

Rhizobium: PEMANFAATANNYA SEBAGAI BAKTERI PENAMBAT NITROGEN

Ramdana Sari* dan **Retno Prayudyaningsih**

Balai Penelitian Kehutanan Makassar
Jl. Perintis Kemerdekaan Km.16 Makassar, Sulawesi Selatan Kode pos 90243
Telp. (0411) 554049, Fax. (0411) 554058

*E-mail: ramdana_sari@yahoo.co.id

ABSTRAK

Nitrogen adalah unsur yang diperlukan untuk membentuk senyawa penting di dalam sel, di antaranya protein, DNA dan RNA. Kandungan atmosfer sekitar 80% adalah nitrogen (N_2), namun tidak ada yang secara langsung dapat digunakan oleh tanaman. Sementara itu, keberadaan dan ketersediaan senyawa nitrogen dalam tanah sangat terbatas, terlebih dari sifat senyawa nitrogen yang mudah hilang (leaching). Untuk itu, pemanfaatan N_2 bebas dari udara melalui penambatan (fiksasi) merupakan hal penting untuk meningkatkan ketersediaan nitrogen bagi tanaman. Penambatan nitrogen merupakan proses biokimiawi di dalam tanah yang memainkan salah satu peranan paling penting, yaitu mengubah nitrogen atmosfer (N_2 , atau nitrogen bebas) menjadi nitrogen dalam persenyawaan/ nitrogen tertambat yang melibatkan peran mikroba tertentu. Bakteri yang mampu mengikat N_2 bebas adalah genus Rhizobium, tetapi hanya dapat hidup jika bersimbiosis dengan tanaman dari suku Leguminoceae. Bakteri Rhizobium merupakan mikroba tanah yang mampu mengikat nitrogen bebas di udara menjadi ammonia (NH_3) yang akan diubah menjadi asam amino yang selanjutnya menjadi senyawa nitrogen yang diperlukan tanaman untuk tumbuh dan berkembang. Bila unsur N cukup tersedia bagi tanaman maka kandungan klorofil pada daun akan meningkat dan proses fotosintesis juga meningkat sehingga asimilat yang dihasilkan lebih banyak, akibatnya pertumbuhan tanaman lebih baik.

Kata kunci: Rhizobium, fiksasi (penambatan) nitrogen, nitrogen, tanaman legum.

I. PENDAHULUAN

Kehidupan manusia dengan mikroba memiliki hubungan yang erat. Mikroba membantu berbagai kebutuhan hidup manusia seperti pada bidang pertanian, kesehatan, industri, dan lingkungan. Berbagai peluang kemajuan teknologi mikroba (bioteknologi) akan mampu berkembang dengan dilandasi oleh pemahaman terhadap sifat-sifat kehidupan mikroba.

Pada bidang pertanian, setelah dipahaminya kemampuan mikroba dalam menambat hara nitrogen, fosfat, belerang, dan hara lain, selanjutnya berkembang teknologi pemupukan dengan memanfaatkan jasad renik. Jenis-jenis mikroba seperti jamur, bakteri, dan alga mampu menambat hara untuk meningkatkan kesuburan tanah atau langsung untuk memenuhi kebutuhan tanaman. Selain dapat meningkatkan kesuburan tanah, mikroba tanah juga dapat menghasilkan hormon tumbuh dan pestisida.

Empat besar unsur-unsur penyusun tubuh tanaman adalah karbon, hidrogen, oksigen, dan nitrogen. Tiga besar pertama tersedia dalam bentuk karbondioksida (CO_2), air (H_2O), dan oksigen (O_2). Sebaliknya nitrogen, unsur pembentuk senyawa protein, relatif tidak dapat dimanfaatkan secara langsung oleh tanaman meskipun sekitar 80 % udara tersusun oleh senyawa ini (Dakora *et al.*, 2008).

Tania *et al.* (2012) mengatakan bahwa bila unsur N cukup tersedia bagi tanaman maka kandungan klorofil pada daun akan meningkat dan proses fotosintesis juga meningkat sehingga asimilat yang dihasilkan lebih banyak, akibatnya pertumbuhan tanaman lebih baik.

Tanaman dan kebanyakan mikroba tidak mempunyai cara untuk mengikat nitrogen menjadi senyawa dalam selnya. Tanaman dan mikroba umumnya mendapatkan nitrogen dari senyawa seperti ammonium dan nitrat dalam tanah. Untuk memanfaatkan nitrogen dalam bentuk gas, pakar bioteknologi memusatkan perhatiannya pada hubungan antara tanaman dengan jenis mikroba tertentu yang dapat menambat nitrogen dari udara dan menyusun atom nitrogen ke dalam molekul ammonium, nitrat, atau senyawa lain yang dapat digunakan oleh tumbuhan.

