

**STUDI EFEKTIVITAS ISOLAT RHIZOBIUM TOLERAN MASAM
DARI ASPEK PENAMBATAN N₂ DAN PERTUMBUHAN
TANAMAN KEDELAI (*Glycine max* (L.) Merrill)
VARIETAS SINABUNG DI TANAH MASAM ULTISOL**

SKRIPSI

Oleh :

MAHSUNAH

NIM : 03520019



**JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MALANG
2008**

**STUDI EFEKTIVITAS ISOLAT RHIZOBIUM TOLERAN MASAM
DARI ASPEK PENAMBATAN N₂ DAN PERTUMBUHAN
TANAMAN KEDELAI (*Glycine max* (L.) Merril)
VARIETAS SINABUNG DI TANAH MASAM ULTISOL**

SKRIPSI

Diajukan Kepada :
Universitas Islam Negeri Malang
untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam
Memperoleh Gelar Sarjana (S.Si)

Oleh :

MAHSUNAH
NIM : 03520019

**JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MALANG
2008**

KATA PENGANTAR



Alhamdulillah, Puji syukur ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat serta hidayah kepada hamba-Nya yang senantiasa tunduk dan patuh dalam melaksanakan apa yang diperintahkan-Nya dan menjahui segala larangan-Nya. Ia maha Rahman dan Rahim, atas segala petunjuk-Nya lah penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul : **"Studi Efektivitas Isolat Rhizobium Toleran Masam dari Aspek Penambatan N₂ dan Pertumbuhan Tanaman Kedelai (*Glycine max* (L.) Merril) Varietas Sinabung di Tanah Masam Ultisol"** sebagai salah satu Syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si).

Sholawat dan Salam semoga tetap melimpahkan kepada Nabi muhammad SAW, yang telah menunjukkan jalan kebenaran.

Penulis menyadari bahwa selesainya penyusunan skripsi ini, tidak terlepas dari jasa, bimbingan, bantuan, dan partisipasi dari berbagai pihak. Penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Prof. Dr. H. Imam Suprayogo, selaku Rektor Universitas Islam Negeri Malang.
2. Dr. drh. Bayyinatul Muchtaromah, M.Si, selaku Ketua Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi UIN Malang.
3. Kiptiyah, M.Si selaku Dosen Pembimbing yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan, arahan, motivasi, dan kesabaran beliau, sehingga dapat terselesaikan penyusunan skripsi ini.
4. Dr. Muchdar Soedarjo, selaku Pembimbing dari Balai Penelitian Kacang-Kacangan dan Umbi-Umbian (BALITKABI) yang telah menyediakan sarana untuk penelitian, mencurahkan segenap perhatiannya kepada penulis sehingga penulis banyak mendapatkan wawasan serta pengalaman baru yang bermanfaat dan tiada terlupakan.

5. Munirul Abidin, M.Ag selaku Dosen Pembimbing agama yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini.
6. Instansi BALITKABI yang telah memberikan ijin untuk melaksanakan penelitian.
7. Ali Fauri S.Pi, selaku suami penulis dan Ananda Ailsa (Chacha) yang telah memberikan semangat, motivasi, dan dukungan baik material maupun spiritual.
8. Almarhum Ayahanda yang menjadi panutan, Ibunda, dan Mertua yang telah memberikan curahan kasih sayang dan do'a sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
9. Kakakku (Mas Basid, Mas Syifa', Mas Roma, dan Mbak Ida) dan keponakan yang telah memberikan segala dukungan baik material maupun spiritual.
10. Mahasiswa Biologi angkatan 2003. Bersama mereka penulis menuntut ilmu di UIN Malang.
11. Segenap staff BALITKABI yang telah membantu selama penelitian, khususnya pak Didik, mbak Narti, pak Sopi'i, pak Mislan, bu Rais, dan mbak Mis.
12. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan penulisan Skripsi ini.

Semoga Skripsi ini bermanfaat dan dapat menjadi inspirasi bagi peneliti lain, serta menambah khasanah ilmu pengetahuan.

Malang, Februari 2008

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
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	4
1.3. Hipotesis Penelitian	4
1.4. Tujuan Penelitian	4
1.5. Manfaat Penelitian	5
1.6. Ruang Lingkup Penelitian	5
1.7. Definisi Operasional	5
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Rhizobium	6
2.1.1. Ciri-ciri dan Kehidupan Rhizobium	6
2.1.2. Fiksasi Nitrogen oleh Rhizobium	7
2.2. Kedelai Varietas Sinabung	12
2.3. Kompatibilitas Isolat Rhizobium dengan Varietas Kedelai	16
2.4. Tanah Masam Ultisol	17
2.4.1. Susunan Kimiawi Tanah Masam Ultisol	18
2.5. Kajian Penelitian Dalam Perspektif Islam	19
2.5.1. Macam-macam Tanah Menurut Al-qur'an dan Hadist ...	19
2.5.2. Perintah Untuk Menghidupkan Tanah	21
2.5.3. Perintah Untuk Bercocok Tanam	22
BAB III. METODE PENELITIAN	
3.1. Rancangan Penelitian	25
3.2. Tempat dan Waktu	25
3.3. Variabel Penelitian	26
3.3.1. Variabel Bebas	26
3.3.2. Variabel Terikat	26
3.3.3. Variabel Terkontrol	26
3.4. Alat dan Bahan	26
3.5. Prosedur Kerja	26
3.5.1. Uji MPN	26
3.5.2. Seleksi Isolat Rhizobium	28
3.5.3. Pemilihan dan Perlakuan Benih	29

3.3.4. Perlakuan Tanah	30
3.5.5. Pemupukan	31
3.5.6. Pindahkan Tanaman dan Inokulasi Isolat	31
3.5.7. Perawatan Tanaman dan Pemanenan	32
3.5.8. Analisis Kadar N Tanaman	32
3.6. Pengumpulan Data	32
3.6.1. Penambatan N ₂	32
3.6.2. Pertumbuhan	33
3.7. Teknik Analisis Data	33

BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Keragaman Efektivitas Rhizobium Toleran Masam dari Aspek Penambatan N ₂ Tanaman Kedelai Varietas Sinabung di Tanah Masam Ultisol	34
4.1.1. Efektivitas Rhizobium dari Aspek Penambatan N ₂ terhadap Kadar Klorofil Daun	34
4.1.2. Efektivitas Rhizobium dari Aspek Penambatan N ₂ terhadap Jumlah Bintil Akar Efektif	37
4.1.3. Efektivitas Rhizobium dari Aspek Penambatan N ₂ terhadap Berat kering Bintil Akar Efektif	41
4.1.4. Efektivitas Rhizobium dari Aspek Penambatan N ₂ terhadap Kadar Nitrogen Tanaman	44
4.2. Keragaman Efektivitas Rhizobium Toleran Masam dari Aspek Pertumbuhan Tanaman Kedelai Varietas Sinabung di Tanah Masam Ultisol	46
4.2.1. Efektivitas Rhizobium dari Aspek Pertumbuhan terhadap Tinggi Tanaman	46
4.2.2. Efektivitas Rhizobium dari Aspek Pertumbuhan terhadap Biomassa Tanaman	50
4.3. Ulasan Hasil Penelitian dalam Perspektif Islam	53

BAB V. PENUTUP

5.1. Kesimpulan	59
5.2. Saran	59

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1. Tekstur tanah masam ultisol	17
4.1. Ringkasan rerata data pengukuran kadar klorofil daun pada umur 7, 14, 21, dan 28 hst.	34
4.2. Ringkasan analisis variansi tentang kadar klorofil daun pada umur 7, 14, 21, dan 28 hst.	35
4.3. Ringkasan hasil uji Duncan 5% tentang tingkat efektivitas jenis isolat terhadap kadar klorofil daun pada umur 7, 14, 21, dan 28 hst	35
4.4. Ringkasan data pengukuran jumlah bintil akar efektif	38
4.5. Ringkasan analisis variansi tentang jumlah bintil akar efektif	38
4.6. Ringkasan hasil uji Duncan 5% tentang tingkat efektivitas jenis isolat terhadap jumlah bintil akar efektif	39
4.7. Ringkasan data pengukuran berat kering bintil akar efektif	41
4.8. Ringkasan analisis variansi tentang berat kering bintil akar efektif	42
4.9. Ringkasan hasil uji Duncan 5% tentang tingkat efektivitas jenis isolat terhadap berat kering bintil akar efektif	42
4.10. Data analisis kadar nitrogen tanaman	44
4.11. Ringkasan rerata data pengukuran tinggi tanaman pada umur 7, 14, 21, dan 28 hst	46
4.12. Ringkasan analisis variansi tentang tinggi tanaman pada umur 7, 14, 21, dan 28 hst	47
4.13. Ringkasan hasil uji Duncan 5% tentang efektivitas isolat Rhizobium terhadap tinggi tanaman pada umur 7, 14, 21, dan 28 hst	47
4.14. Ringkasan data pengukuran biomassa tanaman	50
4.15. Ringkasan analisis variansi tentang biomassa tanaman	51
4.16. Ringkasan hasil uji Duncan 5% tentang tingkat efektivitas jenis isolat terhadap biomassa tanaman	52

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1. Bintil akar tanaman kedelai	9
2.2. Irisan melintang bintil akar efektif, mengandung leghaemoglobin ...	9
2.3. Tahapan Proses Pembentukan Organ Fiksasi Nitrogen pada Sistem Leguminosa dengan Rhizobium	11
2.4. Tahapan pertumbuhan dinding sel pada tumbuhan tingkat tinggi....	15
3.1. Diagram pembuatan serial pengenceran dari sampel tanah yang akan ditera densitas sel Rhizobiumnya menggunakan metode MPN.	27
3.2. Bagan pembuatan pot bersekat yang diisi dengan tanah ultisol (letak inokulasi) dan tanah entisol steril dari Probolinggo.	31
4.1. Grafik Kadar Nitrogen Tanaman	44
4.2. Grafik rerata biomassa tanaman.	51

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Data Hasil Pengamatan
- Lampiran 2. Hasil Analisis Variansi (ANOVA)
- Lampiran 3. Tabel Estimasi Sel Rhizobium
- Lampiran 4. Hasil Uji Most Probable Number (MPN) terhadap Rhizobium
- Lampiran 5. Foto-foto Penelitian
- Lampiran 6. Daftar Toleransi Isolat Rhizobium



ABSTRAK

Mahsunah. 2008. **Studi Efektivitas Isolat Rhizobium Toleran Masam dari Aspek Penambatan N₂ dan Pertumbuhan Tanaman Kedelai (*Glycine max* (L.) Merril) Varietas Sinabung di Tanah Masam Ultisol.**

Skripsi. Jurusan Biologi, Fakultas Saintek, UIN Malang.
Pembimbing: Kiptiyah, M. Si, Dr. Muchdar Soedarjo, dan Munirul Abidin, M. Ag

Kata-kata Kunci : Isolat Rhizobium, Penambatan N₂, Pertumbuhan Kedelai, Varietas Sinabung, Tanah Masam Ultisol

Islam menganjurkan untuk mengelola lahan yang tidak produktif, seperti tanah masam ultisol agar dapat meningkatkan produksi pertanian (kedelai). Upaya peningkatan kedelai di tanah masam ultisol dapat dilakukan melalui teknologi alternatif yaitu penggunaan pupuk hayati (Rhizobium) yang bersimbiosis dengan tanaman kedelai. Rhizobium yang efektif dapat menambat nitrogen yang dibutuhkan untuk pertumbuhan kedelai. Penelitian bertujuan untuk mengetahui keragaman efektivitas Rhizobium toleran masam dari aspek penambatan N₂ dan pertumbuhan tanaman kedelai varietas Sinabung di tanah masam ultisol.

Penelitian dilakukan di rumah kaca Balai Penelitian Kacang-kacangan dan Umbi-umbian (Balitkabi) Malang pada bulan Juni sampai dengan Agustus 2007. Rancangan penelitian yang digunakan adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK). Penelitian terdiri dari 11 perlakuan dengan 3 kali ulangan. Parameter yang diamati dari aspek penambatan N₂ adalah kadar klorofil daun, jumlah bintil akar efektif, berat bintil akar efektif, dan kadar nitrogen tanaman kedelai. Parameter yang diamati dari aspek pertumbuhan adalah tinggi tanaman dan biomassa tanaman kedelai.

Data yang diperoleh dari penelitian ini dianalisis dengan Analysis of Variance (ANOVA) satu jalur, jika menunjukkan adanya perbedaan dilanjutkan Uji Jarak Duncan pada taraf signifikansi 5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa (1). Ada keragaman efektivitas Rhizobium toleran masam dari aspek penambatan N₂ tanaman kedelai varietas Sinabung di tanah masam ultisol yang ditunjukkan dengan perbedaan kemampuan isolat Rhizobium dalam meningkatkan kadar klorofil daun, jumlah bintil akar, berat kering bintil akar efektif, dan kadar nitrogen tanaman. (2). Ada keragaman efektivitas Rhizobium toleran masam dari aspek pertumbuhan

tanaman kedelai varietas Sinabung pada tanah masam ultisol yang ditunjukkan dengan perbedaan kemampuan isolat Rhizobium dalam meningkatkan tinggi tanaman, dan biomassa tanaman. (3). Isolat Rhizobium yang paling efektif dari aspek penambatan N_2 dan pertumbuhan tanaman kedelai varietas Sinabung pada tanah masam ultisol adalah ILeTRISoy 16.



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Islam telah mengajarkan kepada manusia sebagai kholifah di muka bumi untuk berbuat kebajikan. Salah satunya adalah anjuran mengelola lahan yang tidak produktif. Allah telah berfirman dalam surat Al-A'raf ayat 58 sebagai berikut :

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

"Dan tanah yang baik, tanaman-tanamannya tumbuh subur dengan seijin Allah; dan tanah yang tidak subur, tanaman-tanamannya hanya tumbuh merana. Demikianlah kami mengulangi tanda-tanda kebesaran (kami) bagi orang-orang yang bersyukur" (QS. Al-A'raf: 58).

Nabi Muhammad SAW telah bersabda :

مَنْ أَحْيَا أَرْضًا مَيِّتَةً فَهِيَ لَهُ (رواه البخاري)

"Barang siapa menghidupkan tanah yang mati maka tanah itu menjadi miliknya"
(hadist riwayat Imam Bukhori)

Dari ayat dan hadist tersebut telah ditegaskan bahwa pada tanah subur akan tumbuh tanaman yang subur. Hal ini dapat tercapai apabila dilakukan pengelolaan dengan baik terhadap lahan yang tidak produktif, misalnya tanah masam ultisol sehingga dapat meningkatkan produksi pertanian. Berbagai usaha telah dilakukan pemerintah dalam upaya meningkatkan produksi pertanian, salah satunya melalui program ekstensifikasi pertanian di lahan kering masam. Menurut Sudaryono (2006) rincian sebaran tanah masam ultisol mencapai 49,794 juta ha

(24,3%). Ini menunjukkan angka yang potensial bagi sektor pertanian di Indonesia apabila lahan masam tersebut dapat dimanfaatkan secara optimal untuk meningkatkan produksi pertanian.

Produksi pertanian di lahan masam ultisol menunjukkan hasil yang kurang optimal, kondisi ini disebabkan oleh defisiensi nitrogen, fosfor, toksisitas oleh kemasaman, Al (Alumunium), Fe (Besi) atau Mn (Mangan) di lahan kering masam (Soedarjo dkk, 2005). Lebih lanjut menurut Rao (1994) dinyatakan bahwa tanah masam ultisol ditandai dengan keberadaan Alumunium (Al), Besi (Fe), Mangan (Mn), Tembaga (Cu) dan Seng (Zn) yang tinggi dimana zat-zat ini bersifat toksik bagi tanaman. Pada lahan masam ultisol terjadi adanya defisiensi hara yang dibutuhkan tanaman (kalsium, magnesium, molybdenum). Mitchell, dkk (2000) menyatakan bahwa kandungan hara tersebut jumlahnya semakin menurun seiring dengan menurunnya pH. Pada pH kurang dari 5,5 menunjukkan peningkatan kadar mangan dan aluminium sehingga dapat menjadi racun bagi tanaman.

Kebutuhan nitrogen bagi tumbuhan menduduki peringkat keempat setelah karbon, oksigen, dan hidrogen. Nitrogen yang terdapat di alam banyak berasal dari penambatan (fiksasi) oleh mikroorganisme prokariot. Salisbury dan Ross (1995) menyatakan bahwa mikroorganisme yang berperan dalam penambatan N_2 pada akar tumbuhan kacang-kacangan adalah spesies bakteri dari 3 genus yang sekerabat, yaitu *Rhizobium*, *Bradyrhizobium* dan *Azorhizobium*. Menurut Soedarjo (1998), Nitrogen yang terfiksasi merupakan sumber nitrogen bagi tanaman, sedangkan *Rhizobium* mendapatkan fotosintat dari tanaman inangnya. Hal inilah yang menyebabkan peranan *Rhizobium* begitu besar bagi tanaman kacang-kacangan (famili Leguminosae). *Rhizobium* bersimbiosis dengan tanaman kacang-kacangan dengan membentuk nodul atau bintil akar.

Di Indonesia telah dikembangkan dan diperdagangkan pupuk hayati berupa bakteri penambat N pada tanaman kedelai yaitu Rhizobium. Penggunaan pupuk hayati ini dapat menurunkan jumlah pupuk N yang dibutuhkan dan meningkatkan produksi tanaman kedelai (Siswanto, 1997 dalam Soedarjo, 2002). Parveen *et al.*, (1996) dalam Soedarjo (2002) menyatakan bahwa Rhizobium dapat menambat N dari udara dan mereduksi nitrogen dalam bintil akar ke bentuk yang dapat dimanfaatkan oleh tanaman. Kemampuan Rhizobium untuk hidup dan bersimbiosis dengan tanaman inang serta efektivitasnya dalam menambat nitrogen dipengaruhi oleh kondisi kemasaman. Rendahnya pH tanah masam ini dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman kedelai atau kacang-kacangan sehingga dalam batas-batas tertentu juga berpengaruh terhadap proses fiksasi nitrogen. Rhizobium berbeda tingkat toleransinya terhadap kemasaman tanah, biasanya diantara strain-strain Rhizobium akan terdapat strain yang paling toleran kondisi masam dan efektif menambat N dari udara. Rhice *et al.*, (1977) dalam Soedarjo (2002) menemukan beberapa strain Rhizobium yang toleran dan mampu membentuk akar efektif pada tanaman alfalfa yang ditanam pada tanah masam. Soedarjo *et al.*, (2003) menyatakan bahwa pada tanah masam dibutuhkan inokulum Rhizobium yang toleran terhadap kemasaman, toksisitas Al (Aluminium), Fe (Besi) dan Mn (Mangan) tinggi. Isolat-isolat toleran masam tersebut dapat dikaji lebih lanjut untuk mengetahui efektivitas di tanah masam.

Berdasarkan uraian yang telah dipaparkan, dilakukan penelitian tentang studi keragaman efektivitas isolat Rhizobium dari aspek penambatan N₂ dan pertumbuhan pada tanaman kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill) di tanah masam ultisol.

1.2. Rumusan Masalah

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

1. Apakah ada keragaman efektivitas Rhizobium toleran masam dari aspek penambatan N_2 tanaman kedelai varietas Sinabung di tanah masam ultisol ?
2. Apakah ada keragaman efektivitas Rhizobium toleran masam dari aspek pertumbuhan tanaman kedelai varietas Sinabung di tanah masam ultisol ?
3. Jenis Isolat Rhizobium manakah yang mempunyai efektivitas tertinggi dari aspek penambatan N_2 dan pertumbuhan tanaman kedelai varietas Sinabung di tanah masam ultisol ?

1.3 Hipotesis Penelitian

Ada keragaman efektivitas Rhizobium toleran masam dari aspek penambatan N_2 dan pertumbuhan pada tanaman kedelai varietas Sinabung di tanah masam ultisol.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukan penelitian ini adalah untuk mengetahui keragaman efektivitas Rhizobium toleran masam dari aspek penambatan N_2 dan pertumbuhan tanaman kedelai varietas Sinabung di tanah masam ultisol.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dilakukannya penelitian ini adalah untuk mendapatkan Rhizobium efektif di tanah masam, sehingga terjadi efisiensi penggunaan pupuk N alami.

1.6. Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Benih yang digunakan dalam penelitian ini adalah benih varietas Sinabung.
2. Isolat Rhizobium yang digunakan sebagai perlakuan inokulasi yaitu ILeTRISoy 1, ILeTRISoy 4, ILeTRISoy 6, ILeTRISoy 8, ILeTRISoy 12, ILeTRISoy 14, ILeTRISoy 16, ILeTRISoy 17, ILeTRISoy 19, ILeTRISoy 35.
3. Tanah yang digunakan sebagai media tanam adalah tanah ultisol dari Lampung dan tanah entisol dari Probolinggo. Satu pot akan diisi tanah ultisol tidak steril sebagai media inokulasi Rhizobium dan tanah entisol steril sebagai media penyuplai unsur hara bagi tanaman. Tanah akan disekat dengan mika di bagian tengah.
4. Masing-masing pot akan diisi dua tanaman, perakaran dibagi dua. Setengah bagian akar akan ditanam pada tanah ultisol dan setengahnya lagi ditanam pada tanah entisol.

