas yang digunakan pada penelitian ini adalah kedelai varietas Anjasmoro yang merupakan salah satu varietas unggul tahan rebah, toleran masam, moderat pada penyakit karat daun serta memiliki sifat polong yang tidak mudah pecah.

2. Pupuk Anorganik

Pupuk Anorganik yang digunakan adalah pupuk N (Urea) yang merupakan jenis pupuk penyedia nitrogen dan pupuk SP 36, merupakan salah satu jenis pupuk super fosfat yang digunakan sebagai sumber fosfor.

3. Pupuk Organik (Santap)

Pupuk organik yang digunakan adalah pupuk organik (santap), yang merupakan pupuk terbuat dari komposisi campuran pupuk kandang, pupuk kompos dan didalamnya sudah

ditambahkan unsur hara N maupun P baik untuk memperbaiki kondisi fisik, kimia dan biologi tanah.

4. Pupuk Hayati

Multi isolat bakteri *Rhizobium* dan bakteri pelarut fosfat terbaik koleksi Balai Penelitian Kacang-kacangan dan Umbi-umbian (BALITKABI), yang diperoleh dari penelitian sebelumnya.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Keislaman

2.1.1 Penggolongan Tanah

Secara umum, tanah dapat dibedakan menjadi tanah masam dan non masam. Tanah tergolong masam bila tanahnya memiliki $\text{pH} < 5$ dan kejenuhan basa $< 50\%$. Hal ini sesuai dengan firman Allah SWT yang telah menciptakan berbagai jenis tanah diantaranya terdapat tanah yang subur (non masam) dan tanah yang tidak subur (masam) dalam Al Qur'an surat Al A'raf (7) ayat 58 yang berbunyi:

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

Artinya: Dan tanah yang baik, tanaman-tanamannya tumbuh subur dengan seizin Allah; dan tanah yang tidak subur, tanaman-tanamannya hanya tumbuh merana. Demikianlah Kami mengulangi tanda-tanda kebesaran (Kami) bagi orang-orang yang bersyukur (Q.S Al A'raf / 7: 58).

Menurut tafsir *Ath-Thabari* yang ditulis oleh Abu Ja'far tentang surat Al A'raf (7) ayat 58 yaitu bahwa “Negeri yang baik itu tanahnya subur dan airnya segar. Tumbuh-tumbuhannya keluar apabila Allah menurunkan hujan dan mengirimkan kehidupan kepadanya dengan izin-Nya. Tumbuh-tumbuhan itu mengeluarkan buah-buahan yang baik pada saat itu. Sedangkan tanah yang tidak subur dan airnya asin, maka tumbuh-tumbuhannya tidak keluar ,melainkan sangat sulit”.

Dari ayat dan tafsir di atas terdapat tiga hal penting yang dapat dikaji. Pertama, “*Dan tanah yang baik, tanaman-tanamannya tumbuh subur dengan seizin Allah*”, ayat di atas

menjelaskan Allah memberikan tanah subur yang dapat dimanfaatkan oleh manusia untuk mencukupi kebutuhannya. Kedua, “*dan tanah yang tidak subur, tanaman-tanamannya hanya tumbuh merana*”, ayat tersebut berisi tentang bagaimana Allah juga bisa menjadikan suatu tanah menjadi tidak subur sehingga tanah tersebut tidak bisa menghasilkan sesuatu yang berguna bagi manusia. Ketiga, “*Demikianlah Kami mengulangi tanda-tanda kebesaran (Kami) bagi orang-orang yang bersyukur*”, dari ayat tersebut dapat diperoleh penjelasan secara jelas tentang bagaimana Allah mengulangi tanda-tanda kebesaran-Nya untuk orang-orang yang mau bersyukur kepadaNya sehingga Dia akan menambah nikmat untuk orang-orang tersebut.

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, 2005:58).

2.1.2 Pengelolaan Tanah

Tanah merupakan unsur penting dalam kehidupan manusia, oleh karena itu pengelolaan tanah menjadi hal pokok yang harus dilakukan supaya menghasilkan sesuatu yang bernilai/bermanfaat. Pengelolaan tanah itu bisa dilakukan dengan meningkatkan kualitas tanah melalui pemberian pupuk organik maupun anorganik.

Secara Islam, sebagai kholifah di bumi, manusia diberi amanah untuk memelihara dan mengelolah atas segala yang Allah SWT ciptakan supaya bisa diperoleh keuntungan/nikmat bagi makhlukNya. Allah berfirman dalam Al Qur'an surat Yaasiin (36) ayat 33-34 yang berbunyi:

وَأَيُّهُمْ أَهْمُ الْأَرْضِ الْمَيْتَةِ أَحْيَيْنَاهَا وَأَخْرَجْنَا مِنْهَا حَبًّا فَمِنْهُ يَأْكُلُونَ ﴿٣٣﴾ وَجَعَلْنَا فِيهَا جَنَّاتٍ
مِّنْ خَيْلٍ وَأَعْنَابٍ وَفَجْرَتًا فِيهَا مِنَ الْعُيُونِ ﴿٣٤﴾

Artinya: 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. Dan Kami jadikan padanya kebun-kebun kurma dan anggur dan Kami pancarkan padanya beberapa mata air (Q.S Yaasiin / 36: 33-34).

Menurut Hamka dalam tafsir *Al-Azhar* menerangkan mengenai surat Yaasiin (36) ayat 33 dan 34 yaitu kita diperintahkan memperhatikan pandangan ke bumi yang berisi satu diantara kebesaran dan kekuasaan Allah yaitu tanah yang mati itu (tanah yang tandus) tidak dapat digunakan untuk bercocok tanam. Dengan izin Allah tanah yang mati itu dihidupkan/disuburkan (dengan alat-alat modern yang telah dilakukan pengairan di Lybia dan Hejaz sehingga tanah yang tandus dapat ditanami). Apabila tanah hidup dan sudah dapat ditanami dari tanah yang sudah ditanami itu akan keluar hasilnya (biji-bijian). Dari biji-bijian yang telah tumbuh dan menghasilkan buah itu dapat mereka (manusia) makan. Dari sini terlihatlah empat nikmat berturut-turut. Pertama, nikmat hidup bagi manusia. Kedua, nikmat hidup bagi bumi. Ketiga, hasil yang keluar dari bumi yang hidup itu untuk dimakan. Keempat, manusia diberi petunjuk oleh Allah untuk mendirikan perkebunan dan persawahan (ayat 33). Manusia membuat kebun dan sawah dengan menggunakan sistem pengairan yang baik sehingga menghasilkan biji-bijian untuk dijadikan makanan pokok bagi manusia. Disini jelas bahwa Allah menurunkan air yang mana air adalah penyebab adanya hidup di muka bumi ini baik bagi manusia, binatang, maupun tumbuhan (ayat 34).

Dari ayat dan tafsir diatas didapat 2 hal penting, pertama, “*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*”, ayat diatas menjelaskan bahwasannya Allah dengan segala kekuasaannya telah menjadikan bumi yang awalnya gersang/mati dan tidak memiliki manfaat menjadi hidup/subur disertai tumbuhan/tanaman yang dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan manusia (makan). Kedua, “*Dan kami jadikan padanya kebun-kebun kurma dan anggur dan kami pancarkan padanya beberapa mata air*”,

ayat di atas menerangkan bahwa setelah Allah menjadikan bumi, kemudian Dia memberikan fasilitas di bumi itu berupa tanah yang subur dan pohon/tanaman disertai dengan mata air yang dapat dimanfaatkan/dikelolah untuk kebutuhan hidup manusia.

2.1.3 Mikroba Tanah

Secara umum, bakteri itu kecil sekali, sehingga kita memerlukan mikroskop sebagai alat untuk dapat mengamatinya (Dwidjoseputro, 2005:23). Keberadaan mikroba bermanfaat bagi manusia yakni bakteri *Rhizobium* dan bakteri pelarut fosfat secara penglihatan mikroba tersebut kasat mata, namun banyak memiliki potensi didalamnya. Sehingga kita sebagai manusia harus tunduk kepada Allah bahwasannya seluruh ciptaan di jagad raya ini baik besar ataupun kecil, tampak atau tidak tampak semua itu diciptakan dalam keadaan sempurna. Allah berfirman dalam Al Qur'an surat Al Mulk (67) ayat 3-4 yang berbunyi:

الَّذِي خَلَقَ سَبْعَ سَمَوَاتٍ طِبَاقًا ۗ مَا تَرَىٰ فِي خَلْقِ الرَّحْمَنِ مِن تَفَوُّتٍ ۗ فَارْجِعِ الْبَصَرَ
 هَلْ تَرَىٰ مِن فُطُورٍ ۗ ثُمَّ ارْجِعِ الْبَصَرَ كَرَّتَيْنِ يَنقَلِبْ إِلَيْكَ الْبَصَرُ خَاسِئًا وَهُوَ حَسِيرٌ ﴿٤﴾

Artinya : Yang Telah menciptakan tujuh langit berlapis-lapis. kamu sekali-kali tidak melihat pada ciptaan Tuhan yang Maha Pemurah sesuatu yang tidak seimbang. Maka Lihatlah berulang-ulang, Adakah kamu lihat sesuatu yang tidak seimbang? Kemudian pandanglah sekali lagi niscaya penglihatanmu akan kembali kepadamu dengan tidak menemukan sesuatu cacat dan penglihatanmu itupun dalam keadaan payah. (Q.S Al Mulk/ 67: 3-4).

Menurut Mustafa dalam tafsir *Al-Maraghi* menjelaskan tentang surat Al Mulk (67) ayat 3 dan 4 yaitu, Dia-lah yang telah menciptakan tujuh langit yang sebagiannya di atas sebagian yang lain di udara kosong, tanpa tiang dan tanpa pengikat yang mengikatnya, serta keistimewaan setiap langit dengan cakupan tertentu, dan dengan system yang tetap dan tidak berubah-ubah. Kemudian Dia menyebutkan bukti-bukti ilmu pengetahuan-Nya. Jika engkau (manusia) meragukan yang demikian ini, maka ulangilah penglihatanmu itu secara jelas bagimu

keadaannya dan tidak ada lagi keraguan pada dirimu dalam membuktikan keserasian dan keselamatan dari kekacauan dan keretakan di antara dua hal tersebut (ayat 3). Kemudian Dia memerintahkan agar diulangi penglihatan terhadap ciptaan Ar-Rahman, untuk meneliti dan mengikuti apakah terdapat cacat dan kekacauan pada ciptaan-Nya itu. Bahkan penglihatanmu itu akan kembali kepadamu dalam keadaan hina dan rendah, tidak terlihat apa yang terjadi dari keduanya itu. Sehingga penglihatanmu itu seakan-akan diusir dalam keadaan payah karena banyak melihat dan memperhatikan (ayat 4).

Dari ayat dan tafsir diatas terdapat 2 hal penting, pertama *“Yang Telah menciptakan tujuh langit berlapis-lapis. kamu sekali-kali tidak melihat pada ciptaan Tuhan yang Maha Pemurah sesuatu yang tidak seimbang. Maka Lihatlah berulang-ulang, Adakah kamu lihat sesuatu yang tidak seimbang?”*, ayat diatas menjelaskan bahwasannya Allah telah menciptakan langit dan bumi beserta isinya dimana segala sesuatu yang telah diciptakan Allah tersebut baik yang kasat mata maupun tak kasat mata memiliki manfaat/guna bagi kehidupan. Allah SWT bahkan memerintahkan manusia untuk melihat/mencari makhluk ciptaanNya yang tidak memiliki guna, tetapi memang manusia tidak menemukannya. Kedua, *“Kemudian pandanglah sekali lagi niscaya penglihatanmu akan kembali kepadamu dengan tidak menemukan sesuatu cacat dan penglihatanmu itupun dalam keadaan payah”*, ayat tersebut menjelaskan bahwa sekali lagi Allah memerintahkan lagi kepada manusia untuk menemukan sesuatu yang tidak bermanfaat sampai batas kemampuan, dan ternyata manusia tidak menemukan karena segala ciptaan Allah pasti memiliki manfaat.

2.2 Tanaman Kedelai (*Glycine max* (L.) Merril)

2.2.1 Deskripsi Tanaman Kedelai

Umumnya berupa terna (herb) semusim yang tegak merumpun, tingginya 0.2-1.5 m, kadang-kadang menjalar, berbulu kecoklat-coklatan atau kelabu. Akar tunggangnya bercabang-cabang, akar-akar sampingnya menyebar mendatar sejauh 2.5 m, pada kedalaman 10-15 cm; jika ada bakteri *Rhizobium japonicum* akan terbentuk bintil-bintil akar. Batang-batanganya yang bercabang atau tidak akan mengayu. Daunnya berselang-seling, beranak daun tiga, licin atau berbulu; tangkai daun panjang. Perbungaannya berbentuk tandan-aksilar atau terminal, berisi 3-30 kuntum bunga. Polongnya agak bengkok dan biasanya pipih, (3-15) cm x 1 cm, mudah pecah, lazimnya berisi (2-3) tetapi dapat (1-5) butir biji; bijinya umumnya bundar, warnanya kuning, hijau, coklat atau hitam, atau berbintik (*blotched*) dan lurik (*mottled*) (Maesen, 1993: 45).



Gambar 1.1 Biji Kedelai (*Glycine max* (L.) Merril.)
(Anonymous, 2009).

Menurut Irwan, (2006: 67) polong kedelai pertama kali terbentuk sekitar 7-10 hari setelah munculnya bunga pertama. Panjang polong muda sekitar 1 cm dan jumlah polong yang terbentuk pada setiap daun sangat beragam, mulai 1-10 polong. Kecepatan pembentukan polong dan pembesaran biji akan semakin cepat saat pembungaan berhenti. Di dalam polong terdapat biji yang berjumlah 2-3 biji dan mempunyai ukuran yang bervariasi. Biji kedelai berbentuk

bulat, agak gepeng dan bulat telur dan terbagi menjadi dua bagian utama, pertama kulit biji dan janin (embrio). Pada kulit biji terdapat bagian yang disebut hilum dan mikrofil yang terbentuk saat proses pembentukan biji.

2.2.2 Pertumbuhan dan Perkembangan Tanaman Kedelai

Setelah 5-15 hari ditanam, muncullah semai. Dalam 3-10 hari kemudian keeping biji terbuka, dan 3-10 hari berikutnya daun tiga yang pertama akan membuka. Di atas daun primer akan muncul 8-24 buku. Pembungaan dimulai 25 hari sampai lebih dari 150 hari setelah tanam, bergantung kepada panjangnya hari, suhu, dan kultivar. Pembungaan berlangsung selama 1-15 hari. Pembentukan polong terjadi selama 7-15 hari: pengisian biji 11-20 hari; proses penuaan sampai masa panen 7-15 hari. Daur hidup dari penyemaian sampai tua bervariasi dari 65 hari sampai 150 hari lebih. Kedelai adalah tanaman hari-pendek kuantitatif, berarti bahwa perkembangannya sampai tua biasanya lebih cepat pada hari pendek daripada hari panjang. Kedelai umumnya menyerbuk sendiri dan benar-benar fertil sendiri, dengan hanya kurang dari 1% yang menyerbuk silang. Jumlah polong per pohon berkisar dari beberapa sampai 1.000 buah (Maesen, 1993: 45-46).

2.2.3 Klasifikasi Tanaman Kedelai

Menurut Rahmawati (2005: 23), kedelai dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

Kingdom : Plantae

Division : Spermatophyta

Sub Division : Angiospermae

Kelas : Dicotyledoneae

Ordo : Leguminosinae

Famili : Leguminosae

Genus : Glycine

Spesies : *Glycine max* (L.) Merril

2.2.4 Syarat Tumbuh Tanaman Kedelai

Tanaman kedelai sebagian besar tumbuh di daerah yang beriklim tropis dan subtropis. Tanaman kedelai dapat tumbuh baik di daerah yang memiliki curah hujan sekitar 100-400 mm/bulan. Sedangkan suhu yang dikehendaki untuk bisa hidup antara 21-34 °C dan suhu optimum bagi pertumbuhan mencapai 23-27 °C. Sedangkan kelembaban udara rata-rata 65%, penyinaran matahari 12 jam/hari atau minimal 10 jam/hari (Deputi Menegristek, 2000).

Kedelai tumbuh baik pada tanah yang bertekstur gembur, lembab, tidak tergenang air dan memiliki pH antara 6-7.5 (Najiati dan Danarti, 1999) dan membutuhkan tanah yang kaya akan humus atau bahan organik. Ketersediaan bahan organik dalam jumlah cukup dapat memperbaiki daya olah dan sumber makanan bagi jasad renik yang berfungsi membebaskan unsur hara untuk pertumbuhan tanaman (Deputi Menegristek, 2000). Pada tanah yang agak masam kedelai masih bisa tumbuh, tetapi pada pH yang terlalu rendah < 5.5 pertumbuhannya akan terganggu dan menimbulkan keracunan aluminium. Nilai pH tanah yang cocok berkisar antara 5,8-7,0 (Suprpto, 2001).

Menurut Irwan (2006), Tanaman kedelai mempunyai dua stadia tumbuh, yaitu stadia vegetatif dan generatif (reproduktif). Stadia vegetatif dihitung sejak tanaman mulai muncul ke permukaan tanah (berkecambah) sampai berbunga, sedangkan fase reproduktif dimulai dari pembentukan bunga, pembentukan polong, perkembangan biji sampai pemasakan biji.

2.2.5 Kedelai Varietas Anjasmoro

Kedelai Varietas Anjasmoro dilepas pada 22 Oktober tahun 2001, melalui SK Menteri Pertanian Nomor 537/Kpts/TP.240/10/2001. Daya hasil Varietas Anjasmoro mencapai 2,03 2,25 toh/ha. Ukuran biji termasuk kategori besar, berat 100 bijinya mencapai 14,8 -15,3 gram. Salah satu keunggulan varietas Anjasmoro adalah ketahanannya pada rebah, tahan masam, serta

moderat pada penyakit karat daun. Selain itu, varietas ini memiliki sifat polong yang tidak mudah pecah (Tabloid Sinar Tani, 2011).

2.3 Tanah Masam

2.3.1 Terbentuknya Tanah Masam

Secara alamiah, tanah masam terbentuk akibat curah hujan tinggi yang menyebabkan pelarutan serta penghanyutan kation basa dan bahan induk masam yang kaya aluminium. Aluminium yang terbebas akan mengalami hidrolisis dengan membebaskan sejumlah ion hidrogen yang dapat memasamkan tanah. Di samping itu, tanah masam juga dapat terjadi akibat oksidasi mineral pirit yang menghasilkan tanah sulfat masam (Anonimous, 2009).