Beberapa keuntungan dapat diperoleh dengan memanfaatkan kelompok bakteri penambat nitrogen sebagai pupuk hayati. Menurut Khairul (2001) dalam Surtiningsih *et al.* (2009), pemanfaatan bakteri

tersebut tidak mempunyai bahaya atau efek samping. Selain itu, efisiensi penggunaan dapat ditingkatkan tanpa menimbulkan bahaya pencemaran terhadap lingkungan, harga yang relatif murah, dan menggunakan teknologi yang cukup sederhana. Salah satu bakteri tanah yang mempunyai peran penting dalam penambatan N₂ bebas dari udara sehingga menjadi senyawa nitrogen yang bermanfaat bagi pertumbuhan tanaman adalah *Rhizobium*.

Tulisan ini bertujuan untuk meningkatkan pemahaman terhadap pemanfaatan mikroba tanah, khususnya bakteri *Rhizobium*, dalam menambat nitrogen bebas di udara.

II. MANFAAT NITROGEN BAGI TANAMAN

Tanaman memerlukan unsur hara untuk pertumbuhan dan perkembangannya. Unsur hara yang dibutuhkan oleh tumbuhan dapat dikelompokkan menjadi 2 (dua) bagian yaitu (1) makronutrien/ unsur hara pokok yang terdiri dari unsur-unsur C, H, O, P, K, N, S, Ca, Fe, dan Mg; (2) mikronutrien/unsur hara pelengkap yang terdiri dari unsur-unsur Mn, B, Cu, Zn, Cl, dan Mo. Nitrogen merupakan unsur hara esensial bagi tanaman, namun unsur ini cepat hilang dalam tanah baik melalui volatilisasi/penguapan, nitrifikasi, denitrifikasi maupun hanyut (tercuci) bersama air, dan erosi (Ashari, 2006).

Nitrogen adalah unsur yang diperlukan untuk membentuk senyawa penting di dalam sel, termasuk protein, DNA dan RNA. Tanaman harus mengekstraksi kebutuhan nitrogennya dari dalam tanah. Sumber nitrogen yang terdapat dalam tanah, makin lama makin tidak mencukupi kebutuhan tanaman, sehingga perlu diberikan pupuk sintetis yang merupakan sumber nitrogen untuk mempertinggi produksi. Keinginan menaikkan produksi tanaman untuk mencukupi kebutuhan pangan, berakibat diperlukannya pupuk dalam jumlah yang banyak. Industri pupuk yang ada belum dapat memenuhi kebutuhan pupuk yang semakin meningkat. Untuk itu perlu dicari pupuk nitrogen alternatif dan rekayasa gen hijau yang kelihatannya dapat memberikan harapan untuk memenuhi kebutuhan pupuk di masa yang akan datang (Dewi, 2007).

Kandungan atmosfer sekitar 80% adalah unsur nitrogen. Menurut Alfiah (2009), secara garis besar, komposisi atmosfer alami tersusun oleh 78 % nitrogen, 21 % oksigen, 1 % argon, dan gas-gas

lainnya. Keberadaan dari masing-masing gas tersebut merupakan sumber hara bagi makhluk hidup bumi. Secara detil, gas-gas penyusun atmosfer bumi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi gas atmosfer

Gas	Konsentrasi % volume
Nitrogen (N ₂)	78,09
Oksigen (O ₂)	20,95
Argon (Ar)	0,93
Karbon dioksida (CO ₂)	0,032
Neon (Ne)	0,0018
Helium (He)	0,00052
Metan (CH ₄)	0,00052
Kripton (Kr)	0,0001
Hidrogen (H ₂)	0,00005
Dinitrogen Oksida (N ₂ O)	0,00002
Karbon Monoksida (CO)	0,00001
Xenon (Xe)	0,000008
Ozon (O ₃)	0,000002
Amonia (NH ₃)	0,0000006
Nitrogen Dioksida (NO ₂)	0,0000001
Nitrogen Monoksida (NO)	0,00000006
Sulfur Dioksida (SO ₂)	0,00000002
Hidrogen Sulfida (H ₂ S)	0,00000002

Nasikah (2007) menyatakan nitrogen di atmosfer dapat berupa Urea CO(NH₂)₂; N₂ dan N. Akan tetapi, tidak ada yang secara langsung dapat digunakan oleh tanaman. Sehingga setiap saat para petani harus menambahkan sumber nitrogen ke dalam tanah dalam bentuk pupuk anorganik yang mengandung nitrogen, seperti Urea, ZA dan NPK.