1.7. Definisi Operasional

1. Tanah ultisol adalah tanah yang mempunyai pH < 5,5, miskin unsur hara yang dibutuhkan tanaman seperti N, P, Ca, dan Mg serta memiliki kandungan Fe, Mn, Al tinggi yang toksik bagi tanaman.
2. Tanah entisol adalah tanah yang mempunyai kandungan unsur hara lengkap bagi tanaman.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1. Rhizobium

2.1.1. Ciri –Ciri dan Kehidupan Rhizobium

Rhizobium merupakan suatu istilah untuk menyebut bakteri yang bersimbiosis dengan akar legum sehingga membentuk bintil akar yang dapat mengikat N bebas (Young dan Haukka, 1996). Menurut Setijono (1996) Rhizobium merupakan bakteri gram negatif berbentuk batang. Tortora (2001) dan Campbell (2003) lebih lanjut menjelaskan bahwa dinding sel bakteri gram negatif memiliki peptidoglikan lebih sedikit dibandingkan bakteri gram positif. Membran bagian luar pada dinding sel bakteri gram negatif mengandung lipopolisakarida yang membuat bakteri gram negatif lebih resisten terhadap antibiotik (misalnya penisilin), enzim pencernaan (misalnya lisosim), detergen, dan logam berat.

Spesies Rhizobium yang bersimbiosis dengan tanaman kedelai sebagai tanaman inangnya adalah *Rhizobium japonicum* dan *Bradyrhizobium japonicum*. *Rhizobium japonicum* antara lain mempunyai tipe tumbuh cepat (*fast grower*) yaitu perkembangbiakan memerlukan waktu 2-4 jam, diameter tubuhnya berkisar antara 2-4 μm , panjangnya 2-3 μm , membentuk koloni selama 3-4 hari, bergerak dengan menggunakan 2-6 flagel. *Bradyrhizobium japonicum* mempunyai karakteristik sebagai bakteri tumbuh lambat (*slow grower*) sekitar 6-7 jam, bergerak dengan menggunakan 1 flagel pada kutub atau sub polar, mempunyai waktu regenerasi lebih dari 8 jam jika ditumbuhkan pada media YEM (*Yeast*

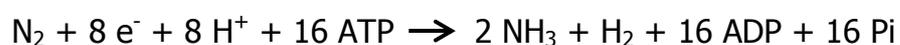
Extract Mannithol) agar dan berdiameter tidak lebih dari 1 µm dalam waktu 5-7 hari (Brock *et al.*, 1994; Harran dan Anshori, 1991).

Kehidupan bakteri Rhizobium tergantung pada kondisi lingkungan tanah terutama pH, suhu, dan unsur-unsur kimia tanah tertentu. Pertumbuhan optimal bakteri Rhizobium berada pH 6 sampai 7. Pada pH 5,0 beberapa strain bakteri masih mampu hidup. Kisaran pH yang sangat rendah akan mempengaruhi perkembangan Rhizobium dan bahkan akan menghambat proses infeksi bakteri tersebut, karena pada tanah masam mengalami defisiensi nutrien seperti N, P, Ca, dan Mg serta keracunan ion Al ataupun Mn (Gardner, Pearce, dan Mitchell, 1995; Islami, 1995; Soedarjo, 2003).

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 (Gardner, Pearce, dan Mitchell, 1995; Yutono, 1985 dalam Somaatmaja *et al.*, 1985).

2.1.2. Fiksasi Nitrogen oleh Rhizobium

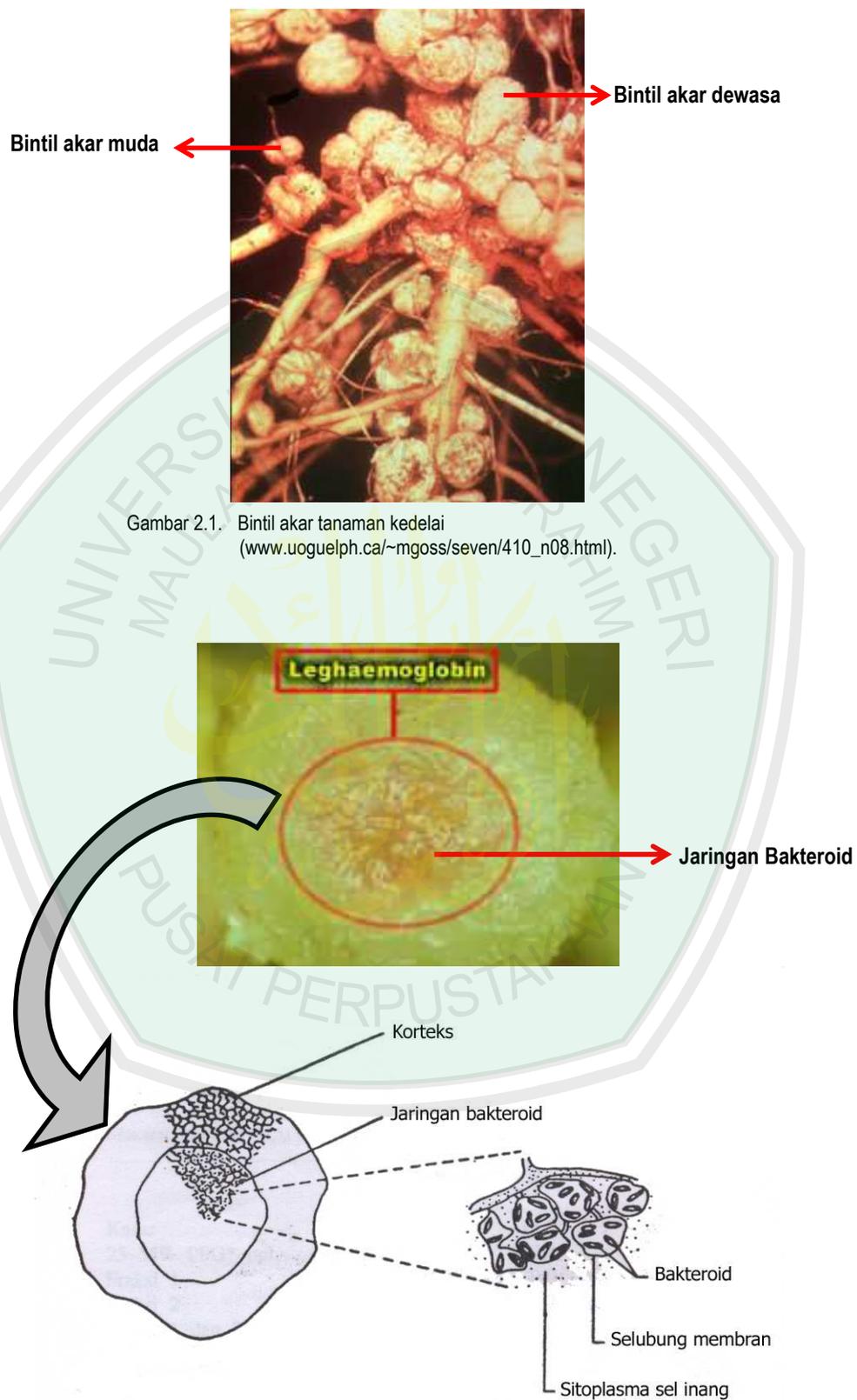
Fiksasi nitrogen adalah proses perubahan N₂ menjadi amonia yang merupakan bentuk nitrogen sebagai substrat berbagai enzim. Pengikatan nitrogen dari udara dalam bentuk amonia akan tersedia bagi tanaman dengan bantuan mikroorganisme penambat nitrogen. Proses perubahan tersebut terjadi melalui reaksi reduksi gas dinitrogen menjadi amonia yang terjadi di dalam bintil akar (Rao,1994). Menurut Campbell (2003), konversi nitrogen di atmosfer (N₂) menjadi amonia (NH₃) adalah suatu proses yang rumit dan bertahap. Proses tersebut apabila disederhanakan dalam bentuk reaktan dan produk adalah sebagai berikut:



Reaksi reduksi nitrogen atmosfer menjadi amonia di perantarai oleh enzim nitrogenase. Aktivitas nitrogenase dan fiksasi nitrogen berhubungan erat dengan kandungan leghaemoglobin (Gardner *et al.*,1991). Leghaemoglobin merupakan suatu pigmen yang berfungsi sebagai katup biologis yang mengatur pemasokan oksigen ke bakteroid pada tingkat optimum yang kondusif untuk berfungsinya fiksasi nitrogen.

Fiksasi nitrogen pada legum dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain suplai fotosintat, aerasi, suhu, air, pH tanah, ketersediaan senyawa nitrogen (Sugito, 1999). Pabendon (1991) menjelaskan bahwa jumlah bintil, warna bintil, ukuran, dan letak bintil akar menentukan efektivitas penambatan nitrogen. Bintil akar yang efektif umumnya berukuran besar dan berwarna merah muda karena mengandung leghaemoglobin dalam jaringan bakteroid yang berkembang dan berorganisasi dengan baik (gambar 2.2) (Rao, 1994) dan letak nodul akar yang efektif cenderung mengumpul pada leher akar dan daerah sekitarnya (Handayanto, 1998).

Bintil akar yang tidak efektif umumnya berukuran kecil dan mengandung jaringan bakteroid yang tidak dapat berkembang dengan baik sehubungan dengan keabnormalan strukturnya (Rao, 1994). Bintil akar yang terbentuk dari strain yang tidak efektif umumnya berbentuk kecil, putih kehijauan dan berkemampuan rendah dalam memfiksasi nitrogen.

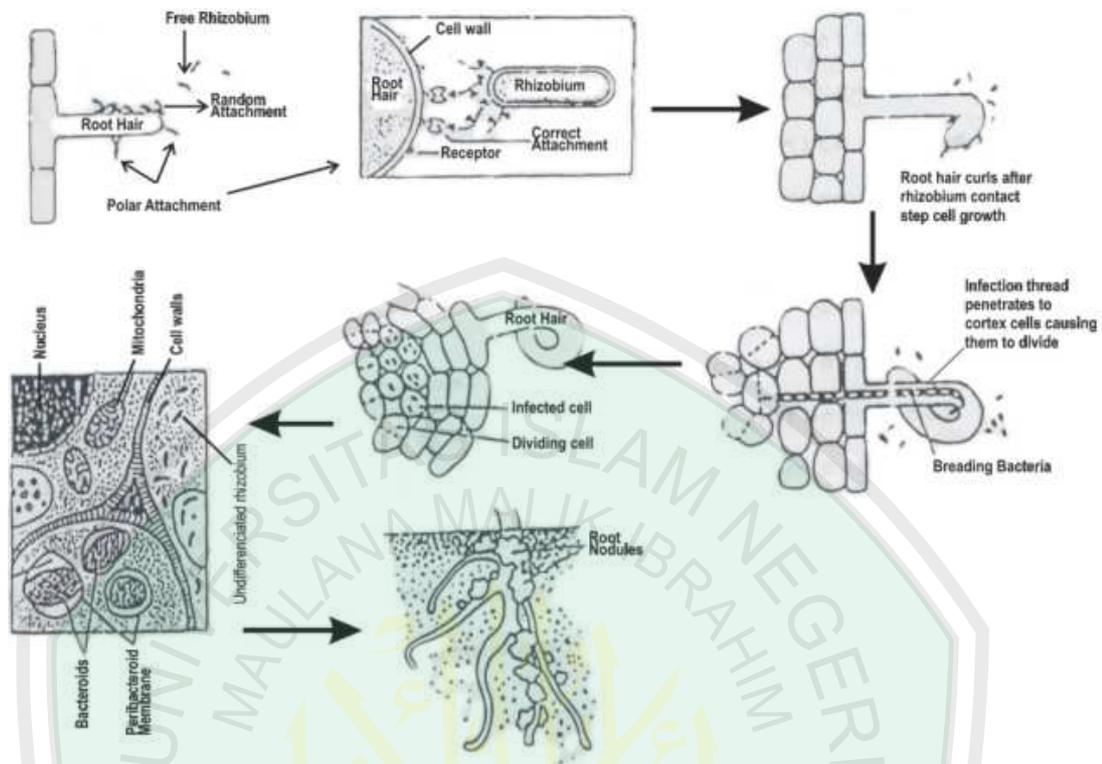


Gambar 2.2. Irisan melintang bintil akar efektif, mengandung leghaemoglobin
<http://www.botany.hawaii.edu/faculty/webb/bot410/Roots/RootSymbioses.htm>;
 Rao, 1994.

Tanaman kedelai yang bersimbiosis dengan *Bradyrhizobium japonicum* dapat mengikat nitrogen dari udara apabila bintil akar yang efektif terbentuk dalam jumlah yang cukup sehingga tanaman mampu memenuhi sebagian besar kebutuhan nitrogen (Sitompul, 1997).

Bakteri Rhizobium yang masuk ke organ akar tanaman inang akan berubah bentuk menjadi bakteroid dan sel-sel pada jaringan penyusun akar akan mengalami proliferasi sehingga membentuk nodul akar. Pada bagian tengah sel dari nodul akar yang mengandung bakteri akan membentuk pigmen merah yang dinamakan leghaemoglobin dan enzim nitrogenase yang dibentuk oleh bakteroid merupakan dua komponen yang memegang peranan dalam proses fiksasi nitrogen (Handayanto, 1998).

Pengikatan nitrogen dari udara oleh bakteri *Bradyrhizobium japonicum* yang bersimbiosis dengan tanaman leguminosa merupakan akhir dari suatu rangkaian proses yang kompleks. Proses ini bermula dari perkembangan Rhizobium di daerah sekitar perakaran. Peristiwa ini kemudian diikuti dengan penggulungan dan deformasi rambut akar. Proses nodulasi (pembentukan bintil pada akar legum) menurut (Fisher and Long, 1992; Denarie and Cullimore, 1993; Vijn *et al.*, 1993; Fellay *et al.*, 1994; Relic *et al.*, 1994; Long, 1996) dalam Soedarjo (1998) dilaporkan bahwa proses nodulasi dimulai dari perkembangan Rhizobium di sekitar perakaran, melekatnya pada bulu akar, perubahan bentuk akar (root hair deformation), pembengkokan ujung bulu akar (root hair curling), pembentukan calon (primordium) bintil akar, pembentukan benang infeksi, infeksi Rhizobium melalui benang infeksi, perkembangan Rhizobium dalam bintil akar yang akhirnya berdeferensiasi kedalam bentuk bakteroid dijelaskan secara skematis seperti ditunjukkan pada gambar 2.3.



Gambar 2.3. Tahapan Proses Pembentukan Organ Fiksasi Nitrogen pada Sistem Leguminosa dengan Rhizobium (Paul and Clark, 1981) dalam Sitompul, 1991.

Dari gambar 2.3. dapat diketahui bahwa terbentuknya nodul akar pada tanaman leguminosa berkaitan dengan hadirnya Rhizobium berkerumun di sekitar rambut-rambut akar secara alami maupun pada media buatan dengan pemberian inokulan (inokulasi). Tahap awal dari proses infeksi oleh Rhizobium pada akar tanaman inang adalah respon akar terhadap sinyal berupa senyawa kimia yang dikeluarkan oleh Rhizobium. Sebaliknya tanaman inang mengeksudasi asam amino dan senyawa organik (flavonoid) sebagai kemoatraktan (tertarikannya Rhizobium ke sumber senyawa kimia) yang dapat direspon oleh akar tanaman inang. Respon akar terhadap keberadaan Rhizobium menyebabkan ujung akar membengkok dan Rhizobium terperangkap dalam lengkung akar. Rhizobium yang terperangkap mendegradasi dinding sel akar yang

membengkok sehingga memungkinkan Rhizobium masuk ke dalam sel kortek melalui benang infeksi (infection threads) dan berkembang di dalam akar, sehingga pada sel akar terdapat koloni-koloni bakteri. Selanjutnya koloni-koloni bakteri akan membentuk bintil akar (nodul). Dengan demikian antara tanaman Leguminosa dan Rhizobium terjadi komunikasi dua arah, yaitu dari Rhizobium ke tanaman inang dan dari tanaman inang ke Rhizobium. Fenomena ini digambarkan sebagai komunikasi intim (Soedarjo, 1998).

2.2. Kedelai Varietas Sinabung

Kedelai varietas Sinabung merupakan salah satu varietas kedelai unggul dengan wilayah adaptasi lahan sawah. Berdasarkan hasil temu lapang di Lampung pada tahun 2005 bahwa kedelai varietas sinabung (biji ukuran sedang) lebih disukai oleh petani karena lebih adaptif pada tanah masam ultisol daripada kedelai varietas Tanggamus yang selama ini dianggap sebagai varietas tahan masam, selain itu kedelai varietas sinabung mempunyai nilai kadar protein tertinggi daripada kedelai unggul lain yaitu sekitar 46%, umur panen tergolong sedang yaitu 88 hari, ukuran dan warna biji sesuai dengan permintaan pasar (Suhartina, 2003; Adisarwanto, 2005; Soedarjo dan Sucahyono, belum dipublikasikan). Secara morfologi tanaman kedelai varietas sinabung memiliki ciri-ciri khusus yang tampak pada daun, batang dan akar.

1). Daun

Tanaman kedelai varietas Sinabung seperti halnya varietas lain mempunyai 2 helaian daun yang dominan, yaitu stadia kotiledon yang tumbuh saat tanaman masih berbentuk kecambah dengan 2 helai daun

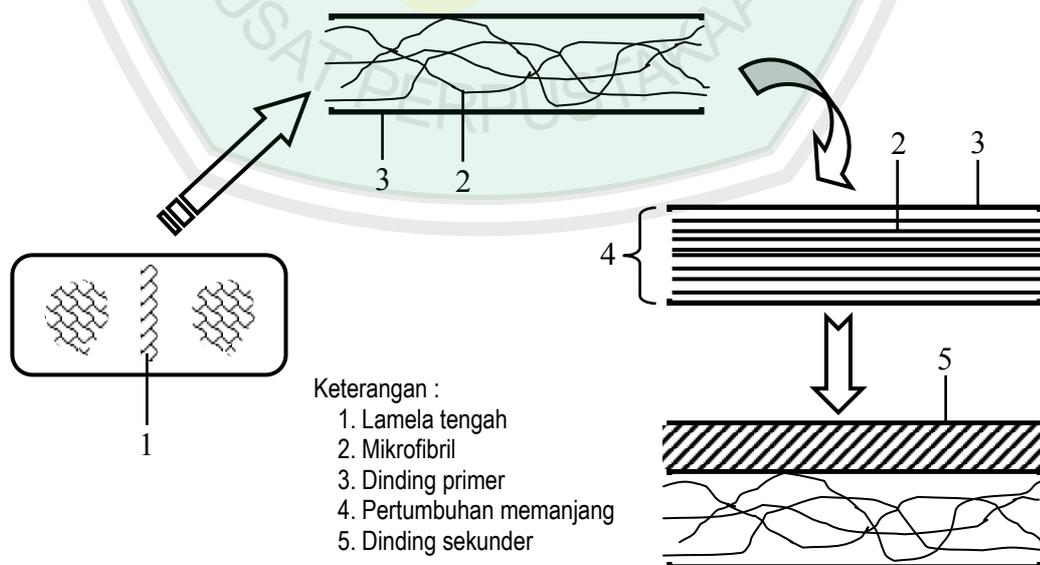
tunggal (*Unifoliate leaves*) dan daun bertangkai 3 (*Trifoliate leaves*) yang tumbuh setelah masa perkecambahan (Adisarwanto, 2005). Daun merupakan organ produsen fotosintat utama karena di dalam daun mengandung zat hijau daun (klorofil) yang berperan aktif pada proses fotosintesis. Jumlah dan ukuran daun merupakan indikator pertumbuhan tanaman. Gardner, dkk (1991) menjelaskan bahwa bertambahnya jumlah dan ukuran daun akan meningkatkan kadar klorofil daun, sehingga laju fotosintesis meningkat. Klorofil tersusun dari komponen C, H, O, N dan Mg. Nitrogen merupakan salah satu komponen utama penyusun klorofil daun, yaitu sekitar 60% dan berperan sebagai enzim, protein membran serta sebagian sisanya sebagai nitrogen asam amino bebas (larut dalam air) (Sitompul, 1991).

Kekurangan nitrogen akan mempengaruhi kandungan klorofil pada daun yang menyebabkan berkurangnya laju fotosintesis (Gardner *et al.*, 1991). Hal ini sejalan dengan Poerwowidodo (1992) yang menjelaskan bahwa nitrogen dalam tanaman mempengaruhi proses fotosintesis yaitu nitrogen hasil penambatan *Rhizobium* di ubah menjadi amonia (NH_3). Nitrogen yang direduksi digunakan sebagai bahan penyusun klorofil daun. Dwidjoseputro (1984) menyatakan bahwa klorofil dengan bantuan cahaya matahari dapat memecah molekul air (H_2O) menjadi H_2 dan O_2 . Oksigen (O_2) dilepaskan ke udara untuk membentuk molekul oksigen, sedangkan hidrogen (H_2) ditangkap oleh NADP menjadi NADPH_2 , kemudian NADPH_2 diubah menjadi asam organik yang berenergi rendah yang selanjutnya membentuk karbohidrat yang berenergi tinggi. Hasil fotosintesis yang berupa karbohidrat akan diubah menjadi protein dan kemudian diubah menjadi protoplasma yang dapat menyebabkan pembelahan sel. Sel yang

membelah di daun menyebabkan bertambahnya luas daun dan juga bertambahnya kadar klorofil daun.

