

**PRODUKSI BIOMASSA, KADAR N DAN BINTIL AKAR
BERBAGAI *LEGUMINOUS COVER CROP* (LCC)
PADA TANAH DYSTRUDEPTS**

**BIOMASS PRODUCTION, NITROGEN FIXATION AND ROOT NODULES
BY LEGUME COVER CROPS (LCC) ON DYSTRUDEPTS**

Gian Sapta Adrialin¹, Wawan², Yunel Venita²
Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian Universitas Riau
gianadrialin@yahoo.com

ABSTRACT

This research was aimed to know biomass production, nitrogen fixation and root nodules by LCC on Dystrudepts. The research was conducted at the greenhouse of Faculty of Agriculture University of Riau from December 2013 to Maret 2014. This research was an experimental with 5 treatments (*Mucuna pruriens*, *Pueraria javanica*, *Calopogonium mucunoides*, *Centrosema pubescens* and *Mucuna bracteata*) with 4 replications and each replications consist of 4 plants. Data obtained from this study were analyzed by ANOVA and continued with Duncan's New Multiple Range Test at 5%. The results showed that LCC panted on Dystrudepts produce different biomass, nitrogen fixation and also root nodules on Dystrudepts and *Mucuna pruriens* is better than *Calopogonium mucunoides*, *Pueraria javanica*, *Centrosema pubescens* and *Mucuna bracteata*.

Key words: LCC, Dystrudepts, *Mucuna pruriens*.

PENDAHULUAN

Dystrudepts dalam sistem taksonomi Tanah berasal dari kata *dys* atau *dysr* yang memiliki arti tidak subur, yang ditunjukkan oleh Kejenuhan Basa sebesar 29% yang lebih rendah dari 35%. Dystrudepts memiliki lempung kasar, campuran, isohipertermik karena memiliki kandungan liat 12-13% pada kedalaman 25-100 cm, mineral primer yang didominasi fraksi pasir dan debu. Suhu rata-rata tahunan 26,3 °C dengan perbedaan suhu rata-rata bulanan <6 °C. Kejenuhan Basa yang rendah

mengakibatkan ketersediaan unsur hara juga rendah dengan tingkat kesuburan yang sedang. Selain itu reaksi tanah yang dimiliki Dystrudepts juga tergolong masam (4,96-5,90), dimana pada kondisi seperti ini tidak banyak tanaman yang toleransi (Nasrul *et al.*, 2000). Banyak alternatif yang bisa dilakukan, namun demikian perlu dipertimbangkan penggunaannya dari berbagai aspek, baik itu dari segi ekonomis maupun ekologis. Salah satu alternatifnya adalah penggunaan LCC. Dengan penambahan sisa organik dari biomassa LCC dari waktu ke waktu dapat mempercepat pelapukan bahan

mineral dalam kompleks atau kompleks pertukaran, karena penambahan bahan organik seperti pemberian pupuk kandang atau pupuk hijau dapat menambah keanekaragaman mikroorganisme pada tanah (Menique, 2011). Hal ini pada akhirnya secara perlahan akan memperbaiki sifat-sifat tanah. LCC juga memiliki kelebihan yakni dapat bersimbiosis dengan bakteri rhizobial yang berada di bintil akar legum. Dalam hubungan simbiotik LCC sebagai tanaman inang memperoleh nitrogen terfiksasi (dalam bentuk asam amino) sedangkan bakteri (*Rhizobium*) memperoleh senyawa karbon dari tanaman inang (Islami dan Utomo, 1995 dalam Fatmawati, 2005).

Banyak jenis LCC yang sudah diteliti dan penggunaannya juga telah menyebar luas di masyarakat. Namun belum ada penelitian yang melaporkan penggunaan LCC yang paling efektif dan efisien, pada tanah Dystrudepts.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui produksi biomassa, kadar N, serta bintil akar berbagai LCC pada tanah Dystrudepts.

BAHAN DAN METODE

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini telah dilaksanakan di Laboratorium Tanah dan rumah kaca Fakultas Pertanian, Universitas Riau. Penelitian ini dilaksanakan mulai dari bulan Desember 2013 sampai Maret 2014.