Nitrogen bagi tanaman berfungsi sebagai penyusun protoplasma, molekul klorofil, asam nukleat, dan asam amino yang merupakan penyusun protein. Nitrogen memasuki tanah dalam bentuk ammonia dan nitrat (NH₃) bersama air hujan, dalam bentuk hasil penambatan N₂ oleh mikroba atau dalam bentuk penambahan pupuk sintesis. Kandungan nitrogen tanah yang cukup tinggi lebih banyak disebabkan oleh adanya kemampuan beberapa mikroba untuk memfiksasinya, N organik yang terbentuk kemudian diubah menjadi ammonia melalui proses *deaminasi*, karena ammonia dapat

secara langsung diasimilasikan oleh mikroba atau diubah terlebih dahulu menjadi senyawa nitrat secara nitrifikasi (Nasikah, 2007).

III. KARAKTERISTIK BAKTERI *Rhizobium*

Bakteri *Rhizobium* adalah salah satu contoh kelompok bakteri yang mampu menyediakan hara bagi tanaman. Apabila bersimbiosis dengan tanaman legum, kelompok bakteri ini akan menginfeksi akar tanaman dan membentuk bintil akar di dalamnya. *Rhizobium* hanya dapat memfiksasi nitrogen atmosfer bila berada di dalam bintil akar dari mitra legumnya. Peranan *Rhizobium* terhadap pertumbuhan tanaman khususnya berkaitan dengan ketersediaan nitrogen bagi tanaman inangnya.

Bakteri *Rhizobium* merupakan mikroba yang mampu mengikat nitrogen bebas yang berada di udara menjadi ammonia (NH_3) yang akan diubah menjadi asam amino yang selanjutnya menjadi senyawa nitrogen yang diperlukan tanaman untuk tumbuh dan berkembang, sedangkan *Rhizobium* sendiri memperoleh karbohidrat sebagai sumber energi dari tanaman inang.

Surtiningsih, *et al.* (2009) menjelaskan karakteristik bakteri *Rhizobium* secara makroskopis adalah warna koloni putih susu, tidak transparan, bentuk koloni sirkuler, konveks, *semitranslusen*, diameter 2 - 4 mm dalam waktu 3 - 5 hari pada agar khamir-manitol-garam mineral. Secara mikroskopis sel bakteri *Rhizobium* berbentuk batang, aerobik, Gram negatif dengan ukuran 0,5 - 0,9 x 1,2 - 3 μm , bersifat motil pada media cair, umumnya memiliki satu flagella polar atau subpolar. Untuk pertumbuhan optimum dibutuhkan temperatur 25 - 30°C, pH 6 - 7 (kecuali galur-galur dari tanah masam). Lebih lanjut Soepardi (1989) dalam Nasikah (2007) menjelaskan bahwa suhu optimal untuk *Rhizobium* berkisar 18°C - 26°C, minimal 3°C dan maksimal 45°C. Sedangkan kisaran pH optimal untuk *Rhizobium* adalah sedikit di bawah netral hingga agak alkali, kendati demikian pada pH 5,0 beberapa strain *Rhizobium* masih dapat bertahan hidup. Bakteri *Rhizobium* bersifat kemoorganotropik, yaitu dapat menggunakan berbagai karbohidrat dan garam-garam asam organik sebagai sumber karbonnya. Organisme ini memiliki ciri khas yaitu dapat menyerang rambut akar tanaman kacang-kacangan di daerah beriklim sedang atau beberapa daerah tropis dan mendorong memproduksi bintil-bintil akar yang menjadikan bakteri sebagai

simbiosis intraseluler. Kehadiran bakteri pada bintil-bintil akar sebagai bentuk *pleomorfik* di mana secara normal termasuk dalam fiksasi nitrogen atmosfer ke dalam suatu bentuk penggabungan yang dapat dimanfaatkan oleh tanaman inang. Semua galur bakteri bintil akar menunjukkan afinitas terhadap inang.

Suatu pigmen merah yang disebut leghemoglobin dijumpai dalam bintil akar antara bakteroid dan selubung membran yang mengelilinginya. Jumlah leghemoglobin di dalam bintil akar memiliki hubungan langsung dengan jumlah nitrogen yang difiksasi (Rao, 1994 dalam Rahmawati, 2005).

Spesies *Rhizobium* tertentu umumnya efektif dengan hanya satu spesies tanaman legum ataupun dalam setiap kultivar kacang-kacangan. *Rhizobium* untuk kacang tanah berbeda dengan *Rhizobium* untuk kedelai. Suryantini (1994) dalam Nasikah (2007) menjelaskan bahwa spesies *Rhizobium japonicum* dan *Bradyrhizobium japonicum* bersimbiosis dengan kedelai, *Bradyrhizobium* spp. bersimbiosis dengan kacang tanah, kacang tunggak, dan kacang gude, sedangkan *Rhizobium phaseoli* bersimbiosis dengan kacang hijau.

