

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 . Macam Tumbuhan dalam Al-Qur'an**

##### **2.1.1 Macam-macam Tumbuhan**

Tumbuhan merupakan organisme (makhluk) ciptaan Allah SWT. Tumbuhan tersebut bermacam-macam antara lain ; seperti pohon, semak, rerumputan, paku-pakuan, lumut, serta sejumlah alga hijau. Tercatat sekitar 350.000 spesies organisme termasuk di dalamnya, tidak termasuk alga hijau. Dari jumlah itu, 258.650 jenis merupakan tumbuhan berbunga dan 18.000 jenis tumbuhan lumut. Hampir semua anggota tumbuhan bersifat *autotrof*, dan mendapatkan energi langsung dari cahaya matahari melalui proses fotosintesis.

Salah satu tanaman palawija yang sangat bermanfaat bagi manusia adalah kedelai. Kedelai merupakan tumbuhan yang mempunyai ukuran kecil dan tinggi batangnya dapat mencapai 75 cm. Bentuk daunnya bulat telur dengan kedua ujungnya membentuk sudut lancip dan bersusun tiga menyebar (kanan - kiri - depan) dalam satu untaian ranting yang menghubungkan batang pohon. Kedelai berbuah polong yang berisi biji-biji. Menurut varietasnya ada kedelai yang berwarna putih dan hitam. Baik kulit luar buah polong maupun batang pohonnya mempunyai bulu-bulu yang kasar berwarna coklat. Untuk budidaya tanaman kedelai di pulau Jawa yang paling baik adalah pada ketinggian tanah kurang dari 500 m di atas permukaan laut.

Firman Allah dalam Al-Qur'an Surat al-An'am ayat 99 dan 141 yang berbunyi :

وَهُوَ الَّذِي أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْرَجْنَا بِهِ نَبَاتَ كُلِّ شَيْءٍ فَأَخْرَجْنَا مِنْهُ خَضِرًا حُجْرًا مِنْهُ حَبًّا مُتَرَاكِبًا وَمِنَ النَّخْلِ مِنَ طَلْعِهَا قِنْوَانٌ دَانِيَةٌ وَجَنَّاتٍ مِنْ أَعْنَابٍ وَالزَّيْتُونَ وَالرُّمَّانَ مُشْتَبِهًا وَغَيْرَ مُتَشَبِهٍ ۗ انظُرُوا إِلَى ثَمَرِهِ إِذَا أَثْمَرَ وَيَنْعِهِ ۗ إِنَّ فِي ذَٰلِكُمْ لَآيَاتٍ لِّقَوْمٍ يُؤْمِنُونَ



99. dan Dialah yang menurunkan air hujan dari langit, lalu Kami tumbuhkan dengan air itu segala macam tumbuh-tumbuhan Maka Kami keluarkan dari tumbuh-tumbuhan itu tanaman yang menghijau. Kami keluarkan dari tanaman yang menghijau itu butir yang banyak; dan dari mayang korma mengurai tangkai-tangkai yang menjulai, dan kebun-kebun anggur, dan (kami keluarkan pula) zaitun dan delima yang serupa dan yang tidak serupa. perhatikanlah buahnya di waktu pohonnya berbuah dan (perhatikan pulalah) kematangannya. Sesungguhnya pada yang demikian itu ada tanda-tanda (kekuasaan Allah) bagi orang-orang yang beriman.

Ayat-ayat di atas menjelaskan tentang firman Allah Swt. yang ” Dan Dialah yang dimaksud adalah Allah Swt., menurunkan air dari langit yaitu air hujan dengan kadar tertentu sebagai berkah dan rezeki bagi hamba dan untuk menghidupkan dan menyirami berbagai makhluk sebagai rahmat dari Allah untuk makhluk-Nya. “Lalu Kami (Allah Swt.) tumbuhkan dengan air itu segala macam tumbuhan” seperti firman Allah Swt., “Dan air Kami (Allah Swt.) jadikan segala sesuatu yang hidup. “ (al-Anbiya’ : 30)” maka kami (Allah Swt.) mengeluarkan dari tumbuhan itu tanaman yang menghijau “berupa tanaman dan pepohonan yang menghijau. Kemudian Kami menciptakan biji dan buah pada pohon itu. Oleh karena itu, Allah Swt. berfirman, “ Kami (Allah Swt.) keluarkan dari tanaman yang menghijau itu butir yang bersusun” satu sama lain sebagai tandan yakni tanaman pisang “Dan dari mayang kurma berjuntailah tangkai-tangkai yang menjulai (Ar-Rifa’I, 1999).

## 2.2 Tanah Mati dan Tumbuhan biji – bijian

Allah Swt. menghidupkan tanah yang mati dan menumbuhkan tanaman, salah satunya berupa tanaman yang menghasilkan biji-bijian hal ini dicantumkan dalam Al-Qur'an surat Yasin ayat 33 :

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

*Dan suatu tanda (kekuasaan Allah yang besar) bagi mereka adalah bumi yang mati. Kami hidupkan bumi itu dan Kami keluarkan dari padanya biji-bijian, Maka daripadanya mereka makan.*

Ayat di atas menjelaskan tentang bumi yang mati dan tumbuhan berbiji.

*Pertama*, tanah yang dihidupkan, artinya, semua tanah pada dasarnya tidak berarti apa-apa (*al-Ardh al-maytatu*) sebelum dilakukan proses menghidupkan tanah mati tersebut (*ahyaynâhâ*). Menghidupkan tanah mati membutuhkan pengolahan penambahan pupuk dan bahan organik seperti kapur dan bokashi. *Kedua*, tumbuhan berbiji sering kita temukan salah satunya adalah tumbuhan kedelai, tumbuhan kedelai merupakan tumbuhan yang mengandung protein yang tinggi, sehingga digemari sebagian besar penduduk Indonesia.

Setelah diteliti kandungan gizi kedelai sangat tinggi, kedelai merupakan makanan yang sarat akan manfaat, seperti sumber protein, lemak, vitamin, mineral, juga merupakan serat yang paling baik. Tidak hanya itu, susunan asam amino pada kedelai lebih lengkap dan seimbang dibanding kacang lainnya.

Kedelai dapat di buat susu biasanya digunakan sebagai pengganti susu sapi, bahkan jauh lebih kaya akan gizi dibandingkan susu sapi, susu kedelai juga dapat dijadikan alternatif terbaik pengganti susu formula yang kecenderungan mengandung bakteri jahat yang membahayakan kesehatan balita dan anak-anak. Menurut Efendi (2008) Kandungan dan manfaat yang terdapat dalam susu kedelai adalah sebagai berikut :

- a. Protein berguna untuk pertumbuhan, perbaikan jaringan yang rusak, penambah imunitas tubuh. Protein pada susu kedelai tersusun oleh sejumlah asam amino (lesitin atau HDL (*High Density Lipoprotein*), arginin, lisin, glisin, niasin, leusin, isoleusin, treonin, triptofan, fenilalanin). Protein yang terkandung dalam kedelai diketahui kaya akan asam amino arginin dan glisin yang merupakan komponen penyusun hormon insulin dan glukogen yang disekresi oleh kelenjar pankreas dalam tubuh kita.
- b. Lemak Nabati, sangat baik untuk tubuh manusia.
- c. Karbohidrat, sebagai sumber energi atau tenaga didalam tubuh.
- d. Serat atau *fiber*, berguna untuk system pencernaan dalam tubuh.
- e. Vitamin A, pada biji kedelai berasal dari karoten, yang merupakan bahan dasar vitamin A, membantu kelancaran fungsi organ penglihatan dan pertumbuhan tulang.
- f. Vitamin B1, Vitamin B1 atau yang sering disebut tianin sangat berperan dalam reaksi-reaksi dalam tubuh yang menghasilkan energy.