2.3.2 Deskripsi Tanah Masam

Tanah masam di deskripsikan sebagai tanah yang kurang produktif untuk pertanian karena tingginya kandungan Al dan hilangnya unsur hara makro akibat leaching (pelapukan zat kimia berjalan secara intensif). Mulyani (2006) menyebutkan bahwa, tanah masam dicirikan oleh sifat reaksi tanah masam (pH rendah <5.5) yang berkaitan dengan kadar Al tinggi, fiksasi P tinggi, kapasitas tukar kation rendah, kandungan besi (Fe) dan mangan (Mn) yang mendekati batas meracuni serta miskin elemen biotik. Namun kendala keasaman tanah pada tanah masam dapat diatasi dengan penerapan teknologi pemupukan, pengapuran dan pengelolaan bahan organik. Dengan demikian ketersediaan unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman dalam rangka peningkatan produksi pertanian dapat tercukupi.

Cunningham (1992) dalam Suliasih (2006) menyatakan bahwa ketersediaan P dalam tanah pada umumnya rendah. Hal ini disebabkan P terikat menjadi Fe-fosfat dan Al-fosfat pada tanah masam atau $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$. Tanaman tidak dapat menyerap P dalam bentuk terikat dan harus

diubah menjadi bentuk yang tersedia bagi tanaman. Mikroba tanah berperan dalam beberapa aktivitas dalam tanah seperti pelarutan P terikat oleh sekresi asam, dan mineralisasi komponen fosfat organik dengan mengubahnya menjadi bentuk anorganik.

2.4 Unsur Hara

Seperti manusia, tanaman memerlukan makanan yang sering disebut hara tanaman (plant nutrient). Berbeda dengan manusia yang menggunakan bahan organik, tanaman menggunakan bahan anorganik untuk mendapatkan energi dan pertumbuhannya. Dengan fotosintesis, tanaman mengumpulkan karbon yang ada di atmosfer yang kadarnya sangat rendah, ditambah air diubah menjadi bahan organik oleh klorofil dengan bantuan sinar matahari. Unsur yang diserap untuk pertumbuhan dan metabolisme tanaman dinamakan hara tanaman. Mekanisme perubahan unsur hara menjadi senyawa organik atau energi disebut metabolisme (Rosmarkam, 2002: 29).

Dengan menggunakan hara, tanaman dapat memenuhi siklus hidupnya. Fungsi hara tanaman tidak dapat digantikan oleh unsur lain dan apabila tidak terdapat suatu hara tanaman, maka kegiatan metabolisme akan terganggu atau berhenti sama sekali. Di samping itu, umumnya tanaman yang kekurangan atau ketiadaan suatu hara akan menampakkan gejala pada suatu organ tertentu yang spesifik yang biasa disebut gejala kekahatan. Gejala ini akan hilang apabila hara tanaman ditambahkan kedalam tanah atau diberikan lewat daun (Rosmarkam, 2002: 29).

Unsur hara yang diperlukan tanaman adalah: karbon (C), hidrogen (H), oksigen (O), Nitrogen (N), fosfor (P), Kalium (K), sulfur (S), Kalsium (Ca), Magnesium (Mg), Seng (Zn), Besi (Fe), mangan (Mn), Tembaga (Cu), Molibden (Mo), Boron (B), Klor (Cl), Natrium (Na), Kobal (Co), dan Silikon (Si) (Rosmarkam, 2002: 29).

2.4.1 Unsur Hara N (Nitrogen)

Nitrogen berfungsi untuk: (a) meningkatkan pertumbuhan tanaman, (b) menyehatkan hijau daun (klorofil), (c) meningkatkan kadar protein dalam tubuh tanaman), (d) meningkatkan kualitas tanaman yang menghasilkan daun dan (e) meningkatkan berkembangbiaknya mikroorganisme dalam tanah yang penting bagi kelangsungan pelapukan bahan organik (Sutedjo, 1991).

Gejala kelebihan N akibatnya jaringan mudah patah, mudah terserang parasit dan infeksi, pertumbuhan vegetatif terpacu, warna daun menjadi lebih tua. Gejala kekurangan N yaitu terdapatnya penyimpangan pertumbuhan daun, jaringan mati, mengering. Pertumbuhan tanaman kerdil, pemasakan buah lebih cepat (Sutedjo, 1991).

2.4.2 Unsur Hara P (Phosporus)

Menurut Mehlich (1955) dalam Sutedjo (2002), unsur hara P merupakan bahan pembentuk inti sel, selain itu mempunyai peranan penting bagi pembelahan sel serta bagi perkembangan jaringan meristematik. Dapat membentuk ikatan fosfat berdaya tinggi yang dipergunakan untuk mempercepat proses-proses fisiologis. Selain itu, unsur P bagi tanaman yang berfungsi untuk mempercepat pertumbuhan akar semai, memacu, memperkuat pertumbuhan tanaman dewasa pada umumnya dan meningkatkan produksi biji-bijian.

2.5 Pupuk Anorganik

Pupuk anorganik merupakan pupuk buatan pabrik, berbahan dasar dari mineral dan udara. Pupuk anorganik terbukti hanya mampu memperbaiki produktivitas tanah, sedangkan pupuk organik dapat memperbaiki kondisi fisik, kimia dan biologi tanah (Simanungkalit, 2006).

2.5.1 Pupuk N (Urea)

Urea merupakan salah satu jenis pupuk N yang banyak dipakai masyarakat dan mempunyai rumus $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ urea terbuat dari gas asam arang. Persenyawaan kedua zat ini menghasilkan pupuk urea yang kandungan N-nya sebanyak 46% (Lingga dkk, 2004).

Menurut Soegiman (1982), urea merupakan salah satu bentuk N sintesis yang mempunyai sifat larut dalam air dan mudah menguap. Secara ekonomis, pemakaian urea sebagai sumber N lebih menguntungkan karena kadar N nya cukup tinggi. Hardjowigeno (1982) mengemukakan urea mempunyai sifat-sifat sebagai berikut :

1. Higroskopis, sudah mulai menarik uap air pada kelembaban nisbi udara 73%.
2. Untuk dapat diserap oleh tanaman, N di udara harus di ubah menjadi ammonium dengan bantuan enzim tanah urease melalui proses hidrolisis :



3. Bila diberikan ke tanah proses hidrolisis berlangsung cepat sekali sehingga mudah menguap sebagai amoniak.

2.5.2 Pupuk P (SP 36)

Pupuk SP 36 dibuat dari batuan fosfat alam yang diasamkan agar terbentuk P_2O_5 yang dapat larut air dan asam sitrat, minimum 96% dari beratnya (Risal, 2008).

Pupuk SP 36 merupakan pilihan terbaik untuk memenuhi kebutuhan tanaman akan unsur hara fosfor. Fosfor (P) adalah unsur hara esensial makro yang penting setelah N. Menurut Lingga, dkk (2004), bahwa kadar P_2O_5 pupuk SP 36 hanya sebesar 36% unsur hara fosfor yang terdapat dalam pupuk SP 36 hampir seluruhnya larut dalam air, bersifat netral sehingga tidak mempengaruhi keasaman tanah, tidak mudah mengisap air sehingga dapat disimpan lama dalam kondisi penyimpanan yang baik.

2.6 Pupuk Organik Santap

Pupuk organik merupakan pupuk yang terbuat dari bahan-bahan organik yang didegradasikan secara organik. Sumber bahan baku organik ini dapat diperoleh dari bermacam-macam sumber, seperti : kotoran ternak, sampah rumah tangga non sintetis, limbah-limbah makanan/minuman, dan lain-lain. Biasanya untuk membuat pupuk organik ini, ditambahkan larutan mikroorganisme yang membantu mempercepat proses pendegradasian (Prihandarini, 2004).

Pupuk organik santap merupakan pupuk yang terbuat dari campuran komposisi pupuk kompos, kandang yang ditambahkan juga dengan unsur hara makro N dan P. Pupuk organik santap adalah pupuk yang dibuat BALITKABI yang belum mendapat izin dagang, menurut penelitian-penelitian terdahulu pupuk ini terbukti dapat memperbaiki kondisi tanah seperti pupuk organik lainnya seperti pupuk kandang dan kompos.

Pupuk organik merupakan sumber nitrogen tanah yang utama, selain itu peranannya cukup besar terhadap perbaikan sifat fisika, kimia biologi tanah serta lingkungan. Pupuk organik yang ditambahkan ke dalam tanah akan mengalami beberapa kali fase perombakan oleh mikroorganisme tanah untuk menjadi humus atau bahan organik tanah. Bahan organik juga berperan sebagai sumber energi dan makanan mikroba tanah sehingga dapat meningkatkan aktivitas mikroba tersebut dalam penyediaan hara tanaman. Jadi penambahan bahan organik di samping sebagai sumber hara bagi tanaman, sekaligus sebagai sumber energi dan hara bagi mikroba (Simanungkalit, 2006).

Penggunaan pupuk organik dapat mengurangi pencemaran lingkungan karena bahan-bahan organik tersebut tidak dibuang sembarangan yang dapat mengotori lingkungan terutama badan perairan umum. Penggunaan bahan organik sebagai pupuk merupakan upaya penciptaan

siklus unsur hara yang sangat bermanfaat dalam mengoptimalkan pemakaian sumber daya alam. Bahan organik juga dapat mengurangi unsur hara yang bersifat racun bagi tanaman serta dapat digunakan untuk mereklamasi lahan bekas tambang dan lahan yang tercemar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sebagian besar lahan pertanian di Indonesia, baik lahan kering maupun lahan sawah, mempunyai kandungan bahan organik tanah yang rendah (<2%). Oleh karena itu penggunaan bahan organik untuk memperbaiki produktivitas lahan perlu digalakkan (Elviati, 2005).

Pupuk organik juga memiliki keunggulan sebagai berikut: 1) mempercepat dekomposisi bahan-bahan organik secara fermentasi; 2) melarutkan P yang tidak tersedia menjadi bentuk P yang tersedia bagi tanaman; 3) mengikat N dari udara; 4) menghasilkan berbagai enzim dan hormon sebagai senyawa bioaktif untuk pertumbuhan tanaman; 5) menurunkan kadar BOD dan COD; dan 6) menekan bau busuk. Menurut Menteri Pertanian (2005), kelebihan pupuk organik adalah mampu menyediakan unsur hara, baik mikro maupun makro dalam jumlah cukup sesuai kebutuhan tanaman. Artinya, pupuk organik mampu mempertahankan dan meningkatkan kesuburan tanah. Meningkatkan jumlah dan aktivitas metabolik jasad mikro di tanah dan memadai serta memperbaiki penampilan tanaman. Dengan bagusnya pertumbuhan tanaman, maka otomatis akan meningkatkan daya tahan tanaman atas penyakit dan meningkatkan kualitas dan kuantitas hasil produksi. Karena itu, layak menjadi pertimbangan bagi petani memilih pupuk organik untuk memperbaiki kerusakan tanah, memenuhi jumlah unsur hara dalam jumlah cukup dan memadai serta memperbaiki penampilan tanaman. Mentan menambahkan, ke depan pupuk organik tidak hanya dihasilkan oleh industri rumah tangga saja, tetapi juga industri besar dan diproduksi secara massal.

2.7 Bakteri *Rhizobium*

2.7.1 Deskripsi dan Klasifikasi Bakteri *Rhizobium*

Bakteri *Rhizobium* memiliki ukuran sedang (diameter 0,5-0,9 μm , panjang 0,3-1,2 μm), merupakan bakteri gram negatif berbentuk batang, pada akar peptonglukosa pertumbuhannya sangat lambat, pada media ekstrak ragi juga tumbuh lambat, koloni berair atau berwarna putih (Anas, 1989). Soekartadiredja (1992) menambahkan, bahwa ciri-ciri bakteri *Rhizobium* adalah bulat dengan permukaan seperti kubah atau kerucut, dan berwarna putih seperti susu atau jernih seperti air, serta tidak menyerap warna merah.

Menurut Sprent (1985), klasifikasi *Rhizobium* dapat dijelaskan sebagai berikut:

Divisi : Protophyta

Kelas : Scizomycetes

Ordo : Eubracialis

Famili : Rhizobiaceae

Genus : *Rhizobium*

Spesies : *Rhizobium* sp.

2.7.2 Faktor Yang Mempengaruhi Pertumbuhan Bakteri *Rhizobium*

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 baktrei *Rhizobium* juga dipengaruhi oleh ketersediaan unsur hara pada lingkungan perakaran dan tentunya akan berpengaruh pada fiksasi N_2 . Beberapa unsur hara yang berpengaruh terhadap pertumbuhan *Rhizobium* dan fiksasi N_2 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 N (Soedado, 2003).

Pengaruh suhu atau temperatur terhadap fiksasi nitrogen sangat bervariasi. Asosiasi *Rhizobium* legum pada daerah beriklim sedang tetap efektif pada temperatur serendah 7°C, sedangkan asosiasi tropis menghentikan fiksasinya pada temperatur 20°C. Menurut Gardner, Pearce, dan Mitchell (1995), Yutono (1985) dalam Somaatmaja dkk. (1985), bahwa suhu optimal bagi kehidupan *Rhizobium* berkisar antara 18°C-26°C minimal 3°C dan maksimal 45°C. Pemanasan selama 5 menit pada suhu 60°C-62°C dapat mematikan *Rhizobium*.

Menurut Gardner, Pearce, dan Mitchell, (1991), kelembaban tanah juga mempengaruhi fiksasi nitrogen oleh bakteri *Rhizobium*. Kelembaban yang berlebihan ataupun pengeringan 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.

2.7.3 Simbiosis Bakteri *Rhizobium* dengan Tanaman Kedelai

Bakteri *Rhizobium* adalah bakteri salah satu contoh kelompok bakteri yang berkemampuan sebagai penyedia hara bagi tanaman. Bila bersimbiosis dengan tanaman legume kelompok bakteri ini akan menginfeksi akar tanaman dan membentuk bintil akar didalamnya. *Rhizobium* hanya bisa memfiksasi nitrogen atmosfer bila berada di dalam bintil akar dari mitra legumnya. Peranan *Rhizobium* terhadap pertumbuhan tanaman khususnya berkaitan dengan masalah ketersediaan nitrogen bagi tanaman inangnya (Rahmawati, 2005).

Bakteri *Rhizohium* 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).

Penambatan nitrogen secara biologis diperkirakan menyumbang lebih dari 170 juta ton nitrogen ke biosfer pertahun, 80% merupakan hasil dari simbiosis antara bakteri *Rhizobium* dengan tanaman *Leguminosae* (Yutono, 1985).

Bakteri penambat nitrogen (*Rhizobium*) mempunyai kemampuan menambat nitrogen bebas (N_2) dari udara dan merubahnya menjadi amonia (NH_3) yang akan diubah menjadi asam amino yang akan digunakan oleh tanaman kedelai untuk tumbuh dan berkembang (Yutono, 1985).

2.7.4 Inokulasi Bakteri *Rhizobium*

Salah satu alternatif untuk memperbaiki kondisi tanah dan lingkungan serta meningkatkan kesuburan tanah adalah dengan teknologi pemupukan secara hayati, yaitu dengan menginokulasi mikroba pemacu pertumbuhan (bakteri penambat nitrogen) pada benih/ bibit atau tanah maupun keduanya pada tanaman. Pengaruh inokulasi akan terlihat nyata apabila digunakan pada lahan yang mengandung unsur hara atau ketersediaan air rendah, sehingga inokulasi dapat mempercepat pemulihan lahan, mampu bersaing dan beradaptasi terhadap lingkungannya, serta cocok dengan tanaman inangnya (Yutono, 1985).

Kerjasama antara mikroba yang diinokulasikan dan tanaman serta unsur-unsur hara dalam tanah sangat diperlukan dalam pertumbuhan tanaman, karena tidak semua biakan *Rhizobium* mampu hidup bersimbiosis dan efektif melaksanakan proses penambatan nitrogen dari udara bebas. Dengan adanya biakan terpilih maka pemberian inokulum sebagai pupuk hayati dapat tercapai secara optimal. Populasi *Rhizobium* hidup bebas didalam tanah dengan jumlah populasi yang sangat dipengaruhi kondisi lingkungan (Yutono, 1985).

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.

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

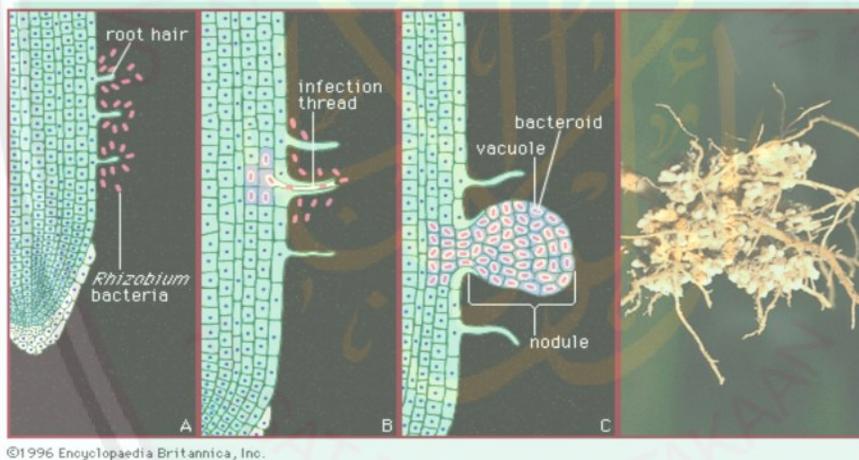
Rhizobium pada kacang-kacangan perlu diperhatikan antara lain: (1) kondisi fisik dan kimia tanah (kadar air tanah, kemasaman tanah, ketersediaan unsur hara, dan pupuk nitrogen); (2) populasi dan efektifitas *Rhizobium* dalam tanah dan; (3) inokulan *Rhizobium* (Suryantini, 1994). Lebih lanjut Sumadi (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* relative 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).

2.7.5 Mekanisme Pembentukan Bintil Akar

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).



©1996 Encyclopaedia Britannica, Inc.

Gambar 1.2 Mekanisme Pembentukan Bintil Akar
(Anonymous, 1996)

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).

2.8 Bakteri Pelarut Fosfat

Fosfor merupakan unsur esensial kedua setelah N yang berperan penting dalam proses pertumbuhan tanaman, serta metabolisme dan proses mikrobiologi tanah. Fosfor dalam tanah, 70% berada dalam keadaan tidak larut, hal tersebut sangat berpengaruh terhadap serapan hara lain, khususnya pada saat unsur P menjadi faktor pembatas (Foth dan Ellis, 1988).