Tabel 2. Simbiosis antara spesies bakteri *Rhizobium* dengan Legum sebagai tanaman inang yang bersifat spesifik (Lawn, 1975; Adnyana, 2012).

No.	Kelompok Tanaman	Spesies <i>Rhizobium</i>	Spesies Tanaman Inang
1.	Alfalfa	<i>R. meliloti</i>	Alfalfa (<i>Medicago</i>) Sweet clover (<i>Melilotus</i>)
2.	Semanggi	<i>R. trifolii</i>	Semanggi (<i>Trifolium</i> sp.)
3.	Polong-polongan	<i>R. leguminosarum</i>	Kacang kapri (<i>Pisum</i>), <i>Lathyrus</i> , kacang babi (<i>Vicia</i>), kacang merah (<i>Lens</i>)
4.	Lupin	<i>R. Lupine</i>	Lupin (<i>Lupinus</i>)
5.	Kedelai	<i>R. japonicum</i>	Kedelai (<i>Glycine</i>)
6.	Kacang	<i>R. phaseoli</i>	Kacang koro (<i>Phaseolus</i>)
7.	Kacang tunggak	<i>Rhizobium</i> sp.	Kacang tunggak, kacang panjang, Johar (<i>Cassia</i>), kacang tanah (<i>Arachis</i>), akasia (<i>Acasia</i>), <i>Desmodium</i> , koro pedang (<i>Canavalia</i>), kacang bali (<i>Cajanus</i>), <i>Cyamopsis</i> .

Bakteri *Rhizobium* memiliki keunikan dibanding mikroorganisme tanah lainnya dalam kemampuannya bersimbiosis dengan tanaman legum untuk menambat N₂. Agar dapat melakukan simbiosis, *Rhizobium* tidak hanya harus bisa hidup secara saprofit, tetapi juga harus dapat mengalahkan (berkompetisi) dengan *Rhizobium* yang lain dalam memperoleh tempat infeksi pada akar tanaman legum. Oleh karena itu, kemampuan fisiologisnya untuk bertahan dalam keadaan yang bagaimanapun merupakan syarat yang penting agar dapat beradaptasi pada lingkungan yang banyak persaingan dan lingkungan tanah yang kompleks (Rahmawati, 2005).

IV. POTENSI BAKTERI *Rhizobium*

Salah satu usaha meningkatkan penambatan nitrogen adalah inokulasi menggunakan strain *Rhizobium* yang sesuai dan efektif. Penelitian yang dilakukan oleh Suharjo (2001) dalam Surtiningsih, *et al.* (2009) menyatakan bahwa pemberian isolat *Rhizobium* dapat meningkatkan tinggi tanaman kedelai. Selanjutnya dari hasil penelitian Kurniaty, *et al.* (2013) menunjukkan bahwa inokulasi *Rhizobium* memberikan pengaruh yang nyata terhadap pertumbuhan tinggi, diameter dan jumlah nodul akar bibit Kaliandra umur 5 bulan di persemaian.

Tanaman legum (kacang-kacangan) merupakan mitra yang lebih besar sedangkan *Rhizobium* adalah mitra yang lebih kecil, sering disebut 'mikrosimbion'. Apabila bintil menua setelah suatu periode fiksasi nitrogen, mulai terjadi pembusukan jaringan dengan membebaskan bentuk aktif *Rhizobium* ke dalam tanah yang biasanya berfungsi sebagai sumber inokulum bagi tumbuh-tumbuhan budi daya berikutnya dari spesies legum tertentu.

Bakteri *Rhizobium* secara umum termasuk golongan heterotrof, yaitu sumber energinya berasal dari oksidasi senyawa-senyawa organik seperti sukrosa dan glukosa. Dengan demikian, untuk mendapatkan senyawa organik tersebut, bakteri membutuhkan tanaman inang. Bentuk simbiosis antara tanaman legum dengan *Rhizobium* adalah simbiosis mutualisme, karena bakteri dalam bersimbiosis menginfeksi tanaman dan tanaman menanggapi dengan membentuk bintil (nodul). Bakteri *Rhizobium* memperoleh makanan berupa mineral, gula/karbohidrat dan air dari tanaman

inangnya, sedangkan bakteri memberi imbalan berupa nitrogen yang ditambatnya dari atmosfer.