- g. Vitamin B2, disebut juga flavin, merupakan pigmen yang banyak terdapat pada susu, baik susu sapi atau susu manusia, maupun susu kedelai.
- h. Vitamin E, melancarkan proses reproduksi dan proses menstruasi, menegakkan impotensi, keguguran, dan penyakit jantung kardiovaskuler, meningkatkan produksi air susu, membantu memperpanjang umur, dan sebagai antioksidan. Orang yang rajin mengonsumsi antioksidan akan terlihat lebih muda ketimbang orang yang jarang mengkonsumsinya.
- i. Mineral, berfungsi dalam menambah kekuatan struktur tulang, gigi, dan kuku, serta dapat menambah daya tahan tubuh terhadap gangguan penyakit. Selain itu, mineral juga berfungsi dalam proses reproduksi pertumbuhan tulang mereka yang menuju dewasa.
- j. Polisakarida, yang mampu menekan kadar glukosa dan trigliserida postprandial, serta menurunkan rasio insulin-glukosa postprandial (setelah makan), Asupan susu kedelai dapat membantu mengendalikan kadar gula darah yang melebihi batas normal tersebut, sehingga sangat membantu mengendalikan penyakit gula.
- k. Isoflavon, Ikatan sejumlah asam amino dengan vitamin dan beberapa zat gizi lainnya dalam biji kedelai ada yang membentuk flavonoid. Flavonoid adalah sejenis pigmen, seperti halnya zat hijau daun yang terdapat pada tanaman yang berwarna hijau. Senyawa ini biasanya memiliki ciri khas, yaitu mengeluarkan bau tertentu. Bau langu yang terdapat pada biji kedelai adalah salah satu tanda bahwa dalam biji tersebut terdapat flavonoid. Secara ilmiah, flavonoid sudah dibuktikan mampu mencegah dan

mengobati berbagai penyakit. Dan salah satu jenis flavonoid yang sangat banyak terdapat pada biji kedelai dan amat bermanfaat bagi kesehatan adalah isoflavon. Seorang peneliti Jepang, pada tahun 1998 menganjurkan setiap manusia mengkonsumsi isoflavon kedelai sebanyak 50-100 mg perhari. fungsi isoflavon itu bagi tubuh adalah untuk :

1. Melancarkan metabolisme
2. Melancarkan pencernaan
3. Merupakan nutrisi pelengkap
4. Meningkatkan sistem imunitas
5. Memperkuat struktur matriks tulang
6. Menstabilkan tekanan darah
7. Menurunkan kadar kolesterol darah
8. Menstabilkan kadar gula darah
9. Mencegah obesitas
10. Mencegah penyakit ginjal
11. Mengurangi gejala jantung koroner (kardiovaskuler)
12. Mengurangi gejala stroke
13. Mengurangi gejala rematik dan asam urat
14. Mengurangi gejala maag
15. Menghilangkan rasa lelah dan lesu
16. Mengurangi gejala symptom menopause
17. Memperlambat penuaan sel

18. Mencegah tumbuhnya kanker, terutama kanker payudara dan prostate

19. Menambah daya ingat dengan meningkatkan fungsi kognitif

1. HDL (Kolesterol Baik) dan LDL (Low Density Lipoprotein) bersifat sangat mampu untuk membuat proses pengapuran pembuluh darah. Karenanya dikenal sebagai kolesterol jahat. HDL (High Density Lipoprotein) bersifat sebaliknya yaitu menahan proses pengapuran dengan cara menyedot timbunan kolesterol didalam pembuluh darah, lalu membawanya ke lever dan selanjutnya dibuang melalui empedu. Oleh karenanya HDL dikenal sebagai kolesterol baik. Sebetulnya yang harus selalu di perhatikan terlebih dahulu adalah kadar kolesterol total yang harus senantiasa di jaga jangan lebih dari 200 mg % Barulah apabila seseorang mempunyai kadar kolesterol yang selalu normal, maka sebaiknya harus dilihat lagi kadar HDL nya.

m. Kalsium adalah salah satu mikro mineral yang berguna bagi tubuh manusia. 99% dari kalsium dapat ditemukan pada tulang dan 1% dialirkan pada selaput cair, di dalam struktur sel dan selaput sel. Fungsi Kalsium Merupakan mineral yang sangat penting yaitu

1. Pengaruh Neurotransmitter, peredaran darah dan fungsi otot urat
2. Membantu meningkatkan kekuatan pada tulang, guna mencegah tulang keropos (osteoporsis)
3. Membantu peredaran darah secara normal

4. Membantu formasi sel protein dan membantu mengatur fungsi otot
5. Mengontrol asam lemak (*fatty acids*) pada usus yang dapat mengurangi formasi sel kanker dengan tujuan mencegah terjadinya kanker usus.

### 2.3 Tanaman Kedelai

Suprpto (2001) melaporkan klasifikasi kedelai sebagai berikut :

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Spermatophyta
Sub divisi	: Angiospermae
Kelas	: Dicotyledonae
Ordo	: Polypetales
Subordo	: Rosineae
Famili	: Leguminosae
Subfamily	: Papilioneidae
Genus	: Glycine
Spesies	: <i>Glycine max</i> (L) Merill





**Gambar 1. Tanaman Kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill) varietas Sinabung**  
**2.3.1 Morfologi Tanaman Kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill)**

Kedelai merupakan tanaman semusim, tanaman tegak dengan tinggi 40 – 90 cm, bercabang, memiliki daun tunggal dan daun bertiga, bulu pada daun dan polong tidak terlalu padat dan umur tanaman antara 72 – 90 hari. Kedelai introduksi umumnya tidak memiliki atau memiliki sangat sedikit percabangan dan sebagian bertrikoma padat baik pada daun maupun polong. Agar pertumbuhannya optimal tanaman kedelai didukung oleh komponen utamanya, yaitu akar, daun, batang, polong, dan biji (Maesen, 1993; Adisrwanto, 2005). Akar. Batang dan daun sebagai alat hara (*organum nutritivum*), sedangkan bunga, buah dan biji sebagai alat berkembangbiakan (*organum reproductivum*) (Rukmana dkk, 1996).