Bahan dan Alat Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan adalah benih *Mucuna bracteata*, *Mucuna pruriens*, *Pueraria javanica*, *Calopogonium mucunoides*, dan

Centrosema pubescens, *polybag* berukuran 25 cmx30 cm, tanah Dystrudepts yang diambil dari kebun percobaan Fakultas Pertanian Universitas Riau, air, asam sulfat (H_2SO_4) p.a (merck), H_2O_2 50%, asam borat 1%, indikator brom kresol (HBK), metil merah (MM), amonium molibdat 4%, asam askorbat, aquades, tali rafia, kantong plastik, pestisida Dupon Lannate, pupuk daun cair Seprint, SP-36, KCl, dan dolomit.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pisau, neraca analitik, labu dasar leher tiga 1 l, labu Kjeldhal 100 ml, alat destilasi Kjeltac 2200, 1 set alat titrimetri Fisher, spektrofotometer Scinco SUV 2120, satu set alat AAS, heater 21, termometer, kertas saring, batang pengaduk, *spatula* serta alat-alat laboratorium yang umum digunakan dalam penelitian kimia. Selain itu juga dibutuhkan timbangan, meteran, alat tulis dan kamera.

Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan secara eksperimen dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari 5 perlakuan dengan masing-masing diulang sebanyak 3 kali sehingga terdapat 15 unit percobaan. Setiap unit percobaan terdiri dari 4 tanaman dan 2 tanaman menjadi sampel pengamatan. Setiap perlakuan merupakan penanaman dari jenis LCC:

Mp = *Mucuna pruriens*

Mb = *Mucuna bracteata*

Cp = *Centrosema pubescens*

Cm = *Calopogonium mucunoides*

Pj = *Pueraria javanica*

Parameter yang diamati dalam penelitian ini adalah produksi

biomassa, kadar N, total N, dan bintil akar LCC.

Pelaksanaan Penelitian

Rangkaian pelaksanaan penelitian meliputi: analisis tanah, penyediaan benih, pengambilan tanah yang dilanjutkan dengan pengayakan tanah serta pengisian *polybag*. Kemudian dilakukan pengapuran, yang dilanjutkan dengan pemupukan KCl dan Sp-36, setelah masa inkubasi dilanjutkan dengan penanaman benih. Benih sebelum ditanam terlebih dahulu direndam di dalam cairan legin, dengan tujuan untuk menginokulasi *Rhizobium*.

Pemeliharaan tanaman dilakukan setiap pagi ataupun sore,

pemeliharaan meliputi penyiraman, penyiangan dan pembubunan. Pemupukan daun juga dilakukan hal ini bertujuan untuk memberikan unsur Mo pada pembentukan bintil akar. Sampel pengamatan diambil pada saat tanaman berumur 90 HST.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Produksi Biomassa (g)

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa penanaman berbagai LCC pada tanah Dystrudepts berpengaruh nyata terhadap produksi biomassa. Hasil uji lanjut biomassa dengan uji Duncan pada taraf 5% dapat dilihat pada Tabel 1

Tabel 1. Rata-rata produksi biomassa (g) terhadap penanaman berbagai LCC pada tanah Dystrudepts.

Perlakuan	Produksi biomassa (g)
<i>Mucuna pruriens</i> (Mp)	87.02 a
<i>Centrosema pubescens</i> (Cp)	43.74 b
<i>Calopogonium mucunoides</i> (Cm)	34.89 b
<i>Pueraria javanica</i> (Pj)	27.36 b
<i>Mucuna bracteata</i> (Mb)	15.39 b

Ket: angka-angka yang diikuti oleh huruf yang tidak sama menunjukkan pengaruh berbeda nyata menurut uji Duncan pada taraf 5%.

Tabel 1 menunjukkan bahwa variabel produksi biomassa pada perlakuan Mp berbeda nyata dengan perlakuan Cp, Cm, Pj dan Mb. Pada perlakuan Mp diperoleh nilai tertinggi yaitu 87.02 g, diikuti oleh Cp dengan nilai 43.74 g, kemudian dengan nilai 34.89 g ditempati oleh Cm. Sedangkan Pj dan Mb jauh dibawahnya dengan nilai 27.36 g dan 15.39 g. Hal ini dikarenakan masing-masing LCC memiliki genetis yang berbeda sehingga respon yang ditunjukkan berbeda-beda pula pada tanah Dystrudepts. Pertumbuhan tanaman

dipengaruhi oleh genetis yang dimiliki oleh tanaman, dan didukung oleh lingkungan tempat tanaman tersebut tumbuh. Genetis tanaman akan menunjukkan respon pertumbuhan yang baik, jika tanaman tersebut mampu beradaptasi dengan lingkungan. Tingkat keadaptifan tanaman terhadap lingkungan sangat erat kaitannya dengan daerah asal tanaman tersebut.