Ketersediaan unsur P dalam tanah ternyata sangat bergantung pada aktivitas mikroorganisme dalam tanah, seperti adanya aktivitas dari kelompok bakteri pelarut fosfat/BPF (Rao, 1982). Salah satu mikroorganisme penyedia unsur P yaitu *Pseudomonas* sp. Menurut Buchman dalam Anaf (2010) klasifikasi bakteri *Pseudomonas* sp sebagai berikut:

Kingdom : Prokaryotik

Divisio : Gracilicutes

Kelas : Schyzomicetes

Ordo : Eubacteriales

Family : Pseudomonaceae

Genus : *Pseudomonas*

Spesies : *Pseudomonas* sp.

Dalam media agar kentang (PDA) atau Pikovskaya, koloni bakteri berwarna coklat keruh, tidak beraturan, halus bercahaya dan kebasah-basahan. Bakteri ini tidak tumbuh pada media nutrient cair yang mengandung 2,0 % NaCl. Perkembangan optimum bakteri ini terjadi pada suhu 30 - 37 0 c (Kelman, 1953).

Bakteri pelarut fosfat (BPF) merupakan bakteri tanah yang bersifat non patogen dan termasuk dalam katagori bakteri pemacu pertumbuhan tanaman. Bakteri tersebut menghasilkan vitamin dan fitohormon yang dapat memperbaiki pertumbuhan akar tanaman dan meningkatkan serapan hara (Glick, 1995).

Mikroba pelarut fosfat bersifat menguntungkan karena mengeluarkan berbagai macam asam organik seperti asam formiat, asetat, propional, laktat, glikolat, fumarat, dan suksinat. Asam-asam organik ini dapat membentuk khelat organik (kompleks stabil) dengan kation Al, Fe atau Ca yang mengikat P sehingga ion $\text{H}_2\text{PO}_4^{2-}$, menjadi bebas dari ikatannya dan tersedia bagi tanaman untuk diserap (Nasahi, 2010).

Bakteri pelarut fosfat merupakan satu-satunya kelompok bakteri yang dapat melarutkan P yang terjerap permukaan oksida-oksida besi dan aluminium sebagai senyawa Fe-P dan Al-P. Bakteri tersebut berperan juga dalam transfer energi, penyusunan protein, koenzim, asam nukleat dan senyawa-senyawa metabolik lainnya yang dapat menambah aktivitas penyerapan P pada tumbuhan yang kekurangan P (Rao, 1994).

Mekanisme pelarutan fosfat secara kimia merupakan mekanisme pelarutan fosfat utama yang dilakukan oleh mikroorganisme. Mikroorganisme tersebut mengekskresikan sejumlah asam organik berbobot molekul rendah seperti oksalat, suksinat, tartrat, sitrat, laktat, α -ketoglutarat, asetat, formiat, propionat, glikolat, glutamat, gliksilat, malat, fumarat. Meningkatnya asam-asam organik tersebut diikuti dengan penurunan pH. Penurunan pH juga dapat disebabkan karena terbebasnya asam sulfat dan nitrat pada oksidasi kemoautotrofik sulfur dan ammonium. Perubahan pH berperan penting dalam peningkatan kelarutan fosfat. Selanjutnya asam-asam ini akan bereaksi dengan bahan pengikat fosfat seperti Al^{+3} , Fe^{+3} , Ca^{+2} atau Mg^{+2} membentuk khelat organik yang stabil sehingga mampu membebaskan ion fosfat terikat dan oleh karena itu dapat diserap oleh tanaman (Simanungkalit, 2006).

Pelarutan fosfat secara biologis terjadi karena mikroorganisme tersebut menghasilkan enzim fitase. Fosfatase merupakan enzim yang akan dihasilkan apabila ketersediaan fosfat rendah. Fosfatase diekskresikan oleh akar tanaman dan mikroorganisme, dan di dalam tanah

yang lebih dominan adalah fosfatase yang dihasilkan oleh mikroorganisme. Pada proses mineralisasi bahan organik senyawa fosfat organik diuraikan menjadi bentuk fosfat anorganik yang tersedia bagi tanaman dengan bantuan enzim fosfatase. Enzim fosfatase dapat memutuskan fosfat yang terikat oleh senyawa-senyawa organik menjadi bentuk tersedia (Simanungkalit, 2006).

2.9 Sinergisme Bakteri *Rhizobium* dan Bakteri Pelarut Fosfat

Kata “Sinergi” berasal dari bahasa Yunani yaitu *synergos* yang berarti bekerja bersama (*working together*) (Kersanah, 2007). Jika dua spesies hidup bersama dan mengadakan kegiatan yang tidak saling mengganggu, akan tetapi kegiatan masing-masing itu justru berupa suatu urutan yang saling menguntungkan, maka hubungan hidup antara kedua spesies itu disebut sinergisme (Dwijseputro, 2005:112).

Mikroorganisme yang berfungsi sebagai penyedia unsur hara di dalam tanah diantaranya adalah kelompok penyedia unsur hara N dan pelarut P. Peranan bakteri *Rhizobium* mampu menambat nitrogen udara menjadi unsur hara nitrogen yang diperlukan tumbuhan untuk tumbuh dan berkembang. Di samping itu bakteri tersebut mempunyai dampak positif, baik secara langsung maupun tidak langsung terhadap sifat fisik dan kimia tanah, sehingga mampu meningkatkan kesuburan tanah (Alexander, 1977), namun kehidupan dan populasi bakteri ini sangat dipengaruhi beberapa faktor seperti pH, kelembaban, iklim, kondisi fisik, dan kimia tanah (Sprent, 1976).

Menurut Katznelson (1958) dalam Rahaju (2009), bakteri *Rhizobium* telah lama digunakan sebagai pupuk hayati terhadap tanaman kacang-kacangan karena dapat membentuk bintil akar sehingga dapat mengikat nitrogen bebas. Selain itu bakteri pelarut fosfat (BPF)

merupakan kelompok mikroorganisme tanah yang mempunyai kemampuan sebagai biofertilizer yang mampu melarutkan senyawa fosfat anorganik dari batuan fosfat, senyawa Al-fosfat, Fe-fosfat, Mg-fosfat dan endapan Ca-fosfat.

Menurut penelitian Gangasuresh (2010) menunjukkan bahwa kombinasi *Rhizobium* dan bakteri pelarut fosfat lebih sinergis daripada inokulasi tunggal pada pertumbuhan tanaman kedelai. Kundu dan Gaur (1980) dalam Elfiati (2005) menambahkan bahwa pada tanaman kedelai, mengkombinasikan bakteri pelarut P dengan bakteri penambat N₂ udara, ternyata bakteri P dapat menstimulir pertumbuhan bakteri penambat N₂, tetapi bakteri penambat N₂ tidak mempengaruhi pertumbuhan bakteri pelarut P. Kombinasi kedua inokulan tersebut mampu meningkatkan hasil kedelai dua sampai lima kali lipat.

Menurut Prihastuti (2008) inokulasi ganda *beneficial microbe* yang terkandung dalam agen hayati menjadi suatu pandangan yang dapat meningkatkan produktivitas tanaman. Namun demikian, kemampuan inokulasi ganda ditentukan oleh jenis mikroba yang digunakan dan lingkungan tumbuh yang menjadi media untuk perkembangan dan aktifitasnya. Rao (1994) dalam Rahaju menambahkan bahwa gabungan *Rhizobium* dan BPF dapat bersimbiosa secara baik dan efektif sehingga dapat membantu efektivitas *Rhizobium* dalam menambat nitrogen bebas dari udara. Seperti diketahui bahwa *Pseudomonas* sebagai BPF dan *Rhizobium* sebagai bakteri penambat nitrogen dari udara adalah salah satu bakteri yang menghasilkan asam indolasetat (IAA) dengan jumlah sedikit kultur murni atau dalam asosiasi dengan tanaman yang secara morfologi genetik pengaruhnya akan terlihat pada pertumbuhan tanaman dan pembentukan bintil.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada tanggal 01 Februari sampai 31 Mei 2011 di Laboratorium Mikrobiologi Tanah dan Rumah Kaca Balai Penelitian Tanaman Kacang- kacang dan Umbi-umbian (BALITKABI) Kendalpayak Malang Jawa Timur.

3.2 Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan di rumah kaca adalah kaleng (ember), poly bag, spidol, kertas karton sebagai label. Untuk alat-alat dalam laboatorium diperlukan timbangan analitik, autoclave, oven, vortex orbital shaker, laminar flow, tabung reaksi, gelas ukur, beacker glass, mikropipet, bunsen, tabung erlenmeyer.

Bahan-bahan yang digunakan meliputi benih kedelai varietas Anjasmoro, tanah masam, air, pupuk N (Urea), pupuk P (SP 36), pupuk organik (santap), multi isolat bakteri *Rhizobium*, isolat bakteri pelarut fosfat M₁ dan isolat bakteri pelarut fosfat M₂, media YMA (Yeast Manittol Agar) Broth dan media YMA padat, media Pikovskaya Broth dan media Pikovskaya padat, media NA broth dan padat. Adapun bahan yang digunakan untuk media YMA (Yeast Manittol Agar) Broth sebagai media inokulum bakteri multiisolat *Rhizobium* meliputi Mannitol, K₂HPO₄, MgSO₄, NaCl, Yeast Extract, Distilled Water. Apabila media yang digunakan padat, maka hanya menambah agar pada larutan terakhir. Untuk media Pikovskaya Broth sebagai media inokulum bakteri pelarut fosfat diperlukan bahan-bahan seperti Glukosa, (NH₄)₂SO₄, MgSO₄.7H₂O, KCl, Yeast Extract, NaCl, FeSO₄. 7H₂O, Ca₃PO₄, MnSO₄.H₂O, Distilled Water. Apabila media yang

diinginkan padat, hanya menambah agar pada larutan terakhir. Media untuk inokulum *Rhizobium* dan bakteri pelarut fosfat saat menginokulasikan pada tanaman adalah media NA Broth. Komposisi NA (Nutrient Agar) Broth antara lain: Pepton, Yeast ekstrak, NaCl, Glukosa, dan aquades.

3.3 Rancangan Penelitian

Rancangan yang digunakan dalam penelitian ini yakni menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) faktorial dengan 2 faktor 6 ulangan. Tiga ulangan untuk sampel destruktif (melihat bintil akar) sampai fase vegetatif akhir/mulai berbunga, tiga ulangan lainnya (melihat hasil biji) sampai masak fisiologis.

Faktor I : Inokulasi Multi Isolat

I_1 = Kontrol (tanpa inokulasi)

I_2 = *Rhizobium*

I_3 = *Rhizobium* dan Inokulasi Bakteri Pelarut P Multi Isolat 1 (M_1)

I_4 = *Rhizobium* dan Inokulasi Bakteri Pelarut P Multi Isolat 2 (M_2)

I_5 = *Rhizobium* dan Inokulasi Bakteri Pelarut P Multi Isolat 1 (M_1)

+ pupuk organik (santap)

I_6 = *Rhizobium* dan Inokulasi Bakteri Pelarut P Multi Isolat 2 (M_2)

+ pupuk organik (santap)

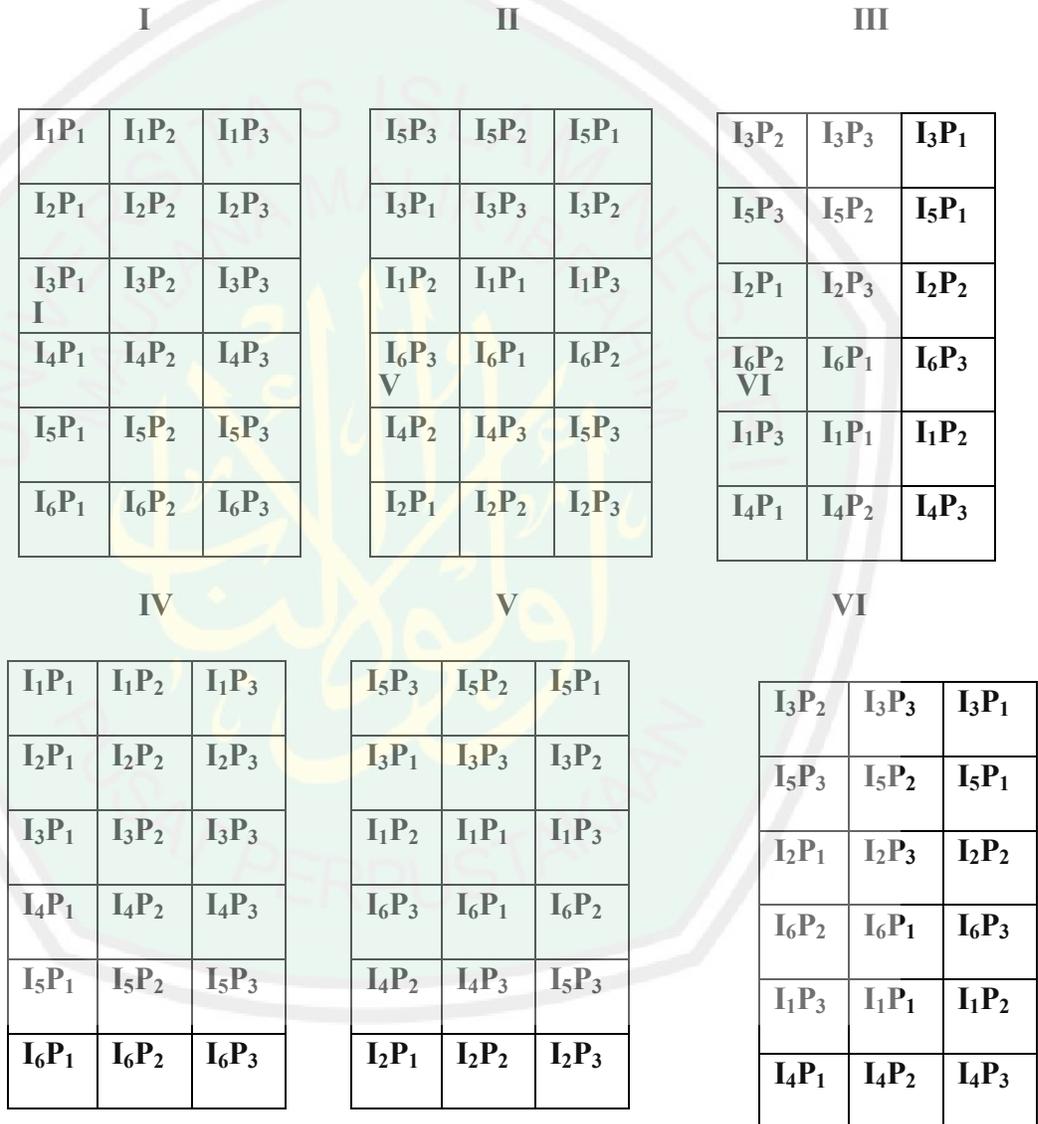
Faktor II : Pemupukan

P₁ = Tanpa Pupuk

P₂ = 100 kg Urea/ha setara dengan (0.25 g Urea/pot).

P₃ = 100 kg Urea/ha+200 kg SP 36/ha setara dengan (0.25 g Urea/pot + 0.5 g SP 36/pot).

Dengan demikian diperoleh 18 kombinasi yang ada pada denah dibawah ini:



Keterangan :

I₁P₁ = Tanpa inokulasi, tanpa pupuk

I₁P₂ = Tanpa inokulasi + pupuk N

I₁P₃ = Tanpa inokulasi + pupuk NP

I₂P₁ = *Rhizobium*, tanpa pupuk

I₂P₂ = *Rhizobium* + pupuk N

I₂P₃ = *Rhizobium* + pupuk NP

I₃P₁ = *Rhizobium* + Bakteri Pelarut P Multi Isolat 1 (M₁), tanpa pupuk

I₃P₂ = *Rhizobium* + Bakteri Pelarut P Multi Isolat 1 (M₁) + pupuk N

I₃P₃ = *Rhizobium* + Bakteri Pelarut P Multi Isolat 1 (M₁) + pupuk NP

I₄P₁ = *Rhizobium* + Bakteri Pelarut P Multi Isolat 2 (M₂), tanpa pupuk

I₄P₂ = *Rhizobium* + Bakteri Pelarut P Multi Isolat 2 (M₂) + pupuk N

I₄P₃ = *Rhizobium* + Bakteri Pelarut P Multi Isolat 2 (M₂) +pupuk NP

I₅P₁ = *Rhizobium* + Bakteri Pelarut P Multi Isolat 1 (M₁) + Santap, tanpa pupuk

I₅P₂ = *Rhizobium* + Bakteri Pelarut P Multi Isolat 1 (M₁) + Santap+ pupuk N

I₅P₃ = *Rhizobium* + Bakteri Pelarut P Multi Isolat 1 (M₁) + Santap + pupuk NP

I₆P₁ = *Rhizobium* + Bakteri Pelarut P Multi Isolat 2 (M₂) + Santap, tanpa pupuk

I₆P₂ = *Rhizobium* + Bakteri Pelarut P Multi Isolat 2 (M₂) + Santap + pupuk N

I₆P₃ = *Rhizobium* + Bakteri Pelarut P Multi Isolat 2 (M₂) + Santap + pupuk NP

1.4 Cara Kerja

Penelitian ini dilakukan di 2 tempat yaitu di laboratorium dan rumah kaca. Kegiatan laboratorium untuk menyiapkan inokulum bakteri multiisolat *Rhizobium* dan inokulum bakteri

pelarut fosfat, membuat media NA Broth sebagai media inokulum *Rhizobium* dan bakteri pelarut fosfat yang akan diinokulasikan pada tanaman kedelai, media YMA digunakan sebagai media menghitung populasi bakteri *Rhizobium* dalam sampel tanah dan media Pikovskaya untuk menghitung populasi bakteri pelarut fosfat dalam sampel tanah.

Kegiatan di rumah kaca untuk pemilihan benih yang akan ditanam, aplikasi media tanah, pemupukan, penanaman, pemeliharaan, menginokulasikan multi isolat bakteri *Rhizobium* dan bakteri pelarut fosfat, penyulaman, pembuangan batang tanaman (disisakan 2 batang), pemanenan dan pengamatan. Berikut kegiatan-kegiatan yang dilakukan secara terperinci:

3.4.1 Laboratorium

3.4.1.1 Menyiapkan inokulum bakteri multiisolat *Rhizobium*

Langkah awal untuk menyiapkan inokulum bakteri multiisolat *Rhizobium* yakni membuat media YMA cair sebagai media isolasi bakteri *Rhizobium* dengan komposisi sebagai berikut : Mannitol 5 gram, K_2HPO_4 0,25g gram, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 0,1 gram, NaCl 0,05 gram, Yeast Extract 0,25 gram, Distilled Water (Aquades) sebanyak 500 cc. Kemudian dimasukkan kedalam 3 tabung erlenmeyer sebanyak 15 ml dan diberi label A, B dan C. Ujung mulut tabung ditutup dengan kapas. Disterilkan ke dalam autoclave dengan tekanan $120^{\circ}C$ selama 20 menit.