Sistem perakaran kedelai terdiri dari dua macam yaitu akar tunggang dan akar sekunder (serabut) yang tumbuh dari akar tunggang. Kedelai juga memiliki akar adventif yang tumbuh dari bagian bawah hipokotil. Perkembangan akar kedelai dipengaruhi oleh kondisi fisik dan kimia tanah, jenis tanah, cara

pengolahan lahan, kecukupan unsur hara serta ketersediaan air di dalam tanah. Pertumbuhan akar tunggang dapat mencapai panjang sekitar 2 m atau lebih, akar-akar sampingnya menyebar mendatar sejauh 2,5 m pada kondisi yang optimal. Umumnya akar tunggang hanya tumbuh pada kedalaman lapisan tanah olah yang tidak terlalu dalam sekitar 30-50 cm. Sementara akar serabut dapat tumbuh pada kedalaman tanah sekitar 20 – 30 cm (Maesen, 1993; Adisarwanto, 2005).

Pertumbuhan batang pada kedelai dibedakan menjadi dua tipe, yaitu determinat dan interdeterminat (Adisarwanto, 2005; AAK, 1989). Pertumbuhan batang determinat ditunjukkan dengan batang yang tidak tumbuh lagi pada saat tanaman mulai berbunga. Sementara pertumbuhan batang tipe interdeterminat dicirikan bila pucuk batang tanaman masih bisa tumbuh daun, walaupun tanaman sudah mulai berbunga. Di samping itu, ada varietas hasil persilangan diantara keduanya yang disebut semideterminat atau semiindeterminat. Jumlah batang pada tidak mempunyai hubungan yang signifikan dengan jumlah biji yang diproduksi. Artinya, walaupun jumlah cabang banyak, belum tentu produksi kedelai juga banyak (Adisarwanto, 2005).

Menurut Adisarwanto (2005), tanaman kedelai mempunyai dua bentuk daun yang dominan, yaitu bulat (oval) dan lancip (*lanceolate*). Kedua bentuk daun tersebut dipengaruhi oleh faktor genetik. Bentuk daun diperkirakan mempunyai korelasi yang sangat erat dengan potensi produksi biji. Daun mempunyai bulu dengan warna cerah dan jumlahnya bervariasi. Lebat-tipisnya bulu pada daun kedelai berkaitan dengan tingkat toleransi varietas kedelai

terhadap serangan jenis hama tertentu. Hama penggerek polong ternyata sangat jarang menyerang varietas kedelai yang berbulu lebat.

### 2.3.2 Ekologi Tanaman Kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill)

Tanaman kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill) berbentuk perdu dengan tinggi  $\pm$  20-100 cm. Tanaman ini dapat tumbuh baik pada daerah dengan ketinggian 900 m dpl, kondisi yang cocok ialah daerah yang mempunyai suhu  $25^{\circ}\text{C} - 27^{\circ}\text{C}$ , kelembaban udara rata-rata 65% dengan penyinaran matahari 12 jam atau minimum 10 jam tiap hari. Curah hujan yang ideal adalah 1000 – 1500 mm tiap tahun atau 100 – 200 mm tiap bulan. Pertumbuhan optimal kedelai dapat dicapai pada tanah yang mengandung cukup unsur hara makro maupun mikro, struktur tanah gembur dan pH tanah 5,8 – 7,0 (Rukmana dan Yuniarsih, 1996).

Menurut Lamina (1989), pada dasarnya kedelai menghendaki kondisi tanah yang tidak terlalu basah, tetapi air tetap tersedia. Tanah-tanah yang cocok yaitu : alluvial, regosol, grumosol, latosol dan andosol. Pada tanah-tanah podsolik merah kuning dan tanah masam, pertumbuhan kedelai kurang baik, kecuali bila diberi tambahan kapur dan pupuk organik atau kompos dalam jumlah cukup. Kapur dapat menaikkan pH tanah sedangkan bahan organik yang cukup dalam tanah akan memperbaiki sifat tanah dan juga merupakan sumber makanan bagi jasad renik. Toleransi keasaman tanah sebagai syarat tumbuh bagi kedelai adalah pada pH 5,8-7,0 tetapi pada pH 4,5 pun kedelai dapat tumbuh. Tanah yang baru pertama kali ditanami kedelai, sebelumnya perlu diberi bakteri *Rhizobium*.

## 2.4 Bakteri Rhizobium

Rhizobium lazim dikenal dengan istilah rhizobia dapat bersimbiosis dengan tanaman kacang-kacangan. Simbiosis diawali dengan pembentukan bintil akar dan Rhizobia dalam bintil akar atau batang (bakteroid) menambat nitrogen dari atmosfer. Nitrogen dalam bentuk gas kemudian direduksi menjadi N tersedia untuk tanaman inang, sedangkan tanaman inang memasok fotosintat pada rhizobium sebagai sumber energi (Soedarjo, 2007).

Klasifikasi *Rhizobium japonicum* antara lain :

Kingdom : Bakteria

Filum : Protobakteria

Kelas : Alpha Protobacteria

Ordo : Rhizobiales

Family : Rhizobiaceae

Genus : Rhizobium

Spesies : *Rhizobium japonicum*

(Yuwono, 2006).

### 2.4.1. Ekologi Rhizobium

Rhizobium merupakan mikroba penghuni tanah yang bersifat heterotrof dan tumbuh baik pada temperatur 25°C sampai 30°C. Rhizobium dapat melakukan simbiosis umumnya dengan tanaman dari famili Leguminosae. Simbiosis yang terjadi antara Rhizobium dengan tanaman Legume ialah dengan terbentuknya bintil akar (nodul) (Rao, 1994). Menurut Pelczar dan Chan (1988), simbiosis antara tanaman legume dan bakteri ini adalah saling menguntungkan

(mutualisme) untuk kedua pihak. Karena simbiosis ini pupuk nitrogen dapat dihemat penggunaannya. Bakteri mendapatkan energi (fotosintat) dari tanaman inang sedangkan tanaman inang mendapat unsur nitrogen dari bakteri untuk melangsungkan kehidupannya.

Kelembapan tanah berbanding antara 25 sampai 75 % dari kapasitas lapang, ternyata optimal untuk simbiosis kedelai (*Glycine max.* Merrill.L) dengan *Rhizobium*. Kandungan kelembapan dalam bintil harus tetap dipertahankan di atas 80 % agar bintil tetap hidup. Pada kedelai, kelembapan tanah sekitar kapasitas lapang itu optimal untuk temperatur rumah kaca yang tinggi, tetapi kelembapan tanah maupun kedalaman penempatan inokulum keduanya tidak berpengaruh pada temperatur sedang (Wilson, 1975). Kelembapan yang berlebihan ataupun genangan air umumnya mengurangi fiksasi  $N_2$ , mungkin dengan cara mengurangi akar dan reproduksi ATP (Gardner.dkk, 1991).

#### **2.4.2 Kesesuaian *Rhizobium* pada Tanah Masam**

Pengaruh pH tanah terhadap fiksasi  $N_2$  dapat langsung ataupun tidak langsung. Umumnya bakteri lebih berkembang dalam suasana netral, sehingga bila dilakukan pengapuran pada tanah masam akan meningkatkan aktivitas bakteri dan pembentukan bintil akar (Setijono,1996).

