

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Keislaman

2.1.1 Penggolongan Tanah

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

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

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

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

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

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

Ditinjau dari ilmu sains, tanah subur dicirikan dengan adanya kandungan air, unsur hara, bahan organik, dan bahan anorganik yang tersedia bagi tanaman di dalam tanah, sehingga tanaman dapat tumbuh dan berkembang dengan baik (Sutanto, 2005:58).

2.1.2 Pengelolaan Tanah

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

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

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

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

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

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

Dari ayat dan tafsir diatas didapat 2 hal penting, pertama, *“Dan suatu tanda (kekuasaan Allah yang besar) bagi mereka adalah bumi yang mati. Kami hidupkan bumi itu dan kami keluarkan dari padanya biji-bijian, Maka daripadanya mereka makan”*, ayat diatas menjelaskan bahwasannya Allah dengan segala kekuasaannya telah menjadikan bumi yang awalnya gersang/mati dan tidak memiliki manfaat menjadi hidup/subur disertai tumbuhan/tanaman yang dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan manusia (makan). Kedua, *“Dan kami jadikan padanya kebun-kebun kurma dan anggur dan kami pancarkan padanya beberapa mata air”*,

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

2.1.3 Mikroba Tanah

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

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

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

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

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

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

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

2.2.1 Deskripsi Tanaman Kedelai

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



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

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

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

2.2.2 Pertumbuhan dan Perkembangan Tanaman Kedelai

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

2.2.3 Klasifikasi Tanaman Kedelai

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

Kingdom : Plantae

Division : Spermatophyta

Sub Division : Angiospermae

Kelas : Dicotyledoneae

Ordo : Leguminosinae

Famili : Leguminosae

Genus : Glycine

Spesies : *Glycine max* (L.) Merril

2.2.4 Syarat Tumbuh Tanaman Kedelai

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

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

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

2.2.5 Kedelai Varietas Anjasmoro

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

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

2.3 Tanah Masam

2.3.1 Terbentuknya Tanah Masam

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

2.3.2 Deskripsi Tanah Masam

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

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

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

2.4 Unsur Hara

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

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

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

2.4.1 Unsur Hara N (Nitrogen)

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

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

2.4.2 Unsur Hara P (Phosporus)

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

2.5 Pupuk Anorganik

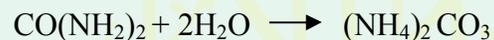
Pupuk anorganik merupakan pupuk buatan pabrik, berbahan dasar dari mineral dan udara. Pupuk anorganik terbukti hanya mampu memperbaiki produktivitas tanah, sedangkan pupuk organik dapat memperbaiki kondisi fisik, kimia dan biologi tanah (Simanungkalit, 2006).

2.5.1 Pupuk N (Urea)

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

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

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



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

2.5.2 Pupuk P (SP 36)

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

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

2.6 Pupuk Organik Santap

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

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

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

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

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

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

2.7 Bakteri *Rhizobium*

2.7.1 Deskripsi dan Klasifikasi Bakteri *Rhizobium*

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

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

Divisi : Protophyta

Kelas : Scizomycetes

Ordo : Eubracialis

Famili : Rhizobiaceae

Genus : *Rhizobium*

Spesies : *Rhizobium* sp.

2.7.2 Faktor Yang Mempengaruhi Pertumbuhan Bakteri *Rhizobium*

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

Pertumbuhan baktrei *Rhizobium* juga dipengaruhi oleh ketersediaan unsur hara pada lingkungan perakaran dan tentunya akan berpengaruh pada fiksasi N_2 . Beberapa unsur hara yang berpengaruh terhadap pertumbuhan *Rhizobium* dan fiksasi N_2 adalah unsur Mo (molybdenum),

Fe (besi), S (belerang), P (fosfor) dan Ca (kalsium), Al (aluminium) dan Mn (mangan). Kelebihan atau kekurangan unsur hara akan berdampak buruk terhadap pertumbuhan *Rhizobium* dan fiksasi N (Soedado, 2003).

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

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

2.7.3 Simbiosis Bakteri *Rhizobium* dengan Tanaman Kedelai

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

Bakteri *Rhizohium* bersimbiosis dengan akar tanaman kedelai sehingga dapat membentuk nodul. Bakteri ini mampu menambat nitrogen bebas (N_2) dari udara yang kemudian dilepaskan kembali untuk pertumbuhan tanaman. Simbiosis antara bakteri *Rhizobium* dengan tanaman kedelai merupakan simbiosis mutualistik yaitu hubungan yang saling menguntungkan, dimana unsur nitrogen tersebut dimanfaatkan untuk pertumbuhan tanaman kedelai, sedangkan bakteri *Rhizobium* memerlukan makanan yang berasal dari tanaman kedelai. *Rhizobium* mulai menambat nitrogen setelah tanaman berumur 3 minggu (Rukmana, 1996).