2). Batang

Pertumbuhan batang kedelai varietas Sinabung digolongkan sebagai varietas yang memiliki tipe tumbuh determinate yaitu ditunjukkan dengan batang yang tidak tumbuh lagi pada saat tanaman mulai berbunga (Adisarwanto, 2006). Tinggi dan diameter batang merupakan parameter pertumbuhan tanaman. Laju pertumbuhan tinggi dan diameter batang sejalan dengan bertambahnya umur tanaman. Nitrogen mempunyai peranan penting pada fase pertumbuhan ini. Poerwowidodo (1992) menjelaskan bahwa *Rhizobium* yang mampu bersimbiosis dengan kacang kedelai akan meningkatkan produksi nitrogen dalam tanaman, sehingga mempercepat pengubahan karbohidrat menjadi protein dan sebagian kecil digunakan untuk menyusun dinding sel sehingga meningkatkan ukuran dan penebalan dinding sel. Tahapan pertumbuhan dinding sel pada tumbuhan tingkat tinggi, misalnya kedelai disajikan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4. Tahapan pertumbuhan dinding sel pada tumbuhan tingkat tinggi (Istanti, dkk, 1999).

Pada gambar 2.4. diketahui bahwa mekanisme penebalan dinding sel terjadi pada akhir pembelahan mitosis, tepatnya pada fase telofase. Pada fase tersebut badan golgi mensekresikan pektin (suatu polisakarida yang tersusun dari galaktosa, arabinosa, dan asam galakturamat) pada bidang ekuator sel membentuk lamela tengah diikuti dengan pembentukan dinding primer. Selanjutnya berlangsung pertumbuhan memanjang sel. Pada saat pertumbuhan memanjang terjadi perubahan orientasi mikrofibril (benang halus) pada dinding sel yang semula tidak teratur menjadi sejajar. Setelah ukuran pemanjangan sel mencapai maksimal, susunan mikrofibril berubah acak lagi, dan selanjutnya berlangsung pembentukan dinding sekunder. Dengan terbentuknya dinding sel sekunder ini maka telah terjadi penebalan dinding sel. Apabila mekanisme penebalan dinding sel tersebut terjadi pada batang akan berakibat pada penambahan panjang dan diameter batang (Istanti, dkk, 1999).

3).Akar

Sistem perakaran kedelai terdiri dari 2 macam yaitu akar tunggang dan akar serabut. Pertumbuhan akar tunggang lurus masuk ke dalam tanah dan berfungsi sebagai penopang tanaman bagian atas, sedangkan akar serabut tumbuh pada akar tunggang, sehingga dinamakan dengan akar cabang. Akar serabut (akar cabang) berfungsi menyerap air dan unsur hara di dalam tanah. Pada akar cabang terdapat bintil-bintil akar, apabila bintil akar tersebut berisi *Rhizobium japonicum* yang efektif maka bintil akar mampu mengikat nitrogen bebas dari udara yang dipergunakan untuk pertumbuhan tanaman (Lamina, 1989).

2.3. Kompatibilitas Isolat Rhizobium dengan Varietas Kedelai

Kompatibilitas isolat Rhizobium dengan varietas leguminosa (kacang-kacangan) menunjukkan adanya keserasian antara strain-strain Rhizobium dengan varietas-varietas leguminosa, misalnya kedelai. Simbiosis antara strain-strain Rhizobium dengan dengan varietas-varietas leguminosa terdapat perbedaan dalam keserasiannya, karena untuk dapat bersimbiosis dengan sempurna antara tanaman dengan Rhizobium dibutuhkan kondisi lingkungan yang sesuai dan sifat yang spesifik antara isolat Rhizobium dengan kedelai. Menurut Champion *et al.*, (1992); Qian *et al.*, (1996) dalam Soedarjo (2007) bahwa genotipe tanaman dan faktor lingkungan (seperti mutasi alam, unsur kimia dll) berpengaruh terhadap tingkat efektivitas Rhizobium. Soedarjo (1998) menambahkan bahwa tanaman kacang-kacangan mengeksudasi oligosakarida sebagai signal yang dapat dikenali oleh Rhizobium sebelum menginfeksi akar. Apabila terdapat kesesuaian antara Rhizobium dengan tanaman inang akan dihasilkan bintil akar yang efektif dalam memfiksasi N₂.

2.4. Tanah Masam Ultisol

Tanah masam ultisol merupakan salah satu jenis tanah masam yang mempunyai karakteristik yang dapat dilihat dari tekstur dan susunan kimiawi tanahnya. Tekstur tanah masam ultisol tersusun atas lapisan pasir, debu, dan tanah liat (Wirastanto & Kurniatun, 2004) seperti yang tercantum dalam tabel 2.1.

Tabel 2.1. Tekstur tanah masam ultisol

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

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

Masalah lain yang dihadapi adalah perbedaan daya perkolasi air pada lapisan atas dan lapisan bawah pada tanah tersebut, karena kandungan tanah liat yang meningkat pada lapisan di bawah 5 cm, maka kemungkinan air lebih mudah bergerak secara lateral di lapisan 0 cm - 5 cm. Aliran air yang bergerak ke bawah (vertikal) maupun ke samping (lateral) akan membawa serta unsur-unsur hara yang penting di dalam tanah tersebut. Bila kondisi tersebut dibiarkan terus-menerus, tanah akan cepat mengalami pencucian unsur hara. Partikel pasir kurang berperan

dalam pengikatan unsur hara tanah. Prasetyo dan Suriadikarta (2006) menambahkan bahwa adanya akumulasi tanah liat pada lapisan bawah permukaan tanah dapat mengurangi daya serap air dan meningkatkan aliran serta erosi. Erosi merupakan salah satu kendala fisik pada tanah masam ultisol dan merugikan karena dapat mengurangi kesuburan tanah. Kesuburan tanah masam ultisol sering kali hanya ditentukan oleh kandungan bahan organik pada lapisan atas. Bila lapisan ini tererosi maka tanah menjadi defisiensi bahan organik dan hara.

2.4.1. Susunan Kimiawi Tanah Masam Ultisol

Tanah masam ultisol dicirikan oleh defisiensi hara terutama Fosfat (P) dan kation-kation dapat ditukar (KTK) seperti Ca (Kalsium), Mg (Magnesium), dan K (Kalium). Selain itu, tanah masam ultisol dicirikan dengan pH tanah < 5,5, adanya kadar Al (Aluminium) tinggi, kadar bahan organik rendah, kandungan Besi (Fe) dan Mangan (Mn) yang mendekati batas meracuni, dan peka terhadap erosi (Safuan, 2002; Mulyani, 2006).

Adanya kandungan Fe (besi) dan Al (Aluminium) yang tinggi pada lapisan bawah tanah masam akan dapat meracuni tanaman. Tanda-tanda morfologi akar tanaman yang mengalami keracunan Al (Aluminium) adalah sebagai berikut :

1. Membesarnya akar sehingga garis tengahnya menjadi lebih besar daripada ukuran normal.
2. Akar menjadi lebih pendek dan kaku.
3. Akar mudah patah.
4. Membengkaknya ujung-ujung akar.
5. Akar tanaman tidak dapat berfungsi dengan sempurna dalam menyerap air dan unsur hara (Wirastanto & Kurniatun, 2004).

Tanda-tanda morfologi tanaman yang mengalami keracunan Fe (Besi) adalah sebagai berikut :

1. Bintik-bintik coklat pada daun yang kemudian daun menjadi berwarna orange kekuningan sampai coklat.
2. Daun-daun menggulung dan akhirnya mati.
3. Pertumbuhan kerdil, tangkai tumbuh terbatas.
4. Akar berwarna coklat gelap sampai hitam dan banyak akar yang mati.
5. Pertumbuhan akar jarang, kasar, akar mudah patah (Dobermann, 2000).

2.5. Kajian Penelitian dalam Perspektif Islam

2.5.1. Macam-macam Tanah menurut Al-Qur'an dan Hadist

Al-Qur'an dan Hadist banyak menyebutkan istilah tentang macam-macam tanah yang ada di Alam semesta ini, antara lain :

1. Tanah Subur

Allah SWT telah menciptakan bermacam-macam tanah, salah satunya adalah tanah subur. Allah telah berfirman dalam Al-Qur'an Surat Al-A'raf ayat 58 sebagai berikut :

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

"Dan tanah yang baik, tanaman-tanamannya tumbuh subur dengan seijin Allah; dan tanah yang tidak subur, tanaman-tanamannya hanya tumbuh merana. Demikianlah kami mengulangi tanda-tanda kebesaran (kami) bagi orang-orang yang bersyukur" (QS. Al-A'raf : 58).

Al-Qur'an surat al-A'raf ayat 58 menjelaskan bahwa pada tanah yang subur (وَالْبَلَدُ الطَّيِّبُ) akan tumbuh tanaman yang subur pula (يَخْرُجُ نَبَاتُهُ). Imam Jalaluddin al-Mahali dalam tafsir Jalalain menjelaskan bahwa

pada tanah yang subur akan tumbuh tanaman yang subur pula (يَخْرُجُ نَبَاتُهُ) (وَإِنَّ لِبَلَدٍ طَيِّبٍ) ditafsirkan sebagai orang mukmin yang mau mendengar petuah/nasihat kemudian ia mengambil manfaat dari nasihat itu (Jalaluddin, 2002). Sayyid Quthb (2003) mengibaratkan tanah yang subur (وَإِنَّ لِبَلَدٍ طَيِّبٍ) sebagai orang yang mempunyai hati yang baik, yaitu orang yang mudah menerima nasihat dan petunjuk kebenaran sehingga hanya kebenaran dan kebaikan yang ada di dalam hatinya.

Secara ilmiah tanah subur dicirikan dengan adanya kandungan air, unsur hara, bahan organik, dan bahan anorganik yang tersedia bagi tanaman di dalam tanah, sehingga tanaman dapat tumbuh dan berkembang dengan baik (Sutanto, 2005). Novvitasari (2006) menambahkan bahwa pada tanah yang subur biasanya terdapat mikroorganisme endogen yang dapat bersimbiosis dengan tanaman sebagai inangnya, seperti *Rhizobium japonicum* yang dapat bersimbiosis dengan tanaman kedelai sebagai inangnya. *Rhizobium japonicum* ini dapat menyumbangkan nitrogen yang ditambatnya untuk pertumbuhan tanaman kedelai, sehingga tanaman kedelai dapat tumbuh subur.

2. Tanah tidak Subur

Dalam Al-Qur'an Surat Al-A'raf ayat 58 telah dijelaskan bahwa Allah SWT telah menciptakan tanah yang subur (وَإِنَّ لِبَلَدٍ طَيِّبٍ), ternyata Allah SWT juga menciptakan tanah yang tidak subur (وَالَّذِي خَبَثَ). Menurut Jalaluddin (2002) bahwa tanah yang tidak subur (وَالَّذِي خَبَثَ) ditafsirkan sebagai orang kafir, yaitu orang yang tidak mau menerima petunjuk kebenaran Islam, mempunyai sifat keras hati sehingga sulit menerima kebenaran. Selanjutnya Ibnu Abbas R.A menjelaskan bahwa Al-Qur'an surat al-A'raf ayat 58 adalah suatu perumpamaan yang diberikan oleh

Allah SWT bagi orang mukmin dan orang kafir, bagi orang baik dan orang jahat. Allah SWT menyerupakan orang-orang tersebut dengan tanah yang baik dan yang buruk, dan menyerupakan turunnya Al-Qur'an dengan turunnya hujan. Maka tanah yang baik dengan turunnya hujan dapat menumbuhkan bunga-bunga dan buah-buahan, sedangkan tanah yang buruk, apabila dicurahi hujan tidak dapat menumbuhkan kecuali sedikit sekali. Demikian pula jiwa yang baik dan bersih dari penyakit-penyakit kebodohan dan kemerosotan akhlak, apabila disinari cahaya Al-Qur'an jadilah dia jiwa yang patuh dan taat serta berbudi pekerti yang mulia (Goni, 1985).

Secara ilmiah Tanah yang tidak subur dicirikan dengan rendahnya kandungan unsur hara, bahan organik dan anorganik yang dibutuhkan oleh tanaman untuk pertumbuhan dan perkembangannya, sehingga tanaman akan kering dan bahkan mati (Sutanto, 2005). Allah juga telah berfirman dalam Al-Qur'an Surat Al-Kahfi ayat 8 sebagai berikut :

وَإِنَّا لَجَاعِلُونَ مَا عَلَيْهَا صَعِيدًا جُرُزًا ﴿٨﴾

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

Ayat tersebut menjelaskan bahwa Allah mempunyai kekuasaan untuk menjadikan segala apa yang ada di muka bumi sesuai yang dikehendaki-Nya, seperti tanah tandus. Tanah tandus merupakan salah satu kategori tanah tidak subur yang biasanya dicirikan dengan tanah yang kering, keras dan berpasir sehingga tidak produktif bagi pertanian (Sutanto, 2005).

Allah menciptakan tanah subur dan tidak subur sebagai tanda kekuasaan-Nya agar manusia mau mensyukuri dan berusaha untuk

memanfaatkan tanah yang diamanatkan kepada manusia. Hal ini dapat tercapai apabila dilakukan pengelolaan dengan baik terhadap lahan yang tidak produktif (tanah tidak subur) sehingga hasil dari tanah tersebut dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan umat manusia.

2.5.2. Perintah untuk menghidupkan Tanah

Allah SWT telah menciptakan tanah sebagai salah satu nikmat yang diberikan kepada umat manusia, karena di atas tanah manusia hidup, bercocok tanam, dan melakukan aktivitas yang lain. Tanah dapat dikategorikan ada tanah subur dan tanah tidak subur. Tanah subur lebih mudah dimanfaatkan oleh manusia sebagai lahan pertanian maupun perkebunan, sehingga hasilnya dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan hidup, sebaliknya tidak pada tanah tidak subur (tidak produktif), oleh karena itu Islam menganjurkan untuk memanfaatkan lahan yang tidak produktif (tanah mati). Nabi Muhammad SAW telah bersabda :

مَنْ أَحْيَا أَرْضًا مَيْتَةً فَهِيَ لَهُ (رواه البخاري)

"Barang siapa menghidupkan tanah yang mati maka tanah itu menjadi miliknya" (hadist riwayat Imam Bukhori) (Rachmat, 2000).

مَنْ أَعْمَرَ أَرْضًا لَيْسَتْ لِأَحَدٍ فَهُوَ أَحَقُّ (رواه البخاري).

"Barang siapa yang memelihara tanah yang tidak dimiliki oleh seorangpun, maka ia berhak memilikinya" (hadist riwayat Imam Bukhori) (Labib & Muhtadim, 1993).

Pada Hadist tersebut telah tegas dinyatakan bahwa Islam telah menganjurkan untuk membuat produktif suatu lahan, jangan sampai terbengkalai dan tidak terurus. Hal ini dapat tercapai apabila dilakukan pengelolaan dengan baik terhadap lahan yang tidak produktif (tanah tidak

subur), sehingga hasil dari tanah tersebut dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan umat manusia. Tanah tidak produktif dapat dikelola dengan cara misalnya pemberian pupuk, pengapuran, dan inokulasi Rhizobium (Soedarjo & Suryantini, 2002).

2.5.3. Perintah untuk bercocok tanam

Islam menganjurkan kepada umatnya untuk bercocok tanam, seperti reboisasi, pertanian dan perkebunan. Allah SWT telah berfirman dalam Al-Qur'an Surat An-Nahl ayat 11 sebagai berikut :

يُنْبِتُ لَكُمْ بِهِ الزَّرْعَ وَالزَّيْتُونَ وَالنَّخِيلَ وَالْأَعْنَابَ وَمِنْ كُلِّ الثَّمَرَاتِ إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَةً لِّقَوْمٍ يَتَفَكَّرُونَ ﴿١١﴾

"Dia menumbuhkan bagi kamu dengan air hujan itu tanam-tanaman; zaitun, kurma, anggur dan segala macam buah-buahan. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar ada tanda (kekuasaan Allah) bagi kaum yang memikirkan" (An-Nahl :11).

Allah SWT juga berfirman dalam Al-Qur'an Surat Al-Hajj ayat 5 sebagai berikut :

وَتَرَى الْأَرْضَ هَامِدَةً فَإِذَا أَنْزَلْنَا عَلَيْهَا الْمَاءَ اهْتَزَّتْ وَرَبَتْ وَأَنْبَتَتْ مِنْ كُلِّ زَوْجٍ بَهِيجٍ ﴿٥﴾

"Dan kamu lihat bumi ini kering, kemudian apabila telah Kami turunkan air di atasnya, hiduplah bumi itu dan suburlah dan menumbuhkan berbagai macam tumbuh-tumbuhan yang indah" (Al-Hajj : 5).

Nabi Muhammad SAW telah bersabda :

مَا مِنْ مُسْلِمٍ يَغْرِسُ غَرْسًا أَوْ يَرِ زَرْعًا فَيَأْكُلُ مِنْهُ طَيْرٌ أَوْ إِنْسَانٌ أَوْ بَهِيمَةٌ إِلَّا كَانَ لَهُ بِهِ صَدَقَةٌ (رواه البخاري).

"Tidaklah seorang muslim menanam pohon, tidak pula menanam tanaman kemudian hasil tanaman tersebut dimakan oleh burung, manusia atau binatang melainkan (tanaman tersebut) menjadi sedekah baginya" (hadist riwayat Imam Bukhori) (Rachmat, 2000).

Al-Qur'an dan hadist di atas telah menyebutkan bahwa Allah SWT telah menumbuhkan bermacam-macam tumbuhan dan buah-buahan sebagai tanda kekuasaan-Nya agar manusia mau berfikir betapa pentingnya ciptaan Allah SWT tersebut bagi kepentingan manusia. Manusia diperintahkan agar melestarikan segala yang telah diciptakan Allah SWT, salah satunya melalui bercocok tanam. Bercocok tanam mempunyai keutamaan, baik maslahat dunia maupun akhirat. Maslahat dunia dalam bercocok tanam misalnya menghasilkan produksi bahan pangan (kedelai), sehingga petani dapat mengambil manfaatnya dengan menjual bahan pangan tersebut, masyarakat mudah memperoleh bahan baku untuk kebutuhan sehari-hari, dan negara tidak perlu mengimpor bahan pangan dari luar negeri karena telah tersedianya produksi bahan pangan dari negeri sendiri sehingga menghemat pengeluaran dan bahkan produksi yang berlebih dapat diekspor ke luar negeri sehingga menambah devisa negara. Maslahat akhiratnya adalah tentang orang yang menanam tanaman kemudian dimakan oleh sesuatu baik itu manusia, binatang (burung) meskipun hanya satu biji saja, atau berkurangnya tanaman karena dicuri, maka menjadi sedekah bagi si penanam, dengan syarat si penanam harus tetap bersabar, ikhlas dan menyerahkan segala sesuatunya kepada Allah SWT (Abuabdilbarr, 2007).

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Rancangan Penelitian

Rancangan percobaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK) yang melibatkan 11 perlakuan dengan 3 ulangan. Rincian perlakuan untuk setiap unit percobaan adalah sebagai berikut :

1. Inokulasi dengan ILeTRISoy 1 pada pot split.
2. Inokulasi dengan ILeTRISoy 4 pada pot split.
3. Inokulasi dengan ILeTRISoy 6 pada pot split.
4. Inokulasi dengan ILeTRISoy 8 pada pot split.
5. Inokulasi dengan ILeTRISoy 12 pada pot split.
6. Inokulasi dengan ILeTRISoy 14 pada pot split.
7. Inokulasi dengan ILeTRISoy 16 pada pot split.
8. Inokulasi dengan ILeTRISoy 17 pada pot split.
9. Inokulasi dengan ILeTRISoy 19 pada pot split.
10. Inokulasi dengan ILeTRISoy 35 pada pot split.
11. Tanpa inokulasi pada pot split (kontrol)

Keterangan :

Pot split : Satu pot diisi tanah masam ultisol tidak steril sebagai media inokulasi Rhizobium dan tanah entisol steril sebagai media penyuplai unsur hara bagi tanaman. Tanah disekat dengan mika di bagian tengah (gambar 3.2.).

3.2. Tempat dan Waktu

Penelitian dilakukan di Rumah Kaca Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan umbi-umbian (BALITKABI), Kendalpayak, Pakisaji, Malang pada bulan Juni sampai Agustus 2007.

3.3. Variabel Penelitian

3.3.1. Variabel Bebas

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah jenis isolat Rhizobium.

3.3.2. Variabel Terikat

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah penambatan N₂ dan pertumbuhan.

3.3.3. Variabel Terkontrol

Variabel terkontrol dalam penelitian ini adalah isolat Rhizobium umur 8 hsi dan varietas sinabung umur 8 hari.

3.4. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah pot split, gelas beker, timbangan analitik, autoklaf, gelas ukur, tabung reaksi, bunsen, pipet, pipetor, pipet tip (200 µl), pipet canister, cawan petri, erlenmeyer, pinset, oven, nampan, penggaris, orbital shaker, blender, chlorofil meter.