Faktor abiotik dan biotik seperti kemasaman tanah, kelembapan tanah, suhu tanah, senyawa organik dan anorganik sebagai sumber nutrisi, densitas sel *rhizobium* tanah mempengaruhi proses pembentukan bintil akar (Soedarjo, 2007). Selain itu unsur hara khusus, fotosintesis, oksigen, produksi fiksasi  $N_2$ , air dan senyawa nitrogen yang ada dalam tanah. Sedang faktor-faktor yang berperan

dalam aktivitas nitrogenase dalam bakteroid ialah kebutuhan oksigen, karbon, dan leghemoglobin (pigmen merah yang berfungsi sebagai pembawa oksigen untuk respirasi dan melindungi nitrogenase yang labil terhadap oksigen pada akar tanaman kacang-kacangan) (Bergersen, 1977).

Unsur-unsur Mo, S, Cu, dan Co dibutuhkan dalam simbiosis tersebut. Dua unsur yang pertama dibutuhkan dalam enzim nitrogenase yang kemungkinan mengandung dua atom Mo dan kira-kira 25 - 30 atom Fe dan S dalam setiap kompleks molekul. Co dibutuhkan dalam enzim dalam bakteroid. Cu dibutuhkan dalam sistem dismutase superoksida (Bergersen, 1977).

Sifat kimia tanah, seperti kemasaman dan toksisitas oleh Al, Fe, dan Mn, berpengaruh terhadap pertumbuhan dan fungsi rhizobium. Species Rhizobium berbeda tingkat toleransinya terhadap kemasaman tanah. Hasil kajian laboratorium menunjukkan bahwa lebih dari 80% isolat rhizobium kedelai tipe tumbuhan lambat (*slow growers*) toleran terhadap pH 4,0 dan sebagian besar dari isolat toleran masam tersebut toleran pada 100 ppm Mn dan 400 mM Al, 300 ppm Fe (Soedarjo *et al.*, 2003).

Asanuma dan Saraswati (1988) menemukan strain dari *Rhizobium japonicum* toleran masam asal Indonesia (pH 4,5; 5 uM P; 100 uM Al) yang dapat bertahan hidup di tanah masam di daerah Lampung dengan takaran pengapuran rendah 0,5 x Al -dd (pH 5,1; Al-dd 2,6 me 100 g<sup>-1</sup>; Mn 216,2 ppm). Rata-rata keefektifan simbiotik strain toleran masam ini diatas 100 %.

### 2.4.3 Kesesuaian Strain *Rhizobium* dengan Tanaman Kacang-kacangan

Spesies *Rhizobium* sangat bervariasi terutama dalam kesesuaiannya spesies legumnya, yang relatif pada kebiasaan perbintilan kultivar, dan aktivitas nitrogenasenya. Beberapa galur bahkan mungkin bervariasi dalam fiksasi N<sub>2</sub> –nya pada varietas yang berbeda dari spesies yang sama (Gardner *et al.*, 1991).

**Tabel 1. Spesifitas *Rhizobium* terhadap tanaman Inang**

Spesies <i>Rhizobium</i>	Tanaman Simbiosanya
<i>R. leguminosorum</i>	Pea ( <i>Pisum spp</i> ), lentil ( <i>Lens culinaris</i> )
<i>R. phaseoli</i>	Kacang buncis ( <i>Phaseolus vulgaris</i> )
<i>R. trifoli</i>	Clover ( <i>Trifolium subteranim</i> )
<i>R. melioli</i>	Alfafa ( <i>Medicago sativa</i> )
<i>R. lupini</i>	Lupin ( <i>Lupinus spp</i> )
<i>R. japonicum</i>	Kedelai ( <i>Glycine max</i> )
<i>Rhizobium spp</i>	Cowpea ( <i>Vigna spp</i> ), kacang tanah ( <i>Desmodium spp</i> )

Sumber : Samekto, 2008

Beberapa galur *Rhizobium japonicum* secara teoritis lebih efisien daripada lainnya, disebabkan oleh kapasitasnya dalam mendaur ulang H<sub>2</sub> yang dihasilkan oleh nitrogenase untuk memproduksi ATP. Elektron yang tidak terdaur ulang tidak mereduksi N<sub>2</sub> menjadi NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, yang merupakan hasil akhir yang diinginkan, melainkan menghasilkan H<sub>2</sub>. Galur yang mampu memanfaatkan H<sub>2</sub> yang dilepaskan tersebut merupakan suatu sumber energi, yang membutuhkan ATP

lebih sedikit dalam memfiksasi  $N_2$ . Kehilangan  $H_2$  berarti hilangnya energi untuk sistem itu (Gardner.dkk, 1991).

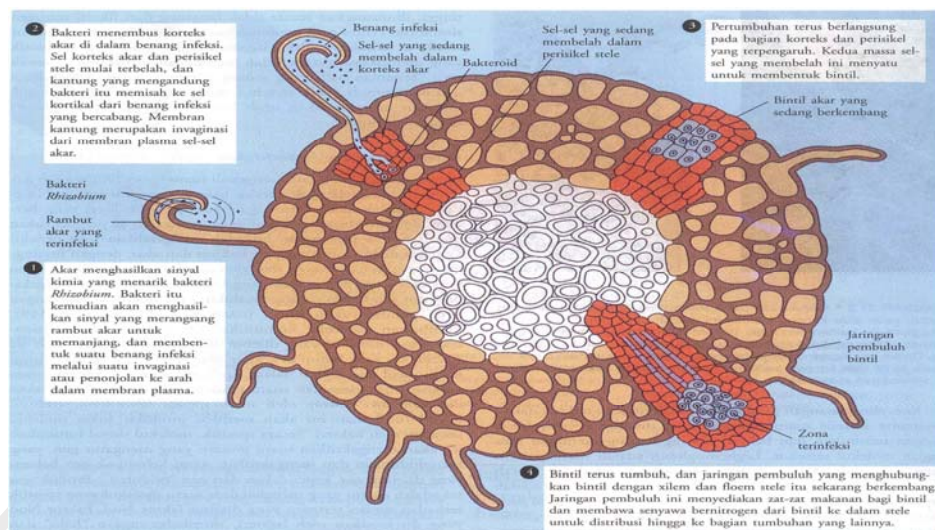
Dalam simbiosis, tanaman inang akan mengeksudasi flavonoid yang dapat dikenal oleh rhizobium untuk mensintesis Nod (segumpal kecil jaringan yang berbentuk simpul) faktor sebagai awal dari nodulasi. Oleh karena itu kesesuaian genetik antara rhizobium dan tanaman inang menentukan infektivitas dan efektivitas rhizobiun. Nodulasi terbatas pada strain rhizobium tertentu dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan genotipe tanaman yang hanya akan membentuk bintil akar dengan strain yang sangat efektif (Champion *et al.* 1992, Qian *et al.* 1996). Seringkali, inokulasi rhizobium tidak meningkatkan nodulasi, serapan N serta pertumbuhan tanaman (Adisarwanto, komunikasi pribadi). Hal ini mungkin disebabkan oleh ketidaksesuaian genetik antara inokulum dengan tanaman kedelai. Akan tetapi hasil kajian menunjukkan bahwa pengaruh ukuran biji (berbiji besar dan sedang) dengan Rhizobium terhadap nodulasi dan pertumbuhan tanaman tidak nyata. Hal ini mengisyaratkan bahwa inokulum Rhizobium endogen tidak spesifik untuk genotipe kedelai tertentu (Soedarjo *et al.*2003).