Mp merupakan legum yang berasal dari Nusa Tenggara Timur, sehingga Mp sangat adaptif pada kondisi lingkungan penelitian,

dibandingkan dengan perlakuan lainnya yang merupakan LCC introduksi dari daerah yang berbeda-beda Cp (Amerika Tengah), Cm (Amerika Selatan), Pj (Thailand), Mb (India). Hasil penelitian dari Hairiah *et al.* (1991) juga menguatkan akan hal ini bahwa Mp merupakan tanaman legum yang cepat tumbuh sebagai tanaman penutup tanah di daerah tropika basah, namun berakar dangkal di tanah masam. Mp tumbuh subur pada curah hujan 380-3150 mm per tahun, rata-rata suhu tahunan 18,7-27,1 °C dengan pH 4,5 hingga

7,7. Hasil maksimum dicapai antara pH 5 hingga 6,5 pada tanah geluh pasiran ringan (Duke, 1981).

Kadar N Tanaman (%)

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa penanaman berbagai LCC pada tanah Dystrudepts berpengaruh nyata terhadap kadar N tanaman. Hasil uji lanjut kadar N tanaman dengan uji Duncan pada taraf 5% dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Rata-rata kadar N tanaman (%) terhadap penanaman berbagai LCC pada tanah Dystrudepts.

Perlakuan	Kadar N (%)
<i>Calopogonium mucunoides</i> (Cm)	1.53 a
<i>Mucuna bracteata</i> (Mb)	1.30 a
<i>Pueraria javanica</i> (Pj)	1.20 ab
<i>Mucuna pruriens</i> (Mp)	1.03 ab
<i>Centrosema pubescens</i> (Cp)	0.71 b

Ket: angka-angka yang diikuti oleh huruf yang tidak sama menunjukkan pengaruh berbeda nyata menurut uji Duncan pada taraf 5%.

Tabel 2 menunjukkan bahwa perlakuan Cm, Mb berbeda nyata dengan Cp. Hal ini dibuktikan dari rata-rata kadar N Cm, Mb dengan nilai tertinggi berturut-turut yakni 1.53%, 1.30% dibandingkan Cp yang hanya 0.71%. Namun tidak sama pada jenis Pj dan Mp yang menunjukkan berbeda tidak nyata dengan Cm, Mb dimana nilai 1.20% pada Pj dan 1.03% pada Mp.

Perbedaan ini terjadi dikarenakan jumlah N yang dapat difiksasi tanaman legum sangat bervariasi, tergantung pada jenis tanaman legum, kultivar, dan jenis bakteri, serta tempat tumbuh bakteri tersebut, terutama pH tanah yang sangat menentukan (Islami dan

Utomo, 1995). Vitousek *et al.* (2002), juga menambahkan bahwa kemampuan penambatan N secara biologis mengkonversi N₂ menjadi N organik adalah sangat substansial, yakni sering mencapai 100 kg ha/tahun yang lebih dari cukup untuk mempertahankan kebutuhan N dan mengganti N yang hilang. Selain itu hasil penelitian dari Zhang *et al.* (2002), juga menyimpulkan bahwa efektivitas penambatan N ditentukan pula oleh adanya keterpaduan genetik galur rhizobia, jenis, dan tingkat varietas legum yang bersimbiosis.

Menurut Yutono (1985), *Rhizobium* yang berasosiasi dengan tanaman legum mampu memfiksasi nitrogen 100-300 kg/ha dalam suatu

musim tanam dan meninggalkan sejumlah nitrogen untuk tanaman berikutnya. *Rhizobium* mampu mencukupi 80% kebutuhan nitrogen tanaman legum dan meningkatkan produksi antara 10-25%. Tanggapan tanaman untuk memfiksasi nitrogen dari udara tergantung pada kondisi medium tumbuh dan efektivitas populasi asli (Sutanto, 2002). Berikut ini adalah penjabaran lebih lanjut dari masing-masing perlakuan.