Mengambil 1 ose biakan bakteri multiisolat *Rhizobium* dari media agar miring. Dimasukkan masing-masing jenis kedalam media YMA cair yang telah dibuat label A, B, C dan K (kontrol), diinkubasi diatas shaker orbital selama 4 hari berkecepatan 90 rpm pada suhu kamar.

Media untuk inokulum bakteri *Rhizobium* adalah media NA (Nutrient Agar) Broth. Komposisi NA (Nutrient Agar) Broth antara lain : Pepton 15 gram, Yeast ekstrak 5 gram, NaCl 6 gram, Glukosa 1 gram, 1 liter aquades. Semua bahan dicampur menjadi satu. Kemudian

dimasukkan ke dalam 4 tabung erlenmeyer masing-masing sebanyak 15 ml. Ujung mulut tabung ditutup dengan kapas. Disterilkan ke dalam autoclave dengan tekanan 120°C selama 20 menit. Kemudian 4 tabung erlenmeyer yang telah disterilkan diberi label A, B, C dan K (kontrol).

Multi isolat *Rhizobium* yang telah diinkubasi dimasukkan ke dalam tabung erlenmeyer yang berisi NA Broth masing-masing sebanyak 2 ml pada label A, B, C dan K (kontrol) yang telah dibuat. Untuk mengatasi adanya kontaminasi maka aktivitas ini menggunakan laminar flow dan didekat bara api (bunsen). Kemudian dishaker \pm 15 menit untuk menghomogenkan dan diinokulasikan pada tanaman kedelai.

3.4.1.2 Menyiapkan inokulum Bakteri Pelarut Fosfat

Media isolasi bakteri pelarut fosfat yang sesuai adalah media Pikovskaya. Komposisi untuk membuat media tersebut yaitu: Glukosa 5 gram, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 0,25 gram, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0,05 gram, KCl 0,1 gram, Yeast Extract 0,25 gram, NaCl 0,1 gram, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0,002 gram, Ca_3PO_4 2,5 gram, $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, dan Distilled Water (Aquades) 500 cc. Kemudian dimasukkan ke dalam 3 tabung erlenmeyer sebanyak 15 ml dan diberi label A, B dan K (kontrol). Ujung mulut tabung ditutup dengan kapas. Disterilkan ke dalam autoclave dengan tekanan 120°C selama 20 menit.

Mengambil 1 ose biakan bakteri pelarut fosfat dengan jenis M_1 dan M_2 dari media agar miring. Dimasukkan masing-masing jenis ke dalam media Pikovskaya cair, diberi label A, B dan K (tidak diberi perlakuan atau sebagai kontrol), A dimasukkan bakteri pelarut fosfat jenis M_1 , dan B dimasukkan bakteri pelarut fosfat jenis M_2 , diinkubasi di atas shaker orbital selama 4 hari berkecepatan 90 rpm pada suhu kamar.

Media untuk inokulum bakteri pelarut fosfat adalah media NA (Nutrient Agar) Broth. Komposisi NA Broth antara lain : Pepton 15 gram, Yeast ekstrak 5 gram, NaCl 6 gram, Glukosa

1 gram, 1 liter aquades. Semua bahan dicampur menjadi satu. Kemudian dimasukkan ke dalam 3 tabung elemeyer masing-masing sebanyak 15 ml. Ujung mulut tabung ditutup dengan kapas. Disterilkan ke dalam autoclaf dengan 120⁰C selama 20 menit.

Multi isolat bakteri pelarut fosfat yang telah diinkubasi dimasukkan kedalam tabung erlenmeyer yang berisi NA Broth masing-masing sebanyak 2 ml. Diberi label A dimasukkan bakteri pelarut fosfat jenis M₁, B dimasukkan bakteri pelarut fosfat jenis M₂, dan K sebagai kontrol. Kemudian dishaker ± 15 menit untuk menghomogenkan dan diinokulasikan pada tanaman kedelai.

3.4.1.3 Menghitung populasi bakteri *Rhizobium* dalam sampel tanah

Populasi bakteri *Rhizobium* dalam sampel tanah dilakukan untuk mengetahui berapa banyak bakteri yang ada dalam sampel tanah yang digunakan dalam penelitian ini. Dengan menggunakan metode pengenceran dengan cara mengambil sampel tanah, lalu diayak dan ditimbang sebanyak 10 gram. Di dalam laminar flow dan didekatkan dengan api bunsen, dimasukkan 10 gram sampel tanah kedalam tabung elemeyer yang berisi 90 ml larutan aquades steril dan ditutup kembali ujung tabung dengan kapas dan dishaker ± 1 jam. Pada tabung elemeyer ini diberi label 10⁻¹. Setelah itu diambil 1 ml dengan mikropipet dari pengenceran 10⁻¹ dan dimasukkan pada tabung reaksi yang berisi larutan steril sebanyak 9 ml dan diberi label 10⁻², lepas dan tarikkan sampai 3 kali pada mikropipet, ganti tups setiap kali pengenceran dan seterusnya sampai pengenceran kelima. Pada pengenceran keempat dan kelima, dimasukkan kedalam cawan petri yang berisi media YMA padat sampai 3 kali ulangan. Diamati dan dihitung koloni yang terbentuk dengan ciri bakteri *Rhizobium* berwarna putih keruh dan berbentuk bulat dalam media YMA.

Berikut hasil pengamatan jumlah populasi bakteri *Rhizobium* didalam tanah :

$$\frac{1}{0,98} \times 400 = 408.16 \times 10^{-4}$$

$$= 4.081.632/ 1 \text{ gram tanah}$$

3.4.1.4 Menghitung populasi Bakteri Pelarut Fosfat dalam sampel tanah

Menghitung populasi bakteri pelarut fosfat pada sampel tanah bertujuan agar dapat mengetahui jumlah koloni yang terdapat pada sampel tanah. Dengan mengambil sampel tanah, lalu diayak dan ditimbang sebanyak 10 gram, dimasukkan kedalam tabung elemeyer yang berisi 90 ml larutan aquades steril dan ditutup kembali ujung tabung dengan kapas dan dishaker \pm 1 jam. Pada tabung elemeyer ini diberi label 10^{-1} . Setelah itu diambil 1 ml dengan mikropipet dari pengenceran 10^{-1} dan dimasukkan pada tabung reaksi yang berisi larutan steril sebanyak 9 ml dan diberi label 10^{-2} , lepas dan tarikkan sampai 3 kali pada mikropipet, ganti tups setiap kali pengenceran dan seterusnya sampai pengenceran kelima. Pada pengenceran keempat dan kelima, dimasukkan kedalam cawan petri yang berisi media pikovskaya padat sampai 3 kali ulangan selama 4 hari. Setelah diamati selama 4 hari berturut-turut ternyata bakteri pelarut fosfat memiliki potensi untuk melarutkan fosfat tidak tersedia secara kualitatif dicirikan oleh zona bening (holozone) disekitar koloni mikroorganisme yang tumbuh pada media Pikovskaya.

Berikut hasil pengamatan jumlah populasi bakteri pelarut fosfat didalam tanah :

$$\frac{1}{0,98} \times 87 = 88.77 \times 10^{-4}$$

$$= 887.000/ 1 \text{ gram tanah}$$

3.4.2 Rumah Kaca

3.4.2.1 Pemilihan Benih Kedelai

Benih yang digunakan pada penelitian ini adalah varietas Anjasmoro, yang merupakan varietas toleran masam, tahan rebah, moderat pada penyakit karat daun serta memiliki sifat

polong yang tidak mudah pecah. Benih-benih ini dipilih benih yang terbaik dan tidak terkena penyakit dan hama.

3.4.2.2 Persiapan Media Tanah

Media tanah yang digunakan adalah tanah masam yang berasal dari Lampung. Tanah dikeringkan dan dihaluskan menggunakan pengayak, kemudian tanah ditimbang sebanyak 5 Kg/pot.

3.4.2.3 Pembuatan Label Tanaman

Label tanaman dibuat dari kertas karton dan ditulis dengan spidol permanen dan dimasukkan kedalam plastik. Lalu label disteples menurut perlakuan dikawat kaleng tanah yang akan ditanami kedelai. Contoh: P₁I₁, P₂I₂, dan seterusnya.

3.4.2.4 Pemupukan

Pemupukan dilakukan dengan cara menimbang pupuk N (Urea) 0.25 g dan pupuk P (SP 36) 0.5 g. Hal ini bertujuan untuk memperbaiki produktivitas tanah. Pemupukan dilakukan dengan cara membuat lubang disekitar tanaman lalu dimasukkan pupuk-pupuk tersebut sesuai pada label tanaman kemudian ditutup kembali lubang tanahnya.

Untuk memperbaiki kondisi fisik, kimia dan biologi tanah pemberian pupuk organik (santap) juga diaplikasikan. Pemupukan dilakukan dengan mencampur tanah dengan pupuk sampai homogen. Pupuk santap diberikan pada label bertanda khusus.

3.4.2.5 Penanaman

Penanaman ini dilakukan di dalam rumah kaca, dengan cara memasukkan 4 butir benih kedelai pada media tanah yang sudah disiapkan. Tanah yang sudah digali harus terpisah-pisah dalam tiap butirnya, dan saat menggali tidak boleh terlalu dalam $\pm 1,5$ cm dari permukaan tanah.

Tanah ditutup kembali kemudian mengaplikasikan pupuk anorganik ke permukaan pot dan disiram dengan air secukupnya.

3.4.2.6 Pemberian inokulasi multiisolat *Rhizobium* dan Bakteri Pelarut Fosfat pada tanaman

Inokulasi ini dilakukan pada tanaman berumur 10 hari. Inokulasi bakteri multi isolat *Rhizobium* dan Bakteri Pelarut Fosfat yang sudah disiapkan di laboratorium diinokulasikan dengan cara: mengambil 2 ml inokulan dengan menggunakan mikropipet. Kemudian ditetaskan pada tanah yang mengelilingi permukaan tanaman. Inokulasi dilakukan pada semua perlakuan sesuai denah rancangan penelitian yang telah dibuat.

3.4.2.7 Pemeliharaan

Pemeliharaan tanaman dilakukan dengan cara penyiraman yang dilakukan dua hari sekali atau dilakukan sesuai kebutuhan, penyiangan dilakukan dengan mencabut rumput-rumput yang tumbuh disekitar tanaman, mengikat batang tanaman pada ajir (bambu) dan tali rafia agar tanaman dapat berdiri tegak, penyemprotan dengan pestisida digunakan untuk melindungi tanaman dari hama dan penyakit.

3.4.2.8 Penyulaman

Penyulaman yaitu menanam kembali benih baru apabila benih yang ditanam tidak tumbuh, pertumbuhannya kurang bagus atau mati. Penyulaman ini dilakukan saat tanaman berumur satu minggu setelah tanam (ST).

3.4.2.9 Penjarangan

Penjarangan dilakukan saat tanaman berumur 7 hari (1 minggu) dengan cara memotong batang tanaman kedelai didalam pot yang berisi 4 batang, dan disisakan 2 batang tanaman yang

paling bagus pertumbuhannya agar tidak terjadi kompetisi antar tanaman dalam memperoleh nutrisi.

3.4.2.10 Pemanenan dan Pengamatan

Pemanenan dilakukan 2 kali yaitu panen pada umur 45 hari dan panen masak fisiologis. Pada panen 45 hari, parameter yang diamati adalah bintil akar dan berat kering tanaman yang dilakukan dengan merusak sampel destruktif pada pot dengan cara mencabut akar tanaman dan mencuci sampai bersih dan kering (diusahakan bintil akar tidak terlepas dari akarnya). Setelah itu menghitung jumlah bintil akar per pot dan setelah dihitung, tanaman dioven selama 3 hari untuk mengetahui berat kering tanaman kedelai tersebut. Sedangkan pada panen masak fisiologis, dilakukan pada saat tanaman kedelai berumur 90 hari. Parameter yang diamati meliputi tinggi tanaman, berat biji dan berat 100 biji. Sebelum mengambil polong, tinggi tanaman diukur terlebih dahulu. Tanaman yang telah diukur, lalu diambil polong yang sudah kering atau masak secara fisiologis dan dimasukkan kedalam kantong yang telah diberi label atau tanda tiap perlakuan.

4.2.11 Parameter Pengamatan (Data Pengamatan)

Data yang diambil dalam penelitian ini antara lain:

1. Tinggi Tanaman

Tinggi tanaman diamati dengan cara diukur dari atas permukaan tanah sampai titik tumbuh tanaman setiap perlakuan menggunakan penggaris.

2. Jumlah Bintil Akar

Tanaman yang telah dipanen pada 45 hari, dibersihkan dari tanah, bintil akar dipisah dari akar dengan cara diambil dari akar kemudian dihitung jumlah bintil akar efektifnya. Ciri-ciri bintil akar efektif yaitu bulat berwarna kemerahan.

3. Berat Kering

Tanaman yang telah dipisahkan dari bintil akar kemudian dioven selama 3x24 jam pada suhu 75°C setelah itu ditimbang berat kering tanamannya.

4. Berat Biji

Polong yang telah dipanen kemudian dikupas kulitnya dan diambil semua biji dan ditimbang dengan menggunakan timbangan analitik.

5. Berat 100 Biji

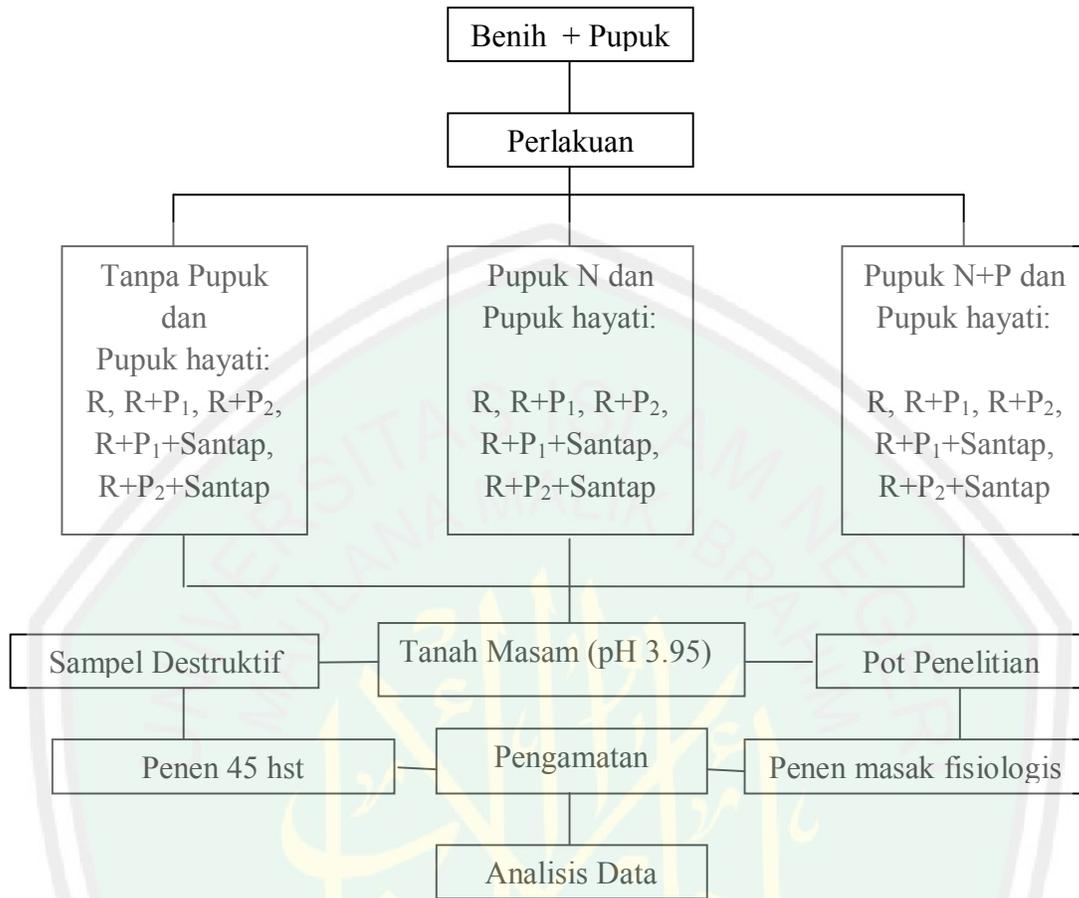
Untuk mengetahui berat /100 biji, dapat dihitung dengan rumus:

$$\frac{100}{\text{Jumlah biji total}} \times \text{Berat biji total}$$

3.5 Analisis Data

Data yang telah diperoleh kemudian dianalisis dengan Analysis Of Variance (ANOVA) menggunakan program SPSS versi 16, untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap variabel pengamatan. Kemudian dilanjutkan dengan uji Duncan taraf 5% untuk mengetahui pengaruh terbaik atau perbandingan antar kombinasi perlakuan.

3.6 Diagram Kerja



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kemampuan tanah menyediakan unsur hara sehingga dapat diserap oleh tanaman akan menentukan pertumbuhan dan hasil tanaman, dan untuk mencapai hasil yang maksimal kebutuhan hara tanaman kedelai harus tercukupi secara optimal. Data analisis tanah yang diperoleh kemudian dinilai harkatnya, termasuk rendah, sedang atau tinggi. Harkat masing-masing hara sangat erat hubungannya dengan tingkat kesuburan tanah dan hasil relatif tanaman.

Tabel 4.1 Hasil analisis tanah sebelum perlakuan

Ciri-ciri tanah	Kadar	Harkat
pH H ₂ O	3.95	Sangat rendah
pH KCl	3.6	Rendah
Co (%)	1.33	Rendah
N (%)	0.10	Rendah
P ₂ O ₅ (ppm)	8.18	Sedang
Fe (ppm)	109	Tinggi
Mn (ppm)	44.6	Tinggi
Cu (ppm)	0.33	Rendah
Zn (ppm)	0.87	Sedang
K (me/100g)	0.06	Rendah
Ca (me/100g)	1.01	Tinggi
Mg (me/100g)	0.49	Rendah
Al-dd (me/100g)	0.87	Tinggi
H-dd (me/100g)	2.69	Rendah
KTK (me/100g)	7.64	Rendah

Tanah menunjukkan kesuburan yang rendah bila mengandung unsur N antara 0.1-0.2%, P antara 3-7 ppm dan K antara 0.13-0.26 me/100 g tanah. Tingkatan sedang dipenuhi untuk tanah yang mengandung N antara 0.2-0.5%, P antara 7-20 ppm dan K antara 0.26-0.45 me/100 g tanah. Kesuburan tanah menjadi tinggi bila mengandung N antara 0.5-1.0%, P diatas 20 ppm dan K antara 0.45-0.77 me/100 g tanah (Cottenie, 1980).