#### **2.4.4 Nodulasi dan Fiksasi nitrogen oleh Rhizobium**

Rhizobium dapat memfiksasi nitrogen jika bersimbiosis dengan legume. Jumlah  $N_2$  yang difiksasi oleh simbiosis tersebut juga sangat bervariasi tergantung pada jenis dan kultivar legum, spesies dan strain rhizobium, serta kondisi pertumbuhannya (Gardner, Pearce, dan Mitchell, 1991). Menurut Campbell, Reece dan Mitchell (2003), fiksasi nitrogen oleh bakteri pemfiksasi nitrogen merupakan suatu proses yang rumit dan bertahap.



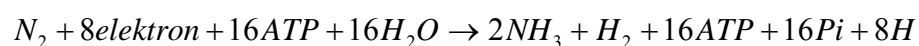
Proses fiksasi nitrogen terjadi dalam dua tahap. Tahap pertama, pembentukan bintil akar (nodulasi). Secara rinci tahap-tahap pembentukan bintil akar menurut Islami dan Utomo (1995); Gardner *et al* (1991) dan Rao (1994) adalah sebagai berikut: (1) Bakteri *Rhizobium* berkerumun disekitar rambut akar. (2) Sehubungan dengan berkerumunnya bakteri tersebut, rambut akar mengekresikan atau mengeluarkan triptofan yang selanjutnya oleh bakteri diubah ke asam indolasetat (IAA). (3) Kehadiran IAA mengakibatkan rambut akar mengeriting atau mengkerut, sedangkan bakteri lebih lanjut menghasilkan sejenis enzim yang dapat melarutkan senyawa pektat yang terdapat dalam fibril (selulosa) kulit atau selaput rambut akar sehingga terikat. (4) Bakteri sehubungan dengan hadirnya senyawa pektat selanjutnya akan berubah bentuk menjadi bulat, kecil dan dapat bergerak. (5) Senyawa pektat mengikat selulosa, hal ini berpengaruh pada selaput rambut akar menjadi sangat tipis dan mudah ditembus oleh bakteri *Rhizobium*. (6) Bakteri masuk ke dalam rambut- rambut akar dan berkembang dan selanjutnya masuk ke dalam akar dengan membutuhkan benang infeksi. Dengan demikian pada setiap sel akar didapatkan koloni bakteri. (7) Proses terakhir yaitu terbentuknya nodula atau bintil akar. Pada bagian tengah sel dari bintil akar yang mengandung bakteri akan terbentuk pigmen merah yang disebut leghemoglobin. Di dalam bakteriod ini terjadi aktivitas enzim nitrogenase.



**Gambar 2. Perkembangan Bintil akar kacang kedelai**  
(Campbell *et al*, 2003)

Pada tahap kedua, leghemoglobin dan nitrogenase akan mengikat nitrogen bebas ( $N_2$ ) di zona perakaran. Nitrogen yang telah diikat, diionisasi kedalam bintil akar. Penyediaan energi untuk pengikatan nitrogen dari udara zona perakaran diperoleh dengan mentraslokasikan asimilat ke perakaran. Asimilat yang berupa karbohidrat dioksidasi di daerah akar. Energi diperoleh setelah oksidasi berlangsung dan menghasilkan elektron bebas. Nitrogen yang terionisasi berfungsi sebagai aseptor, yang menerima elektron bebas hasil oksidasi, hingga tereduksi menjadi amoniak ( $NH_3$ ) (Lamina, 1989).

Secara ringkas Salisbury dan Ross (1995) menuliskan reaksi pengikatan nitrogen adalah sebagai berikut:



Hidajat (1985) menjelaskan, perkembangan sebuah bintil akar pada kedelai yaitu: (1) Rhizobium masuk kedalam akar rambut atau epidermis saat umur bintil 0 hari. (2) Benang infeksi mencapai dasar sel epidermis dan memasuki korteks saat umur bintil 1-2 hari. (3) Bintil mulai tampak saat umur bintil 7-9 hari. (4) Pertumbuhan lanjut dari jaringan bintil, jaringan bakteroid berwarna merah muda dan mulai terjadi fiksasi nitrogen saat umur bintil 12-18 hari. (5) Sebagian besar pembagian sel bakteri dan sel inang berhenti, tetapi pembesaran bintil tetap berlanjut karena pembesaran sel, merupakan periode aktif fiksasi nitrogen saat umur bintil 23 hari. (6) Bintil mencapai besar maksimal, fiksasi nitrogen berlanjut sampai awal pelapukan bintil saat umur bintil 28-37 hari. (7) Pelapukan bintil saat umur bintil 50-60 hari.

## **2.5 Tanah Masam Ultisol**

### **2.5.1 Deskripsi Tanah Masam Ultisol**

Purbayanti dkk (1988), menyatakan bahwa Ultisol berasal dari kata bahasa latin "ultimus" yang berarti terakhir atau pada kasus-kasus Ultisol, tanah yang mengalami pelapukan terbanyak. Sedangkan Hairiah (2000) mendeskripsikan Ultisol sebagai tanah yang mengalami pencucian intensif. Kandungan liat meningkat di lapisan bawah. Karena proses pencucian yang intensif, tanah mengalami pemiskinan unsur hara dalam bentuk kation basa, sehingga biasanya mempunyai kejenuhan basa rendah.

Handayanto (1998) menambahkan, luas tanah masam di lahan kering mencapai 55.597.000 ha atau sekitar lebih dari 25% dari total luas daratan Indonesia. Tanah masam tersebar luas di Sumatra, Kalimantan dan Papua, hanya 5

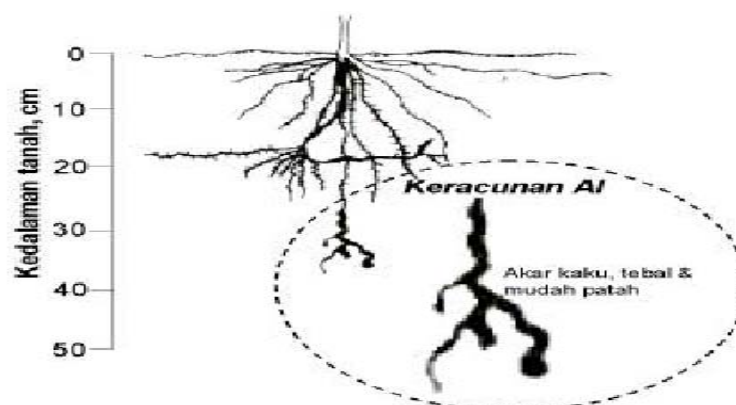
% yang berada di pulau Jawa. Luas Ultisol sendiri diperkirakan mencapai 38 juta ha. Tanah Ultisol ditemukan pada daerah-daerah yang mempunyai curah hujan tinggi dan berkembang dari bahan induk tua. Kisaran pH tanah Ultisol sekitar 4,2-4,7. Proses perkembangan Ultisol dimulai oleh pencucian yang intensif terhadap basa-basa. Pada daerah tropika basah seperti Indonesia, proses pencucian berlangsung sangat intensif yang mengakibatkan kejenuhan basa rendah (< 35%).