Bintil akar merupakan bengkakan jaringan akar tumbuhan yang berisi bakteri. Bakteri ini mendapatkan karbohidrat dalam jaringan akar, sedangkan tumbuhan memanfaatkan sebagian bahan bernitrogen yang dibuat oleh bakteri dari nitrogen dalam udara yang ada di atas partikel tanah. Simbion menjadikan tumbuhan pasangan simbiosisnya sebagai sumber nitrogen yang berharga untuk tanah. Waktu mulai terbentuknya nodul/bintil akar berbeda - beda untuk tiap jenis tumbuhan inang. Adisarwanto (2005) mengatakan nodul atau bintil akar tanaman kedelai terbentuk pada umur 4 - 5 hst yaitu sejak terbentuknya akar tanaman, dan dapat mengikat nitrogen dari udara pada umur 10 - 12 hst, tergantung kondisi lingkungan tanah dan suhu. Suhu lingkungan seperti kelembaban yang cukup dan suhu tanah sekitar 25°C sangat mendukung dalam pertumbuhan bintil akar. Perbedaan warna hijau daun pada awal pertumbuhan (10 - 15 hst) merupakan indikasi efektivitas *Rhizobium*.

Sutanto (2002) dalam Rahmawati (2005) menyatakan *Rhizobium* yang berasosiasi dengan tanaman legum mampu memfiksasi 100 - 300 kg N/ha dalam satu musim tanam dan meninggalkan sejumlah N untuk tanaman berikutnya. Permasalahan yang perlu diperhatikan adalah efisiensi inokulan *Rhizobium* untuk jenis tanaman tertentu. *Rhizobium* mampu mencukupi 80 % kebutuhan nitrogen tanaman legum dan meningkatkan produksi antara 10 % - 25 %. Tanggapan tanaman sangat bervariasi tergantung pada kondisi tanah dan efektivitas populasi asli.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Rizqiani *et al.* (2007) menunjukkan pemberian pupuk cair dengan dosis 0,0625 ml bakteri *Rhizobium* untuk setiap 25 cm² dapat meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman *Phaseolus vulgaris*. Hal tersebut sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Surtiningsih *et al.* (2009) di mana pemberian inokulum bakteri *Rhizobium* mampu meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman kedelai secara signifikan jika dibandingkan dengan tanaman kedelai tanpa diberi bakteri *Rhizobium*.

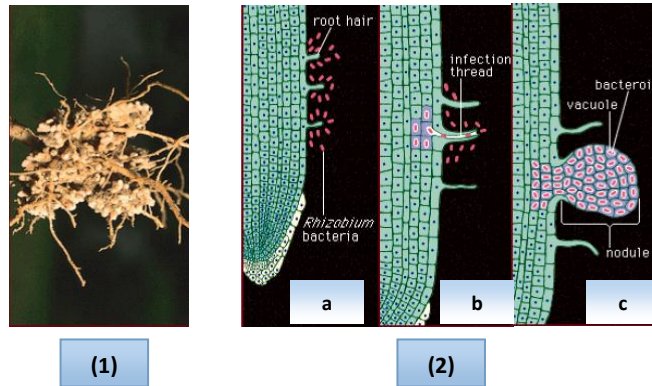
Selama berabad-abad penggunaan tanaman legum dalam pergiliran tanaman serta penggunaan pupuk kandang merupakan cara yang penting dalam penyediaan nitrogen tambahan pada tanaman non legum.

V. PERANAN *Rhizobium* SEBAGAI BAKTERI PENAMBAT N₂

Fiksasi (penambatan) nitrogen merupakan proses biokimiawi di dalam tanah yang memainkan salah satu peranan paling penting, yaitu mengubah nitrogen atmosfer (N₂, atau nitrogen bebas) menjadi nitrogen dalam persenyawaan/nitrogen tertambat. Adapun genus-genus bakteri yang dapat mengikat N₂ di udara yaitu *Azotobacter*, *Clostridium*, dan *Rhodospirillum*. Selain itu, dikenal pula genus bakteri yang mampu mengikat N₂ bebas, tetapi hanya dapat hidup jika bersimbiosis dengan tanaman dari suku Leguminoceae, yaitu genus *Rhizobium* (Nasikah, 2007).

Rhizobium masuk ke dalam akar legum melalui rambut akar atau secara langsung ke titik munculnya akar lateral. Rambut akar merupakan bagian tanaman yang pertama kali dapat memberikan respon karena terinfeksi *Rhizobium*. Di dalam bintil akar tidak hanya terdapat satu strain *Rhizobium* saja, mungkin dua atau lebih strain hidup bersama-sama di dalam satu bintil akar. Meskipun demikian, beberapa genus hanya ditemukan pada tanaman inang tertentu (spesifik) saja. Strain *Rhizobium* mampu menginfeksi legum dengan melepaskan polisakarida spesifik yang menyebabkan lebih banyak aktivitas pektolitik oleh akar. Beberapa berpendapat bahwa robekan mekanik terjadi di mana *Rhizobium* masuk ke dinding rambut akar yang pecah dan *Rhizobium* terperangkap sampai rambut akar yang telah berubah bentuk terbungkus kembali (Dewi, 2007).