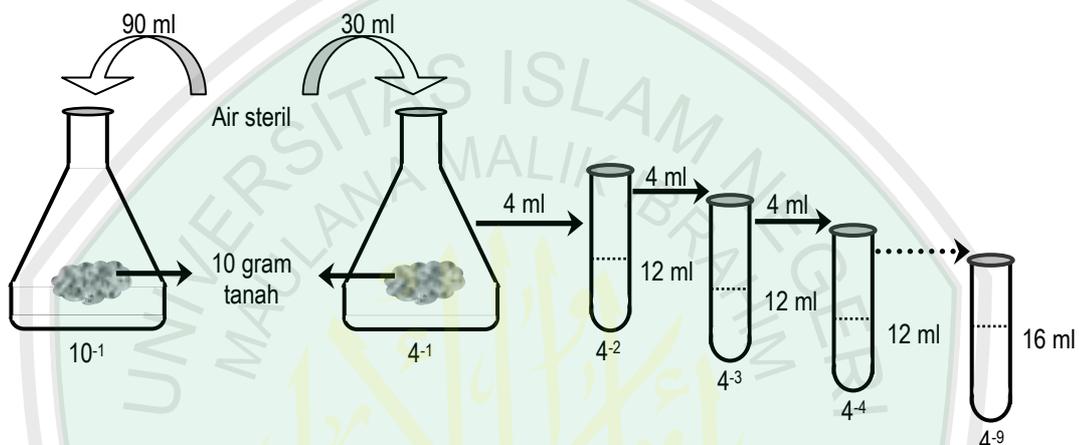
Bahan yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah benih kedelai varietas Sinabung, isolat Rhizobium, tanah masam ultisol Lampung, tanah entisol Probolinggo, Aquadest, K₂HPO₄, MgSO₄.7H₂O, NaCl, agar, larutan stok Fe dari [CH₂.N(CH₂.COO)₂]₂ Fe Na (Ethylene Diamine Tetra Acetic acid) 2000 ppm.

3.5. Prosedur Kerja

3.5.1. Uji MPN (Most Probable Number)

Uji MPN dilakukan untuk menaksir densitas sel Rhizobium per gram tanah. Prosedur yang dilakukan adalah sampel tanah yang sudah dikering-anginkan dibuat serial pengenceran 10⁻¹, 4⁻¹, 4⁻², 4⁻³, 4⁻⁴, 4⁻⁵, 4⁻⁶, 4⁻⁷, 4⁻⁸ dan 4⁻⁹ menggunakan air steril. Pengenceran 10⁻¹ dibuat dengan menimbang 10 gram tanah masam ultisol kemudian ditambahkan 90 ml

air steril. Pengenceran 4^{-1} dibuat dengan menambahkan 30 ml air steril pada 10 gram tanah. Dari suspensi tanah 4^{-1} diambil 4 ml dan ditambahkan pada 12 ml air steril dalam tabung reaksi sehingga menjadi pengenceran 4^{-2} , dan seterusnya sampai pengenceran 4^{-9} . Diagram pembuatan serial pengenceran sampel tanah adalah sebagai berikut :



Gambar 3.1. Diagram pembuatan serial pengenceran dari sampel tanah yang akan ditera densitas sel Rhizobiumnya menggunakan metode MPN.

Benih kedelai varietas Sinabung ditanam pada wadah yang berisi 200 gram pasir steril dan dipertahankan satu tanaman. Sebanyak 2 ml larutan dari setiap pengenceran diinokulasikan pada tanaman kedelai berumur 4 hst dan diulang 4 kali. Segera setelah inokulasi tanaman disiram dengan larutan hara minus N, agar bakteri Rhizobium segera meresap kedalam media tanam dan terhindar dari kondisi yang tidak kondusif. Untuk mempertahankan kelembaban tanah, tanaman disiram dengan larutan hara minus N setiap hari. Semua kegiatan dilakukan secara aseptik untuk menghindari kontaminasi.

Pengamatan ada tidaknya bintil akar di setiap perlakuan inokulasi dengan pengenceran tertentu dilakukan pada umur 3 minggu (21 hst). Densitas dari Rhizobium ditentukan berdasarkan keberadaan tanaman

yang membentuk bintil akar pada masing-masing pengenceran inokulum tanah dan daftar tabel estimasi sel Rhizobium.

3.5.2. Seleksi Isolat Rhizobium

Seleksi Isolat Rhizobium dilakukan dengan menguji beberapa isolat Rhizobium yang sebelumnya ditumbuhkan pada slant culture (media miring) kemudian diinokulasikan pada media YEM (Yeast Extract Mannithol) cair pH 4 dengan konsentrasi 200 ppm Fe selama delapan hari pada orbital shaker suhu kamar, sehingga diperoleh 10 isolat seperti yang tercantum pada perlakuan (ILeTRISoy 1, ILeTRISoy 4, ILeTRISoy 6, ILeTRISoy 8, ILeTRISoy 12, ILeTRISoy 14, ILeTRISoy 16, ILeTRISoy 17, ILeTRISoy 19, ILeTRISoy 35). Setelah isolat berumur delapan hari lalu diinokulasikan pada akar tanaman kedelai varietas Sinabung yang sebelumnya juga telah dikecambahkan selama delapan hari. Bahan pembuatan media YEM (Yeast Extract Mannithol) cair pH 4 dengan 200 ppm Fe untuk 500 ml adalah Mannithol (5 gram), Yeast Extract (0,25 gram), K_2HPO_4 (0,25 gram), $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ (0,1 gram), dan NaCl (0,05 gram).

Cara membuat media YEM (Yeast Extract Mannithol) cair pH 4 dengan kandungan 200 ppm Fe adalah sebagai berikut :

- a. Menimbang bahan-bahan tersebut diatas dengan takaran yang tepat.
- b. Memasukkan semua bahan diatas kedalam gelas beker yang telah berisi aquades \pm 300 ml.
- c. Mengaduk campuran tersebut dengan magnetic stirrer sampai bahan-bahan tersebut terlarut sempurna.
- d. Mengukur media YEM cair tersebut dengan pH meter dan menambahkan H_2SO_4 sambil diaduk dengan magnetic stirrer hingga pada pH meter tersebut terlihat menunjukkan pH 4.

- e. Menambahkan larutan stok Fe dari $[\text{CH}_2.\text{N}(\text{CH}_2.\text{COO})_2]_2\text{FeNa}$ 2000 ppm ke dalam media YEM (Yeast Extract Mannithol) cair tersebut. Untuk kadar 200 ppm Fe dapat dilakukan langkah perhitungan sebagai berikut :

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$

$$V_1 \times 2000 \text{ ppm} = 500 \text{ ml (volume media YEM)} \times 200 \text{ ppm}$$

$$V_1 = 50 \text{ ml}$$

Jadi, larutan stok Fe dari $[\text{CH}_2.\text{N}(\text{CH}_2.\text{COO})_2]_2\text{FeNa}$ 2000 ppm yang dibutuhkan untuk membuat YEM (Yeast Extract Mannithol) cair dengan kadar Fe 200 ppm adalah 50 ml.

- f. Selanjutnya menambahkan 50 ml dari $[\text{CH}_2.\text{N}(\text{CH}_2.\text{COO})_2]_2\text{FeNa}$ 2000 ppm larutan kedalam larutan YEM (Yeast Extract Mannithol) yang telah dibuat dan menambahkan aquades hingga larutan YEM (Yeast Extract Mannithol) tersebut mencapai 500 ml.

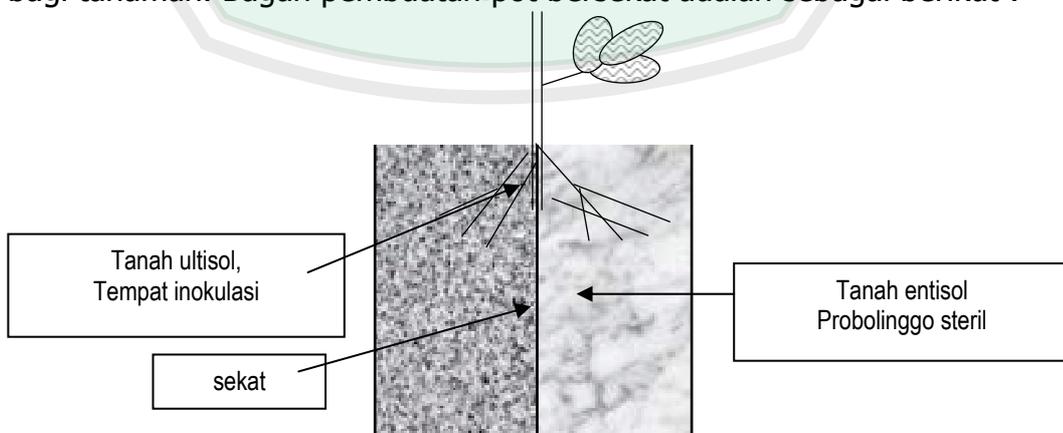
3.5.3. Pemilihan dan Perlakuan Benih

Benih yang dipergunakan adalah benih varietas Sinabung yang berkualitas dan berukuran seragam. Sebelum dilakukan penanaman dalam pot, benih kedelai disterilkan terlebih dahulu agar bakteri Rhizobium endogen yang berasal dari tanah saat pemanenan polong dapat dimusnahkan sehingga tidak mempengaruhi isolat yang akan diinokulasikan saat penelitian. Benih kemudian dikecambahkan dalam media pasir steril selama 8 hari (perakaran cukup dibagi dua). Selama proses perkecambahan, kelembaban selalu dijaga dengan membasahnya menggunakan air steril setiap harinya. Sterilisasi benih dilakukan dengan merendam benih kedelai pada larutan Sodium Perklorat 1,05 % selama 10 menit, setiap menit dikocok perlahan-lahan 3-4 kali, kemudian dibilas dengan air steril sebanyak 5-6 kali sampai dirasa benih telah bersih dari larutan sodium perklorat.

3.5.4. Perlakuan Tanah

Tanah masam ultisol dari Lampung dan tanah entisol dari Probolinggo yang akan dipakai sebagai media tanam dikering-anginkan, ditumbuk dan diayak menggunakan ayakan berdiameter 2 mm. Sebelum penelitian dimulai, tanah akan dianalisis untuk mencirikan sifat kimia tanah (pH, kadar N, bahan organik, Al, Fe, Mn) dan ditera sel *Rhizobium* alaminya dengan menggunakan metode MPN (Most Probable Number) (Somasegaran dan Hoben, 1985).

Satu pot untuk media akan disekat dengan mika pada bagian tengah. Satu bagian akan diisi dengan tanah ultisol tidak steril dan satu bagian akan diisi dengan tanah entisol steril dengan berat masing-masing 1 (satu) kg. Tanah ultisol tidak disterilkan karena pada tanah ultisol hanya terdapat sedikit *Rhizobium* endogen dan tidak efektif dalam memfiksasi nitrogen, hal ini berdasarkan hasil uji MPN (Lampiran 4). Sedangkan Tanah entisol harus disterilkan dahulu karena pada tanah entisol terdapat *Rhizobium* endogen yang bersifat lebih adaptif dalam jumlah yang relatif besar dan berkemampuan dalam memfiksasi nitrogen sehingga dapat berkompetisi dengan *Rhizobium* yang akan diinokulasikan dalam penelitian. Tanah entisol berfungsi sebagai media pensuplai unsur hara bagi tanaman. Bagan pembuatan pot bersekat adalah sebagai berikut :



Gambar 3.2. Bagan pembuatan pot bersekat yang diisi dengan tanah ultisol (letak inokulasi) dan tanah entisol steril dari Probolinggo.

3.5.5. Pemupukan

Pemupukan hanya dilakukan pada tanah masam ultisol yaitu pada saat tanam dengan cara memberikan pupuk SP36, pupuk KCl, masing-masing 100 kg/ha serta pupuk Urea 50 kg/ha sebagai pupuk dasar. Tanah Entisol tidak dipupuk karena menurut hasil kajian sebelumnya pemupukan tidak meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman (Soedarjo dan Sucahyono, 2005). Jumlah pupuk yang diberikan per pot berdasarkan populasi lubang tanam/ha serta asumsi jarak tanam 40 cm x 10 cm = 250.000 lubang tanam/ha.

3.5.6. Pemindahan Tanaman dan Inokulasi Isolat

Benih kedelai yang telah dikecambahkan umur 8 hari dipindahkan ke media pot bersekat. Perakaran dibagi menjadi dua bagian, separuh ditanam pada tanah ultisol dan sisanya ditanam pada tanah entisol. Pada saat pemindahan tanaman, masing-masing isolat yang telah ditumbuhkan di media YEM (Yeast Extract Mannithol) pH 4 dengan 200 ppm Fe sebanyak 1 ml diinokulasikan pada akar tanaman kedelai yang ditanam pada media tanah ultisol dengan menggunakan pipetor. Masing-masing pot akan ditanam dua bibit tanaman kedelai.

3.5.7. Perawatan Tanaman dan Pemanenan

Perawatan tanaman meliputi penyiraman, penyiangan, pengendalian hama dan penyakit (dilakukan berdasarkan pemantauan). Pemanenan tanaman dilakukan pada umur \pm 30 hst atau setelah tanaman memasuki fase berbunga. Tanaman kedelai dipisahkan secara hati-hati dari tanah kemudian dihitung nodulnya. Tanaman kemudian dioven selama 3x24 jam pada suhu 70°C dan diukur berat keringnya.

3.5.8. Analisis Kadar Nitrogen Tanaman

Sampel tanaman yang digunakan untuk analisa kadar N adalah bagian daun, batang dan ranting (brangkasan). Setelah tanaman ditanam selama 3x24 jam, diblender kemudian dianalisa dengan menggunakan metode mikro Kjeldahl. Analisis dilakukan di Laboratorium Fisiologi Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang.

3.6. Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang dilakukan meliputi parameter dari penambatan N₂ dan pertumbuhan. Data-data tersebut adalah sebagai berikut :

3.6.1. Penambatan N₂

Parameter dari penambatan N₂ meliputi:

- a) Pengukuran kadar klorofil daun dilakukan dengan menggunakan *Chlorofil Meter* pada umur 7 hst, 14 hst, 21 hst, dan 28 hst. Kadar Klorofil daun digunakan sebagai parameter penambatan N₂ karena Nitrogen merupakan komponen utama penyusun klorofil.
- b) Penghitungan jumlah bintil akar efektif dan berat kering bintil akar efektif dilakukan pada umur 28 hst. Terbentuknya bintil akar efektif mengindikasikan terjadi fiksasi nitrogen biologis, bintil akar efektif dicirikan bagian dalam nodul berwarna kemerahan karena mengandung *leghaemoglobin*.
- c) Pengukuran kadar Nitrogen tanaman dilakukan pada umur 28 hst dengan menggunakan metode mikro Kjeldahl.

3.6.2. Pertumbuhan

Parameter dari pertumbuhan meliputi:

- a) Pengukuran tinggi tanaman dilakukan selama empat kali, yaitu satu kali setiap minggunya (7 hst, 14 hst, 21 hst, dan 28 hst).
- b) Pengukuran biomassa tanaman dilakukan dengan mengukur berat kering tanaman.

3.7. Teknik Analisis Data

Data kadar klorofil daun, jumlah bintil akar efektif, berat kering bintil akar efektif dan tinggi tanaman dianalisis dengan menggunakan Analysis of Variance (ANOVA) satu jalur. Jika dari ANOVA terdapat perbedaan nyata maka dilanjutkan dengan uji Jarak Duncan (5 %) untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan.

Kadar Nitrogen tanaman dianalisis dengan menggunakan teknik analisis data secara deskriptif melalui penggambaran grafik. Sedangkan data biomassa tanaman dianalisis dengan menggunakan Analysis of Variance (ANOVA) satu jalur dan analisis deskriptif melalui penggambaran grafik.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Keragaman Efektivitas Rhizobium Toleran Masam dari Aspek Penambatan N₂ Tanaman Kedelai Varietas Sinabung di Tanah Masam Ultisol

4.1.1. Efektivitas Rhizobium dari Aspek Penambatan N₂ terhadap Kadar Klorofil Daun

Pengukuran kadar klorofil daun dilakukan selama 4 kali yaitu pada umur 7, 14, 21, dan 28 hari setelah tanam. Pengukuran kadar klorofil daun dimulai dari daun tunggal (unifoliolate) yang telah membuka penuh dengan menggunakan *chlorofil meter*. Data pengukuran kadar klorofil disajikan pada tabel 4. 1.

Tabel 4.1. Ringkasan rerata data pengukuran kadar klorofil daun pada umur 7, 14, 21, dan 28 hst.

No.	Perlakuan (Isolat Rhizobium)	Rerata kadar klorofil daun			
		7	14	21	28
1	ILeTRISoy 1	36,65	37,15	34,77	39,43
2	ILeTRISoy 4	33,93	36,83	34,87	41,78
3	ILeTRISoy 6	35,30	36,67	38,58	41,08
4	ILeTRISoy 8	37,40	36,00	32,12	31,77
5	ILeTRISoy 12	37,23	37,47	29,18	31,90
6	ILeTRISoy 14	36,57	36,25	34,65	42,22
7	ILeTRISoy 16	36,00	38,20	39,93	42,67
8	ILeTRISoy 17	36,92	38,32	30,27	31,28
9	ILeTRISoy 19	36,27	35,20	37,20	42,38
10	ILeTRISoy 35	35,12	35,85	36,38	39,97
11	Kontrol (tanpa inokulasi)	36,78	37,63	26,82	29,38
Total rerata		398,17	405,57	374,77	413,87

Dari tabel 4.1. diketahui bahwa inokulasi isolat Rhizobium berpengaruh terhadap kadar klorofil daun umur 7, 14, 21, dan 28 hari setelah tanam. Hal ini ditunjukkan pada masing-masing jenis isolat mempunyai tingkat efektivitas berbeda terhadap kadar klorofil daun. Dari

hasil analisis variansi satu jalur, diperoleh nilai F_{hitung} kadar klorofil daun pada umur 7, 14, 21, dan 28 hari setelah tanam. Data selengkapnya disajikan pada tabel 4. 2.

Tabel 4.2. Ringkasan analisis variansi tentang kadar klorofil daun pada umur 7, 14, 21, dan 28 hst

Sumber Keragaman	F_{hitung} pada umur pengamatan.... (hst)				$F_{tabel\ 5\%}$
	7	14	21	28	
Isolat	2, 127 ^{tn}	0, 537 ^{tn}	5, 460 ^{**}	15, 012 ^{**}	2,35

Keterangan :

tn : Tidak nyata

** : Nyata pada taraf 5%

Hasil analisis variansi satu jalur terhadap kadar klorofil daun dengan taraf signifikansi 5% menunjukkan bahwa F_{hitung} kadar klorofil daun umur 21 dan 28 hari setelah tanam lebih besar daripada $F_{tabel\ 5\%}$, sedangkan pada umur 7 dan 14 hari setelah tanam F_{hitung} lebih kecil dari $F_{tabel\ 5\%}$, artinya jenis isolat berpengaruh terhadap kadar klorofil daun umur 21 dan 28 hari setelah tanam, sedangkan pada umur 7 dan 14 hari setelah tanam tidak berpengaruh terhadap kadar klorofil daun. Hasil analisis variansi yang berbeda nyata ini kemudian dilanjutkan dengan uji Duncan 5% yang disajikan pada tabel 4.3.

Tabel 4.3. Ringkasan hasil uji Duncan 5% tentang tingkat efektivitas jenis isolat terhadap kadar klorofil daun pada umur 21 dan 28 hst

Isolat	Umur 21 hst	Isolat	Umur 28 hst
Kontrol	26,8167 a	Kontrol	29,3833 a
ILeTRISoy 12	29,1833 ab	ILeTRISoy 17	31,2833 a
ILeTRISoy 17	30,2667 ab	ILeTRISoy 8	31,7667 a
ILeTRISoy 8	32,1167 abc	ILeTRISoy 12	31,9000 a
ILeTRISoy 14	34,6500 bcd	ILeTRISoy 1	39,4333 b
ILeTRISoy 1	34,7667 bcd	ILeTRISoy 35	39,9667 b
ILeTRISoy 4	34,8667 bcd	ILeTRISoy 6	41,0833 b
ILeTRISoy 35	36,3833 cd	ILeTRISoy 4	41,7833 b
ILeTRISoy 19	37,2000 cd	ILeTRISoy 14	42,2167 b
ILeTRISoy 6	38,5833 d	ILeTRISoy 19	42,3833 b
ILeTRISoy 16	39,9333 d	ILeTRISoy 16	42,6667 b

Keterangan :

Kontrol : Tanpa inokulasi

Berdasarkan uji Duncan pada taraf signifikansi 5% tentang kadar klorofil (tabel 4.3.) diketahui bahwa perlakuan kontrol (tanpa inokulasi), ILeTRISoy 12, ILeTRISoy 17, ILeTRISoy 8, ILeTRISoy 14, ILeTRISoy 1, ILeTRISoy 4, ILeTRISoy 35, dan ILeTRISoy 19 mempunyai tingkat efektivitas sama terhadap kadar klorofil daun umur 21 hari setelah tanam. Hal ini berbeda dengan inokulasi ILeTRISoy 6 dan ILeTRISoy 16 yang mempunyai tingkat efektivitas berbeda terhadap kadar klorofil daun umur 21 hari setelah tanam. inokulasi ILeTRISoy 16 mempunyai tingkat efektivitas tertinggi terhadap kadar klorofil daun pada umur 21 hari setelah tanam.