Penyebab kemasaman tanah masam Ultisol juga disebabkan pelapukan bahan organik yang menghasilkan asam organik dan inorganik juga penyumbang reaksi asam (Soepardi, 1983). Asam karbonat ( $H_2CO_3$ ) dapat melarutkan basa-basa. Sehingga dapat mempercepat kehilangan basa-basa, dan akhirnya pH tanah pun turun. Asam-asam seperti  $H_2SO_4$  dan  $HNO_3$  baik yang berasal dari pelapukan bahan organik, maupun akibat kegiatan jasad mikro terhadap pupuk-pupuk inorganik, juga merupakan penyumbang reaksi masam (Dirjen PT, 1985).

Kendala dalam tanah Ultisol menurut Eswaran (1984) dan Sudjadi (1984) dapat diringkas antara lain (1) kejenuhan Al, Mn dan Fe tinggi, menyebabkan unsur fosfor (P) kurang tersedia bagi tanaman, (2) sering mengandung Mn dalam jumlah yang beracun, (3) sangat miskin hara, (4) kejenuhan basa, kadar bahan organik dan pH rendah, (5) Sematan P dan anion lain kuat, (6) rentan erosi karena lapisan permukaan mudah memampat oleh tekanan beban yang menyebabkan laju infiltrasi lambat, permeabilitas rendah dan bersamaan dengan keberadaannya dalam kawasan curah hujan tinggi. (7) Unsur Molibdenum (Mo) kelarutannya sangat rendah pada tanah masam, unsur ini dibutuhkan tanaman legum dalam

pembentukan bintil akar untuk menambat nitrogen (N). Akibatnya penambahan N menjadi terhambat pada tanah yang bereaksi masam.

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



**Gambar 3. Distribusi perakaran pada tanah masam: Keracunan Al pada akar ditunjukkan oleh pembesaran diameter akar, terutama pada lapisan bawah (Hairiah dkk., 1986).**

Selain menggunakan pupuk hayati yakni Rhizobium upaya peningkatan produktivitas dapat dilakukan dengan perbaikan kondisi lahan dengan ameliorasi (penambahan zat organik pada tanah), pemupukan berimbang dan terpadu serta penggunaan varietas unggul. Alternatif teknologi ameliorasi dan pemupukan telah tersedia namun perlu disesuaikan dengan kondisi lahan setempat mengingat adanya variasi potensi kesesuaian lahannya.

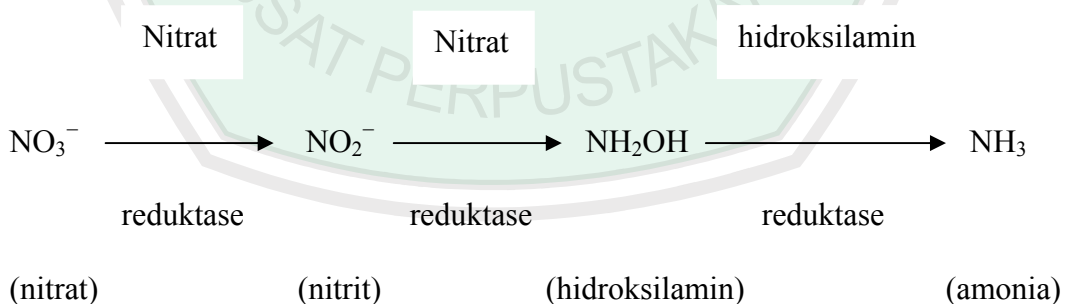
### 2.5.2 Tanah masam dan Ketersediaan Unsur Hara

Ketersediaan unsur hara di dalam tanah masam menjadi kendala. Unsur hara yang sulit tersedia di dalam tanah antara lain kalsium (Ca), magnesium (Mg), fosfor (P), dan molybdenum (Mo). Jika ketersediaan unsur tersebut di dalam tanah, tanaman yang ditanam pada tanah tersebut akan mengalami defisiensi. Akibat terparah ialah tanaman akan keracunan aluminium karena terlarut dalam tanah. Aluminium tidak bersifat racun kalau terikat oleh tanah (Lingga & Marsono, 2007). Hal ini disebabkan tanah sudah dimiskinkan akan unsur-unsur

hara mikro yang dikandung dalam mineral mudah lapuk (mineral mudah lapuk sudah habis) (Setijono, 1996).

Pada tanah masam sering terlihat adanya gejala defisiensi Mo. Gejala yang timbul karena kekurangan Mo hampir menyerupai kekurangan N. Kekurangan Mo dapat menghambat pertumbuhan tanaman, daun menjadi pucat dan mati dan pembentukan bunga terlambat, dan adanya klorosis diantara tulang daun (Soegiman, 1982).

Unsur Mo, meskipun hanya dibutuhkan dalam jumlah yang relatif kecil namun ketersediaannya sangat diperlukan karena antara lain berperan dalam enzim nitrat reduktase untuk memfiksasi nitrogen pada setiap jaringan bintil akar (Rao, 1994). Loveless (1991) menjelaskan, Mo berfungsi sebagai enzim reduktase yang berperan mengubah ion nitrat menjadi nitrit dan akhirnya menjadi senyawa amonia yang merupakan sumber utama nitrogen bagi tumbuhan. Reduksi nitrat menjadi amonia di dalam tumbuhan terjadi dalam tiga tahap menurut jalur berikut



Molibdenum (Mo) yang berperan penting untuk produksi kedelai, karena erat hubungannya dengan perkembangan bintil akar dan pengikatan nitrogen dari udara bebas (Lingga, 2000). Menurut Islami dan Utomo (1995), kadar Mo dalam bintil akar 5- 15 kali lebih besar daripada kadar Mo dalam bagian tanaman lainnya, juga menjelaskan bahwa ketersediaan Mo ini tergantung pada pH tanah, pH tanah yang tinggi akan meningkatkan ketersediaan Mo. Jadi, dengan meningkatnya pH tanah mendekati netral, akan memberikan beberapa unsur makro dan menekan tingkat kelarutan beberapa unsur yang bersifat toksik pada pH tanah yang rendah.

Mo banyak terdapat dalam tanah dalam bentuk garam molibdat dan juga sebagai  $\text{MoS}_2$ . Karena unsur Mo dibutuhkan dalam jumlah kecil, maka belum diketahui bentuk yang diserap dan bagaimana perubahannya dalam sel tumbuhan. Kebanyakan tumbuhan membutuhkan lebih sedikit Mo daripada unsur lainnya, sehingga kekahatan Mo jarang terjadi. Gejala kekahatan sering berupa klorosis diantara urat daun, yang mula-mula terjadi pada daun tua atau pada daun tengah, kemudian meluas ke daun muda (Salisbury dan Ross, 1995).

