

**EVALUASI INPUT AGEN HAYATI  
PADA UJI PAKET TEKNOLOGI BUDIDAYA KEDELAI  
DI LAHAN KERING MASAM LAMPUNG TENGAH**

*Evaluation of Biological Agent Input at technology of Soybean Cropping System  
in Acid Dry Land Central Lampung*

Oleh:

Prihastuti dan Sudaryono

Balai Penelitian Tanaman Kacang-Kacangan dan Umbi-Umbian  
Jalan Raya Kendalpayak Kotak Pos 66, Malang

Alamat korespondensi: Prihastuti (prihastuti@yahoo.com)

**ABSTRAK**

Dalam upaya meningkatkan produktivitas lahan kering masam mutlak diperlukan introduksi mikroba. Agen hayati merupakan sel mikroba yang bermanfaat untuk pertumbuhan tanaman, di mana aktivitasnya ditentukan oleh kondisi lingkungan tumbuhnya. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan evaluasi terhadap dua jenis agen hayati, yaitu (A) yang berisi bakteri *Rhizobium*, *Azospirillum* dan *Aspergillus niger*, dan (B) yang berisi jamur mikoriza vesikular-arbuskular, pada uji paket teknologi budidaya kedelai di lahan kering masam Lampung Tengah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat interaksi dalam pemberian agen hayati terhadap pertumbuhan tanaman dan hasil biji. Pemberian agen hayati (A) secara tunggal tidak meningkatkan hasil biji, sedangkan pada pemberian agen hayati (B) dapat meningkatkan hasil biji 10,88% dan pada pemberian keduanya meningkatkan hasil biji sekitar 5,18% daripada kontrol. Faktor lingkungan tumbuh mikroba merupakan penentu keberhasilan introduksi suatu agen hayati. Adanya perbedaan tanggap tanaman kedelai terhadap agen hayati A dan B menunjukkan bahwa pada aplikasi agen hayati perlu diperhatikan kondisi lahan yang berfungsi sebagai media untuk tumbuh dan beraktivitas bagi mikroba yang terkandung di dalamnya.

*Kata kunci: agen hayati, hasil biji, kedelai, lahan kering masam*

**ABSTRACT**

An effort to improve the productivity of dry acid soil is necessarily need microorganism inputs. The soil microorganism cells have an important role on the plant growth, where their activity is determined by the condition of environmental growth. Field trial to evaluate two biological agents, i.e (A) consist of *Rhizobium*, *Azospirillum* and *Aspergillus niger*, and (B) consist of vesicular-arbuscular mycorrhizae was conducted on integrated crop management of soybean on dry acid soil in Central Lampung. The result showed that the introduction of the agent was significantly affected on soybean growth and seed yield. In single application of bio-agent A did not increase seed yield, however the bio-agent B increasing seed yield by 10.88%, and their combination increasing 5.18% higher than control. The environmental conditions for the microorganism growth are determine by the development of soil microorganism. The different responses of soybean to bio-agent A and bio-agent B was suggested that the soil conditions as the medium of soil microorganism development should be understood.

*Key words: biological agent, seed yield, soybean, acid dry land*

**PENDAHULUAN**

Lahan kering masam di Indonesia tersebar luas dan berpotensi untuk pengembangan areal tanam kedelai. Kendala kesuburan lahan kering di Lampung Tengah untuk budidaya kedelai adalah pH rendah (<5,0), kejenuhan Al

tinggi (12,0-40,1%), Fe tersedia tinggi (41,30-73,43 ppm), status P dan K tersedia rendah (Taufiq *et al.*, 2004). Toleransi tanaman kedelai terhadap kejenuhan Al adalah 20% (Hartatik dan Adiningsih, 1987). Persyaratan fisiologis untuk pertumbuhan tanaman kedelai memerlukan

pH optimal 6,2-7,0 (Halliday dan Trenkel, 1992).

Teknik budidaya tanaman kedelai di lahan kering masam telah banyak dilakukan, antara lain dengan penggunaan bahan organik dan kapur pertanian dalam bentuk  $\text{CaCO}_3$  ataupun dolomit untuk meningkatkan produktivitas tanah (Kamprath, 1972; Stoato *et al.*, 2001). Pengapuran akan efektif jika kejenuhan kemasaman ( $\text{Al}^+ \text{H}$ ) >10% dan pH tanah <5 (Wade *et al.*, 1986). Rakitan paket teknologi yang terdiri atas beberapa komponen teknologi, baik secara fisik, kimia maupun biologi telah dilakukan untuk meningkatkan produktivitas tanaman kedelai di lahan kering masam (Rumbaina *et al.*, 2004; Taufiq *et al.*, 2004). Pada kenyataan di lapang rakitan paket teknologi ini tidak selalu menunjukkan sinergisme positif dan bersifat linear terhadap peningkatan hasil (Sudaryono *et al.*, 2007).