Hasil analisis kimia tanah sebelum diberi perlakuan adalah dalam keadaan masam yakni sebesar 3.95. Kemasaman tanah ini diiringi dengan kandungan hara (N, P dan K) yang rendah (Tabel 4.1). Bila dilihat dari penggolongan harkat menurut Cottenie (1980) benar bahwasannya hasil analisis kimia tanah sebelum perlakuan menunjukkan kesuburan tanah yang rendah. Sehingga dari keadaan tersebut, diharapkan tanaman benar-benar mendapatkan nutrisi dari pemberian multi isolat *Rhizobium* dan bakteri pelarut fosfat. Pemberian *Rhizobium* dan bakteri pelarut fosfat secara ganda diharapkan dapat meningkatkan ketersediaan unsur hara (makro) N dan P yang dibutuhkan tanaman kedelai, sehingga nutrisi yang tersedia bagi tanaman semakin melimpah dan menunjang proses pertumbuhan dan hasil tanaman secara maksimal.

4.1 Pertumbuhan Tanaman Kedelai

4.1.1 Tinggi Tanaman Kedelai

Tinggi tanaman kedelai merupakan parameter pertumbuhan selama 90 hari yang diukur pada awal dan akhir pengamatan. Untuk mengetahui pengaruh perlakuan yang diberikan dan interaksinya terhadap tinggi tanaman kedelai dilakukan analisis (ANOVA).

Hasil analisis data tinggi tanaman terlihat bahwa nilai F hitung $>$ F tabel. Karena F hitung $>$ F tabel maka dilakukan uji lanjut, yaitu Uji Duncan. Analisis Duncan taraf 5% menunjukkan bahwa pemberian multi isolat *Rhizobium* dan bakteri pelarut fosfat berpengaruh nyata dalam meningkatkan rata-rata tinggi tanaman kedelai saat tanaman tidak diberi pupuk, diberi pupuk N maupun pupuk N+P. Berikut disajikan pada tabel 4.2:

Tabel 4.2 Rata-rata tinggi tanaman akibat pemberian inokulasi multi isolat bakteri *Rhizobium* dan bakteri pelarut fosfat

Perlakuan pupuk hayati (<i>Rhizobium</i> dan bakteri pelarut fosfat) dan pupuk organik/ santap)	Tinggi Tanaman (cm)		
	Pupuk N dan P (g)		
	Tanpa Pupuk	N	N + P
Kontrol	26.58 abc	30.91 cd	24.00 ab
<i>Rhizobium</i>	30.24 cd	31.49 cd	28.49 abcd
<i>Rhizobium</i> + M₁	27.66 abcd	27.74 abcd	29.66 cd
<i>Rhizobium</i> + M₂	32.49 d	29.82 cd	23.58 a
<i>Rhizobium</i> + M₁ + Santap	29.16 bcd	32.83 d	33.24 d
<i>Rhizobium</i> + M₂ + Santap	30.91 cd	32.41 d	27.50 abcd

Keterangan : angka diikuti notasi yang sama berarti tidak beda nyata pada uji Duncan taraf 5%. M₁ = Bakteri pelarut fosfat multi isolat 1, M₂ = Bakteri pelarut fosfat multi isolat 2, N = Pupuk Urea (100 kg/ha), P = Pupuk SP 36 (200 kg/ha).

Pada perlakuan tanpa pupuk, pemberian *Rhizobium*+M₂ dapat meningkatkan tinggi tanaman dari perlakuan kontrol. Hal ini dapat dilihat dari perbedaan reratanya yang signifikan. Perlakuan *Rhizobium* tanpa pupuk memberikan pengaruh terhadap pertumbuhan tanaman kedelai tetapi tidak nyata pada kontrol. Untuk perlakuan tanpa pupuk dengan pemberian *Rhizobium*, *Rhizobium*+M₁, *Rhizobium*+M₁+Santap dan *Rhizobium*+M₂+Santap tidak berbeda nyata dengan perlakuan *Rhizobium*+M₂ dan kontrol.

Perlakuan pupuk N pada kontrol, *Rhizobium*, *Rhizobium*+M₁, *Rhizobium*+M₂ memberikan pengaruh terhadap pertumbuhan tanaman kedelai tetapi tidak berbeda nyata pada kontrol tanpa pupuk, sedangkan *Rhizobium*+M₁+Santap dan *Rhizobium*+M₂+Santap dapat memberikan pengaruh secara nyata terhadap tinggi tanaman pada kontrol tanpa pupuk.

Sementara itu, perlakuan pupuk N+P pada kontrol dan *Rhizobium*+M₂ tidak berbeda nyata dengan kontrol tanpa pupuk. Perlakuan pupuk N+P yang dikombinasi dengan *Rhizobium*, *Rhizobium*+M₁ dan *Rhizobium*+M₂+Santap memberikan pengaruh tetapi tidak nyata pada kontrol tanpa pupuk, sedangkan *Rhizobium*+M₁+Santap berbeda nyata dengan kontrol tanpa pupuk.

Pada Tabel 4.2 peningkatan tinggi tanaman pada perlakuan *Rhizobium*+M₁+Santap yang dikombinasi dengan perlakuan pupuk N maupun N+P tidak berbeda nyata dengan yang diperoleh pada perlakuan *Rhizobium*+M₂ tanpa pupuk. Jadi kedua perlakuan tersebut dalam meningkatkan tinggi tanaman kurang bermanfaat karena pemberian *Rhizobium*+M₂ tanpa pupuk sudah mampu meningkatkan tinggi tanaman kedelai.

Tingginya pengaruh multi isolat *Rhizobium*+M₂ tanpa pupuk dalam meningkatkan tinggi tanaman disebabkan karena efektifnya inokulasi yang diberikan secara ganda sehingga nutrisi yang dibutuhkan oleh tanaman dapat tercukupi. Kedua bakteri tersebut saling sinergis, adanya *Rhizobium* tidak mengganggu bakteri pelarut fosfat (M₂), begitu sebaliknya sehingga pemberian inokulasi secara ganda sangat menunjang untuk meningkatkan tinggi tanaman dengan kemampuannya menyediakan unsur hara N dan P yang dibutuhkan oleh tanaman sebagai nutrisi penting dalam proses metabolisme, khususnya pada saat pemanjangan sel pada fase vegetatif. Hal ini sesuai dengan penelitian Gangasuresh (2010), menunjukkan bahwa kombinasi *Rhizobium* dan bakteri pelarut fosfat lebih sinergis daripada inokulasi tunggal pada pertumbuhan tanaman kedelai.

Pemberian tanpa pupuk pada perlakuan *Rhizobium*+M₁+Santap dan *Rhizobium*+M₂+Santap diharapkan dapat meningkatkan tinggi tanaman, namun ternyata menghasilkan rerata yang lebih rendah dibanding *Rhizobium*+M₂ tanpa pupuk. Hal ini disebabkan karena pupuk santap tidak akan setimbang apabila tidak dikombinasikan dengan pupuk N. Dengan demikian dapat diketahui bahwa multi isolat *Rhizobium*+M₂ sebagai agen hayati lebih efektif dalam meningkatkan pertumbuhan tinggi tanaman.

Tanaman dikatakan tumbuh dengan baik apabila nutrisi tanaman dapat tercukupi. Dalam penelitian ini perlakuan multi isolat *Rhizobium*+M₂ mampu memberikan nutrisi atau unsur hara yang cukup untuk proses pertumbuhan tinggi tanaman. Hal ini sesuai dengan pendapat Setyati (1988) dalam Arinong (2008) bahwa tersedianya unsur hara dalam jumlah yang cukup dan seimbang digunakan untuk proses pertumbuhan, pembelahan, fotosintesis dan pemanjangan sel akan berlangsung cepat yang mengakibatkan beberapa organ tanaman tumbuh cepat pada fase vegetatif. Irdiani (2002) menambahkan, bahwa pertumbuhan tanaman adalah proses bertambahnya ukuran dari suatu organisme yang mencerminkan bertambahnya protoplasma. Penambahan ini disebabkan oleh bertambahnya ukuran organ tanaman seperti tinggi tanaman sebagai akibat dari metabolisme tanaman yang dipengaruhi oleh faktor lingkungan di daerah penanaman seperti air, sinar matahari dan nutrisi dalam tanah.

Selain berhasilnya pemberian inokulasi ganda sebagai penyedia unsur hara, ada faktor lain yang mempengaruhi keberhasilan meningkatnya tinggi tanaman tersebut yakni varietas kedelai yang digunakan. Pada penelitian ini varietas yang digunakan adalah varietas Anjasmoro yang merupakan varietas toleran masam. Menurut Tabloid Sinar Tani (2011) menjelaskan bahwa salah satu keunggulan varietas Anjasmoro adalah ketahanannya pada rebah, toleran masam, serta moderat pada penyakit karat daun. Selain itu, varietas ini memiliki sifat polong yang tidak mudah pecah.

4.1.2 Jumlah Bintil Akar

Dari hasil analisis varian (ANOVA) yang telah dilakukan menunjukkan pemberian multi isolat *Rhizobium* dan bakteri pelarut fosfat berbeda nyata pada bintil akar tanaman kedelai. Hal ini diketahui karena $F_{hitung} > F_{tabel}$, sehingga adanya perbedaan ini dapat diuji lanjut dengan uji Duncan taraf 5% yang ada pada tabel 4.3 berikut:

Tabel 4.3 Rata-rata jumlah bintil akar akibat pemberian inokulasi multi isolat bakteri *Rhizobium* dan bakteri pelarut fosfat

Perlakuan pupuk hayati (<i>Rhizobium</i> dan bakteri pelarut fosfat) dan pupuk organik/ santap)	Jumlah Bintil Akar		
	Pupuk N dan P (g)		
	Tanpa Pupuk	N	N+P
Kontrol	1.33 ab	1.00 a	1.66 ab
<i>Rhizobium</i>	9.83 d	7.33 cd	10.00 d
<i>Rhizobium</i> + M₁	16.50 f	6.66 cd	17.16 f
<i>Rhizobium</i> + M₂	7.33 cd	5.33 c	10.00 d
<i>Rhizobium</i> + M₁ + Santap	15.83 e	1.50 ab	4.66 bc
<i>Rhizobium</i> + M₂ + Santap	4.66 bc	1.33 ab	7.33 cd

Keterangan : angka diikuti notasi yang sama berarti tidak beda nyata pada uji Duncan taraf 5%. M₁ = Bakteri pelarut fosfat multi isolat 1, M₂ = Bakteri pelarut fosfat multi isolat 2, N = Pupuk Urea (100 kg/ha), P = Pupuk SP 36 (200 kg/ha).

Rhizobium pada umumnya memerlukan kisaran pH 5.5-7.00. Namun pada tanah masam ini terdapat populasi *Rhizobium*. Hal ini terlihat dari terbentuknya bintil akar pada perlakuan kontrol, meskipun reratanya relatif rendah yakni 1.33 bintil per tanaman. Pemberian perlakuan *Rhizobium* meningkatkan jumlah bintil akar secara nyata menjadi 9.83 bintil per tanaman. Pemberian *Rhizobium*+M₁ dapat meningkatkan jumlah bintil akar secara signifikan dari perlakuan kontrol, untuk pemberian *Rhizobium*+M₂ berbeda nyata dengan kontrol. Pemberian *Rhizobium*+M₁+Santap dapat meningkatkan jumlah bintil akar dari perlakuan kontrol, sedangkan *Rhizobium*+M₂+Santap juga meningkatkan jumlah bintil akar dari perlakuan kontrol.

Perlakuan pupuk N pada kontrol, *Rhizobium*+M₁+Santap dan *Rhizobium*+M₂+ Santap tidak berbeda nyata dengan kontrol tanpa pupuk, sedangkan pemberian *Rhizobium*, *Rhizobium*+M₁ dan *Rhizobium*+M₂ berbeda nyata dengan kontrol tanpa pupuk.

Sementara itu perlakuan pupuk N+P pada kontrol dan *Rhizobium*+M₁+Santap tidak berbeda nyata dengan kontrol tanpa pupuk. Pemberian *Rhizobium*, *Rhizobium*+M₁, *Rhizobium*+M₂ dan *Rhizobium*+M₂+Santap berbeda nyata terhadap kontrol tanpa pupuk.

Namun peningkatan jumlah bintil akar secara signifikan terlihat pada perlakuan pupuk N+P yang dikombinasikan dengan *Rhizobium*+M₁.

Pada Tabel 4.3 peningkatan jumlah bintil akar pada perlakuan *Rhizobium* dan *Rhizobium* M₁ yang dikombinasi dengan perlakuan pupuk N maupun N+P pada pemberian *Rhizobium*, *Rhizobium*+M₂ dan *Rhizobium*+M₂+Santap tidak berbeda nyata dengan yang diperoleh pada perlakuan *Rhizobium* tanpa pupuk. Jadi lima perlakuan tersebut kurang bermanfaat untuk meningkatkan jumlah bintil akar karena pemberian *Rhizobium* tanpa pupuk sudah mampu meningkatkan jumlah bintil akar tanaman kedelai. Namun untuk mendapatkan jumlah bintil akar yang lebih banyak (dua kali lipat) dari perlakuan *Rhizobium* tanpa pupuk, dapat digunakan perlakuan *Rhizobium*+M₁ tanpa pupuk, sehingga perlakuan *Rhizobium*+M₁ yang dikombinasikan dengan pupuk N+P kurang bermanfaat untuk digunakan.

Pada penelitian ini, hasil analisis kimia tanah sebelum diberi perlakuan adalah dalam keadaan masam yakni memiliki pH 3.95 (Lihat Tabel 4.1). Namun, populasi *Rhizobium* pada tanah masam ini terbilang tinggi yaitu sebesar 4.081.632/1 gram tanah. Tingginya populasi *Rhizobium* pada tanah masam dikarenakan tanah yang digunakan sebagai media pertumbuhan tanaman kedelai sudah pernah digunakan sebelumnya. Tingginya populasi *Rhizobium* dalam tanah tersebut tidak diikuti oleh tingginya jumlah bintil akar yang dihasilkan pada tanaman, terbukti hasil rerata jumlah bintil akar pada perlakuan kontrol relatif rendah. Hal ini disebabkan karena *Rhizobium* dalam tanah tidak efektif dalam menginfeksi akar tanaman. Infeksi akar tanaman akan terlihat apabila ada perlakuan inokulasi. Menurut Yutono (1985), pengaruh inokulasi akan terlihat nyata apabila digunakan pada lahan yang mengandung unsur hara atau ketersediaan air rendah, sehingga inokulasi dapat mempercepat pemulihan lahan,

mampu bersaing dan beradaptasi terhadap lingkungannya, serta cocok dengan tanaman inangnya.

Salah satu unsur hara yang paling penting untuk parameter bintil akar adalah unsur N. Dalam penelitian ini, diketahui adanya inokulasi *Rhizobium* dapat memberikan pengaruh positif terhadap pertumbuhan bintil akar pada tanaman kedelai. Terjadi peningkatan rata-rata jumlah bintil akar yaitu sebesar 8.5 (dari kontrol 1.33 menjadi 9.83). Melalui pernyataan tersebut diketahui bahwa inokulasi *Rhizobium* yang digunakan merupakan isolat terbaik atau *Rhizobium* toleran masam, karena tidak semua bakteri bisa melakukan proses penambatan nitrogen dari udara bebas dalam keadaan tanahnya yang masam. Sehingga keefektifan *Rhizobium* yang diinokulasikan tersebut mampu mencukupi unsur hara yang diperlukan oleh tanaman.

Menurut Yutono (1985), kerjasama antara mikroba yang diinokulasikan dan tanaman serta unsur-unsur hara dalam tanah sangat diperlukan dalam pertumbuhan tanaman, karena tidak semua biakan *Rhizobium* mampu hidup bersimbiosis dan efektif melaksanakan proses penambatan nitrogen dari udara bebas. Dengan adanya biakan terpilih maka pemberian inokulum sebagai pupuk hayati dapat tercapai secara optimal. Populasi *Rhizobium* hidup bebas didalam tanah dengan jumlah populasi yang sangat dipengaruhi kondisi lingkungan. Prihastuti (2008) menambahkan faktor yang mempengaruhi hasil tersebut diantaranya: efektivitasnya dipengaruhi oleh faktor mikroba yang ada didalamnya serta lingkungan tumbuh yang sesuai bagi tanaman. Hal ini sesuai dengan pendapat Ponmurudan (2009) bahwa efektivitas agen hayati dipengaruhi oleh faktor strain mikroba yang ada didalamnya, lingkungan tumbuh dan genotip tanaman.

Jumlah bintil akar yang banyak, memberikan gambaran bahwa bakteri *Rhizobium* yang terkandung didalam inokulasi tersebut efektif dalam lingkungan tanah masam atau mampu bersaing hidup dengan jenis mikroba lain. Pemberian *Rhizobium*+M₁ tanpa pupuk terus meningkat sebesar 16.50 dan meningkat dua kali lebih banyak dari perlakuan *Rhizobium* tanpa pupuk. Hal ini terbukti pemberian inokulasi ganda antara bakteri *Rhizobium* dan bakteri pelarut fosfat memberikan efek sinergis terhadap jumlah bintil akar tanaman kedelai, selain itu jumlah populasi bakteri pelarut fosfat dalam tanah sebesar 887.000/1 gram tanah juga membantu kerja dari inokulasi yang diberikan sehingga bintil akar semakin banyak.

Menurut Prihastuti (2008) inokulasi ganda *beneficial microbe* yang terkandung dalam agen hayati menjadi suatu pandangan yang dapat meningkatkan produktivitas tanaman. Namun demikian, kemampuan inokulasi ganda ditentukan oleh jenis mikroba yang digunakan dan lingkungan tumbuh yang menjadi media untuk perkembangan dan aktifitasnya. Rao (1994) dalam Rahaju menambahkan bahwa gabungan *Rhizobium* dan BPF dapat bersimbiosa secara baik dan efektif sehingga dapat membantu efektifitas *Rhizobium* dalam menambat nitrogen bebas dari udara. Seperti diketahui bahwa *Pseudomonas* sebagai BPF dan *Rhizobium* sebagai bakteri penambat nitrogen dari udara adalah salah satu bakteri yang menghasilkan asam indolasetat (IAA) dengan jumlah sedikit kultur murni atau dalam asosiasi dengan tanaman yang secara morfologi genetik pengaruhnya akan terlihat pada pertumbuhan tanaman dan pembentukan bintil.