Jenis Cm dan Mb merupakan dua legum yang dapat melakukan simbiosis sangat baik dengan *Rhizobium*, sehingga N yang dapat difiksasi tinggi. Banyak kemungkinan faktor yang mendukung simbiosis ini. Salah satu faktor utama ialah spesifisitas nodulasi *Rhizobium* yang sesuai terhadap Cm, Mb. Dalam banyak kasus pemberian inokulum *Rhizobium* terkadang tidak efektif pada tanaman yang diperkenalkan, dikarenakan spesifisitas nodulasi *Rhizobium* yang tidak sesuai pada tanaman tersebut. Kemampuan masing-masing komponen melakukan fungsinya dengan baik, mendukung terciptanya simbiosis yang saling menguntungkan. Hal ini berdasarkan dari penelitian Richards (1987), yang menyatakan bahwa beberapa tingkat spesifisitas dalam nodulasi dan legum dapat disusun dalam beberapa kelompok, anggota dari salah satu grup biasanya membentuk nodul dengan legum yang diberikan tetapi kemampuannya untuk memfiksasi N adalah suatu fungsi dari keduanya yaitu tanaman inang dan bakteri itu sendiri.

Rendahnya N yang dapat difiksasi oleh Pj, Mp, Cp dibandingkan dengan jenis perlakuan lainnya yang

ditunjukkan pada Tabel 2 diduga dipengaruhi oleh berbagai faktor. Ada beberapa faktor yang dapat dikemukakan terkait akan hal ini, diantaranya ialah asal inokulum yang diberikan bukan berasal dari jenis sama, seperti yang dikemukakan oleh Zhang *et al.* (2002), bahwa strain rhizobia cenderung memfiksasi lebih baik pada tanaman legum asal rhizobia tersebut diisolasi. Namun adanya kemungkinan ketidakpaduan antara genetis rhizobia, dengan jenis Pj, Mp, dan Cp merupakan hal yang paling utama menentukan hal ini.

Faktor lainnya ialah lingkungan hidup *Rhizobium* pada jenis perlakuan ini tidak sesuai, dipicu pula oleh Dystrudepts yang memiliki pH tanah, suhu, dan unsur hara yang rendah sehingga tidak mampu mendukung pertumbuhan *Rhizobium*. Reaksi optimum bagi pertumbuhan dan perkembangan *Rhizobium* pada pH 5,5-7,0 dengan batas kecepatan reaksi pada pH 3,2-5,0 keadaan asam, 9,0-10,0 pada keadaan alkali (Martani dan Margino, 2005).

Berbeda dengan Sutedjo yang lebih memfokuskan pada temperatur. Temperatur optimum bagi pertumbuhan *Rhizobium* antara 28-31 °C dan umumnya tidak dapat tumbuh pada 37 °C. Temperatur pembatas bagi pertumbuhan bakteri *Rhizobium* adalah 0-50 °C dan titik kematian pada 60-62 °C (Sutedjo *et al.*, 1991). Temperatur rata-rata bulanan di lokasi penelitian sangat berfluktuasi antara 26,5 °C pada bulan Desember dan 27,0 °C pada bulan Maret, dengan kelembaban udara cukup tinggi yakni >80%. Sedangkan intensitas penyinaran matahari rata-rata 54,4% dari panjang hari

keseluruhan (4,35 jam) dan ini berlangsung sepanjang waktu dalam setahun, serta kecepatan angin berkisar 6,8-9,2 Knot (Nasrul *et al.*, 2000). Kondisi faktor-faktor iklim yang demikian diasumsikan tidak mendukung pertumbuhan *Rhizobium* pada perlakuan Pj, Mp, Cp.

Total N Tanaman (g)

Tabel 3. Rata-rata total N tanaman (g) terhadap penanaman berbagai LCC pada tanah Dystrudepts.

Perlakuan	Total N (g)
<i>Mucuna pruriens</i> (Mp)	1.00 a
<i>Calopogonium mucunoides</i> (Cm)	0.61 b
<i>Pueraria javanica</i> (Pj)	0.39 bc
<i>Centrosema pubescens</i> (Cp)	0.35 bc
<i>Mucuna bracteata</i> (Mb)	0.23 c

Ket: angka-angka yang diikuti oleh huruf yang tidak sama menunjukkan pengaruh berbeda nyata menurut uji Duncan pada taraf 5%.