Dewi (2007) menyatakan terbentuknya nodula akar dimulai dengan masuknya infeksi benang dan berpenetrasi ke dalam akar dari sel ke sel. Sel ini terbagi membentuk jaringan nodula di mana bakteri ini membelah dan menggandakan diri. Batas pemisah pun berkembang, lokasi pusat di mana bakteri berada dinamakan zona bakteri yang ditandai dengan adanya nodula dari bakteri yang menyerangnya, sedangkan jaringan bebas dinamakan korteks nodula. Jaringan nodula tumbuh dalam berbagai ukuran, mendorong dirinya melalui akar dan kemudian muncul sebagai tambahan dalam sistem perakaran. Ukuran dan bentuknya bergantung pada spesies dan tanaman legumnya.



Gambar 1. (1) Akar dari *Pisum sativum* dengan nodula yang dibentuk oleh *Rhizobium*. (2) Nodula akar berkembang sebagai hasil dari simbiosis antara bakteri *Rhizobium* dengan rambut akar tanaman. (a) Bakteri mengenal rambut akar dan mulai membelah, (b) Masuknya rhizobia ke akar melalui infeksi sehingga bakteri masuk ke dalam sel akar, (c) Membelah menjadi bentuk nodula (Dewi, 2007).

Ada dua tipe nodula, yaitu efektif dan inefektif. Nodula efektif dibentuk oleh strain efektif dari *Rhizobium*. Nodula ini berkembang dengan baik, berwarna merah muda akibat adanya pigmen leghaemoglobin. Jaringan bakteroid berkembang baik dan terorganisasi dengan baik dengan banyak bakteroid (Dewi, 2007). Surtiningsih, *et al.* (2009) menyatakan terbentuknya bintil akar efektif yang lebih banyak mampu meningkatkan penambatan nitrogen yang selanjutnya untuk membentuk klorofil dan enzim. Peningkatan klorofil dan enzim mampu meningkatkan fotosintesis yang pada akhirnya dapat meningkatkan pertumbuhan vegetatif dan generatif (hasil produksi biji) tanaman. Berbeda dengan strain inefektif dari *Rhizobium*, bentuk nodula umumnya kecil dan berisi sedikit jaringan bakteroid yang berkembang, menunjukkan akumulasi tepung dalam sel tanaman inang yang tidak berisi *Rhizobium*. Bakteroid dalam nodula inefektif berisi glikogen.

Interaksi antara bakteri *Rhizobium* dengan tanaman legum dikendalikan oleh tanaman inang tertentu. Inokulasi tanaman dengan strain rhizobia yang tepat akan menjamin terbentuknya bintil akar yang efektif mengikat N_2 udara. Keberadaan populasi rhizobia yang tidak efisien justru akan menghambat pengikatan N_2 . Purwantari, *et al.* (1996) menyatakan Kaliandra (*Calliandra calothyrsus*) mampu

membentuk bintil akar, baik dengan *fast growing* rhizobia maupun *slow growing* rhizobia, namun efektivitasnya bervariasi. Dari 13 strain yang digunakan dalam penelitiannya, hanya 4 strain yang efektif dan dari 4 yang efektif tersebut hanya 1 strain yang *slow growing*. Peoples, *et al.* (1989) menemukan bahwa *C. calothyrsus* membentuk bintil akar dengan *Bradyrhizobia* (strain yang pertumbuhannya lambat, *slow growing* rhizobia). Namun hasil yang berbeda dilaporkan oleh Turk dan Keyser (1992) bahwa *C. calothyrsus* dapat membentuk bintil akar dan membentuk simbiosis yang efektif dengan *Rhizobium* (strain yang pertumbuhannya cepat, *fast growing* rhizobia). Spesies ini dapat membentuk bintil akar dengan rhizobia alam tapi mungkin asosiasi tersebut tidak efektif dalam mengikat N₂ udara, sehingga pertumbuhan tanaman tidak menjadi lebih baik (Purwantari dan Sutedi, 2005).