Pada kadar klorofil daun umur 28 hari setelah tanam diketahui bahwa perlakuan kontrol (tanpa inokulasi), ILeTRISoy 17, ILeTRISoy 8, dan ILeTRISoy 12 mempunyai tingkat efektivitas sama terhadap kadar klorofil daun umur 28 hari setelah tanam, namun berbeda dengan inokulasi ILeTRISoy 1, ILeTRISoy 35, ILeTRISoy 6, ILeTRISoy 4, dan ILeTRISoy 19, dan ILeTRISoy 16. Tingkat efektivitas tertinggi terdapat pada inokulasi ILeTRISoy 16.

Kadar klorofil daun pada umur 21 dan 28 hari setelah tanam berbeda nyata jika dibandingkan dengan kadar klorofil daun pada umur 7 dan 14 hari setelah tanam. Perbedaan yang nyata diduga disebabkan karena pada kondisi yang menguntungkan, bintil akar terbentuk dalam waktu satu minggu setelah biji ditanam, tetapi Rhizobium mulai aktif mengikat nitrogen setelah dua minggu berikutnya (Yutono, 1985). Hal ini dapat dikatakan bahwa Nitrogen hasil penambatan baru dapat dipergunakan untuk pembentukan klorofil daun sekitar minggu ketiga, sehingga kadar klorofil daun pada umur 21 dan 28 hari setelah tanam berbeda nyata dibandingkan pada umur 7 dan 14 hari setelah tanam.

inokulasi jenis isolat yang berbeda juga diduga menjadi penyebab perbedaan kemampuan Rhizobium dalam memfiksasi nitrogen, karena untuk dapat menghasilkan kadar klorofil tertinggi, isolat Rhizobium harus kompatibel dengan varietas kedelai yang ditanam. Ini dibuktikan pada umur 21 dan 28 hari setelah tanam, inokulasi ILeTRISoy 16 dapat menghasilkan kadar klorofil tertinggi, sehingga dapat dikatakan bahwa ILeTRISoy 16 adalah isolat yang paling efektif dan kompatibel dengan varietas kedelai Sinabung. Hal ini sejalan dengan Gardner (1991) yang menjelaskan bahwa beberapa jenis isolat Rhizobium yang berbeda menyebabkan berbedanya kemampuan memfiksasi nitrogen. Menurut Champion *et al.*, (1992); Qian *et al.*, (1996) dalam Soedarjo (2007) bahwa genotip tanaman dan faktor lingkungan seperti mutasi alam (nature mutation) berpengaruh terhadap tingkat efektivitas Rhizobium. Soedarjo (1998) menambahkan bahwa tanaman kacang-kacangan mengeksudasi oligosakarida sebagai signal yang dapat dikenali oleh Rhizobium sebelum menginfeksi akar. Apabila terdapat kesesuaian (kompatibilitas) antara Rhizobium dengan tanaman inang akan dihasilkan bintil akar yang efektif dalam memfiksasi N_2 . Nitrogen merupakan salah satu komponen penyusun klorofil daun ($C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$) yang digunakan dalam proses fotosintesis.

4.1.2. Efektivitas Rhizobium dari Aspek Penambatan N_2 terhadap Jumlah Bintil Akar Efektif

Bintil akar efektif merupakan salah satu indikator bahwa Rhizobium dapat melakukan fiksasi nitrogen biologis sehingga parameter ini dapat digunakan untuk mengetahui efektivitas Rhizobium. Data penelitian tentang jumlah bintil akar efektif melalui penghitungan bintil akar efektif

yang ditandai dengan bagian tengah bintil berwarna merah setelah dibelah disajikan pada tabel 4.4.

Tabel 4.4. Ringkasan data pengukuran jumlah bintil akar efektif

Perlakuan	Ulangan			Total	Rerata
	I	II	III		
ILeTRISoy 1	5,00	6,00	6,50	17,50	5,83
ILeTRISoy 4	9,50	6,00	7,50	23,00	7,67
ILeTRISoy 6	16,00	13,00	15,50	44,50	14,83
ILeTRISoy 8	5,50	4,00	5,00	14,50	4,83
ILeTRISoy 12	4,00	4,50	3,50	12,00	4,00
ILeTRISoy 14	14,50	15,50	12,00	42,00	14,00
ILeTRISoy 16	23,00	26,00	24,50	73,50	24,50
ILeTRISoy 17	4,50	5,50	4,00	14,00	4,67
ILeTRISoy 19	17,50	13,50	14,50	45,50	15,17
ILeTRISoy 35	10,50	12,50	9,00	32,00	10,67
Kontrol	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	110,00	106,50	102,00	318,50	106,17

Berdasarkan tabel 4.4. dapat diketahui bahwa inokulasi isolat Rhizobium yang berbeda mempunyai tingkat efektivitas yang berbeda terhadap jumlah bintil akar efektif. Hal ini ditunjukkan oleh perbedaan jumlah bintil akar efektif pada tiap-tiap perlakuan. Ringkasan analisis variansi terhadap bintil akar efektif disajikan pada tabel 4.5.

Tabel 4.5. Ringkasan analisis variansi tentang jumlah bintil akar efektif

SK	db	JK	KT	F _{hitung}	F _{tabel 5%}
Ulangan	2	2,924	1,462	0,765 ^{tn}	3,49
Isolat	10	1468,076	146,808	76,777 ^{**}	2,35
Galat	20	38,242	1,912		
Total	32	1509,242			

Keterangan :

tn : tidak nyata

** : Nyata pada taraf 5%

Berdasarkan hasil analisis variansi jumlah bintil akar efektif (tabel 4.5.) menunjukkan bahwa F_{hitung} lebih besar daripada F_{tabel 5%}. Ini

menunjukkan bahwa inokulasi isolat *Rhizobium* berbeda nyata pada taraf 5%, kemudian dilanjutkan dengan uji Duncan pada taraf signifikansi 5% yang disajikan pada tabel 4.6.

Tabel 4.6. Ringkasan hasil uji Duncan 5% tentang tingkat efektivitas jenis isolat terhadap jumlah bintil akar efektif

Perlakuan	Rerata	Notasi
Kontrol	0,0000	a
ILeTRISoy 12	4,0000	b
ILeTRISoy 17	4,6667	b
ILeTRISoy 8	4,8888	b
ILeTRISoy 1	5,8333	bc
ILeTRISoy 4	7,6667	c
ILeTRISoy 35	10,6667	d
ILeTRISoy 14	14,0000	d
ILeTRISoy 6	14,8333	e
ILeTRISoy 19	15,1667	e
ILeTRISoy 16	24,5000	f

Keterangan :

Kontrol : Tanpa inokulasi

Berdasarkan hasil rerata uji Duncan 5% pada tabel 4.6. diketahui bahwa inokulasi isolat berbeda dalam menghasilkan bintil akar efektif jika dibandingkan dengan perlakuan tanpa inokulasi (kontrol). Pemberian isolat 12, 17, 8, dan 1 mempunyai efektivitas yang sama dalam menghasilkan jumlah bintil akar. Hal ini berbeda dengan inokulasi ILeTRISoy 4, ILeTRISoy 35, ILeTRISoy 14, ILeTRISoy 6, ILeTRISoy 19, dan ILeTRISoy 16. Perlakuan inokulasi ILeTRISoy 16 menghasilkan jumlah bintil akar yang terbanyak.

inokulasi isolat dapat merangsang hadirnya bakteri *Rhizobium* di sekitar perakaran tanaman, sehingga *Rhizobium* akan bersimbiosis dengan tanaman kedelai untuk membentuk bintil akar yang mampu menambat nitrogen dari udara dan dipergunakan untuk pertumbuhan tanaman. Pada tanaman tanpa inokulasi (kontrol) akan mengalami kekurangan nitrogen

karena tidak adanya bakteri di sekitar perakaran tanaman, sehingga bintil akar yang berfungsi sebagai organ penambat nitrogen tidak terbentuk. Ini dibuktikan melalui penghitungan uji MPN (lampiran 3) bahwa populasi *Rhizobium* endogen di tanah ultisol, Lampung Timur adalah 36 sel per gram tanah. Rendahnya populasi *Rhizobium* endogen ini mungkin menyebabkan tidak terbentuknya bintil akar pada tanaman kedelai, karena densitas sel *Rhizobium* yang terlalu rendah kurang efektif untuk meningkatkan ketersediaan nitrogen melalui simbiosis, sehingga perlu dilakukan inokulasi *Rhizobium*. Gardner (1991) menyatakan bahwa rendahnya populasi *Rhizobium* menyebabkan kolonisasi *Rhizobium* pada akar menjadi kecil sehingga tidak mampu melakukan invasi ke dalam bulu akar dan membentuk bintil. Islami (1995) menambahkan, kehidupan *Rhizobium* tergantung pada kondisi lingkungan tanah terutama pH. Penelitian Ciptadi (1992) dalam Ningsih (2004) menunjukkan bahwa pH rendah ($\text{pH} < 5$) dapat menekan kerapatan populasi *Rhizobium*. pH rendah akan mempengaruhi perkembangan *Rhizobium* dan bahkan akan menghambat proses infeksi terhadap bulu akar. Rendahnya kemampuan *Rhizobium* endogen dalam memfiksasi nitrogen dibuktikan dengan sedikitnya bintil akar yang terbentuk menyebabkan dibutuhkan inokulum *Rhizobium* dari strain lain yang toleran terhadap kondisi kemasaman sehingga dapat efektif menambat nitrogen. Ningsih (2004) menyatakan bahwa pemberian *Rhizobium* ke dalam tanah akan dapat membentuk bintil akar bila *Rhizobium* tersebut mampu bersaing dengan *Rhizobium* endogen tanah dan kompatibel dengan tanaman inangnya. Berbeda dengan tanaman yang diinokulasi dengan isolat *Rhizobium* dapat meningkatkan serapan nitrogen bagi tanaman melalui fiksasi nitrogen, karena inokulasi isolat dapat merangsang hadirnya bakteri *Rhizobium* di

sekitar perakaran tanaman sehingga dapat terbentuk bintil akar (Yutono, 1985). Semakin banyak koloni bakteri menginfeksi akar akan meningkatkan jumlah bintil akar yang terbentuk. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ILeTRISoy 16 dapat menghasilkan jumlah bintil akar efektif terbanyak. Hal ini membuktikan bahwa ILeTRISoy 16 adalah isolat yang paling efektif dan kompatibel dengan varietas kedelai Sinabung.

4.1.3. Efektivitas Rhizobium dari Aspek Penambatan N₂ terhadap Berat Kering Bintil Akar Efektif

Data hasil pengamatan berat bintil akar efektif melalui penimbangan bintil akar yang sudah dikeringkan selama 2-3 hari pada suhu 70 °C yang disajikan pada tabel 4.7.

Tabel 4.7. Ringkasan data pengukuran berat kering bintil akar efektif

Perlakuan	Ulangan			Total	Rerata
	I	II	III		
ILeTRISoy 1	15,11	13,86	10,43	39,39	13,13
ILeTRISoy 4	17,54	12,06	15,10	44,70	14,90
ILeTRISoy 6	18,09	20,26	12,91	51,25	17,08
ILeTRISoy 8	11,22	15,53	9,50	36,24	12,08
ILeTRISoy 12	4,91	7,61	3,99	16,50	5,50
ILeTRISoy 14	18,71	20,11	12,11	50,93	16,98
ILeTRISoy 16	25,11	19,17	29,06	73,34	24,45
ILeTRISoy 17	4,08	5,06	3,61	12,74	4,25
ILeTRISoy 19	18,62	20,53	14,93	54,07	18,02
ILeTRISoy 35	16,06	12,11	18,55	46,72	15,57
Kontrol	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	149,42	146,27	130,16	425,85	141,95

Berdasarkan tabel 4.7. dapat diketahui bahwa inokulasi isolat Rhizobium yang berbeda mempunyai tingkat perbedaan efektivitas terhadap berat kering bintil akar efektif. Hal ini ditunjukkan dari perbedaan berat kering bintil akar efektif pada setiap perlakuan.

Ringkasan analisis variansi terhadap berat kering bintil akar efektif disajikan pada tabel 4.8.

Tabel 4.8. Ringkasan analisis variansi tentang berat kering bintil akar efektif

SK	db	JK	KT	F _{hitung}	F _{tabel 5%}
Ulangan	2	19,406	9,703	1,039 ^{tn}	3,49
Isolat	10	1504,699	150,470	16,112 ^{**}	2,35
Galat	20	186,780	9,339		
Total	32	1710,885			

Keterangan :

tn : tidak nyata

** : Nyata pada taraf 5%

Berdasarkan hasil analisis variansi jumlah bintil akar efektif (tabel 4.8.) menunjukkan bahwa F_{hitung} pemberian isolat lebih besar dari F_{tabel 5%}, dengan demikian inokulasi isolat Rhizobium berbeda nyata pada taraf 5%. Hasil penghitungan analisis variansi yang berbeda nyata kemudian dilanjutkan dengan uji Duncan pada taraf signifikansi 5% yang disajikan pada tabel 4.9.

Tabel 4.9. Ringkasan hasil uji Duncan 5% tentang tingkat efektivitas jenis isolat terhadap berat kering bintil akar efektif

Perlakuan	Rerata	Notasi
Kontrol	0,0000	a
ILeTRISoy 17	4,2500	ab
ILeTRISoy 12	5,5033	b
ILeTRISoy 8	12,0833	c
ILeTRISoy 1	13,1333	cd
ILeTRISoy 4	14,9000	cd
ILeTRISoy 35	15,5733	cd
ILeTRISoy 14	16,9767	cd
ILeTRISoy 6	17,0867	cd
ILeTRISoy 19	18,0267	d
ILeTRISoy 16	24,4467	e

Keterangan :

Kontrol : Tanpa inokulasi

Hasil rerata uji Duncan pada taraf signifikansi 5% tentang berat kering bintil akar efektif (tabel 4.9.) menunjukkan bahwa inokulasi isolat mempunyai perbedaan tingkat efektivitas dalam menghasilkan berat bintil akar jika dibandingkan dengan perlakuan kontrol (tanpa inokulasi). Perlakuan kontrol, inokulasi ILeTRISoy 17, dan ILeTRISoy 12 mempunyai tingkat efektivitas yang sama terhadap berat bintil akar, berbeda dengan inokulasi ILeTRISoy 8, ILeTRISoy 1, ILeTRISoy 4, ILeTRISoy 35, ILeTRISoy 14, ILeTRISoy 6, ILeTRISoy 19, dan ILeTRISoy 16. Perlakuan inokulasi ILeTRISoy 16 menghasilkan berat bintil akar yang tertinggi. Hal ini membuktikan bahwa dengan adanya inokulasi isolat Rhizobium yang kompatibel dengan varietas kedelai kedalam perakaran kedelai akan memacu pembentukan bintil akar efektif. Bintil akar efektif ditandai dengan jaringan bintil akar pada bagian tengah berwarna merah ketika dibelah, karena mengandung leghemoglobin. Bintil efektif letaknya cenderung mengumpul pada leher akar, dan umumnya berukuran besar (Rao, 1994). Inokulasi dengan isolat Rhizobium yang kompatibel dan efektif dapat meningkatkan serapan nitrogen bagi tanaman melalui fiksasi nitrogen, karena inokulasi isolat dapat merangsang hadirnya bakteri Rhizobium disekitar perakaran tanaman sehingga dapat terbentuk bintil akar (Yutono, 1985). Semakin banyak koloni bakteri menginfeksi akar akan meningkatkan jumlah bintil akar yang terbentuk, sehingga semakin meningkatnya jumlah bintil akar yang terbentuk dan semakin besar ukuran bintil akar akan meningkatkan berat bintil akar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ILeTRISoy 16 dapat menghasilkan berat bintil akar efektif tertinggi. Hal ini membuktikan bahwa ILeTRISoy 16 adalah isolat yang paling efektif dan kompatibel dengan varietas kedelai Sinabung.

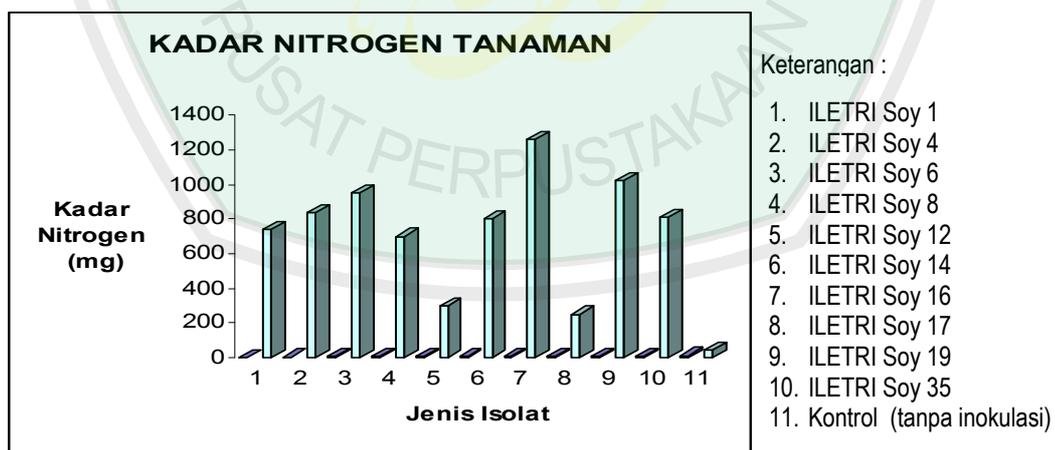
4.1.4. Efektivitas Rhizobium dari Aspek Penambatan N₂ terhadap Kadar Nitrogen tanaman

Kadar Nitrogen tanaman dianalisis dengan menggunakan metode Kjeldahl. Data mengenai analisis kadar nitrogen tanaman pada 11 perlakuan disajikan pada tabel 4.10.

Tabel 4.10. Data Analisis Kadar Nitrogen Tanaman

No.	Perlakuan	Hasil Titrasi (ml)	N Total (%)	Biomassa Tanaman(g)	N Total (mg)
1	ILeTRISoy 1	34,6	4,7	15.76	740
2	ILeTRISoy 4	35,2	4,8	17.60	840
3	ILeTRISoy 6	33,2	4,5	21.05	950
4	ILeTRISoy 8	33,2	4,5	13.97	700
5	ILeTRISoy 12	36,6	5,0	6.98	300
6	ILeTRISoy 14	31,2	4,2	20.96	800
7	ILeTRISoy 16	28,0	3,8	29.25	1260
8	ILeTRISoy 17	31,4	4,3	5.52	250
9	ILeTRISoy 19	33,0	4,5	22.19	1020
10	ILeTRISoy 35	33,8	4,6	18.47	810
11	Kontrol	32,6	4,4	0,83	40
Jumlah		34,6	49,3	172,58	7710

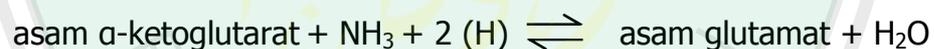
Data hasil pengukuran kadar nitrogen tanaman total (mg) selanjutnya dideskriptifkan menggunakan grafik disajikan pada gambar



Gambar 4.1. Grafik Kadar Nitrogen Tanaman

Hasil analisis deskriptif kadar nitrogen tanaman (mg) (gambar 4.1.) menunjukkan bahwa ada keragaman efektivitas Rhizobium dalam meningkatkan kadar nitrogen tanaman. Kadar nitrogen tanaman tertinggi

terdapat pada perlakuan inokulasi ILeTRISoy 16, yaitu sebesar 1260 mg. Kadar nitrogen terendah terdapat pada perlakuan kontrol, yaitu sebesar 40 mg. Dari hasil tersebut dapat dinyatakan bahwa ILeTRISoy 16 adalah isolat yang paling efektif dan kompatibel dengan varietas kedelai Sinabung dalam menghasilkan kadar nitrogen tertinggi. Hal ini menunjukkan bahwa kadar nitrogen tanaman dapat ditingkatkan melalui inokulasi isolat Rhizobium, dibuktikan dengan meningkatnya kadar nitrogen tanaman dibandingkan dengan kontrol. Setiadi (1989) dalam Abdulkadir (1999) melaporkan bahwa pemberian inokulan Rhizobium (inokulasi) dapat meningkatkan penambatan nitrogen. Nitrogen sangat diperlukan tanaman dalam sintesis senyawa asam amino yang penting dalam pembentukan protein untuk penyusun protoplasma sel selama pertumbuhan tanaman. Penggabungan nitrogen ke dalam amonia menjadi molekul asam amino bermula dengan pembentukan asam glutamat, yaitu melalui reaksi aminasi reduksi asam α -ketoglutarat sebagai berikut :



Asam glutamat merupakan satu-satunya asam amino yang dapat terbentuk langsung dari amonia sehingga asam glutamat menduduki posisi kunci pada metabolisme nitrogen. Setelah asam glutamat terbentuk, asam ini dapat berfungsi sebagai prekursor untuk sintesis asam amino lain melalui proses transaminasi (pemindahan gugus amino-NH₂ dari sebuah molekul ke molekul lain tanpa pembentukan amonia) yang dikatalisis oleh enzim transaminase yang menerima satu gugus amino dari suatu asam amino dan memindahkannya ke suatu α -keto yang akan diubah menjadi asam amino lain yang sesuai. Penggabungan dari beberapa monomer asam amino ini akan membentuk protein tertentu yang akan digunakan untuk pertumbuhan tanaman (Loveless, 1991).