Tabel 3 menunjukkan bahwa perlakuan Mp berbeda nyata dengan Cm, Pj, Cp, dan Mb. Jika diurutkan Mp menempati posisi tertinggi dengan nilai 1.00 g, yang kemudian diikuti oleh Cm yakni 0.61 g, selanjutnya Pj dengan selang nilai angka yang cukup jauh yaitu 0.39 g, dan kemudian berturut-turut dibawahnya ialah Cp dan Mb dengan masing-masing nilai 0.35 g, 0.23 g.

Total N merupakan hasil perkalian dari produksi biomassa dengan kadar N. Pada Tabel 1 Mp merupakan jenis perlakuan dengan produksi biomassa tertinggi dibandingkan jenis lainnya. Pada saat dikalikan dengan kadar N yang dimiliki Mp diperoleh hasil tertinggi pada total N meskipun kadar N yang dimiliki Mp tergolong rendah.

Cm dan Pj yang memiliki produksi biomassa cukup rendah dibandingkan jenis Mp. Namun pada

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa penanaman berbagai LCC pada tanah Dystrudepts berpengaruh nyata terhadap total N tanaman. Hasil uji lanjut total N tanaman dengan uji Duncan pada taraf 5% dapat dilihat pada Tabel 3.

analisis kadar N kedua jenis ini memberikan hasil yang tinggi, terutama jenis Cm, dan pada saat dikalikan dengan produksi biomassa yang masing-masing dimiliki perlakuan, dapat meningkatkan total N Cm dan Pj. Berbanding terbalik dengan jenis Cp dan Mb. Cp merupakan jenis perlakuan yang memiliki produksi biomassa tergolong tinggi dengan kadar N yang rendah. Sedangkan Mb memiliki kadar N yang tinggi dengan produksi biomassa yang rendah. Dimana kedua jenis perlakuan ini pada akhirnya menghasilkan total N yang sangat rendah dibandingkan jenis lainnya. Hal ini jelas dikarenakan masing-masing variabel tidak saling mendukung, dimana variabel satu memberikan hasil yang cukup tinggi sedangkan variabel lain memberikan hasil yang rendah sehingga pada saat dikalikan kedua jenis perlakuan ini

tidak memberikan hasil tinggi pada variabel total N.

Bintil Akar Efektif (%)

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa penanaman

berbagai LCC pada tanah Dystrudepts berpengaruh tidak nyata terhadap bintil akar efektif. Hasil uji lanjut bintil akar efektif dengan uji Duncan pada taraf 5% dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Rata-rata bintil akar efektif (%) terhadap penanaman berbagai LCC pada tanah Dystrudepts.

Perlakuan	Bintil akar efektif (%)
<i>Calopogonium mucunoides</i> (Cm)	79.00 a
<i>Centrosema pubescens</i> (Cp)	76.33 a
<i>Pueraria javanica</i> (Pj)	73.50 a
<i>Mucuna bracteata</i> (Mb)	73.17 a
<i>Mucuna pruriens</i> (Mp)	69.83 a

Ket: angka-angka yang diikuti oleh huruf yang tidak sama menunjukkan pengaruh berbeda nyata menurut uji Duncan pada taraf 5%.

Tabel 4 menunjukkan bahwa perlakuan Cm, Cp, Pj, Mb, Mp berbeda tidak nyata. Namun ada kecenderungan pada Cm memiliki nilai yang lebih tinggi yakni sebesar 79.00% dibandingkan perlakuan lainnya, kemudian secara berurutan semakin menurun diikuti oleh Cp dengan nilai 76.33%, Pj dengan nilai 73.50%, Mb dengan nilai 73.17%, dan nilai terendah ditempati oleh Mp yakni 69.83%. Hal ini dikarenakan adanya inokulasi bakteri *Rhizobium* menggunakan cairan legin, pada saat sebelum penanaman dilakukan untuk semua jenis perlakuan. Pemberian inokulasi pada benih berimbas terhadap adanya pembentukan bintil-bintil akar. Pembentukan bintil-bintil akar tersebut diasumsikan terjadi pada 30 HST.