4.1.3 Berat Kering Tanaman Kedelai

Dari hasil analisis varian (ANOVA) yang telah dilakukan menunjukkan pemberian multi isolat *Rhizobium* dan bakteri pelarut fosfat memberikan pengaruh yang nyata pada

parameter berat kering tanaman karena $F_{hitung} > F_{tabel}$, sehingga adanya pengaruh ini dapat diuji lanjut dengan uji Duncan taraf 5% yang ada pada tabel 4.4 berikut:

Tabel 4.4 Rata-rata berat kering tanaman akibat pemberian inokulasi multi isolat bakteri *Rhizobium* dan bakteri pelarut fosfat

Perlakuan pupuk hayati (<i>Rhizobium</i> dan bakteri pelarut fosfat) dan pupuk organik/ santap)	Berat Kering (g)		
	Pupuk N dan P (g)		
	Tanpa Pupuk	N	N+P
Kontrol	16.41 ab	18.36 abcd	22.16 def
<i>Rhizobium</i>	19.61 abcde	20.95 cdef	22.95 ef
<i>Rhizobium</i> + M ₁	17.08 abc	21.08 cdef	24.00 f
<i>Rhizobium</i> + M ₂	20.91 cdef	20.83 cdef	18.16 abcd
<i>Rhizobium</i> + M ₁ + Santap	19.73 abcde	16.08 a	19.00 abcde
<i>Rhizobium</i> + M ₂ + Santap	18.75 abcd	20.25 bcdef	19.25 abcde

Keterangan : angka diikuti notasi yang sama berarti tidak beda nyata pada uji Duncan taraf 5%. M₁ = Bakteri pelarut fosfat multi isolat 1, M₂ = Bakteri pelarut fosfat multi isolat 2, N = Pupuk Urea (100 kg/ha), P = Pupuk SP 36 (200 kg/ha).

Pada perlakuan tanpa pupuk, pemberian *Rhizobium*+M₂ dapat meningkatkan berat kering tanaman dari perlakuan kontrol, sedangkan pemberian *Rhizobium*, *Rhizobium*+M₁, *Rhizobium*+M₁+Santap dan *Rhizobium*+M₂+Santap tidak berbeda nyata dengan kontrol.

Untuk perlakuan pupuk N pada kontrol dan *Rhizobium*+M₁+Santap tidak berbeda nyata dengan kontrol tanpa pupuk, sedangkan pemberian *Rhizobium*, *Rhizobium*+M₁, *Rhizobium*+M₂ dan *Rhizobium*+M₂+Santap dapat meningkatkan berat kering tanaman tetapi tidak nyata dibanding kontrol tanpa pupuk.

Sementara itu, perlakuan pupuk N+P pada kontrol dan *Rhizobium* berbeda nyata dengan kontrol tanpa pupuk. Perlakuan pupuk N+P yang dikombinasikan dengan pemberian *Rhizobium*+M₁ dapat meningkatkan berat kering tanaman secara signifikan, sedangkan pemberian *Rhizobium*+M₂, *Rhizobium*+M₁+Santap dan *Rhizobium*+M₂+Santap dapat meningkatkan berat kering tanaman tetapi tidak nyata pada kontrol.

Pada Tabel 4.4 perlakuan pupuk N+P yang dikombinasikan dengan *Rhizobium*+M₁ dapat meningkatkan berat kering tanaman secara signifikan yakni meningkat sebesar 46% dari kontrol tanpa pupuk. Hal ini terbukti bahwa pupuk P memberikan pengaruh dalam meningkatkan biomasa tanaman. Menurut Poerwowidodo (1992) dalam Risal (2008), menyatakan bahwa pemupukan P akan meningkatkan percabangan akar dan perkembangan akar lateral serta ini akan meningkatkan penggunaan dan pengangkutan P oleh tanaman. Dengan meningkatnya akar maka pertumbuhan juga akan semakin baik karena suplai nutrisi ke bagian batang dan daun juga menjadi tercukupi.

Perlakuan pupuk N yang dikombinasikan dengan *Rhizobium*, *Rhizobium*+M₁ dan *Rhizobium*+M₂ maupun perlakuan pupuk N+P yang dikombinasikan dengan kontrol, *Rhizobium* dan *Rhizobium*+M₁ tidak berbeda dengan yang diperoleh pada perlakuan *Rhizobium*+M₂ tanpa pupuk. Dengan demikian enam perlakuan dalam meningkatkan berat kering tanaman kurang bermanfaat karena perlakuan *Rhizobium*+M₂ tanpa pupuk mampu meningkatkan berat kering tanaman dengan efisiensi pemakaian pupuk N maupun N+P.

Pada parameter tinggi tanaman yang telah diulas sebelumnya memperlihatkan keefektifan *Rhizobium*+M₂ tanpa pupuk dalam meningkatkan tinggi tanaman. Dalam hal ini, berat kering tanaman juga mendapatkan hasil terbaik yang sama (konsisten) dengan parameter tinggi tanaman yakni pada perlakuan *Rhizobium*+M₂ tanpa pupuk. Jadi, hal ini jelas bahwa dengan bertambahnya tinggi tanaman maka akan bertambah juga biomasanya.

Berat kering tanaman merupakan berat total dari daun, batang, dan akar tanaman yang didalamnya terjadi berbagai reaksi kimia, seperti metabolisme, transfer energi, transpirasi, respirasi, fotosintesis dan sebagainya. Oleh karena itu, dengan berhasilnya reaksi kimia dalam

tanaman tersebut, maka secara otomatis ukuran dan sel-sel tanaman baik batang, akar dan daun akan mempengaruhi berat tanaman juga. Menurut Gardner (1991), berat kering tanaman adalah keseimbangan antara pengambilan CO₂ (fotosintesis) dan pengeluaran CO₂ (respirasi). Apabila respirasi lebih besar dibanding fotosintesis tumbuhan itu akan berkurang berat keringnya.

Pada tanah masam, pertumbuhan tanaman biasanya akan terhambat apabila kurang terpenuhinya unsur hara N dan P yang merupakan nutrisi penting untuk laju pertumbuhan. Unsur hara yang dibutuhkan dalam jumlah yang banyak untuk berat kering tanaman yaitu unsur hara N dan P. Unsur hara N dalam berat kering tanaman berhubungan dengan kemampuan akar dan bakteri *Rhizobium* dalam menambat nitrogen, yang mengakibatkan kebutuhan nitrogen sebagai faktor utama pembentuk klorofil daun. Tingginya kadar klorofil berpengaruh pada laju fotosintesis yang dihasilkan, sehingga kecukupan nitrogen mempengaruhi ukuran dan jumlah sel-sel tanaman. Selain unsur hara N, unsur hara P pada berat kering tanaman juga berperan pada proses fotosintesis dan respirasi, yaitu berperan untuk membentuk asam nukleat (DNA dan RNA), menyimpan serta memindahkan energi Adenosin Tri Phosphate (ATP) dan Adenosin Tri Phosphate (ADP), penghasil enzim, membantu proses asimilasi dan respirasi serta berperan aktif dalam mentransfer energi di dalam sel. Selain itu, berperan dalam pelebaran daun sehingga dengan daun yang lebar, maka akan semakin banyak cahaya yang diserap, dengan begitu akan mempengaruhi kelangsungan proses fotosintesis dan mempercepat proses fisiologis yang nantinya akan mempengaruhi hasil biji.

Menurut Tjionger (2006) pertumbuhan merupakan proses bertambahnya ukuran dan jumlah sel-sel tanaman yang diikuti oleh berat kering tanaman. Sumarsono (2010: 1) menambahkan analisis pertumbuhan merupakan suatu cara untuk mengikuti dinamika

fotosintesis yang diukur oleh produksi bahan kering. Pertumbuhan tanaman dapat diukur tanpa mengganggu tanaman, yaitu dengan pengukuran tinggi tanaman atau jumlah daun, tetapi sering kurang mencerminkan ketelitian kuantitatif. Akumulasi bahan kering sangat disukai sebagai ukuran pertumbuhan. Akumulasi bahan kering mencerminkan kemampuan tanaman dalam mengikat energi dari cahaya matahari melalui proses fotosintesis, serta interaksinya dengan faktor-faktor lingkungan lainnya. Distribusi akumulasi bahan kering pada bagian-bagian tanaman seperti akar, batang, daun dan bagian generatif, dapat mencerminkan produktivitas tanaman.

1.2 Hasil Tanaman Kedelai

1.2.1 Berat Biji

Hasil analisis varian variabel berat biji tanaman menunjukkan bahwa multi isolat *Rhizobium* dan bakteri pelarut fosfat berpengaruh nyata dalam meningkatkan berat biji tanaman kedelai saat tanaman tidak diberi pupuk, diberi pupuk N maupun pupuk N+P karena $F_{hitung} > F_{tabel}$ dengan taraf 5%, sehingga adanya pengaruh tersebut diuji lanjut menggunakan uji jarak Duncan seperti Tabel 4.5 dibawah ini:

Tabel 4.5 Rata-rata berat biji akibat pemberian inokulasi multi isolat bakteri *Rhizobium* dan bakteri pelarut fosfat

Perlakuan pupuk hayati (<i>Rhizobium</i> dan bakteri pelarut fosfat) dan pupuk organik/ santap)	Berat Biji Total (g)		
	Pupuk N dan P (g)		
	Tanpa Pupuk	N	N+P
Kontrol	1.18 a	1.58 ab	1.61 ab
<i>Rhizobium</i>	1.58 ab	1.78 abc	1.87 abc
<i>Rhizobium</i> + M₁	1.21 a	1.21 a	2.90 d
<i>Rhizobium</i> + M₂	1.42 a	1.49 a	1.61 ab
<i>Rhizobium</i> + M₁ + Santap	1.62 ab	2.40 cd	2.28 bcd
<i>Rhizobium</i> + M₂ + Santap	1.92 abc	2.29 bcd	1.78 abc

Keterangan : angka diikuti notasi yang sama berarti tidak beda nyata pada uji Duncan taraf 5%. M₁ = Bakteri pelarut fosfat multi isolat 1, M₂ = Bakteri pelarut fosfat multi isolat 2, N = Pupuk Urea (100 kg/ha), P = Pupuk SP 36 (200 kg/ha).

Pada Tabel 4.5 menunjukkan bahwa perlakuan tanpa pupuk dengan berbagai inokulasi multi isolat *Rhizobium* dan bakteri pelarut fosfat tidak dapat meningkatkan berat biji. Untuk perlakuan pupuk N pada kontrol, *Rhizobium*, *Rhizobium*+M₁, *Rhizobium*+M₂ tidak berbeda nyata dengan perlakuan kontrol tanpa pupuk. Sedangkan perlakuan pupuk N yang dikombinasikan dengan *Rhizobium*+M₁+Santap dan *Rhizobium*+M₂+Santap berbeda nyata dibanding kontrol tanpa pupuk.

Untuk perlakuan pupuk N+P pada kontrol, *Rhizobium*, *Rhizobium*+M₂ dan *Rhizobium*+M₂+Santap tidak berbeda nyata dengan kontrol tanpa pupuk, sedangkan pemberian *Rhizobium*+M₁ berbeda nyata dengan kontrol tanpa pupuk. Perbedaan tersebut dapat diketahui dari prosentasenya sebesar 145% dengan (selisih 1.72 g) dari 1.18 g menjadi 2.90 g. Prosentase tersebut dapat meningkatkan dua kali lipat dari hasil perlakuan kontrol. Meskipun perlakuan pupuk N+P yang dikombinasikan dengan *Rhizobium*+M₁ memberikan perbedaan yang signifikan, namun tidak berbeda dengan yang diperoleh pada perlakuan *Rhizobium*+M₁+Santap yang dikombinasikan dengan pupuk N. Dengan demikian, perlakuan *Rhizobium*+M₁+Santap yang dikombinasikan dengan pupuk N lebih bermanfaat dalam meningkatkan berat biji tanaman kedelai dengan efisiensi pemakaian pupuk P.

Bila dilihat dari perlakuan *Rhizobium*+M₁+Santap dapat menaikkan berat biji disebabkan karena lingkungan yang sesuai untuk kemampuan bakteri dalam melarutkan fosfat. Menurut Simamarta (1995) mengemukakan bahwa aplikasi berbagai pupuk biologis pada lahan marginal di Indonesia, ternyata mampu meningkatkan ketersediaan hara dan hasil berbagai tanaman kacang-kacangan.

Berat biji adalah berat dari hasil biji. Hasil biji merupakan faktor yang paling menentukan hasil tanaman kedelai, karena hasil biji yang baik hanya akan diperoleh jika pertumbuhan dan perkembangan tanaman kedelai dalam keadaan baik.

Pada tanah masam biji yang dihasilkan biasanya dapat terhambat karena kurang terpenuhinya unsur hara yang berperan dalam proses pembentukan biji. Akan tetapi adanya perlakuan *Rhizobium*+M₁+Santap yang dikombinasikan dengan pupuk N dapat meningkatkan berat biji karena komposisi dari pupuk santap didalamnya sudah tersedia unsur hara P, dimana dalam pembentukan biji, unsur hara yang paling dibutuhkan dalam pembentukan biji yaitu unsur hara P. Unsur hara P dapat membentuk ikatan fosfat berdaya tinggi yang dipergunakan untuk mempercepat proses fisiologis. Menurut Sutedjo (2002), fungsi dari fosfor (P) dalam tanaman yaitu dapat mempercepat pertumbuhan akar semai, dapat mempercepat serta memperkuat tanaman muda menjadi dewasa pada umumnya, dan dapat mempercepat pembungaan dan pemasakan buah, biji.

1.2.2 Berat 100 Biji

Dari hasil analisis varian (ANOVA) diketahui bahwa ada pengaruh nyata pada pemberian multi isolat *Rhizobium* dan bakteri pelarut fosfat pada berat 100 biji karena F hitung > F tabel, sehingga pengaruh tersebut dapat diuji lanjut dengan uji Duncan taraf 5% yang disajikan pada tabel 4.6 dibawah ini:

Tabel 4.6 Rata-rata berat 100 biji akibat pemberian inokulasi multi isolat bakteri *Rhizobium* dan bakteri pelarut fosfat.

Perlakuan pupuk hayati (<i>Rhizobium</i> dan bakteri pelarut fosfat) dan pupuk organik/ santap)	Berat 100 Biji (g)		
	Pupuk N dan P (g)		
	Tanpa Pupuk	N	N+P
Kontrol	6.29 a	6.89 abcd	6.65 ab
<i>Rhizobium</i>	6.71 abc	6.82 abcd	8.30 ef
<i>Rhizobium</i> + M₁	8.13 def	9.30 f	9.42 f
<i>Rhizobium</i> + M₂	7.83 bcde	7.68 bcde	8.88 ef
<i>Rhizobium</i> + M₁ + Santap	6.92 abcd	8.48 ef	7.51 abcde
<i>Rhizobium</i> + M₂ + Santap	7.72 bcde	8.09 cdef	7.64 abcde

Keterangan : angka diikuti notasi yang sama berarti tidak beda nyata pada uji Duncan taraf 5%. M₁ = Bakteri pelarut fosfat multi isolat 1, M₂ = Bakteri pelarut fosfat multi isolat 2, N = Pupuk Urea (100 kg/ha), P = Pupuk SP 36 (200 kg/ha).

Pada perlakuan tanpa pupuk, pemberian *Rhizobium* dan *Rhizobium*+M₁+ Santap tidak berbeda nyata dengan kontrol, sedangkan pemberian *Rhizobium*+M₁, *Rhizobium*+M₂ dan *Rhizobium*+M₂+Santap berbeda nyata dengan kontrol.

Perlakuan pupuk N pada kontrol dan *Rhizobium* tidak berbeda nyata dengan kontrol tanpa pupuk, sedangkan perlakuan pupuk N yang dikombinasikan dengan *Rhizobium*+M₁, *Rhizobium*+M₂, *Rhizobium*+M₁+Santap dan *Rhizobium*+M₂+Santap berbeda nyata dengan kontrol tanpa pupuk.

Untuk perlakuan pupuk N+P pada kontrol, *Rhizobium*+M₁+Santap dan *Rhizobium*+M₂+Santap tidak berbeda nyata dengan kontrol tanpa pupuk, sedangkan pemberian *Rhizobium*, *Rhizobium*+M₁ dan *Rhizobium*+M₂ berbeda nyata dengan kontrol.

Berdasarkan tabel 4.6 diketahui bahwa, perlakuan terbaik berat 100 biji tanaman kedelai tanpa pupuk, dengan pupuk N dan pupuk N+P adalah perlakuan *Rhizobium*+M₁, dengan meningkatkan rerata berturut-turut 8.13 g, 9.30 g dan 9.42 g berbeda nyata dengan kontrol tanpa pupuk. Peningkatan berat 100 biji dapat diketahui dari prosentase peningkatannya sebesar 50% (dari 6.29 g menjadi 9.42 g). Perlakuan *Rhizobium*+M₁ yang

dikombinasi dengan pupuk N maupun N+P dalam meningkatkan berat 100 biji tanaman kedelai tidak berbeda nyata dengan perlakuan *Rhizobium*+M₁ tanpa pupuk, sehingga perlakuan *Rhizobium*+M₁ tanpa pupuk lebih bermanfaat untuk digunakan karena efisien terhadap penggunaan pupuk N maupun N+P. Tingginya pengaruh *Rhizobium*+M₁ dalam meningkatkan berat 100 biji tanaman kedelai dikarenakan keefektifan masing-masing antara bakteri *Rhizobium* dan bakteri pelarut fosfat yang diinokulasikan mampu bekerjasama untuk menyediakan unsur hara yang cukup untuk proses biokimia yang terjadi didalam tanaman, sehingga dengan pemberian inokulasi ganda mampu memberikan efek sinergisme bagi berat 100 biji tanaman kedelai. Hubungan antara mikroba yang terkandung dalam multi isolat *Rhizobium* dan bakteri pelarut fosfat tidak dapat diabaikan, karena secara bersama-sama dapat meningkatkan hasil berat 100 biji.

Menurut Soegiman (1982), suatu tanaman akan tumbuh dan mencapai tingkat produksi tinggi apabila unsur hara yang dibutuhkan tanaman dalam keadaan cukup dan berimbang dalam tanah. Ditambahkan oleh Sarief (1985), Meningkatnya unsur hara akan menghasilkan protein lebih banyak dan meningkatkan fotosintesis pada tanaman, sehingga ketersediaan karbohidrat akan meningkat yang dapat digunakan untuk memproduksi biji lebih banyak.