4.2. Keragaman Efektivitas Rhizobium Toleran Masam dari Aspek Pertumbuhan Tanaman Kedelai Varietas Sinabung di Tanah Masam Ultisol

4.2.1. Efektivitas Rhizobium dari Aspek Pertumbuhan terhadap Tinggi Tanaman

Pengukuran tinggi tanaman kedelai dilakukan selama 4 kali, yaitu pada 7, 14, 21, dan 28 hari setelah tanam. Data pengukuran tinggi tanaman diamati 1 kali dalam seminggu tertera pada tabel 4.11.

Tabel 4.11. Ringkasan rerata data pengukuran tinggi tanaman pada umur 7, 14, 21, dan 28 hst

No	Perlakuan (Isolat Rhizobium)	Rerata tinggi tanaman (cm)			
		7	14	21	28
1	ILeTRISoy 1	10,20	13,58	19,67	29,92
2	ILeTRISoy 4	9,87	14,25	19,50	28,75
3	ILeTRISoy 6	10,40	14,58	20,67	29,17
4	ILeTRISoy 8	9,73	12,50	17,03	25,08
5	ILeTRISoy 12	8,75	11,50	15,42	22,00
6	ILeTRISoy 14	9,82	14,25	22,25	30,00
7	ILeTRISoy 16	10,08	14,33	22,83	31,00
8	ILeTRISoy 17	8,82	12,00	15,90	22,33
9	ILeTRISoy 19	9,87	14,17	21,83	29,75
10	ILeTRISoy 35	9,03	13,17	19,42	25,83
11	Kontrol (tanpa inokulasi)	8,17	10,50	15,00	21,83
Total rerata		104,73	144,83	209,52	295,67

Berdasarkan tabel 4.11. dapat diketahui bahwa inokulasi isolat yang berbeda pada kedelai varietas sinabung mempunyai tingkat efektivitas yang berbeda terhadap tinggi tanaman pada umur 7, 14, 21, dan 28 hari setelah tanam. Hal ini ditunjukkan oleh terjadinya peningkatan tinggi tanaman setiap minggu. Dari hasil analisis statistik dalam anava diketahui bahwa inokulasi isolat Rhizobium mempunyai tingkat efektivitas yang berbeda terhadap tinggi tanaman pada umur 7, 14, 21, dan 28 hari

setelah tanam. Ringkasan analisis variansi terhadap tinggi tanaman pada umur 7, 14, 21, dan 28 hari setelah tanam tertera pada tabel 4.12.

Tabel 4.12. Ringkasan analisis variansi tentang tinggi tanaman pada umur 7, 14, 21, dan 28 hst

Sumber Keragaman	F _{hitung} pada umur pengamatan.... (hst)				F _{tabel} 5%
	7	14	21	28	
Isolat	2,797**	6,396**	16,229**	7,088**	2,35

Keterangan :

tn : Tidak nyata

** : Nyata pada taraf 5%

Dari tabel 4.12. diketahui bahwa nilai F_{hitung} terhadap jenis isolat pada umur 7, 14, 21, dan 28 hari setelah tanam lebih besar daripada F_{tabel} 5%, dengan demikian jenis isolat pada umur 7, 14, 21, dan 28 hari setelah tanam berbeda nyata. Selanjutnya dilakukan uji Duncan pada taraf signifikansi 5% (disajikan pada tabel 4.13.).

Tabel 4.13. Ringkasan hasil uji Duncan 5% tentang efektivitas isolat Rhizobium terhadap tinggi tanaman pada umur 7, 14, 21, dan 28 hst

Isolat	Umur 7 hst	Isolat	Umur 14 hst	Isolat	Umur 21 hst	Isolat	Umur 28 hst
Kontrol	8,1667 a	Kontrol	10,5000 a	Kontrol	15,0000 a	Kontrol	21,8333 a
ILeTRISoy 6	8,7500 ab	ILeTRISoy 12	11,5000 ab	ILeTRISoy 12	15,4167 a	ILeTRISoy 12	22,0000 a
ILeTRISoy 17	8,8167 abc	ILeTRISoy 17	12,0000 abc	ILeTRISoy 17	15,9000 a	ILeTRISoy 17	22,3333 a
ILeTRISoy 35	9,0333 abcd	ILeTRISoy 8	12,5000 abcd	ILeTRISoy 8	17,0333 a	ILeTRISoy 8	25,0833 ab
ILeTRISoy 8	9,7333 bcd	ILeTRISoy 35	13,1667 abcde	ILeTRISoy 35	19,4167 b	ILeTRISoy 35	25,8333 abc
ILeTRISoy 14	9,8167 bcd	ILeTRISoy 1	13,5833 cde	ILeTRISoy 4	19,5000 b	ILeTRISoy 4	28,7500 bcd
ILeTRISoy 12	9,8667 bcd	ILeTRISoy 19	14,1667 de	ILeTRISoy 1	19,6667 b	ILeTRISoy 6	29,1667 bcd
ILeTRISoy 19	9,8667 bcd	ILeTRISoy 4	14,2500 de	ILeTRISoy 6	20,6667 bc	ILeTRISoy 19	29,7500 cd
ILeTRISoy 16	10,0833 bcd	ILeTRISoy 14	14,2500 de	ILeTRISoy 19	21,8333 c	ILeTRISoy 1	29,9167 cd
ILeTRISoy 1	10,2000 cd	ILeTRISoy 16	14,3333 e	ILeTRISoy 14	22,2500 c	ILeTRISoy 14	30,0000 cd
ILeTRISoy 4	10,4000 cd	ILeTRISoy 6	14,5833 e	ILeTRISoy 16	22,8333 c	ILeTRISoy 16	31,0000 d

Keterangan :

Kontrol : Tanpa inokulasi

Dari hasil uji Duncan (4.13.) diketahui bahwa perlakuan kontrol (tanpa inokulasi), ILeTRISoy 6, ILeTRISoy 17, ILeTRISoy 35, ILeTRISoy 8,

ILeTRISoy 14, ILeTRISoy 2, ILeTRISoy 19, ILeTRISoy 16, ILeTRISoy 1 mempunyai tingkat efektivitas yang sama terhadap tinggi tanaman umur 7 hari setelah tanam, namun berbeda pada ILeTRISoy 4. inokulasi ILeTRISoy 4 mempunyai tingkat efektivitas tertinggi terhadap tinggi tanaman umur 7 hari setelah tanam.

Pada tinggi tanaman umur 14 hari setelah tanam diketahui bahwa perlakuan tanpa inokulasi, ILeTRISoy 12, ILeTRISoy 17, ILeTRISoy 8, ILeTRISoy 35, ILeTRISoy 1, ILeTRISoy 19, ILeTRISoy 4, ILeTRISoy 14 mempunyai tingkat efektivitas yang sama, sedangkan inokulasi ILeTRISoy 16 dan ILeTRISoy 6 mempunyai tingkat efektivitas yang berbeda terhadap tinggi tanaman umur 14 hari setelah tanam.

Pada tinggi tanaman umur 21 hari setelah tanam diketahui bahwa perlakuan kontrol (tanpa inokulasi), ILeTRISoy 12, ILeTRISoy 17, ILeTRISoy 8 mempunyai tingkat efektivitas yang sama terhadap tinggi tanaman umur 21 hari setelah tanam. Berbeda dengan inokulasi jenis isolat ILeTRISoy 35, ILeTRISoy 4, ILeTRISoy 1, ILeTRISoy 6, ILeTRISoy 19, ILeTRISoy 14, dan ILeTRISoy 16. inokulasi jenis isolat ILeTRISoy 16 mempunyai tingkat efektivitas paling tinggi terhadap tinggi tanaman umur 21 hari setelah tanam, walaupun tidak berbeda dengan pemberian jenis isolat ILeTRISoy 19, dan ILeTRISoy 14.

Tinggi tanaman umur 28 hari setelah tanam pada uji Duncan 5% diketahui bahwa perlakuan tanpa inokulasi, ILeTRISoy 12, ILeTRISoy 17, ILeTRISoy 8, ILeTRISoy 35, ILeTRISoy 4, ILeTRISoy 6, dan ILeTRISoy 19, ILeTRISoy 1, ILeTRISoy 14 mempunyai tingkat efektivitas yang sama terhadap tinggi tanaman 28 hari setelah tanam, sedangkan inokulasi jenis isolat ILeTRISoy 16 mempunyai tingkat efektivitas tertinggi.

Efektivitas isolat Rhizobium terhadap tinggi tanaman pada umur 7, 14, 21, dan 28 hari setelah tanam adalah berbeda nyata. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ILeTRISoy 4 paling efektif terhadap tinggi tanaman umur 7 hst, ILeTRISoy 6 paling efektif terhadap tinggi tanaman umur 14 hst, ILeTRISoy 16 paling efektif terhadap tinggi tanaman umur 21 dan 28 hst. Perbedaan nyata diduga karena pemberian jenis isolat yang berbeda menyebabkan perbedaan kemampuan Rhizobium dalam memfiksasi nitrogen, tetapi hanya isolat-isolat yang kompatibel dan efektif saja yang mampu menyumbangkan nitrogen untuk pertumbuhan tanaman, misalnya tinggi tanaman. ILeTRISoy 4, ILeTRISoy 6, dan ILeTRISoy 16 adalah isolat yang kompatibel dan efektif dalam menghasilkan tinggi tanaman. Hal ini sejalan dengan Poerwowidodo (1992) yang melaporkan bahwa Rhizobium yang mampu bersimbiosis dengan kedelai akan dapat meningkatkan nitrogen dalam tanaman, sehingga mempercepat pengubahan karbohidrat menjadi protein dan sebagian kecil digunakan untuk menyusun dinding sel sehingga meningkatkan ukuran dan penebalan dinding sel. Apabila mekanisme penebalan dinding sel tersebut terjadi pada batang akan berakibat pada penambahan panjang batang (Istanti, dkk, 1999).

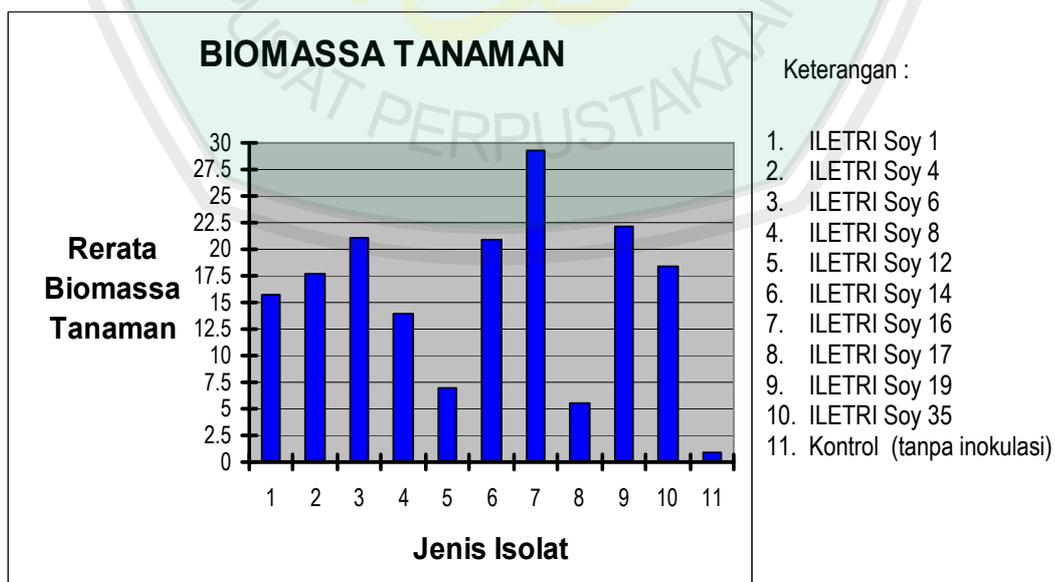
4.2.2. Efektivitas Rhizobium dari Aspek Pertumbuhan terhadap Biomassa Tanaman

Biomassa tanaman adalah total berat kering bagian tanaman meliputi daun, batang, akar, dan nodul. Data biomassa tanaman diukur setelah semua bagian tanaman dioven selama 72 jam pada suhu 70 °C disajikan pada tabel 4.14.

Tabel 4.14. Ringkasan data pengukuran biomassa tanaman

Perlakuan	Ulangan			Total	Rerata
	I	II	III		
ILeTRISoy 1	17,27	17,14	12,87	47,28	15,76
ILeTRISoy 4	19,39	15,02	18,38	52,79	17,60
ILeTRISoy 6	22,85	23,19	17,11	63,15	21,05
ILeTRISoy 8	13,82	17,23	10,85	41,90	13,97
ILeTRISoy 12	6,45	9,57	4,92	20,94	6,98
ILeTRISoy 14	23,31	23,63	15,93	62,87	20,96
ILeTRISoy 16	29,79	23,31	34,66	87,76	29,25
ILeTRISoy 17	5,28	6,63	4,64	16,55	5,52
ILeTRISoy 19	23,29	25,03	18,24	66,56	22,19
ILeTRISoy 35	19,61	14,57	21,24	55,42	18,47
Kontrol	0,90	0,81	0,77	2,48	0,83
Total	181,96	176,13	159,61	517,70	172,57

Berdasarkan tabel 4.14. dapat diketahui bahwa inokulasi isolat Rhizobium yang berbeda mempunyai tingkat efektivitas yang berbeda pula terhadap biomassa tanaman. Hal ini ditunjukkan dengan analisis deskriptif tentang perbedaan rerata biomassa tanaman pada setiap perlakuan (gambar 4.2.).



Gambar 4.2. Grafik rerata biomassa tanaman.

Berdasarkan analisis deskriptif biomassa tanaman diketahui bahwa pemberian isolat Rhizobium yang berbeda mempunyai tingkat efektivitas yang berbeda pula terhadap biomassa tanaman. Hasil analisis variansi terhadap biomassa tanaman disajikan pada tabel 4.15.

Tabel 4.15. Ringkasan analisis variansi tentang biomassa tanaman

SK	db	JK	KT	F_{hitung}	$F_{tabel\ 5\%}$
Ulangan	2	24,437	12,219	1,178 ^{tn}	3,49
Isolat	10	2091,824	209,182	20,166 ^{**}	2,35
Galat	20	207,458	10,373		
Total	32	2323,719			

Keterangan :

tn : tidak nyata

** : Nyata pada taraf 5%

Berdasarkan tabel 4.15. menunjukkan bahwa F_{hitung} isolat Rhizobium lebih besar daripada $F_{tabel\ 5\%}$, dengan demikian pemberian isolat berbeda sangat nyata. Hasil yang berbeda nyata dilanjutkan dengan uji Duncan pada taraf signifikansi 5% yang disajikan pada tabel 4.15.

Tabel 4.15. Ringkasan hasil uji Duncan 5% tentang tingkat efektivitas jenis isolat terhadap biomassa tanaman

Perlakuan	Rerata	Notasi
Kontrol	0,8267	a
ILeTRISoy 17	5,5167	ab
ILeTRISoy 12	6,9800	b
ILeTRISoy 8	13,9667	c
ILeTRISoy 1	15,7600	cd
ILeTRISoy 4	17,5967	cde
ILeTRISoy 35	18,4733	cde
ILeTRISoy 14	20,9567	de
ILeTRISoy 6	21,0500	de
ILeTRISoy 19	22,1867	e
ILeTRISoy 16	29,2533	f

Keterangan :

Kontrol : Tanpa inokulasi

Berdasarkan rerata uji Duncan pada taraf signifikansi 5% (tabel 4.15.) diketahui bahwa perlakuan tanpa inokulasi (kontrol), ILeTRISoy 17 dan ILeTRISoy 12 mempunyai efektivitas yang sama terhadap biomassa tanaman. Hal ini berbeda dengan pemberian ILeTRISoy 8, ILeTRISoy 1, ILeTRISoy 4, ILeTRISoy 35, ILeTRISoy 14 dan ILeTRISoy 6 mempunyai tingkat efektivitas yang sama terhadap biomassa tanaman. Berbeda dengan ILeTRISoy 19 dan ILeTRISoy 16. Pemberian jenis isolat ILeTRISoy 16 mempunyai tingkat efektivitas tertinggi terhadap biomassa tanaman.

Pemberian isolat yang berbeda menghasilkan biomassa yang berbeda disebabkan oleh perbedaan bakteri Rhizobium dalam bersimbiosis dengan varietas kedelai, karena untuk dapat bersimbiosis dengan sempurna antara tanaman dengan Rhizobium diperlukan kondisi lingkungan yang sesuai dan sifat yang sangat spesifik antara isolat Rhizobium dengan tanaman kedelai (kompatibilitas). Simbiosis yang sempurna dapat meningkatkan berat kering tanaman yang memacu terjadinya peningkatan translokasi asimilat dari daun ke bagian tanaman lainnya seperti batang dan akar, sehingga berat kering tanaman meningkat (Dwijoseputro, 1984). Hasil penelitian menunjukkan bahwa ILeTRISoy 16 adalah isolat paling kompatibel dan efektif dalam menghasilkan biomassa tanaman.

4.3. Ulasan Hasil Penelitian dalam Perspektif Islam

Islam sangat menghargai tanah yang merupakan karunia Allah SWT sebagai salah satu nikmat yang diberikan kepada hambanya. Sebagai karunia Allah SWT tanah tersebut tidak boleh dibiarkan terlantar, melainkan harus diolah, ditanami tanaman, membuahkan hasil yang bermanfaat bagi kepentingan manusia dan dapat menjadi bekal ibadah

kepada Allah SWT. Apabila manusia mengingkari hal tersebut, maka ia digolongkan sebagai orang yang kufur nikmat, Allah SWT telah mengancam dengan siksaan yang berat. Allah SWT telah berfirman dalam Al- Qur'an surat Ibrahim ayat 7 yang berbunyi sebagai berikut:

وَإِذْ تَأَذَّنَ رَبُّكُمْ لَئِن شَكَرْتُمْ لَأَزِيدَنَّكُمْ ۖ وَلَئِن كَفَرْتُمْ إِنَّ عَذَابِي لَشَدِيدٌ ﴿٧﴾

Dan (ingatlah juga), tatkala Tuhanmu memaklumkan; "Sesungguhnya jika kamu bersyukur, pasti Kami akan menambah (ni'mat) kepadamu, dan jika kamu mengingkari (ni'mat-Ku), maka sesungguhnya azab-Ku sangat pedih". (Q.S.Ibrahim : 7).

Islam telah menganjurkan kepada umat manusia untuk berbuat kebajikan dan melarang berbuat kerusakan di muka bumi. Sebagaimana firman Allah SWT dalam Al-Qur'an surat Al-Qashash ayat 77 sebagai berikut :

وَأَتَّبِعْ فِي مَآءِ آتِنَاكَ اللَّهُ الدَّارَ الْآخِرَةَ ۖ وَلَا تَنْسَ نَصِيبَكَ مِنَ الدُّنْيَا ۖ وَأَحْسِنَ كَمَا أَحْسَنَ اللَّهُ إِلَيْكَ ۖ وَلَا تَتَّبِعِ الْفَسَادَ فِي الْأَرْضِ ۖ إِنَّ اللَّهَ لَا يُحِبُّ الْمُفْسِدِينَ ﴿٧٧﴾

"Dan carilah pada apa yang telah dianugerahkan Allah kepadamu (kebahagiaan) negeri akhirat, dan janganlah kamu melupakan bahagianmu dari (keni'matan) duniawi dan berbuat baiklah (kepada orang lain) sebagaimana Allah telah berbuat baik kepadamu, dan janganlah kamu berbuat kerusakan di (muka) bumi. Sesungguhnya Allah tidak menyukai orang-orang yang berbuat kerusakan" (Q.S. Al-Qashash : 77).

Berbuat kebajikan salah satunya dengan memanfaatkan lahan yang tidak produktif, misalnya tanah masam ultisol. Nabi Muhammad SAW telah bersabda :

مَنْ أَحْيَا أَرْضًا مَيِّتَةً فَهِيَ لَهُ (رواه البخاري).

"Barang siapa menghidupkan tanah yang mati maka tanah itu menjadi miliknya" (hadist riwayat Imam Bukhori) (Rachmat, 2000).