Terjadinya simbiosis antara tanaman inang tertentu dengan *Rhizobium* ditentukan paling sedikit dua tahap perubahan sinyal yang saling bergantian antara tanaman dan mikrosimbiotik. Pertama, gen bakteri nodulasi (*nod*) aktif dalam merespon sinyal molekuler yang dikeluarkan tanaman seperti flavonoid, dihasilkan dari biosintesis dan sekresi *lipochitooligosaccharides* (LCOs) oleh bakteri *Rhizobium*. Tahap kedua, LCOs mendatangkan bentuk nodul pada akar tanaman inang dan memicu proses infeksi. LCOs yang menyebabkan bentuk akar bernodula pada tanaman inang dinamakan faktor Nod (Dewi, 2007).

Dewi (2007) menjelaskan bahwa fiksasi nitrogen melibatkan penggunaan ATP dan proses reduksi ekuivalen yang berasal dari metabolisme primer. Semua reaksi yang terjadi dikatalisis oleh nitrogenase. Enzim ini mengandung 2 molekul nutrisi yaitu molekul protein besi dan 1 molekul protein molibden besi. Reaksi ini berlangsung ketika molekul N₂ terikat pada kompleks enzim nitrogenase. Protein Fe mula-mula direduksi oleh elektron yang diberikan oleh ferredoksin. Kemudian Fe reduksi mengikat ATP dan mereduksi protein molibden besi yang memberikan elektron pada N₂ sehingga menghasilkan NH=NH. Pada dua daur berikutnya prosesi ini (masing-masing membutuhkan elektron yang disumbangkan oleh ferredoksin) NH=NH direduksi menjadi H₂N-NH₂ dan selanjutnya direduksi menjadi NH₃ tergantung pada jenis mikroba, ferredoksin reduksi yang memasok elektron untuk proses ini diperoleh melalui fotosintesis, respirasi atau fermentasi. Hamzah (2013) menambahkan

bahwa produk akhir dari proses pengikatan nitrogen adalah Amoniak (NH_3) dan air. Enzim nitrogenase akan hancur ketika kontak dengan oksigen. Oleh karena itu, proses pengikatan nitrogen hanya terjadi pada kondisi anaerob (tanpa oksigen) atau oksigen yang dinetralkan dengan bahan kimia lain seperti Leghemoglobin.

Beberapa faktor yang berpengaruh pada proses fiksasi nitrogen, di antaranya (1) terdapatnya tanaman inang yang sesuai; (2) derajat keasaman tanah atau pH tanah; (3) ketersediaan hara; (4) kondisi fisik tanah (misalnya tergenang); dan (5) adanya serangan virus bakteri (*bacteriophage*) dapat menyebabkan berkurangnya populasi *Rhizobium* dalam tanah. Penambatan nitrogen secara biologis diperkirakan lebih dari 170 juta ton nitrogen ke biosfer per tahun, 80 % di antaranya merupakan hasil simbiosis antara bakteri *Rhizobium* dengan tanaman leguminosa. Simbiosis yang terjadi mampu memenuhi 50 % atau bahkan seluruh kebutuhan nitrogen tanaman yang bersangkutan dengan cara menambat nitrogen bebas. Di samping itu, bakteri *Rhizobium* mempunyai dampak yang positif baik langsung maupun tidak langsung terhadap sifat fisik dan kimia tanah, sehingga mampu meningkatkan kesuburan tanah. Namun demikian, dalam kehidupannya bakteri *Rhizobium* tersebut sangat dipengaruhi oleh kondisi tanah, terutama pH tanah, kondisi fisik, kimia serta biologi tanah (Purwaningsih, 2008).

Biofertilisasi bakteri *Rhizobium* adalah pemberian bakteri simbiotik *Rhizobium* penambat nitrogen pada tanaman (Surtiningsih, *et al.*, 2009). Kemampuan bakteri *Rhizobium* menambat nitrogen telah banyak dilaporkan. Diperkirakan dalam setahun, bakteri ini mampu menambat N udara antara 50 - 600 kg/ha. Angka sebesar itu, jika disetarakan dengan pupuk urea menjadi sekitar 100 - 1300 kg/ha. Pemberian bakteri simbiotik penambat nitrogen diharapkan dapat menambah sumber nitrogen yang murah sehingga membantu mengurangi biaya produksi, mengingat pupuk kimia urea harganya semakin mahal dan penggunaan terus-menerus pupuk kimia tersebut dapat mencemari lingkungan.

Mengingat besarnya peranan bakteri *Rhizobium*, maka keberadaan bakteri tersebut perlu dikonservasi dan diisolasi dalam bentuk koleksi kultur. Koleksi kultur bakteri memberikan jaminan bahwa bakteri yang telah dideskripsikan tersimpan dengan aman dan baik, sehingga tersedia setiap saat untuk keperluan generasi sekarang dan masa mendatang. Untuk selanjutnya isolat-isolat

bakteri dari suatu daerah akan digunakan kembali di kawasan tersebut sehingga mempunyai peluang keberhasilan yang lebih tinggi penggunaan inokulan yang berasal dari daerah lain (Purwaningsih, 2008).