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

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

2.7.4 Inokulasi Bakteri *Rhizobium*

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

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

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

Inokulasi dilakukan bila di dalam tanah tidak adanya spesies *Rhizobium*, atau kalau terdapat sedikit jumlahnya sehingga tidak efektif. Dalam kondisi seperti ini, inokulasi dapat membentuk populasi galur yang efektif yang menghasilkan tanaman legum yang lebih baik perbintilannya (Gardner dkk., 1991; Rukmana, 1996). Inokulasi *Rhizobium* pada kedelai juga bertujuan agar menghasilkan pembintilan secara tepat dan efektif serta untuk menempatkan populasi *Rhizobium* kedalam tanah dalam jumlah cukup besar dan bertahan hidup sebagai sumber inokulum tanaman berikutnya (Suryantini, 1994).

Inokulasi yang dilakukan terkadang tidak menunjukkan pengaruh yang positif dalam hal pengikatan nitrogen bebas, hal ini dapat disebabkan oleh: (1) jumlah *Rhizobium* di dalam inokulum tidak memadai; (2) *Rhizobium* tidak efektif untuk varietas tertentu; (3) metode inokulasi yang digunakan tidak tepat sehingga untuk meningkatkan efisiensi inokulasi

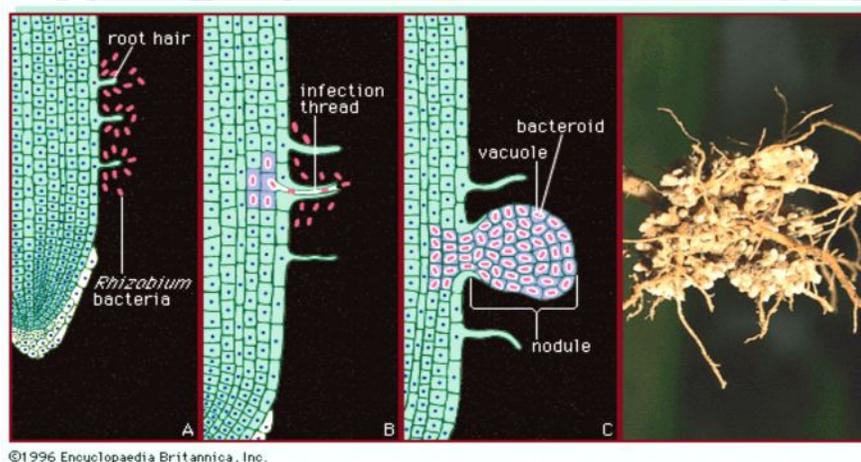
Rhizobium pada kacang-kacangan perlu diperhatikan antara lain: (1) kondisi fisik dan kimia tanah (kadar air tanah, kemasaman tanah, ketersediaan unsur hara, dan pupuk nitrogen); (2) populasi dan efektifitas *Rhizobium* dalam tanah dan; (3) inokulan *Rhizobium* (Suryantini, 1994). Lebih lanjut Sumadi (1985), menambahkan untuk pembentukan bintil akar yang efektif dan efisien pada tanaman kacang-kacangan maka diperlukan: (1) Cukup tersedia bahan untuk fotosintesis dengan tersedianya luas daun, sinar dan CO₂ yang cukup; (2) Keadaan lingkungan yang baik; (3) Kondisi yang baik untuk peningkatan nitrogen dan (4) Pengangkutan hasil pengikatan nitrogen yang efisien dari bintil akar ke seluruh tanaman.

Inokulan *Rhizobium* yang digunakan dapat berasal dari inokulan alami (berasal dari tanah) dan inokulan biakan murni yang masing-masing memiliki sifat-sifat tersendiri. Penggunaan inokulan dari biakan murni *Rhizobium* relative lebih murah dan mudah aplikasinya (Suryantini, 1994). Namun, dalam prakteknya apabila sejumlah besar populasi asli (populasi alami) *Rhizobium* sudah terlebih dulu terdapat di dalam tanah maka, galur yang ditambahkan (asing) kemungkinan dikalahkan. Oleh sebab itu agar diperoleh hasil yang lebih baik maka inokulan dari biakan murni *Rhizobium* perlu diberikan dengan dosis yang tinggi (Gardner dkk., 1991).

Rhizobium dapat bertahan hidup dalam tanah selama 5-10 tahun, termasuk pada tanah sawah yang digenangi air. Syarat lingkungan tumbuh yang ideal bagi kehidupan *Rhizobium* adalah pada tanah yang kaya (banyak) mengandung bahan organik, pH 5,8-7.0 dan pertumbuhan tanaman kedelainya subur (Rukmana dkk., 1996). Apabila pH diatas 7,0 tanaman kedelai akan mengalami klorosis sehingga tanaman menjadi kerdil dan daunnya menguning. Sementara pada pH 5,0 kedelai mengalami keracunan Al, Fe, dan Mn sehingga pertumbuhannya terganggu (Fachruddin, 2000).

2.7.5 Mekanisme Pembentukan Bintil Akar

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



**Gambar 1.2 Mekanisme Pembentukan Bintil Akar
(Anonymous, 1996)**

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

2.8 Bakteri Pelarut Fosfat

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

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

Kingdom : Prokaryotik

Divisio : Gracilicutes

Kelas : Schyzomicetes

Ordo : Eubacteriales

Family : Pseudomonaceae

Genus : *Pseudomonas*

Spesies : *Pseudomonas* sp.

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

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

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

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

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

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

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

2.9 Sinergisme Bakteri *Rhizobium* dan Bakteri Pelarut Fosfat

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

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

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

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

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

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