Pada tanah masam biji yang dihasilkan biasanya mengalami penurunan karena kurang terpenuhinya unsur hara yang berperan dalam proses pembentukan biji. Akan tetapi, perlakuan *Rhizobium*+M₁ tanpa pupuk ternyata dapat memenuhi unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman. Salah satu unsur hara yang berperan penting dalam proses pembentukan biji adalah unsur P. Sebagaimana pendapat Soepardi (1983), bahwasannya P merupakan salah satu unsur hara yang terpenting pada kelangsungan hidup tanaman, yang berperan langsung pada berbagai proses metabolisme termasuk terbentuknya biji.

4.3 Kajian Tentang Hasil Penelitian dalam Perspektif Islam

Islam sebagai agama “*Rahmatan lil Alamin*” selalu mengisyaratkan kepada manusia untuk selalu berbuat baik. Salah satunya berbuat baik kepada lingkungan dengan cara menghidupkan tanah mati atau kurang produktif dan mengambil manfaat secukupnya. Indikasi tanah yang hidup (baik) adalah tanah yang apabila ditanami dapat menumbuhkan tanaman yang subur dan meningkatkan produksi pertanian, sehingga dapat dijadikan rizqi bagi penanam.

Penelitian ini menunjukkan bahwa, media tanah yang digunakan adalah tanah masam (mati/tidak produktif) dengan pH 3.95. Hal ini sesuai dengan firman Allah SWT yang telah menciptakan berbagai jenis tanah diantaranya terdapat tanah yang subur (non masam) dan tanah yang tidak subur (masam) dalam Al Qur’an surat Al A’raf (7) ayat 58 yang berbunyi:

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

Artinya: Dan tanah yang baik, tanaman-tanamannya tumbuh subur dengan seizin Allah; dan tanah yang tidak subur, tanaman-tanamannya Hanya tumbuh merana. Demikianlah kami mengulangi tanda-tanda kebesaran (kami) bagi orang-orang yang bersyukur (Q.S Al A’raf / 7: 58).

Definisi tanah mati (tidak subur) dalam kajian penelitian ini disebut sebagai tanah masam. Tanah masam disebut ”tanah mati” disebabkan kandungan unsur hara yang berperan dalam peningkatan pertumbuhan dan hasil tanaman tidak tersedia secara cukup, sehingga tanaman tidak bisa tumbuh optimal, yang dicirikan dengan tanaman kerdil dan tidak menghasilkan biji. Hal ini sebagaimana yang dijelaskan oleh Koswara dan Leiwakabessy (1972) dalam Sofia (2007), bahwa kekurangan unsur hara pada tanah masam akan menyebabkan pertumbuhan tanaman menjadi kerdil akibat keracunan aluminium.

Sebagai wujud rasa syukur kita kepada Allah SWT, kita harus menjaga dan memanfaatkan tanah dengan baik karena tanah merupakan unsur penting dalam kehidupan manusia, oleh karena itu pengelolaan tanah menjadi hal pokok yang harus dilakukan supaya menghasilkan sesuatu yang bernilai/bermanfaat. Dalam penelitian ini, menunjukkan bahwa tanah yang kurang produktif dapat dimanfaatkan melalui pengelolaan tanah dengan tujuan agar tanah menjadi subur yaitu melalui pemberian pupuk hayati berupa inokulasi multi isolat *Rhizobium* dan bakteri pelarut fosfat, sehingga adanya pupuk tersebut dapat meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai. Allah berfirman dalam Al Qur'an surat Yaasiin (36) ayat 33-34 yang berbunyi:

وَأَيُّهُمْ الْأَرْضُ الْمَيِّتَةُ أَحْيَيْنَاهَا وَأَخْرَجْنَا مِنْهَا حَبًّا فَمِنْهُ يَأْكُلُونَ ﴿٣٣﴾ وَجَعَلْنَا فِيهَا جَنَّاتٍ
مِّنْ خَيْلٍ وَأَعْنَابٍ وَفَجْرَتًا فِيهَا مِنَ الْعُيُونِ ﴿٣٤﴾

Artinya: 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. Dan kami jadikan padanya kebun-kebun kurma dan anggur dan kami pancarkan padanya beberapa mata air (Q.S Yaasiin / 36: 33-34).

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, 2005:58).

Pada penelitian ini, adanya pemberian inokulasi multi isolat *Rhizobium* dan bakteri pelarut fosfat memberikan pengaruh pada pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai sehingga keberadaan mikroba (bakteri) sangat bermanfaat bagi manusia. Bakteri *Rhizobium* dan bakteri pelarut fosfat secara penglihatan merupakan organisme kasat mata, namun banyak memiliki potensi didalamnya. Sehingga kita sebagai manusia harus tunduk kepada Allah bahwasannya seluruh ciptaan di jagad raya ini baik besar ataupun kecil, tampak atau tidak tampak semua itu

diciptakan dalam keadaan sempurna dan tidak ada yang sia-sia. Allah berfirman dalam Al Qur'an surat Al Mulk (67) ayat 3-4 yang berbunyi:

الَّذِي خَلَقَ سَبْعَ سَمَاوَاتٍ طِبَاقًا ۗ مَا تَرَىٰ فِي خَلْقِ الرَّحْمَنِ مِن تَفَوتٍ ۗ فَأَرْجِعِ الْبَصَرَ
هَلْ تَرَىٰ مِن فُطُورٍ ۗ ثُمَّ أَرْجِعِ الْبَصَرَ كَرَّتَيْنِ يَنقَلِبْ إِلَيْكَ الْبَصَرُ خَاسِئًا وَهُوَ حَسِيرٌ ﴿٤﴾

Artinya : Yang Telah menciptakan tujuh langit berlapis-lapis. kamu sekali-kali tidak melihat pada ciptaan Tuhan yang Maha Pemurah sesuatu yang tidak seimbang. Maka Lihatlah berulang-ulang, Adakah kamu lihat sesuatu yang tidak seimbang? Kemudian pandanglah sekali lagi niscaya penglihatanmu akan kembali kepadamu dengan tidak menemukan sesuatu cacat dan penglihatanmu itupun dalam keadaan payah. (Q.S Al Mulk/ 67: 3-4).

Menurut Dwidjoseputro (2005:23), bakteri itu kecil sekali, sehingga kita memerlukan mikroskop sebagai alat untuk dapat mengamatinya

BAB V

PENUTUP

1.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan bahwa:

1. Inokulasi Multi isolat *Rhizobium* dan bakteri pelarut fosfat memberikan efek sinergisme pada semua parameter pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai.
2. Perlakuan *Rhizobium*+M₁ tanpa pupuk adalah perlakuan terbaik yang dapat meningkatkan pertumbuhan tinggi tanaman sebesar 32.49 cm, jumlah bintil akar sebesar 16.50 g, dan berat 100 biji sebesar 8.13 g.
3. Terdapat interaksi antara pemberian inokulasi multi isolat *Rhizobium* dan bakteri pelarut fosfat yang dikombinasikan dengan pupuk N maupun N+P pada tinggi tanaman, berat kering, berat biji maupun berat 100 biji tanaman kedelai.

1.2 Saran

Penulis mengharapkan adanya penelitian lanjutan tentang sinergisme multi isolat *Rhizobium* dan bakteri pelarut fosfat dengan variasi dosis yang dikombinasikan pupuk N maupun pupuk N+P pada parameter jumlah polong, jumlah biji total maupun jumlah biji utuh.

DAFTAR PUSTAKA

- Afzal, A. and B. Asghari. 2008. *Rhizobium and Phosphate Solubilizing Bacteria Improve the Yield and Phosphorus Uptake in Wheat (Triticum aestivum L.)*. Int. J. Agri. Biol., 10:85-88.
- Anas, Iswandi. 1989. *Biologi Tanah dalam Praktek*. Bogor: ITB.
- Dwidjoseputro, D. 2005. *Dasar-dasar Mikrobiologi*. Jakarta: Djambatan. Hlm: 23.
- Elviati, Deni. 2005. *Peranan Mikroba Pelarut Fosfat terhadap Pertumbuhan Tanaman*. Sumatera Utara: Universitas Sumatera Utara.
- Farida dan J. S. Hamdani. 2011. *Pertumbuhan dan Hasil Bunga Gladiol pada Dosis Pupuk Organik Bokashi dan Dosis Pupuk Nitrogen yang berbeda*. J. Bionatura: Biologi Terapan 3 (2): 68-76.
- Gangasuresh. 2010. *Synergistic Efficiency of Phosphate solubilizer associated with Nitrogen fixer on the Growth of Soybean (Glycine max)*. International Journal of Biological Technology. South India.1 (2) : 124-130.
- Gardner, dkk. 1991. *Fisiologi Tanaman Budidaya*. Jakarta : Universitas Indonesia Press.
- Glick, BR. 1995. *The Enhancement of Plant Growth by Free Living Bacteria*. Canadian Journal Microbiology 41: 109 – 117.
- Harjowigeno, S. 2003. 1992. *Ilmu Tanah*. Jakarta: Akademika Presindo.
- Hamka. 1976. *Tafsir Al Azhar*. Surabaya: PT. Bina Ilmu Offset. Hlm: 43-46.
- Ja'far, Abu. 2008. *Tafsir Ath-Thabari/Abu Ja'far Muhammad bin Jarir Ath-Thabari*. Penerjemah, Abdul Somad, Yusuf Hamdani. Jakarta: Pustaka Azzam. Hlm: 213-214.
- Kersanah. 2007. *Sinergi Sebagai Pendorong Inovasi*. www.elib.pdii.lipi.go.id. Diakses tanggal 19 Agustus 2011.
- Lingga. 2004. *Petunjuk Penggunaan Pupuk*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Maesen, Van Der. 1993. *Prosea Sumber Daya Nabati Asia Tenggara 1 Kacang-kacangan*. Jakarta: PT. Gramedia. Hlm: 43.
- Mustafa, Ahmad. 1993. *Tafsir Al-Maraghi*. Penerjemah, Bahrin Abu Bakar, Hery Noer Aly dan Anshori Umar Sitanggal. Semarang: CV. Toha Putra Semarang. Hlm: 11-13.
- Nasahi, Ceppy. 2010. *Peran Mikroba Dalam Pertanian Organik*. Bandung : Universitas Padjadjaran.

- Rahaju, Sri. 1994. *Pemanfaatan Inokulan Rhizobium dan BPF Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Kacang Tanah di Lahan Bekas Galian Emas Jampang*. Balitbang Botani, Puslitbang Biologi LIPI.
- Rahmawati, Nini. 2005. *Pemanfaatan Biofertilizer pada Pertanian Organik*. Medan: Departemen Budidaya Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara.
- Rao, N. S. S. 1982. *Phospate Solubilization by Soil Microorganism*. In N.S Rao (ed.) *Advanced in Agricultural Microbiology*. New Delhi: Oxford and IBH Publishing Co.
- Risal, Ardika. 2008. *Pengaruh Seresah dan Takaran Pupuk P Terhadap P tersedia dan Serapan P Jagung pada Tanah Napalan Bangunjiwo Bantul*. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan* Vol. 8, No. 2: 114-120
- Rosmarkam, Afandie. 2002. *Ilmu Kesuburan Tanah*. Yogyakarta: Penerbit Kanisius. Hal: 29.
- Sarief., S, 1989. *Kesuburan dan Pemupukan Tanah Pertanian*. Bandung; Pustaka Buana.
- Simamarta. 2005. *Aplikasi Pupuk Biologis dan Pupuk Organik Untuk Meningkatkan Kesehatan Tanah dan Hasil Tanaman Tomat (Lycopersicon esculentum Mill.)* Jatinangor. *J. Agroland* 12 (3): 261-266).
- Simanungkalit. 2006. *Pupuk Organik dan Pupuk Hayati Organic Fertilizer and Biofertilizer*. Bogor: Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian.
- Soegiman, 1982. *Ilmu Tanah (Telah di Terjemahkan)* Jakarta; Bhatara Karya Aksara.
- Sumarno, 1999. *Strategi pengembangan produksi kedelai nasional mendukung Gema Palagung 2001*. Dalam: N. Sunarlim, D. Pasaribu, dan Sunihardi (ed.). *Strategi Pengembangan Kedelai. Prosiding Lokakarya Pengembangan Produksi Kedelai Nasional*. Puslitbangtan, Bogor, 16 Maret 1999. h: 7-13.
- Sutedjo, dkk. 1991. *Mikrobiologi Tanah*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Sutedjo, Mul Mulyani. 2002. *Pengantar Ilmu Tanah*. Jakarta: PT Rineka Cipta .hal 86-87.
- Tabloid Sinar Tani, 2011. *Varietas Unggul: Salah Satu Upaya Tingkatkan Produksi Kedelai, dalam www.sinartani.com. Diakses tanggal 19 Agustus 2011.*
- Yutono. 1985. *Inokulasi Rhizobium pada Kedelai*. Bogor: Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Puslitbangtan.

LAMPIRAN-LAMPIRAN

LAMPIRAN 1

Deskripsi Kedelai Varietas Anjasmoro

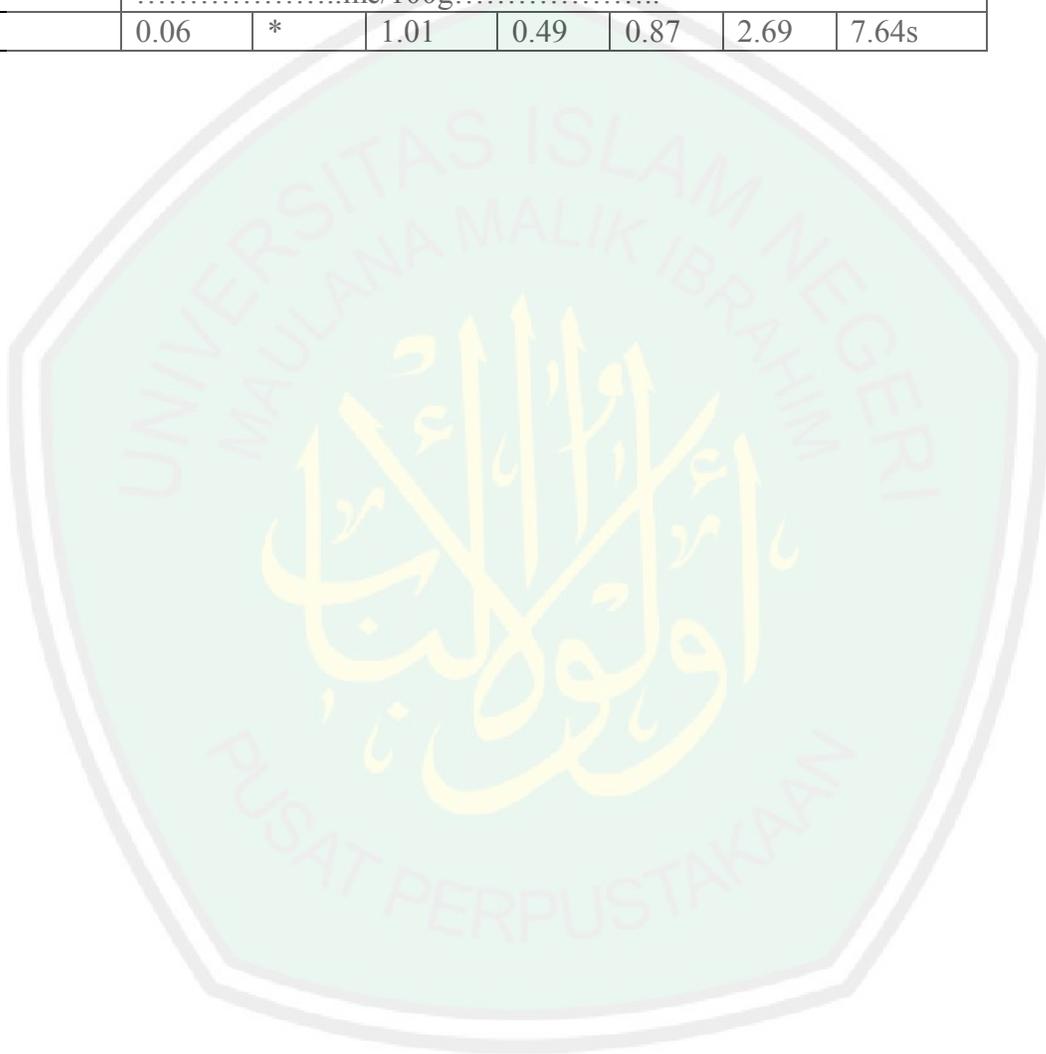
Nama Varietas	: Anjasmoro
Kategori	: Varietas unggul nasional (released variety)
SK	: 537/Kpts/TP.240/10/2001 tanggal 22 Oktober tahun 2001
Tahun	: 2001
Tetua	: Seleksi massa dari populasi galur murni MANSURIA
Potensi Hasil	: 2.25-2.03 ton/ha
Pemulia	: Takashi Sanbuichi, Nagaaki Sekiya, Jamaluddin M, Susanto, Darman M.Arsyad, Muchlish Adie
Nama galur	: MANSURIA 395-49-4
Warna hipokotil	: Ungu
Warna epikotil	: Ungu
Warna daun	: Hijau
Warna bulu	: Putih
Warna bunga	: Ungu
Warna polong masak	: Coklat muda
Warna kulit biji	: Kuning
Warna hilum	: Kuning kecoklatan
Tipe pertumbuhan	: Determinate
Bentuk daun	: Oval
Ukuran daun	: Lebar
Perkecambahan	: 78-76%
Tinggi tanaman	: 64-68 cm
Jumlah cabang	: 2.9-5.6
Jumlah buku pada batang utama:	12.9-14.8
Umur berbunga	: 35.7-39.4 hari
Umur masak	: 82.5-92.5 hari
Berat 100 biji	: 14.8-15.3 gram
Kandungan protein	: 41.78-42.05%
Kandungan lemak	: 17.12-18.60%
Ketahanan terhadap kerebahan	: Tahan
Ketahanan terhadap karat daun	: Sedang
Ketahanan terhadap pecah polong	: Tahan

LAMPIRAN 2

Tabel Analisis Kimia Tanah

Perlakuan	pH	Co	N	P ₂ O ₅	SO ₄	Fe	Mn	Cu	Zn	
	H ₂ O	KCl.....%.....ppm.....								
	3.95	3.6	1.13	0.10	8.18	*	109	44.6	0.33	0.87

Perlakuan	K	Na	Ca	Mg	Al-dd	H-dd	KTK
me/100g.....						
	0.06	*	1.01	0.49	0.87	2.69	7.64s