Menurut (Islami dan Utomo, 1995 dalam Fatmawati, 2005), pembentukan bintil akar melalui serangkaian proses. Pertama terjadi perubahan bentuk pada akar rambut menjadi melengkung yang disebabkan adanya respon terhadap hormon

pertumbuhan yang distimulasi oleh bakteri, selanjutnya akan terjadi pembentukan benang-benang infeksi dan terjadi penyusupan sel-sel bakteri ke dalam korteks akar. Pelepasan sel-sel bakteri masuk korteks akar, menyebabkan terjadinya pembentukan bintil akar meristem dan bintil akar pada korteks akar. Interaksi antara bakteri *Rhizobium* dan sel-sel jaringan akar akan membentuk bintil akar. Interaksi sel-sel *Rhizobium* akan berubah bentuk menjadi bakteroid. Pada bagian tengah dari bintil akar yang mengandung bakteri akan terbentuk leghemoglobin, di dalam bakteroid terjadi aktifitas enzim nitrogenase.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan:

1. *Leguminous cover crop* yang diuji pada tanah Dystrudepts menghasilkan produksi biomassa, kadar N, dan bintil akar yang berbeda-beda.

2. Dari kelima jenis *leguminous cover crop* yang diuji dalam penelitian ini, *Mucuna pruriens* menghasilkan produksi biomassa dan total N yang lebih tinggi dan semakin menurun diikuti secara berurutan oleh jenis *Calopogonium mucunoides*, *Pueraria Javanica*, *Centrosema pubescens* dan *Mucuna bracteata*

Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disarankan untuk menggunkan *Mucuna pruriens* sebagai tanaman penutup tanah pada tanah Dystrudepst.

DAFTAR PUSTAKA

- Duke, J.A. 1981. **Hand Book of Legumes of World Economic Importance**. Plenum Press. New York.
- Fatmawati. 2005. **Pertumbuhan bintil akar tanaman kedelai (*Glycine max* (L) Merill) dengan perlakuan *Rhizobium japonicum* dan *Mikoriza***. Skripsi Jurusan Biologi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Diponegoro. Semarang. (Tidak dipublikasikan).
- Hairiah, K., M. Van Noordwijk, dan S. Setijono 1991. **Tolerance to acid soil condition of Velvet beans *Mucuna pruriens* var. utilis and deeringiana**. Dev Plant Soil Sci 45 : 227–237.
- Islami, T. dan W.H. Utomo, 1995. **Hubungan Tanah, Air dan Tanaman**. IKIP Semarang Press. Semarang.
- Martani, E. dan S. Margino. 2005. **Populasi *Rhizobium* dan fiksasi nitrogen pada kedelai di tanah gambut yang diperlakukan dengan paraquat**. Jurnal Tanah Tropika 10 (2): 113-120.
- Meniiique. 2011. **Pertanian Berkelanjutan (Sustainable Agriculture) di Daerah Desa Ngargomulyo, Kecamatan Dukun, Kabupaten Magelang**. <http://meniiique.blogspot.com/2012/11/01/archive.html>. Diakses pada 10 Juli 2013.
- Nasrul, B., A. Hamzah, dan E. Anom. 2000. **Klasifikasi tanah dan evaluasi kesesuaian lahan kebun percobaan Fakultas Pertanian Universitas Riau**. Jurnal Sagu, volume 1:16-26.
- Richards, B.N. 1987. **The Microbiology of Terrestrial Ecosystems**. New York. John Willey and Sons Inc.
- Sutanto, R. 2002. **Penerapan Pertanian Organik Pemasyarakatan dan Pengembangannya**. Kanisius. Yogyakarta. 2.
- Sutedjo, M.M., A.G. Kartasapoetra, dan R.D.S. Sastroatmodjo. 1991. **Mikrobiologi Tanah**. Rieneka Cipta. Jakarta.
- Vitousek, P.M., K. Cassman, C. Cleveland, T. Crews, C.B. Field, N.B. Grimm, R.W. Howarth, R. Marino, L. Martinelli, E.B. Rastetterand, J.I. Sprent. 2002. **Towards an ecological understanding of biological nitrogen fixation**. Biogeochem. 57/58: 1– 45.

- Yutono. 1985. **Inokulasi *Rhizobium* pada kedelai**. Dalam: Kedelai. Puslitbang Tanaman Pangan. Bogor. hlm. 217 – 230.
- Zhang, H., T.C. Charles, B.T. Driscoll, B. Prithiviraj and D.L. Smith. 2002. **Low temperature-tolerant *Bradyrhizobium japonicum* strains allowing improved soybean yield in short-season areas**. Agron. J. 94: 870 – 875.