Tanah masam ultisol merupakan salah satu tanah yang tidak produktif bagi pertanian, sehingga perlu dikelola dengan baik, misalnya dengan inokulasi Rhizobium agar tanah menjadi subur dan dapat meningkatkan produksi pertanian, khususnya kedelai. Tanah masam ultisol rendah akan unsur hara terutama nitrogen. Nitrogen pada tanah masam ultisol dapat ditingkatkan dengan adanya simbiosis antara Rhizobium dengan tanaman kedelai (Siswanto, 1997). Simbiosis antara Rhizobium dengan tanaman kedelai merupakan salah satu kelebihan yang diberikan oleh Allah SWT sebagai tanda kebesarannya. Allah SWT telah berfirman dalam surat Ar-Ra'd ayat 4 sebagai berikut :

وَفِي الْأَرْضِ قِطْعٌ مُتَجَبِّرَاتٌ وَجَنَّاتٌ مِّنْ أَعْنَابٍ وَزُرْعٌ وَنَخِيلٌ صِنَوَانٌ وَغَيْرُ صِنَوَانٍ يُسْقَىٰ
بِمَاءٍ وَاحِدٍ وَنُفِضَلُ بَعْضُهَا عَلَىٰ بَعْضٍ فِي الْأَكْلِ ۗ إِنَّ فِي ذَٰلِكَ لَآيَاتٍ لِّقَوْمٍ
يَعْقِلُونَ ﴿٤﴾

"Dan di bumi ini terdapat bagian-bagian yang berdampingan, dan kebun-kebun anggur, tanaman-tanaman dan pohon korma yang bercabang dan yang tidak bercabang, disirami dengan air yang sama. Kami melebihkan sebahagian tanaman-tanaman itu atas sebahagian yang lain tentang rasanya. Sesungguhnya pada yang demikian itu terdapat tanda –tanda (kebesaran Allah) bagi kaum yang berfikir"(Q.S. Ar-Ra'd : 4)

Al-Qur'an surat Ar-Ra'd ayat 4 menjelaskan bahwa Allah telah melebihkan buah anggur dan kurma dalam hal rasanya. Ternyata Allah juga telah melebihkan kedelai dalam hal simbiosis mutualisme dengan Rhizobium. Simbiosis tersebut dapat menghasilkan bintil akar efektif yang mampu mengikat nitrogen dari udara bebas menjadi senyawa amonia (NH₃) yang dapat diserap oleh kedelai untuk pertumbuhannya, sehingga produksi kedelai meningkat (Rao, 1994). Dari pernyataan tersebut dapat dikatakan bahwa tanah yang mengandung banyak Rhizobium adalah

tanah subur. Di dalam tanah yang subur akan tumbuh tanaman yang subur pula. Allah menjadikan hal ini sebagai renungan bagi orang-orang yang bersyukur, seperti firman Allah dalam Al-Qur'an surat Al-A'raf ayat 58 sebagai berikut :

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

"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" (QS. Al-A'raf : 58).

Kedelai mempunyai kelebihan dapat bersimbiosis dengan *Rhizobium japonicum* yang dikenal mampu menyumbangkan nitrogen bagi pertumbuhan kedelai, tetapi kompatibilitas antara kedelai dengan strain *Rhizobium* yang sesuai sangat mempengaruhi keefektivan dalam penambatan nitrogen dan pertumbuhan kedelai (Soedarjo, 2005). Hasil Penelitian menunjukkan bahwa terdapat keragaman efektivitas dari 10 isolat *Rhizobium* yang diinokulasikan pada tanaman kedelai di tanah ultisol. ILeTRISoy 16 adalah isolat yang paling efektif dalam penambatan nitrogen dan pertumbuhan tanaman kedelai. Ini dibuktikan dengan tingginya kadar klorofil daun, jumlah bintil akar, berat bintil akar efektif, dan tinggi tanaman pada tanaman kedelai yang diinokulasi dengan ILeTRISoy 16.

Simbiosis mutualisme antara kedelai dan *Rhizobium* dapat memberikan hikmah kepada manusia bahwa manusia hendaknya bisa seperti kedelai dan *Rhizobium* yang mampu bekerja sama saling menguntungkan, oleh karena itu manusia diharapkan dapat tolong-

menolong dalam kebaikan dan taqwa, baik terhadap sesama maupun makhluk ciptaan Allah SWT yang lain, seperti tumbuhan dan hewan. Sebagaimana Allah SWT telah berfirman dalam surat Al-Maidah ayat 2 sebagai berikut :

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

الْعِقَابِ ﴿٢﴾

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

Hikmah yang dapat diambil dari penelitian ini antara lain :

1. Semakin banyak mengkaji ilmu dan meneliti ciptaan Allah SWT yang berupa tumbuh-tumbuhan, biji-bijian, hewan, dan makhluk ciptaan Allah lainnya semakin mendekatkan diri kita kepada Allah SWT. Allah SWT memberikan keutamaan kepada hambanya yang berilmu berupa kemuliaan di sisi-Nya dan kebahagiaan yang abadi. Sebagaimana firman Allah SWT dalam surat Al-Mujadallah ayat 11 sebagai berikut :

يَرْفَعُ اللَّهُ الَّذِينَ ءَامَنُوا مِنْكُمْ وَالَّذِينَ أُوتُوا الْعِلْمَ دَرَجَاتٍ وَاللَّهُ بِمَا تَعْمَلُونَ خَبِيرٌ ﴿١١﴾

" Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman di antaramu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat. dan Allah Maha mengetahui apa yang kamu kerjakan" (Q.S Al-Mujadallah : 11).

Muhammad bin Hasan bin Abdillah juga menjelaskan tentang keutamaan ilmu melalui syairnya yang berbunyi : "Tuntutlah ilmu, karena ilmu merupakan perhiasan bagi pemiliknya, keunggulan dan pertanda segala pujian" (Asrori, 1996).

2. Allah SWT memberikan keutamaan kepada manusia untuk menggunakan akal (*Ulul Albab*) yang telah dimiliki oleh manusia agar manusia melakukan *dzikir*, yaitu melakukan kontemplasi atau perenungan yang mengarah hanya kepada Allah Sang Kholiq dan menjadikan seluruh ciptaan Allah SWT sebagai obyek berfikir (Yusuf, 2006). Allah SWT telah berfirman dalam Al-Qur'an Surat Ali Imran :190-191 sebagai berikut :

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

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

Allah SWT menciptakan langit, bumi beserta isinya tiada yang sia-sia, termasuk diciptakannya tanah masam ultisol yang dikenal sebagai lahan yang tidak produktif bagi pertanian, dengan aplikasi inokulasi Rhizobium ternyata tanah masam ultisol dapat digunakan untuk kepentingan pertanian. Hal ini berarti bahwa manusia sebagai peneliti (ilmuwan) telah berhasil mengeksplor (menjadikan alam sebagai obyek penelitiannya) untuk kepentingan manusia. Oleh karena itu manusia wajib melestarikan alam dan mensyukuri nikmat berupa tanah yang telah diberikan oleh Allah SWT.

3. Allah SWT memberikan diantara makhluknya suatu kelebihan dari makhluk sejenisnya, sebagaimana Allah SWT memberikan kelebihan

kepada ILeTRISoy 16 yang mempunyai efektivitas tertinggi daripada 9 isolat yang lain, sehingga terjadi kesesuaian (kompatibel) dengan kedelai varietas sinabung. Hal ini berarti bahwa dengan kelebihan yang dimiliki oleh ILeTRISoy 16, maka ILeTRISoy 16 harus dibudidayakan agar tidak punah, sehingga dapat digunakan sebagai aplikasi inokulasi terhadap kedelai varietas sinabung di tanah masam ultisol agar dapat meningkatkan produksi kedelai untuk pemenuhan kebutuhan bahan pangan masyarakat.



BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

1. Ada keragaman efektivitas Rhizobium toleran masam dari aspek penambatan N₂ tanaman kedelai varietas Sinabung di tanah masam ultisol yang ditunjukkan dengan perbedaan kemampuan isolat Rhizobium dalam meningkatkan kadar klorofil daun, jumlah bintil akar, berat kering bintil akar efektif, dan kadar nitrogen tanaman.
2. Ada keragaman efektivitas Rhizobium toleran masam dari aspek pertumbuhan tanaman kedelai varietas Sinabung pada tanah masam ultisol yang ditunjukkan dengan perbedaan kemampuan isolat Rhizobium dalam meningkatkan kadar tinggi tanaman, dan biomassa tanaman.
3. ILeTRISoy 16 adalah jenis isolat Rhizobium yang mempunyai efektivitas tertinggi dari aspek penambatan N₂ dan pertumbuhan tanaman kedelai varietas Sinabung di tanah masam ultisol.

5.2. Saran

Untuk mengetahui efektivitas Rhizobium, lebih lanjut pada penelitian selanjutnya sebaiknya dilakukan sampai pengamatan produksi kedelai (panen).

DAFTAR PUSTAKA

- Abuabdilbarr, 2007. Anjuran Islam Untuk Bercocok Tanam (Pertanian). [.http://abuabdilbarr.wordpress.com](http://abuabdilbarr.wordpress.com). Diakses 10 September 2007.
- Adisarwanto, 2005. *Kedelai*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Arsyad. 2006. Tanggamus, Varietas Kedelai untuk Lahan Kering Masam. [.http://www.puslittan.bogor.net](http://www.puslittan.bogor.net). Diakses tanggal 10 September 2006.
- Asrori, A. M. 1996. *Etika Belajar Bagi Penuntut Ilmu*. Surabaya : Penerbit Pelita Dunia.
- Brock, T. D., Madigan, M. T., and Parker, J. 1994. *Biology of Microorganism*. Seven Edition. New Jersey: Prentice Hall.
- Campbell, Neil A. Reece, Jane B. Mitchell, Lawrence G. 2003. *Biologi*. Terjemahan Biologi 5th Edition oleh Wasmen Manalu. 1999. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Cerf, R., Pabendon dan S. Senong. 1991. Selektivitas *Bradyrhizobium japonicum* pada beberapa Varietas Kedelai. *Agrivita* 6 (4). hlm 102-108.
- DEPAG RI, 2005. *Al-Qur'an dan Terjemahannya*. Jakarta: DEPAG RI.
- Dobermann. 2000. Iron Toxicity. Diakses tanggal 10 September 2006.
- Dwidjoseputro. 1984. *Pengantar Fisiologi Tumbuhan*. Jakarta: PT. Gramedia. hlm: 9-10.
- Gardner, F. P., Pearce, R. B., dan Mitchell, R. L. dkk. 1991. *Fisiologi Tanaman Budidaya*. Jakarta: Universitas Indonesia Press.
- Goni, B.A. 1985. *Al-Qur'an dan Tafsirnya, Juz 1-3*. Departemen Agama Republik Indonesia Proyek Pengadaan Kitab Suci Al-Qur'an.
- Handayanto, E. 1998. *Pengelolaan Kesuburan Tanah*. Malang: Fakultas Pertanian. Universitas Brawijaya Malang.
- Harran dan Ansori. 1991. *Biologi Teknologi Pertanian 2*. Bogor: Pusat Antar Universitas Bioteknologi Institut Teknologi Bogor.
- Islami, Titiek & Utomo, Wani. H. 1995. *Hubungan Tanah, Air dan Tanaman*. Semarang: IKIP Semarang Press.

- Istanti, A, Prasetyo, T. I, dan Dwi Listyorini. 1999. *Biologi Sel*. Malang MIPA Universitas Negeri Malang. hlm: 83.
- Labib dan Muhtadim. 1993. *Himpunan Hadist Pilihan Shohih Bukh^{ari}* Surabaya.
- Loveless, 1991. Prinsip-Prinsip Biologi Tumbuhan untuk Daerah Tropik I. Terjemahan oleh Kuswata Kartawinata dkk. Jakarta : Gramedia Pustaka Utama.
- Mahali, J. 2002. *Tafsir Jalalain*. Bandung : Penerbit Sinar Baru Algensindo.
- Mulyani, A. 2006. Perkembangan Potensi Lahan Kering Masam. <http://202.158.78.180/inovasi/kl060517.pdf>. Diakses 11 April 2007.
- Mitchell, Charles et al. 2000. *Soil Acidity and Liming -2*. Clem Crop and Environmental Science: page 4-5. Diakses Tanggal 15 Mei 2005.
- Ningsih, Rina. D & Anas, Iswandi. 2004. *Tanggap Tanaman Kedelai terhadap Inokulasi Rhizobium dan Asam Indol Asetat (IAA) pada Ultisol Darmaga*. Buletin Agronomi. hlm. 25-32.
- Novvitasari, Retno . H. D, 2006. *Pengaruh Fungisida Terhadap Nodulasi dan Efektivitas Rhizobium Endogen Pada tanah Alami dan Tanah Kurus*. Malang: Fakultas Sains dan teknologi Universitas Islam negeri Malang.
- Poerwowidodo. 1992. *Telaah Kesuburan Tanah*. Bandung: Angkasa.
- Prasetyo, B. H dan Suriakarta, D. A. 2006. Karakteristik, Potensi, dan Teknologi Pengelolaan Tanah Ultisol untuk Pengembangan Pertanian Lahan Kering di Indonesia. Jurnal Litbang Pertanian. (<http://www.pustaka-deptan.go.id.pdf>. Diakses 11 April 2007).
- Rao, N. S. Subba. 1994. *Mikroorganisme Tanah dan Pertumbuhan Tanaman*. Jakarta: Universitas Indonesia Press.
- Root Nodul. www.uoguelph.ca/~mgoss/seven/410_n08.html
- Root Symbioses. <http://www.botany.hawaii.edu.htm>.
- Safuan, L. O. 2002. Kendala Pertanian Lahan Kering Masam Daerah Tropika dan Cara Pengelolaannya. (<http://tumoutou.net>. Diakses 11 April 2007).
- Sayyid Quthb. 2003. *Tafsir Fi Zhilalil Qur'an (di Bawah Naungan Al-Qur'an)*. Jakarta : Penerbit Gema Insani Press.
- Syafe'i, R. 2000. *AL-HADIS. Aqidah, Akhlaq, Sosial, dan Hukum*. Bandung: Pustaka Setia.

- Salisbury, FB., CW, Ross. 1995. *Fisiologi Tumbuhan Jilid II*. Bandung: ITB.
- Setijono, S. 1996. *Intisari Kesuburan Tanah*. Malang: IKIP Malang.
- Sitompul, S. M. 1997. *Biodiversitas Bradyrhizobium japonicum di Lahan Kering dan Pembentukan Nodul dari Fiksasi N*. Agriv 20 (1). hlm 17.
- Sitompul, S. M. 1991. *Biokimia Tanaman, Metabolisme Nitrogen*. Malang: Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya.
- Soedarjo, Muchdar. 1998. *Komunikasi Intim Antara (Brady)Rhizobium dengan Tanaman Kacang-Kacangan Mengawali Nodulasi*. Di dalam Prosiding Seminar Nasional dan Pertemuan Tahunan KOMDA HITI hal 371-379.
- Soedarjo, Muchdar & Suryantini. 2002. *peningkatan efektivitas Pupuk Anorganik, Organik dan Hayati pada Tanaman Kedelai di Lahan Sawah dan Lahan Kering*. Malang: Balitkabi.
- Soedarjo, Muchdar. Nasir, Saleh. Adisarwanto, Titis. Modar, Darman. Manshuri, A. Ghazi and Ishiki, Koshun. 2003. Characterization and Effectiveness of Acid-Tolerant Rhizobia Isolated From Nodules of Soybean Cultivated in Indonesia. *Japanese Journal of Tropical Agriculture*. Vol. 47, NO. 4 Dec 2003 page 233-242.
- Soedarjo, Muchdar & Sucahyono, Didik. 2005. *Teknologi Nodulasi dan Kolonisasi Mikoriza pada Tanaman Kedelai di Lahan Kering Masam*. Malang: Balitkabi.
- Soedarjo, Muchdar & Sucahyono, Didik. 2007. *Rencana Operasional Pelaksanaan Penelitian (ROPP)*. Malang: Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan Balitkabi.
- Sudaryono. Wijanarko, A. Prihastuti & Sutarno. 2006. *Analisis Faktor Pembatas Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kedelai Di Lahan Kering Masam*. Abstrak Makalah Lokakarya Pengembangan Ubikayu tema: Prospek, Strategi dan Teknologi Pengembangan Ubikayu untuk Agroindustri dan Ketahanan Pangan & Seminar Nasional Hasil-Hasil Penelitian Tanaman Kacang-Kacangan dan Umbi-Umbian. Malang, 7-8 September 2006.
- Somasegaran, P., and Hoben, H. J. 1985. *Methods in Legume-Rhizobium Technology*. Hawaii: University of hawaii NIFTAL project and MIRCEN.
- Sugito, Y. 1999. *Ekologi Tanaman*. Malang: Fakultas Pertanian. Universitas Brawijaya Malang. hlm. 53-116.

- Suhartina. 2003. *Perkembangan dan Deskripsi Varietas Kedelai 1918-2002*. Malang: Balitkabi.
- Sutanto, R. 2005. *Dasar-Dasar Ilmu Tanah*. Yogyakarta : Kanisius.
- Tortora, G. J., Funke, B. R., and Case, C. L. 2001. *Microbiology In Introduction 7th Edition*. New York: Addition wesley Longman Inc.
- Wirastanto & Hairiah, Kurniatun. 2004. Karakteristik Tanah Masam: Pengalaman Penelitian di Pakuan Ratu. <http://www.worldagroforestry.org>. Diakses 11 April 2007).
- Young, P. W and Haukka, K. E. 1996. *Diversity and Phylogeny of Rhizobia*. New Phytol J. 133, hlm. 87-94.
- Yutono, 1985. *Inokulasi Rhizobium pada Kedelai*. Dalam Somaatmadja et al. *Kedelai*. Balai Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Puslitbangtan. hlm. 217-230.
- Yusuf, A. N. 2006. *Islam dan Sains Modern, Sentuhan Islam terhadap Berbagai Disiplin Ilmu*. Bandung : Penerbit CV Pustaka Setia.
- Zaini, Zulkifli. 2005. *Prospek Pengembangan Kedelai Di Lahan Kering Masam*. Lampung: Kerjasama Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Lampung dan Balai Penelitian dan Pengembangan pertanian. hlm.1-6.

Lampiran 1.

1.1. Data hasil pengamatan tinggi tanaman 7 hari setelah tanam

Perlakuan	Ulangan			Total	Rerata
	I	II	III		
ILeTRISoy 1	9,85	10,25	10,50	30,60	10,20
ILeTRISoy 4	10,00	9,50	10,10	29,60	9,87
ILeTRISoy 6	9,75	10,25	11,20	31,20	10,40
ILeTRISoy 8	10,60	9,60	9,00	29,20	9,73
ILeTRISoy 12	8,55	8,60	9,10	26,25	8,75
ILeTRISoy 14	10,00	9,35	10,10	29,45	9,82
ILeTRISoy 16	9,95	9,60	10,70	30,25	10,08
ILeTRISoy 17	8,75	10,10	7,60	26,45	8,82
ILeTRISoy 19	10,85	9,85	8,90	29,60	9,87
ILeTRISoy 35	8,75	8,25	10,10	27,10	9,03
Kontrol	7,75	8,35	8,40	24,50	8,17
Jumlah	104,80	103,70	105,70	314,20	104,73

1.2. Data hasil pengamatan tinggi tanaman 14 hari setelah tanam

Perlakuan	Ulangan			Total	Rerata
	I	II	III		
ILeTRISoy 1	13,25	14,00	13,50	40,75	13,58
ILeTRISoy 4	14,00	13,25	15,50	42,75	14,25
ILeTRISoy 6	14,25	14,50	15,00	43,75	14,58
ILeTRISoy 8	14,00	12,50	11,00	37,50	12,50
ILeTRISoy 12	11,75	10,50	12,25	34,50	11,50
ILeTRISoy 14	14,25	13,75	14,75	42,75	14,25
ILeTRISoy 16	14,25	13,25	15,50	43,00	14,33
ILeTRISoy 17	12,25	12,50	11,25	36,00	12,00
ILeTRISoy 19	15,25	14,00	13,25	42,50	14,17
ILeTRISoy 35	14,00	11,50	14,00	39,50	13,17
Kontrol	10,00	10,00	11,50	31,50	10,50
Jumlah	147,25	139,75	147,50	434,50	144,83

1.3. Data hasil pengamatan tinggi tanaman 21 hari setelah tanam

Perlakuan	Ulangan			Total	Rerata
	I	II	III		
ILeTRISoy 1	18,50	20,75	19,75	59,00	19,67
ILeTRISoy 4	19,50	19,25	19,75	58,50	19,50
ILeTRISoy 6	22,25	20,00	19,75	62,00	20,67
ILeTRISoy 8	19,00	17,60	14,50	51,10	17,03
ILeTRISoy 12	16,00	14,75	15,50	46,25	15,42
ILeTRISoy 14	22,50	21,25	23,00	66,75	22,25
ILeTRISoy 16	22,50	23,25	22,75	68,50	22,83
ILeTRISoy 17	16,10	16,50	15,10	47,70	15,90
ILeTRISoy 19	23,25	21,50	20,75	65,50	21,83
ILeTRISoy 35	20,25	17,25	20,75	58,25	19,42
Kontrol	15,00	14,00	16,00	45,00	15,00
Jumlah	214,85	206,10	207,60	628,55	209,52