Sedangkan fiksasi simbiotik dan non-simbiotik membutuhkan Molibdenum. Molibdenum dibutuhkan untuk mereduksi  $\text{N}_2$  (gas) menjadi  $\text{NH}_4$ . Reduksi  $\text{NO}_3^-$  dalam jaringan tanaman membutuhkan unsur mikro Mo. Secara sporadik dalam tanah alkalin.



## 2.6 Perbaikan Sifat Fisik Dan Kimia Tanah Masam Ultisol

Menurut Sumarno (2005), pengelolaan kedelai pada lahan masam perlu lebih difokuskan dan diprioritaskan pada ameliorasi (penambahan zat organik ) tanah. Tanah masam adalah tanah sakit dan miskin, karena itu perlu diperbaiki dengan meningkatkan pH dan menaikkan kejenuhan basa, serta pengkayaan unsur haranya.

Perbaikan sifat fisik dan kimia tanah dapat dilakukan pemberian bahan, terutama pupuk organik atau penambahan kapur untuk menurunkan nilai ESP (rasio natrium dapat-tukar) (Jumberi & Yufdy, 2008), yang umum digunakan berupa bahan organik sebagai agen resiliensi.

Bahan amelioran dapat memperbaiki sifat fisik dan kimia tanah. Bahan amelioran dapat berupa bahan organik, kapur, dolomit, gipsum, dan abu batu bara. Bahan organik merupakan amelioran terbaik untuk memperbaiki sifat tanah. Bahan organik dapat meningkatkan kemampuan tanah untuk mengikat menahan air, sebagai perekat dalam pembentukan dan pematapan agregat tanah. Bahan organik dapat berupa pupuk kandang, kompos, sekam, dan hasil pangkasan tanaman penutup tanah (Yustika & Sidik, 2006). Beberapa teknik ameliorasi tanah masam untuk produksi kedelai antara lain dengan pengapuran, pengkayaan bahan organik serta pengkayaan hara mikro seperti Mo.

### 2.6.1 Pengapuran

Salah satu alternatif untuk mengatasi tanah masam adalah pengapuran, karena pengapuran dapat menaikkan pH tanah dan mengurangi kelarutan Al yang bersifat racun secara cepat dan akurat. Hal ini dikarenakan syarat tumbuhan kedelai membutuhkan pH optimum yang berkisar antara 6,0- 7,0 (Hanafiah, 2005).

Menurut Sumarno (2005) dan Lamina (1989), pada lahan masam Ultisol dan Oxisol, produktivitas kedelai tanpa pengapuran sangat rendah karena terkait dengan kemasaman tanah, terutama kahat hara makro seperti P, Mg dan Ca, keracunan oleh Al, Fe dan Mn, dan terhambatnya pembentukan nodul rhizobia yang dapat menghambat fiksasi N untuk tanaman legum.

Pengapuran tanah masam secara umum bertujuan untuk; meningkatkan pH tanah, kejenuhan basa agar ketersediaan hara bagi tanaman meningkat dikarenakan dolomit di samping menambah Ca dan Mg dalam tanah juga memperbaiki keasaman tanah, potensi toksik dari unsur mikro atau unsur toksik seperti Al menjadi tertekan dengan membaiknya sifat kimiawi tanah, maka aktivitas mikrobia dalam penyediaan hara dan zat perangsang tumbuh juga membaik, sehingga secara akumulatif akan menghasilkan pertumbuhan yang optimum (Hanafiah, 2005).

Menurut Sumarno (2005), kapur yang baik ialah kapur magnesium atau dolomit yang dapat sekaligus mensuplai Ca dan Mg. Menurut Lingga (2000), dalam penggunaannya dolomit harus dihaluskan terlebih dahulu agar reaksi kapur dengan tanah berlangsung dengan cepat, kadar airnya maksimal 5%. Dalam

dolomit terkandung kalsium oksida dan magnesium oksida sebesar 47 % sedangkan kalsium karbonat dan magnesium karbonatnya sebesar 85 %.

Hal ini sesuai dengan Lamina (1989), keefektifitasan bahan kapur juga dilihat dari ukuran kapur tersebut. Semakin halus butir kapur maka akan semakin cepat kadar reaksinya dengan sumber-sumber kemasaman tanah. Jadi kecepatan reaksinya tergantung dari luas permukaan butir. Jumlah kebutuhan kapur untuk menetralsir kemasaman tanah tergantung dari tingkat kemasaman. Jumlah kebutuhan kapur untuk lahan kering dengan pH rendah antara 3-7 t ha<sup>-1</sup> untuk jangka waktu 3-7 tahun, kemudian 300-500 kg ha<sup>-1</sup> atau 10-15 % dari jumlah kapur yang diberikan pertama, untuk setiap musim tanam.

Pemberian kapur pada tanah masam Ultisol dengan pH awal 4,3 – 4,5 hingga mencapai pH 5,6 mampu menaikkan hasil kedelai dari hanya 62 kg ha<sup>-1</sup> menjadi 2081 kg ha<sup>-1</sup>. Pembentukan nodul rhizobia juga meningkat dari 0 pada tanah ber pH 4,3 menjadi 75 nodul per batang pada tanah dengan pH 5,6. Pengapuran secara langsung menaikkan serapan Ca dan fiksasi N oleh rhizobia. Dosis kapur disesuaikan dengan pH tanah, umumnya sekitar 3 t ha<sup>-1</sup>, berkisar antara 1-5 t ha<sup>-1</sup> (Sumarno, 2005).

### **2.6.2 Peningkatan Kesuburan Tanah dengan Bahan Organik**

Selain kapur pemberian amelioran berupa bahan organik sangat diperlukan, salah satunya bokashi yang merupakan salah satu alternatif yang dapat dilakukan dalam usaha perbaikan sifat fisik dan kimia di tanah asam (Manfarizah, 2006).

Bokashi ialah produk fermentasi bahan organik dengan teknologi Mikroorganisme Efektif. Bahan organik yang dapat difermentasi dapat berupa jerami, kotoran ternak, sekam, daun-daunan serta limbah pertanian lainnya yang tersedia dan mudah didapat oleh petani. Hasil fermentasi ini berupa senyawa organik yang tersedia bagi tanaman. Bokashi mengandung mikroorganisme menguntungkan yang telah hidup dan berkembang dalam bahan organik. Dengan bantuan mikroorganisme yang hidup dalam bokashi, secara fisik dapat mengemburkan tanah sehingga lapisan olah tanah dapat lebih dalam dan ruang akar menjadi luas (Wididana, 1998).

Menurut Sumarno (2005), lahan masam umumnya miskin bahan organik aktivitas mikroorganisme lemah dan KTK (Kapasitas Tukar Kation) rendah. Bahan organik dalam tanah memegang peran penting dalam perbaikan sifat fisik, kimia dan biologi tanah. Dengan pengapuran dan pemupukan saja kandungan bahan organik tanah akan cepat menurun apabila tidak diikuti dengan pemberian bahan organik. Karena itu pemberian bahan organik seperti aplikasi pupuk kandang ataupun pengembalian hasil panen sangat dianjurkan.