VI. KESIMPULAN

- Ketersediaan nitrogen bagi tanaman sangat penting sebagai penyusun protoplasma, molekul klorofil, asam nukleat, dan asam amino.
- Kandungan senyawa nitrogen tanah yang cukup tinggi disebabkan adanya mikroba tanah yang memfiksasinya dari udara
- Keuntungan memanfaatkan bakteri penambat nitrogen sebagai pupuk hayati adalah tidak mempunyai bahaya atau efek samping, efisiensi penggunaan dapat ditingkatkan tanpa menimbulkan bahaya pencemaran terhadap lingkungan, harga yang relatif murah, dan teknologi yang cukup sederhana.
- Perlu konservasi dan isolasi bakteri penambat nitrogen (*Rhizobium*) dalam bentuk koleksi kultur.

DAFTAR PUSTAKA

- Adisarwanto, T. 2005. *Kedelai Budi Daya dengan Pemupukan yang Efektif dan Pengoptimalan Peran Bintil Akar*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Adnyana, G. M. 2012. *Mekanisme Penambatan Nitrogen Udara oleh Bakteri Rhizobium Menginspirasi Perkembangan Teknologi Pemupukan Organik yang Ramah Lingkungan*. *Agrotrop*, 2(2) : 145-149.
- Alfiah, T. 2014. *Struktur dan Komposisi Atmosfer*. <http://Tatyalfiah.files.wordpress.com>. Diakses Tanggal 16 Juli 2014.
- Ashari, S. 2006. *Hortikultura Aspek Budidaya*. Jakarta : UI Press.
- Dakora, F.D., S.B.M. Chimpango, A.J. Valentine, C. Elmerich, and W.E. Newton. 2008. *Biological Nitrogen Fixation: Towards Poverty Alleviation through Sustainable Agriculture*. Netherland.
- Dewi, I. R. A. 2007. *Fiksasi N Biologis pada Ekosistem Tropis*. Makalah pada Fakultas Pertanian. Universitas Padjajaran. Jatinangor.

- Hamzah. 2013. *Proses Fiksasi Nitrogen*.
<http://Hamzahagriculture.blogspot.com>. Diakses Tanggal 7 Agustus 2014.
- Kurniaty, R., S. Bustomi, dan E. Widyati. 2013. *Penggunaan Rhizobium dan Mikoriza dalam Pertumbuhan Bibit Kaliandra (Calliandra calothyrsus) Umur 5 Bulan*. Jurnal Perbenihan Tanaman Hutan, 1 (2) : 71 - 81.
- Nasikah. 2007. *Pengaruh Inokulasi Rhizobium dan Waktu Pemberian Pupuk N (Urea) terhadap Pertumbuhan dan Hasil Kedelai di Lahan Sawah setelah Kedelai (Glycine Max (L) Merril.)*. Skripsi pada Jurusan Biologi. Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Malang. Malang.
- Purwaningsih, S. 2008. *Populasi Bakteri Rhizobium di Tanah pada Beberapa Tanaman dari Pulau Buton, Kabupaten Muna, Provinsi Sulawesi Tenggara*. Jurnal Tanah Trop, 14 (1): 65 - 70.
- Purwanti, N. D. dan E. Sutedi. 2005. *Respon Inokulasi Strain Mutan Rhizobia pada Calliandra calothyrsus*. JITV (3) 10: 182 - 189.
- Rahmawati, N. 2005. *Pemanfaatan Biofertilizer pada Pertanian Organik*. Fakultas Pertanian. Universitas Sumatera utara. Medan.
- Rizqiani, N. F., E. Ambarwati dan N. W. Yuwono. 2007. *Pengaruh Dosis dan Frekuensi Pemberian Pupuk Organik Cair terhadap Pertumbuhan dan Hasil Buncis (Phaseolus vulgaris L.) Dataran Rendah*. Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan, 7 (1): 43 - 53.
- Surtiningsih, T., Farida, dan T. Nurhariyati. 2009. *Biofertilisasi Bakteri Rhizobium pada Tanaman Kedelai (Glycine max(L) Merr.)*. Berk. Penel. Hayati, 15 : 31–35.
- Tania, N., Astina., dan S. Budi. 2012. *Pengaruh Pemberian Pupuk Hayati terhadap Pertumbuhan dan Hasil Jagung Semi pada Tanah Podsolik Merah Kuning*. Jurnal Sains Mahasiswa Pertanian, 1 (1): 10 - 15.