1.4. Data hasil pengamatan tinggi tanaman 28 hari setelah tanam

Perlakuan	Ulangan			Total	Rerata
	I	II	III		
ILeTRISoy 1	26,00	32,00	31,75	89,75	29,92
ILeTRISoy 4	29,25	26,00	31,00	86,25	28,75
ILeTRISoy 6	29,00	26,25	32,25	87,50	29,17
ILeTRISoy 8	28,00	27,00	20,25	75,25	25,08
ILeTRISoy 12	21,25	22,00	22,75	66,00	22,00
ILeTRISoy 14	31,50	27,25	31,25	90,00	30,00
ILeTRISoy 16	32,75	29,75	30,50	93,00	31,00
ILeTRISoy 17	22,50	22,00	22,50	67,00	22,33
ILeTRISoy 19	30,00	28,25	31,00	89,25	29,75
ILeTRISoy 35	26,00	24,50	27,00	77,50	25,83
Kontrol	23,75	19,00	22,75	65,50	21,83
Jumlah	300,00	284,00	303,00	887,00	295,67

1.5. Data hasil pengamatan kadar klorofil 7 hari setelah tanam

Perlakuan	Ulangan			Total	Rerata
	I	II	III		
ILeTRISoy 1	34,65	37,75	37,55	109,95	36,65
ILeTRISoy 4	31,25	35,75	34,80	101,80	33,93
ILeTRISoy 6	35,65	35,25	35,00	105,90	35,30
ILeTRISoy 8	37,00	36,50	38,70	112,20	37,40
ILeTRISoy 12	36,50	36,90	38,30	111,70	37,23
ILeTRISoy 14	35,60	36,65	37,45	109,70	36,57
ILeTRISoy 16	34,90	36,20	36,90	108,00	36,00
ILeTRISoy 17	36,95	35,20	38,60	110,75	36,92
ILeTRISoy 19	37,75	35,70	35,35	108,80	36,27
ILeTRISoy 35	34,85	36,20	34,30	105,35	35,12
Kontrol	36,65	37,20	36,50	110,35	36,78
Jumlah	391,75	399,30	403,45	1.194,50	398,17

1.6. Data hasil pengamatan kadar klorofil 14 hari setelah tanam

Perlakuan	Ulangan			Total	Rerata
	I	II	III		
ILeTRISoy 1	34,55	39,00	37,90	111,45	37,15
ILeTRISoy 4	34,05	36,35	40,10	110,50	36,83
ILeTRISoy 6	34,20	39,70	36,10	110,00	36,67
ILeTRISoy 8	39,55	35,55	32,90	108,00	36,00
ILeTRISoy 12	37,90	35,50	39,00	112,40	37,47
ILeTRISoy 14	33,90	35,85	39,00	108,75	36,25
ILeTRISoy 16	36,85	38,70	39,05	114,60	38,20
ILeTRISoy 17	38,85	39,50	36,60	114,95	38,32
ILeTRISoy 19	36,35	33,00	36,25	105,60	35,20
ILeTRISoy 35	35,45	38,35	33,75	107,55	35,85
Kontrol	37,45	39,20	36,25	112,90	37,63
Jumlah	399,10	410,70	406,90	1.216,70	405,57

1.7. Data hasil pengamatan kadar klorofil 21 hari setelah tanam

Perlakuan	Ulangan			Total	Rerata
	I	II	III		
ILeTRISoy 1	32,00	37,35	34,95	104,30	34,77
ILeTRISoy 4	35,55	36,35	32,70	104,60	34,87
ILeTRISoy 6	34,60	40,80	40,35	115,75	38,58
ILeTRISoy 8	33,90	29,10	33,35	96,35	32,12
ILeTRISoy 12	32,25	27,50	27,80	87,55	29,18
ILeTRISoy 14	28,95	36,35	38,65	103,95	34,65
ILeTRISoy 16	36,25	39,05	44,50	119,80	39,93
ILeTRISoy 17	29,75	32,50	28,55	90,80	30,27
ILeTRISoy 19	39,20	35,30	37,10	111,60	37,20
ILeTRISoy 35	39,10	34,30	35,75	109,15	36,38
Kontrol	25,05	27,15	28,25	80,45	26,82
Jumlah	366,60	375,75	381,95	1.124,30	374,77

1.8. Data hasil pengamatan kadar klorofil 28 hari setelah tanam

Perlakuan	Ulangan			Total	Rerata
	I	II	III		
ILeTRISoy 1	38,60	41,00	38,70	118,30	39,43
ILeTRISoy 4	42,05	40,95	42,35	125,35	41,78
ILeTRISoy 6	39,80	42,60	40,85	123,25	41,08
ILeTRISoy 8	35,25	32,15	27,90	95,30	31,77
ILeTRISoy 12	35,95	30,60	29,15	95,70	31,90
ILeTRISoy 14	41,45	41,75	43,45	126,65	42,22
ILeTRISoy 16	39,30	43,80	44,90	128,00	42,67
ILeTRISoy 17	35,10	29,70	29,05	93,85	31,28
ILeTRISoy 19	42,25	41,45	43,45	127,15	42,38
ILeTRISoy 35	42,35	40,45	37,10	119,90	39,97
Kontrol	31,20	27,55	29,40	88,15	29,38
Jumlah	423,30	412,00	406,30	1.241,60	413,87

1.9. Data hasil pengamatan biomassa tanaman

Perlakuan	Ulangan			Total	Rerata
	I	II	III		
ILeTRISoy 1	17,27	17,14	12,87	47,28	15,76
ILeTRISoy 4	19,39	15,02	18,38	52,79	17,60
ILeTRISoy 6	22,85	23,19	17,11	63,15	21,05
ILeTRISoy 8	13,82	17,23	10,85	41,90	13,97
ILeTRISoy 12	6,45	9,57	4,92	20,94	6,98
ILeTRISoy 14	23,31	23,63	15,93	62,87	20,96
ILeTRISoy 16	29,79	23,31	34,66	87,76	29,25
ILeTRISoy 17	5,28	6,63	4,64	16,55	5,52
ILeTRISoy 19	23,29	25,03	18,24	66,56	22,19
ILeTRISoy 35	19,61	14,57	21,24	55,42	18,47
Kontrol	0,90	0,81	0,77	2,48	0,83
Jumlah	181,96	176,13	159,61	517,70	172,57

1.10. Data hasil pengamatan berat kering bintil akar efektif

Perlakuan	Ulangan			Total	Rerata
	I	II	III		
ILeTRISoy 1	15,11	13,86	10,43	39,39	13,13
ILeTRISoy 4	17,54	12,06	15,10	44,70	14,90
ILeTRISoy 6	18,09	20,26	12,91	51,25	17,08
ILeTRISoy 8	11,22	15,53	9,50	36,24	12,08
ILeTRISoy 12	4,91	7,61	3,99	16,50	5,50
ILeTRISoy 14	18,71	20,11	12,11	50,93	16,98
ILeTRISoy 16	25,11	19,17	29,06	73,34	24,45
ILeTRISoy 17	4,08	5,06	3,61	12,74	4,25
ILeTRISoy 19	18,62	20,53	14,93	54,07	18,02
ILeTRISoy 35	16,06	12,11	18,55	46,72	15,57
Kontrol	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Jumlah	149,42	146,27	130,16	425,85	141,95

1.11. Data hasil pengamatan jumlah bintil akar efektif

Perlakuan	Ulangan			Total	Rerata
	I	II	III		
ILeTRISoy 1	5,00	6,00	6,50	17,50	5,83
ILeTRISoy 4	9,50	6,00	7,50	23,00	7,67
ILeTRISoy 6	16,00	13,00	15,50	44,50	14,83
ILeTRISoy 8	5,50	4,00	5,00	14,50	4,83
ILeTRISoy 12	4,00	4,50	3,50	12,00	4,00
ILeTRISoy 14	14,50	15,50	12,00	42,00	14,00
ILeTRISoy 16	23,00	26,00	24,50	73,50	24,50
ILeTRISoy 17	4,50	5,50	4,00	14,00	4,67
ILeTRISoy 19	17,50	13,50	14,50	45,50	15,17
ILeTRISoy 35	10,50	12,50	9,00	32,00	10,67
Kontrol	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Jumlah	110,00	106,50	102,00	318,50	106,17

1.12. Data hasil pengamatan kadar N tanaman

No.	Perlakuan	Hasil Titrasi (ml)	N Total (%)	Biomassa Tanaman(g)	N Total (mg)
1	ILeTRISoy 1	34,6	4,7	15.76	740
2	ILeTRISoy 4	35,2	4,8	17.60	840
3	ILeTRISoy 6	33,2	4,5	21.05	950
4	ILeTRISoy 8	33,2	4,5	13.97	700
5	ILeTRISoy 12	36,6	5,0	6.98	300
6	ILeTRISoy 14	31,2	4,2	20.96	800
7	ILeTRISoy 16	28,0	3,8	29.25	1260
8	ILeTRISoy 17	31,4	4,3	5.52	250
9	ILeTRISoy 19	33,0	4,5	22.19	1020
10	ILeTRISoy 35	33,8	4,6	18.47	810
11	Kontrol	32,6	4,4	0.83	40
Jumlah		34,6	49,3	172,58	7710

Lampiran 2.

2.1. Data analisis variansi tinggi tanaman 7 hari setelah tanam

SK	db	JK	KT	F _{hitung}	F _{tabel 5%}
Ulangan	2	0,182	9,121E-02	0,167 ^{tn}	3,49
Isolat	10	15,252	1,525	2,797 ^{**}	2,35
Galat	20	10,906	0,545		
Total	32	26,340			

2.2. Data analisis variansi tinggi tanaman 14 hari setelah tanam

SK	db	JK	KT	F _{hitung}	F _{tabel 5%}
Ulangan	2	3,527	1,763	2,023 ^{tn}	3,49
Isolat	10	55,750	5,575	6,396 ^{**}	2,35
Galat	20	17,432	0,872		
Total	32	76,708			

2.3. Data analisis variansi tinggi tanaman 21 hari setelah tanam

SK	db	JK	KT	F _{hitung}	F _{tabel 5%}
Ulangan	2	3,981	1,991	1,359 ^{tn}	3,49
Isolat	10	237,673	23,767	16,229 ^{**}	2,35
Galat	20	29,291	1,465		
Total	32	270,945			

2.4. Data analisis variansi tinggi tanaman 28 hari setelah tanam

SK	db	JK	KT	F _{hitung}	F _{tabel 5%}
Ulangan	2	18,970	9,485	1,762 ^{tn}	3,49
Isolat	10	381,515	38,152	7,088 ^{**}	2,35
Galat	20	107,655	5,383		
Total	32	508,140			

2.5. Data analisis variansi kadar klorofil 7 hari setelah tanam

SK	db	JK	KT	F _{hitung}	F _{tabel 5%}
Ulangan	2	6,397	3,199	2,088 ^{tn}	3,49
Isolat	10	32,593	3,259	2,12 ^{tn}	2,35
Galat	20	30,644	1,532		
Total	32	69,635			

2.6. Data analisis variansi kadar klorofil 14 hari setelah tanam

SK	db	JK	KT	F _{hitung}	F _{tabel 5%}
Ulangan	2	6,359	3,179	0,575 ^{tn}	3,49
Isolat	10	29,676	2,968	0,537 ^{tn}	2,35
Galat	20	110,625	5,531		
Total	32	146,660			

2.7. Data analisis variansi kadar klorofil 21 hari setelah tanam

SK	db	JK	KT	F _{hitung}	F _{tabel u%}
Ulangan	2	10,842	5,421	0,594 ^{tn}	3,49
Isolat	10	498,375	49,837	5,460 ^{**}	2,35
Galat	20	182,548	9,127		
Total	32	691,765			

2.8. Data analisis variansi kadar klorofil 28 hari setelah tanam

SK	db	JK	KT	F _{hitung}	F _{tabel 5%}
Ulangan	2	13,612	6,806	1,206 ^{tn}	3,49
Isolat	10	847,159	84,716	15,012 ^{**}	2,35
Galat	20	112,865	5,643		
Total	32	973,636			

2.9. Data analisis variansi biomassa tanaman

SK	db	JK	KT	F _{hitung}	F _{tabel 5%}
Ulangan	2	24,437	12,219	1,178 ^{tn}	3,49
Isolat	10	2091,824	209,182	20,166 ^{**}	2,35
Galat	20	207,458	10,373		
Total	32	2323,719			

2.10. Data analisis variansi berat kering bintil akar efektif

SK	db	JK	KT	F _{hitung}	F _{tabel}
Ulangan	2	19,406	9,703	1,039 ^{tn}	3,49
Isolat	10	1504,699	150,470	16,112 ^{**}	2,35
Galat	20	186,780	9,339		
Total	32	1710,885			

2.11. Data analisis variansi jumlah bintil akar efektif

SK	db	JK	KT	F _{hitung}	F _{tabel 5%}
Ulangan	2	2,924	1,462	0,765 ^{tn}	3,49
Isolat	10	1468,076	146,808	76,777 ^{**}	2,35
Galat	20	38,242	1,912		
Total	32	1509,242			

Keterangan :

tn : tidak nyata

** : Nyata pada taraf 5%

SK : Sumber Keragaman

db : derajat bebas

JK : Jumlah kuadrat

KT : Kuadrat Tengah

Lampiran 3.

Tabel estimasi sel rhizobium (Somasegaran dan Hoben, 1985)

Positive tubes		Dilution step(s)			
n = 4	n = 2	s = 10			
40	20				
39		2.0 x 10 ⁵			
38	19	2.0 x 10 ⁵			
37		1.2			
36	18	8.1 x 10 ⁴			
35		5.5			
34	17	3.8			
33		2.6			
32	16	1.8	s=8		
31		1.3	1.3 x 10 ⁴		
30	15	9.1 x 10 ³	1.3 x 10 ⁴		
29		6.3	7.9 x 10 ³		
28	14	4.5	5.1		
27		3.5	3.5		
26	13	2.2	2.4		
25		1.6	1.7		
24	12	1.1	1.1	s=6	
23		8.0 x 10 ²	8.0 x 10 ²	7.9 x 10 ²	
22	11	5.6	5.6	7.9 x 10 ²	
21		4.0	4.0	5.0	
20	10	2.8	2.8	3.2	
19		2.0	2.0	2.2	
18	9	1.4	1.4	1.5	
17		1.0	1.0	1.0	
16	8	7.1 x 10 ¹	7.1 x 10 ¹	7.2 x 10 ¹	s=4
15		5.0	5.0	5.1	5.0 x 10 ¹
14	7	3.5	3.5	3.5	5.0 x 10 ¹
13		2.5	2.5	2.5	3.2
12	6	1.8	1.8	1.8	2.0
11		1.3	1.3	1.3	1.4
10	5	8.9 x 10 ⁰	8.9 x 10 ⁰	8.9 x 10 ⁰	9.6 x 10 ⁰
9		6.3	6.3	6.3	6.6
8	4	4.5	4.5	4.5	4.6
7		3.2	3.2	3.2	3.2
6	3	2.2	2.2	2.2	2.2
5		1.6	1.6	1.6	1.6
4	2	1.1	1.1	1.1	1.1
3		7.2 x 10 ⁻¹			
2	1	4.4	4.4	4.4	4.4
1					
0	0	4.4	4.4	4.4	4.4
Approx range		5 x 10 ⁵	3 x 10 ⁴	2 x 10 ³	1 x 10 ²

Factor, 95%

Fiducial limits n=2 4.0

(x,÷) n=4 2.7

*Calculated from Table VIII₂ of Fisher and Yates (1963)

Lampiran 4.

4.1. Hasil Uji Most Probable Number (MPN) terhadap Rhizobium

Data Pengamatan akar kedelai terinfeksi Rhizobium

Tingkat Pengenceran	Ulangan				Jumlah tanaman berbintil akar
	I	II	III	IV	
10^{-1}	-	-	+	-	1
4^{-1}	+	+	-	-	2
4^{-2}	-	-	-	-	0
4^{-3}	-	-	-	-	0
4^{-4}	-	-	-	-	0
4^{-5}	-	-	-	-	0
4^{-6}	-	-	-	-	0
4^{-7}	-	-	-	-	0
4^{-8}	-	-	-	-	0
4^{-9}	-	-	-	-	0
Jumlah tanaman berbintil akar					3

Keterangan :

- + : terdapat bintil akar
- : tidak terdapat bintil akar

Dari tabel 3.1.1. dapat diketahui bahwa jumlah tanaman kedelai berbintil akar adalah 3 tanaman. Langkah selanjutnya adalah mengetahui populasi Rhizobium per gram tanah dengan menggunakan tabel estimasi Rhizobium.

Tabel 3.1.2. Penghitungan populasi Rhizobium berdasarkan uji MPN

Jumlah tanaman berbintil akar	Estimasi Rhizobium (m) (dilihat di tabel estimasi)	Jumlah pengenceran (s)	Volume suspensi (V) (ml)	$MPN = \frac{m \times s}{v}$
3	$7,2 \times 10^0$	10	2	36

Lampiran 5. Foto – foto Penelitian



Gambar 5.1. MPN pada tanah Lampung



Gambar 5.2. Tinggi tanaman pada umur 21 hst (perlakuan 1, 2, 3, 4).



Gambar 5.3. Tinggi tanaman pada umur 21 hst (perlakuan 5, 6, 7, 8).



Gambar 5.4. Tinggi tanaman pada umur 21 hst (perlakuan 8, 9, 10, 11).



Gambar 5.5. Tinggi tanaman pada umur 28 hst pada 11 perlakuan.

Lampiran 6. Daftar Toleransi Isolat Rhizobium

6.1. Toleransi Isolat Rhizobium terhadap Kemasaman (pH 4) dan kadar Mangan (Mn)

Nama Isolat	OD ₅₄₀ Awal	Kepadatan sel Rhizobium (OD ₅₄₀)		
		0 ppm Mn	50 ppm Mn	100 ppm Mn
ILeTRISoy 1	0,01	7,145 ± 0,092	7,437 ± 0,264	6,309 ± 0,083
ILeTRISoy 4	0,01	2,169 ± 0,157	2,108 ± 0,074	Tidak Tumbuh
ILeTRISoy 6	0,01	4,388 ± 0,223	8,255 ± 0,134	7,252 ± 0,187
ILeTRISoy 8	0,01	Tidak Tumbuh	Tidak Tumbuh	Tidak Tumbuh
ILeTRISoy 12	0,01	5,010 ± 0,042	6,811 ± 1,161	8,223 ± 0,145
ILeTRISoy 14	0,02	4,310 ± 0,269	4,280 ± 0,113	4,348 ± 0,225
ILeTRISoy 16	0,01	1,568 ± 0,117	4,910 ± 0,113	4,380 ± 0,225
ILeTRISoy 17	0,02	3,180 ± 0,085	4,420 ± 0,141	3,973 ± 0,251
ILeTRISoy 19	0,01	0,118 ± 0,039	0,533 ± 0,166	0,543 ± 0,110
ILeTRISoy 35	0,01	1,263 ± 0,074	1,118 ± 0,131	1,045 ± 0,049

6.2. Toleransi Isolat Rhizobium terhadap Kemasaman (pH 4) dan kadar Aluminium (Al)

Nama Isolat	OD ₅₄₀ Awal	Kepadatan sel Rhizobium (OD ₅₄₀)		
		0 µM Al	200 µM Al	400 µM Al
ILeTRISoy 1	0,02	7,0450 ± 0,0495	4,7880 ± 0,4073	5,0280 ± 0,0679
ILeTRISoy 4	0,01	2,0390 ± 0,0410	5,1000 ± 0,2121	3,4200 ± 0,0424
ILeTRISoy 6	0,02	4,3225 ± 0,3147	5,5660 ± 0,5883	5,7850 ± 0,0495
ILeTRISoy 8	0,01	Tidak Tumbuh	Tidak Tumbuh	Tidak Tumbuh
ILeTRISoy 12	0,02	5,0250 ± 0,0212	4,5500 ± 0,6081	4,9160 ± 0,0226
ILeTRISoy 14	0,02	2,9750 ± 0,0354	3,6050 ± 0,0636	4,1650 ± 0,2899
ILeTRISoy 16	0,01	0,0545 ± 0,0629	5,5000 ± 0,2546	2,9950 ± 0,0212
ILeTRISoy 17	0,01	2,0450 ± 0,0495	4,1400 ± 0,0707	3,9000 ± 0,2121
ILeTRISoy 19	0,01	0,2450 ± 0,0636	0,4150 ± 0,0919	0,8250 ± 0,1768
ILeTRISoy 35	0,01	1,2075 ± 0,1520	1,2800 ± 0,0424	1,1375 ± 0,1025

6.3. Toleransi Isolat Rhizobium terhadap Kemasaman (pH 4) dan kadar Besi (Fe)

Nama Isolat	OD ₅₄₀ Awal	Kepadatan sel Rhizobium (OD ₅₄₀)		
		0 ppm Fe	100 ppm Fe	300 ppm Fe
ILeTRISoy 1	0,01	0,52	0,6	0,56
ILeTRISoy 4	0,01	0,76	0,76	1,1
ILeTRISoy 6	0,01	0,3	0,35	0,59
ILeTRISoy 8	0,01	0,26	1,65	0,96
ILeTRISoy 12	0,01	0,52	0,95	0,4
ILeTRISoy 14	0,01	1,35	1,25	-
ILeTRISoy 16	0,01	1,05	1,3	0,56
ILeTRISoy 17	0,01	1,25	1,1	-
ILeTRISoy 19	0,01	1,1	1,15	-
ILeTRISoy 35	0,01	1,1	-	1,0