LAMPIRAN 3

1. Hasil Analisis Tinggi tanaman

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: tinggi

Source	Type II Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	47404.012 ^a	20	2370.201	279.507	.000
inokulasi	132.381	5	26.476	3.122	.020
pupuk	91.257	2	45.629	5.381	.009
inokulasi * pupuk	207.089	10	20.709	2.442	.026
ulangan	16.823	2	8.412	.992	.381
Error	288.318	34	8.480		
Total	47692.330	54			

a. R Squared = .994 (Adjusted R Squared = .990)

tinggi

Duncan^{a,b}

perlakuan	N	Subset			
		1	2	3	4
12	3	23.5833			
3	3	24.0000	24.0000		
1	3	26.5833	26.5833	26.5833	
18	3	27.5000	27.5000	27.5000	27.5000
7	3	27.6667	27.6667	27.6667	27.6667
8	3	27.7461	27.7461	27.7461	27.7461
6	3	28.4961	28.4961	28.4961	28.4961
13	3		29.1667	29.1667	29.1667
9	3			29.6628	29.6628
11	3			29.8295	29.8295
2	3			30.9128	30.9128
16	3			30.9128	30.9128
5	3			31.4961	31.4961
4	3			32.2461	32.2461
17	3				32.4128
10	3				32.4961
14	3				32.8333
15	3				33.2461
Sig.		.080	.066	.052	.051

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type II Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 8.480.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

LAMPIRAN 4

2. Hasil Analisis Bintil akar

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: tinggi

Source	Type II Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	4207.667 ^a	20	210.383	61.094	.000
inokulasi	524.597	5	104.919	30.468	.000
pupuk	305.444	2	152.722	44.349	.000
inokulasi * pupuk	580.000	10	58.000	16.843	.000
ulangan	2.583	2	1.292	.375	.690
Error	117.083	34	3.444		
Total	4324.750	54			

a. R Squared = .973 (Adjusted R Squared = .957)

bintil.akar

Duncan^{a,b}

perlakuan	N	Subset				
		1	2	3	4	5
2	3	1.0000				
1	3	1.3333	1.3333			
17	3	1.3333	1.3333			
14	3	1.5000	1.5000			
3	3	1.6667	1.6667			
7	3		4.6667	4.6667		
15	3		4.6667	4.6667		
11	3			5.3333		
8	3			6.6667	6.6667	
5	3			7.3333	7.3333	
16	3			7.3333	7.3333	
18	3			7.3333	7.3333	
4	3				9.8333	
6	3				10.0000	
12	3				10.0000	
13	3					15.8333
10	3					16.5000
9	3					17.1667
Sig.		.700	.060	.135	.063	.414

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type II Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 3.444.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

LAMPIRAN 5

3. Hasil Analisis Berat Kering

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: berat.kering

Source	Type II Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	21317.530 ^a	20	1065.877	246.214	.000
inokulasi	58.164	5	11.633	2.687	.038
pupuk	43.053	2	21.527	4.973	.013
inokulasi * pupuk	132.949	10	13.295	3.071	.007
ulangan	2.210	2	1.105	.255	.776
Error	147.188	34	4.329		
Total	21464.718	54			

a. R Squared = .993 (Adjusted R Squared = .989)

berat.kering

Duncan^{a,b}

perlakuan	N	Subset					
		1	2	3	4	5	6
14	3	16.0833					
1	3	16.4194	16.4194				
7	3	17.0861	17.0861	17.0861			
12	3	18.1694	18.1694	18.1694	18.1694		
2	3	18.3667	18.3667	18.3667	18.3667		
16	3	18.7528	18.7528	18.7528	18.7528		
15	3	19.0000	19.0000	19.0000	19.0000	19.0000	
18	3	19.2556	19.2556	19.2556	19.2556	19.2556	
4	3	19.6167	19.6167	19.6167	19.6167	19.6167	
13	3	19.7361	19.7361	19.7361	19.7361	19.7361	
17	3		20.2528	20.2528	20.2528	20.2528	20.2528
11	3			20.8333	20.8333	20.8333	20.8333
10	3			20.9194	20.9194	20.9194	20.9194
5	3			20.9528	20.9528	20.9528	20.9528
8	3			21.0861	21.0861	21.0861	21.0861
3	3				22.1667	22.1667	22.1667
9	3					22.9500	22.9500
6	3						24.0028
Sig.		.076	.063	.056	.056	.056	.064

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type II Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 4.329.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

LAMPIRAN 6

4. Hasil Analisis Berat Biji

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: tinggi

Source	Type II Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	179.312 ^a	20	8.966	58.726	.000
inokulasi	2.963	5	.593	3.881	.007
pupuk	2.441	2	1.220	7.994	.001
inokulasi * pupuk	5.241	10	.524	3.433	.003
ulangan	.143	2	.071	.468	.630
Error	5.191	34	.153		
Total	184.502	54			

a. R Squared = .972 (Adjusted R Squared = .955)

berat.biji.total

Duncan^{a,b}

perlakuan	N	Subset			
		1	2	3	4
1	3	1.1833			
7	3	1.2133			
8	3	1.2167			
10	3	1.4233			
11	3	1.4933			
2	3	1.5833	1.5833		
4	3	1.5867	1.5867		
12	3	1.6133	1.6133		
3	3	1.6167	1.6167		
13	3	1.6300	1.6300		
18	3	1.7800	1.7800	1.7800	
5	3	1.7900	1.7900	1.7900	
6	3	1.8733	1.8733	1.8733	
16	3	1.9267	1.9267	1.9267	
15	3		2.2867	2.2867	2.2867
17	3		2.2933	2.2933	2.2933
14	3			2.4033	2.4033
9	3				2.9000
Sig.		.059	.068	.098	.087

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type II Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = .153.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

LAMPIRAN 7

5. Hasil Analisis Berat 100 Biji

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: berat.100.biji

Source	Type II Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	3278.853 ^a	20	163.943	320.295	.000
inokulasi	22.969	5	4.594	8.975	.000
pupuk	6.290	2	3.145	6.145	.005
inokulasi * pupuk	13.753	10	1.375	2.687	.015
ulangan	1.450	2	.725	1.417	.257
Error	17.403	34	.512		
Total	3296.256	54			

a. R Squared = .995 (Adjusted R Squared = .992)

berat.100.biji

Duncan^{a,b}

perlakuan	N	Subset					
		1	2	3	4	5	6
1	3	6.2900					
3	3	6.6533	6.6533				
4	3	6.7167	6.7167	6.7167			
5	3	6.8267	6.8267	6.8267	6.8267		
2	3	6.8900	6.8900	6.8900	6.8900		
13	3	6.9233	6.9233	6.9233	6.9233		
15	3	7.5133	7.5133	7.5133	7.5133	7.5133	
18	3	7.6433	7.6433	7.6433	7.6433	7.6433	
11	3		7.6833	7.6833	7.6833	7.6833	
16	3		7.7233	7.7233	7.7233	7.7233	
10	3		7.8333	7.8333	7.8333	7.8333	
17	3			8.0900	8.0900	8.0900	8.0900
7	3				8.1300	8.1300	8.1300
6	3					8.3067	8.3067
8	3					8.4800	8.4800
12	3					8.8800	8.8800
14	3						9.3000
9	3						9.4233
Sig.		.052	.095	.053	.065	.054	.054

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type II Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = .512.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

LAMPIRAN 8**1. Konversi 100 Biji**

Menghitung konversi/ 100 biji dengan rumus:

$$\frac{100}{\text{Jumlah Biji}} \times \text{Berat Biji} = \text{Berat 100 Biji}$$

2. Prosentase Produksi Biji Tanaman Kedelai

Nilai Tertinggi – Nilai Terendah = Hasil Selisih / Nilai Terendah x 100%

Prosentase =%

a. Prosentase Berat Biji

$$\frac{2.90 - 1.18}{1.18} \times 100\% = \frac{1.72}{1.18} \times 100\% = 1.45 \times 100\% = 145\%$$

b. Berat 100 Biji

$$\frac{9.42 - 6.29}{6.29} \times 100\% = \frac{3.13}{6.29} \times 100\% = 0.5 \times 100\% = 50\%$$

LAMPIRAN 9**Konversi Kebutuhan Pupuk**

Pupuk Urea : 100 Kg/ha

Pupuk SP 36 : 200 Kg/ha

Berat Tanah : 5 Kg/pot

Berat 1 hektar lapisan olah tanah (HLO)

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

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

$$\begin{aligned} \text{Berat 1 HLO} &= 10^8 \text{ m}^2 \times 20 \text{ cm} \times 1 \text{ g cm}^{-3} \\ &= 2.10^9 \text{ g} \\ &= 2.10^6 \text{ Kg tanah ha}^{-1} \end{aligned}$$

$$\text{Kebutuhan Pupuk/pot} = \frac{\text{Bobot Tanah} \times \text{Kebutuhan pupuk/ha}}{\text{Bobot HLO}}$$

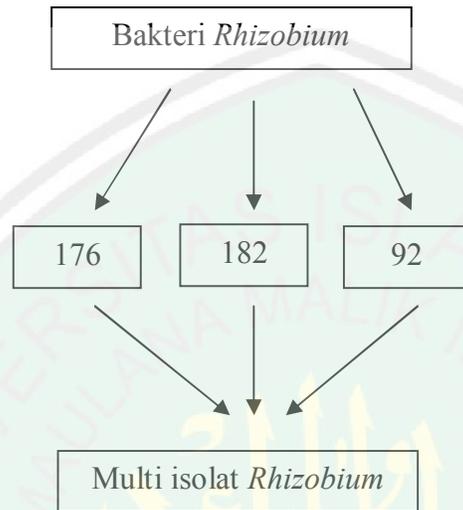
$$\begin{aligned} \text{Urea } 100 \text{ Kg/ha (5 Kg)} &= \frac{5}{2.10^6} \times 100 \text{ Kg ha}^{-1} \\ &= \frac{5}{2.000.000} \times 100.000 \text{ g} \\ &= 0.25 \text{ g Urea/pot} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{SP 36 } 200 \text{ Kg/ha (5 Kg)} &= \frac{5}{2.10^6} \times 200 \text{ Kg ha}^{-1} \\ &= \frac{5}{2.000.000} \times 200.000 \text{ g} \\ &= 0.5 \text{ g SP 36/pot} \end{aligned}$$

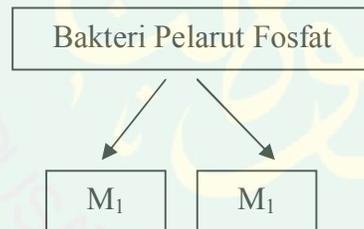
LAMPIRAN 10

1. Pembuatan Inokulum Bakteri *Rhizobium* dan Bakteri Pelarut Fosfat

a. Menyiapkan inokulum bakteri multiisolat *Rhizobium*

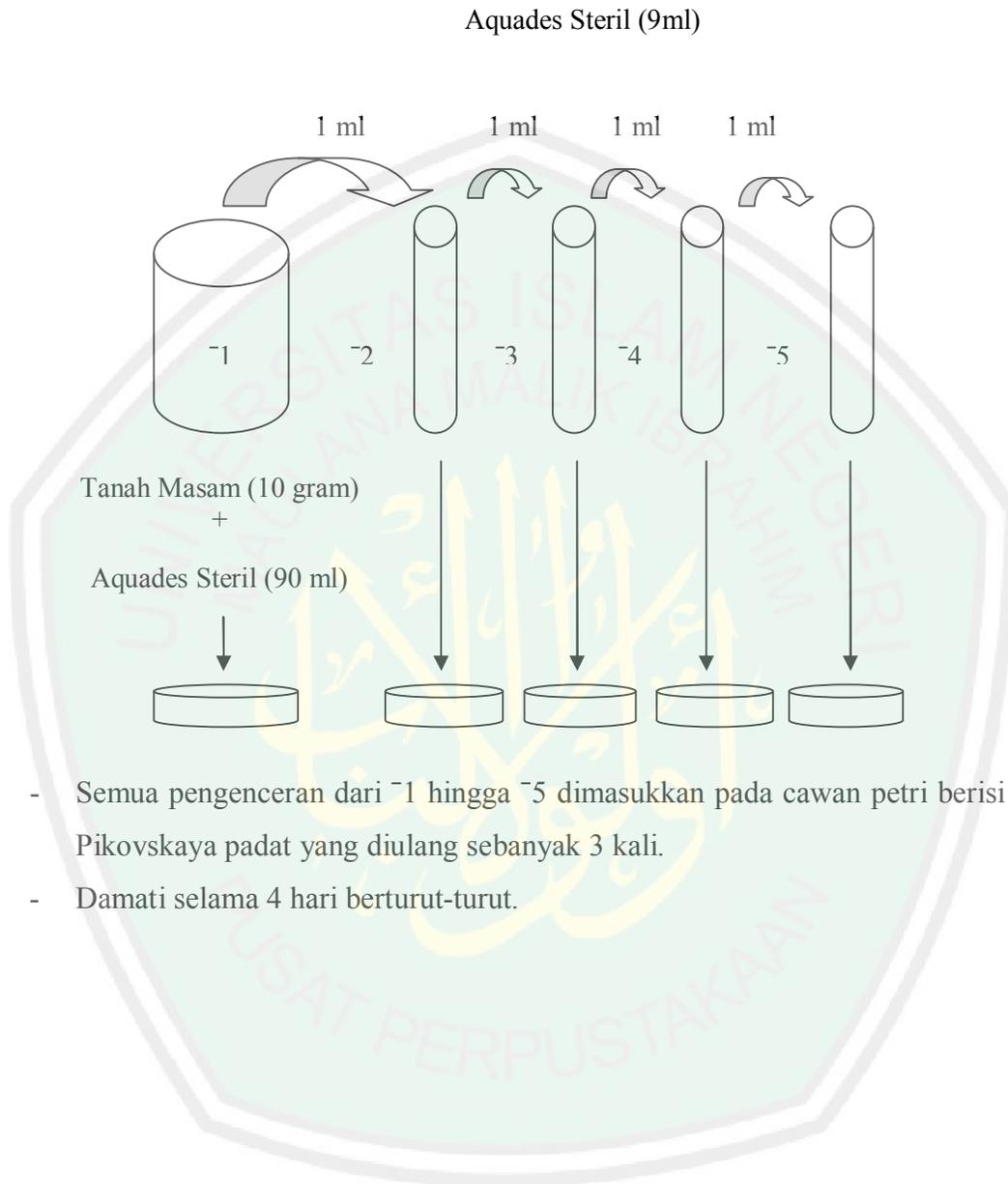


b. Menyiapkan Inokulum Bakteri Pelarut Fosfat



2. Pengenceran

Mengamati dan menghitung populasi bakteri dalam 10 g sampel tanah masam



- Semua pengenceran dari 1 hingga 5 dimasukkan pada cawan petri berisi media YMA dan Pikovskaya padat yang diulang sebanyak 3 kali.
- Damati selama 4 hari berturut-turut.

LAMPIRAN 11

1. Gambar bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian :

a. Bahan yang digunakan dalam penelitian rumah kaca



Kedelai Varietas Anjasmoro



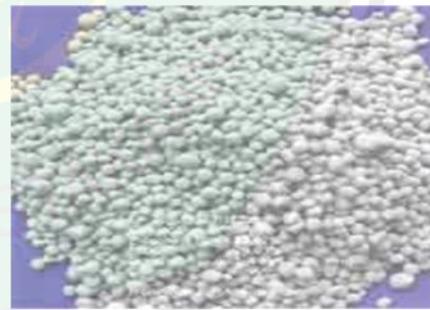
Media Tanah Masam



Pupuk Organik (Santap)



PupukN (Urea)



Pupuk P (SP 36)

b. Bahan yang digunakan dalam penelitian laboratorium



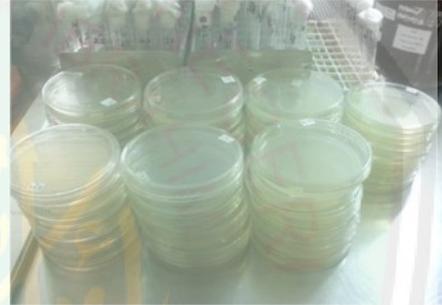
Multi isolat *Rhizobium* 176,182 dan 92



Bakteri Pel. Fosfat (M₁ dan M₂)



Air Steril



Media padat (YMA dan Pikovskaya)

2. Gambar alat-alat yang digunakan dalam penelitian :



Timbangan Analitik



Oven



Laminar Airflow



Autoclave



Vortex Orbital Shaker



Gambar Tanaman Kedelai (Sampel Destruktif) diinokulasikan bakteri *Rhizobium* dan bakteri pelarut fosfat sesuai dengan label yang ditentukan (berumur 10 hari)



Gambar Tanaman Kedelai setelah diinokulasikan bakteri *Rhizobium* dan bakteri pelarut fosfat sesuai dengan label yang ditentukan (berumur 10 hari)

LAMPIRAN 12

PETA LOKASI PENELITIAN

Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian (Balitkabi) adalah Unit Kerja dibawah Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan (Puslitbangtan) yang melaksanakan penelitian tanaman kacang-kacangan dan umbi-umbian berada di Jl. Raya Kendalpayak km 8, PO Box 66 Malang.



LAMPIRAN 13



DEPARTEMEN AGAMA RI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI (UIN)
MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
Jl. Gajayana No. 50 Dinoyo Malang (0341)551345
Fax. (0341)572533

BUKTI KONSULTASI SKRIPSI

Nama : Nadzifah
NIM : 07620006
Fakultas/ jurusan : Sains dan Teknologi/Biologi
Judul skripsi : Sinergisme Multiisolat *Rhizobium* dan Bakteri Pelarut Fosfat pada Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kedelai (*Glycine max* (L.) Merril) di Tanah Masam.
Pembimbing : Dr.Hj.Ulfah Utami, M.Si, Dr.H.Ahmad Barizi,MA, Dra.Suryantini,M.Si

No	Tanggal	HAL	Tanda Tangan		
1	1 Januari 2011	Pengajuan Proposal	1.		
2	4 Januari 2011	Revisi Proposal		2.	
3	14 Maret 2011	ACC Proposal			3.
4	08 April 2011	Seminar Proposal	4.		
5	09 Mei 2011	Konsultasi Bab I, II dan III		5.	
6	23 Mei 2011	Revisi Bab I, II dan III			6.
7	15 Juni 2011	Konsultasi Bab IV	7.		
8	11 Juli 2011	Revisi Bab IV		8.	
9	08 Agustus 2011	Konsultasi Keagamaan			9.
10	22 Agustus 2011	Revisi Keagamaan	10.		
11	25 Agustus 2011	Konsultasi Keseluruhan		11.	
12	19 September 2011	ACC Keseluruhan			12.

Malang, 19 September 2011
Mengetahui,
Ketua Jurusan Biologi

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