Wididana (1998) menjelaskan, bokashi dapat merangsang pertumbuhan mikroorganisme yang menguntungkan bagi pertumbuhan tanaman. Hal ini dikarenakan bahan organik yang terkandung dalam bokashi dapat dimanfaatkan sebagai pakan oleh mikroorganisme. Hal ini didukung oleh AAK (1998), bahan organik mempengaruhi kehidupan jasad hidup tanah karena bahan organik merupakan sumber makanan dan energi bagi jasad hidup tanah. Pada waktu terjadinya penguraian, senyawa-senyawa kompleks diubah menjadi senyawa

seederhana dan unsur bebas. Tanpa adanya jasad hidup tanah unsur hara tanaman dalam bahan organik tetap dalam bentuk tidak tersedia bagi tanaman.

Kandungan Mo dapat tinggi hingga dapat mengganggu metabolisme ternak (Setijono, 1996). Selain itu diperlukan juga pemakaian pupuk anorganik yang bertujuan untuk memenuhi kebutuhan minimum hara tertentu seperti N, P, dan K, sehingga diberikan pada takaran rendah. Pupuk urea (pupuk N) untuk tanaman legume diperlukan sebagai *stater* sehingga diberikan pada saat tanaman dengan takaran 15-20 kg/ha. Pemakaian pupuk P (P-alam) minimal 60 kg P/ha untuk dua musim tanam, kemudian pupuk KCl dengan takaran 60-90 kg/ha (Anonymous, 2008).

## **2.7 Teknologi Pembuatan Pelet Benih**

Teknologi pelapisan benih bentuk pellet merupakan suatu inovasi terbaru. Pelapisan benih merupakan proses pembungkusan benih dengan zat tertentu, salah satunya bertujuan untuk meningkatkan kinerja benih pada waktu benih dikecambahkan (Kuswanto, 2003).

Menurut Kuswanto (2003), adapun persyaratan bahan-bahan dan jenis bahan yang digunakan dalam proses pelapisan benih tersebut, adalah sebagai berikut.

- a. Dapat mempertahankan kadar air benih selama penyimpanan.
- b. Dapat menghambat laju respirasi seminimal mungkin.
- c. Tidak beresifat toksik terhadap benih.
- d. Bersifat mudah pecah dan larut apabila terkena air, sehingga tidak menghambat proses perkecambahan, terutama proses imbibisi.

- e. Bersifat porus, sehingga benih masih dapat memperoleh oksigen untuk proses respirasi.
- f. Tidak mudah mencair.
- g. Harus bersifat higroskopis dan jika mungkin memiliki W.H.C (*Water Holding Capacity* (Kapasitas Menahan Air) yang tinggi.
- h. Bahan pelet tidak bereaksi dengan pestisida sebagai perambat dan penyimpan panas yang rendah.
- i. Bahan pellet harus bersifat sebagai perambat dan penyimpan panas yang rendah.
- j. Harus mudah didapat dengan harga yang relatif murah, sehingga dapat menekan harga benih

Jenis bahan pelapis yang biasa digunakan dalam pelapisan benih, antara lain adalah sebagai berikut :

- a. Diatomae.
- b. Charcoal.
- c. Clay.
- d. Vermiculite
- e. Methylethyl cellulose.
- f. Gum arabic.
- g. Polyvinyl alcohol.
- h. Gula.

(Kuswanto, 2003)

Menurut Alexander (1986) mikrobia dapat ditumbuhkan dalam media yang mengandung  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ,  $\text{FePO}_4$ ,  $\text{AlPO}_4$ , apatit, batuan P dan komponen P-anorganik lainnya sebagai sumber P. dan Sastro (2001) dalam Madjid (2009) menunjukkan bahwa jamur *Aspergillus niger* dapat dipeletkan bersama dengan serbuk batuan fosfat dan bahan organik membentuk pupuk batuan fosfat yang telah mengandung jasad pelarut fosfat. *Aspergillus niger* tersebut dapat bertahan hidup setelah masa simpan 90 hari dalam bentuk pelet.

ILeTRIsOy (multi isolat *Rhizobium* toleran masam) dilaporkan Soedarjo (2008) juga dapat dibentuk pelet bersama dengan pupuk P sehingga mampu meningkatkan pembentukan bintil akar tanpa menurunkan viabilitas benih kedelai hingga 30 hari sesudah pembentukan pelet.

Menurut Rao (2007), pelet (pelapisan) dapat dilakukan dengan metode Australia menggunakan kultur yang ditumbuhkan pada agar yaitu untuk membuat suspensi sel agar dalam air. Suspensi ini dapat langsung dibubuhkan pada biji atau diperbaiki dengan menggunakan gula 10 % atau gom arabika 40 % yang netral dalam cairan suspensi. Apabila kultur dasar gambut digunakan, 25 gr kultur ditambahkan pada 100 ml air atau larutan pada gula dan gom arabika. Hasilnya (Berupa campuran encer = *slurry*) digunakan untuk membubuhkan pada biji.

Pengolesan biji terinokulasi dengan kapur ( $\text{CaCO}_3$  (dolomit) yang digerus halus) atau dengan batu fosfat meningkatkan kelestarian *rhizobium* pada biji dan karenanya dapat meningkatkan pembentukan bintil akar dalam tanah yang sangat jelek. Untuk pengolesan, umumnya digunakan lem. Lem yang disarankan untuk digunakan ialah gom arabika dari apotek yang tingkatnya halus pada konsentrasi

sekitar 40 %, 5% metil etil selulosa (selofas A) dan metil hidrosksipropil selulosa (metafos) atau karboksi metil selulosa. Kalsium karbonatnya yang ditumbuk halus harus melalui saringan 300 mata lubang. Biji yang jumlahnya sedikit dapat ditangani dalam piring untuk dilumuri. Untuk biji dalam jumlah besar, dapat digunakan campuran beton. Pada mulanya biji dicampur rata dalam slurry tanah gambut yang lekat. Kemudian ditambahkan  $\text{CaCO}_3$  (dolomit) yang telah ditumbuk halus ke biji yang telah diinokulasi sementara biji itu masih basah dan digulirkan dengan merata sehingga diperoleh pembubuhan dengan kapur yang merata biji. Biji yang telah terbubuhi dapat segera ditabur dan apabila benar-benar perlu dapat disimpan selama 2-3 minggu pada temperatur di bawah  $18^\circ\text{C}$  (Rao, 2007).

Rhizobium, dolomit, P dan Mo akan dicoba sebagai bahan dalam pembuatan pellet (pelapisan). Dolomit dapat meningkatkan pH pada lingkungan mikro. pH inokulan membutuhkan kondisi media antara 6,5 – 7. Pada glass beacker 400 ml dapat diberikan 10 gram inokulan ke dalam 90 ml air. Jika pH sangat rendah atau kurang dari 6,5 ketika sudah di campur sedikit demi sedikit kapur atau dolomit maka pH mencapai 6,5 (Hoben & Somasegaran, 1985). Dengan penambahan dolomit dan P serta Mo membuktikan inokulan rhizobium tidak akan mati, serta P dapat menambah ketersediaan P disekitar perakaran, sedangkan Mo mampu merangsang pembentukan bintil akar (Waluyo, *et al.* 2000).