Kajian mikrobiologis lahan kering masam di Lampung Tengah menunjukkan bahwa populasi mikroba cukup rendah hanya berkisar antara 57.000 hingga 290.000 cfu/gram tanah, tetapi keragamannya cukup tinggi dan mengandung beberapa spesies mikroba yang bermanfaat bagi pertumbuhan tanaman (Prihastuti dan Wardani, 2006). Adanya tingkat kelimpahan populasi mikroba tanah di lahan kering masam yang

cukup rendah, maka dalam upaya pengelolaannya secara biologis, mutlak diperlukan masukan kultur mikroba (Prihastuti dan Harsono, 2007). Kehadiran mikroba bermanfaat pada risosfer tanaman diharapkan dapat memperbaiki daerah perakaran, sehingga menjadikan kapasitas akar dalam menyerap nutrisi meningkat (Klopper *et al.*, 1989; Hasanudin, 2003).

Prinsip utama penggunaan agen hayati pada budidaya kedelai adalah untuk membantu menyediakan unsur hara N dan atau P bagi tanaman, tanpa terjadi residu kimia pada lingkungan (Prihastuti, 2007a). Beberapa faktor yang perlu diperhatikan pada introduksi agen hayati antara lain (1) mengetahui/mengenal agen hayati yang akan dipakai dan (2) bagaimana kompatibilitas dengan kondisi lahannya. Kedua hal ini sangat mutlak untuk diketahui, guna menjamin terjadinya pertumbuhan dan aktivitas sel-sel mikroba bermanfaat yang terkandung di dalamnya.

Namun demikian, banyak para praktisi yang belum memahami waktu dan cara pemakaian agen hayati, sehingga dampak yang terjadi bukannya bersifat efektif dan berkelanjutan, tetapi justru terjadi penurunan hasil. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi aplikasi input agen hayati dan mengetahui jenis agen hayati yang sesuai untuk tanaman kedelai di lahan kering masam Lampung Tengah.

## BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilakukan pada musim hujan 2005/2006 di Lampung Tengah. Pada penelitian ini digunakan dua jenis agen hayati, yaitu (A) agen hayati yang mengandung bakteri pembentuk nodul *Rhizobium spp*, penghasil senyawa organik alami pemacu pertumbuhan tanaman (*Azospirillum*) dan cendawan pelarut fosfat (*Aspergillus niger*) dan (B) agen hayati yang berisi mikoriza vesikular arbuskular pada bahan pembawa zeolit.

Perlakuan yang diuji adalah: 1) Kontrol (tanpa aplikasi mikroba), 2) aplikasi agen hayati A, (3) aplikasi agen hayati B, dan (4) aplikasi ganda agen hayati A dan B. Semua perlakuan diberi amelioran tanah yaitu 518 kg CaO/Ha (1,65 t dolomit/ha), populasi tanaman 400.000, saluran drainase dengan interval 4 m, pemupukan NPK yang diberikan pada saat tanam dengan dosis 40 kg pupuk N, 36 kg pupuk P, 50 kg pupuk K/ha, dan pengendalian OPT (pemantauan dan herbisida pra tumbuh). Dosis aplikasi agen hayati sesuai saran yang dianjurkan oleh produsennya, yaitu 200 g/ha agen hayati A dan 5 g per tanaman untuk agen hayati B. Rancangan percobaan adalah acak kelompok dengan 6 ulangan. Analisis data menggunakan analisis varians (ANOVA) dan uji beda nyata terkecil (BNT).

Parameter yang diamati adalah tinggi tanaman, jumlah polong dan bobot 100 biji

dan hasil biji. Analisis kimia tanah meliputi pH, C-organik, N, P, K, Na, Ca, Mg, KTK, Al-dd, H-dd dan Al. Parameter biologis yang diamati adalah jumlah bintil akar dan tingkat infeksi mikoriza pada akar, dengan jumlah sampel 3 tanaman untuk masing-masing ulangan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan di lahan kering masam, Lampung Tengah. Kategori lahan kering masam tergolong produktivitas nisbi tinggi, berdasarkan atas kandungan unsur-unsur hara dalam tanah (Tabel 1).

Rendahnya pH tanah mengakibatkan terjerapnya unsur P dalam tanah. Sekitar 90-95% unsur P di dalam tanah terdapat dalam bentuk P tidak terlarut, sehingga tidak dapat digunakan oleh tanaman (Vassileva *et al*, 2001). Pada tanah masam, faktor yang paling penting sebagai penyebab pembatas perkembangan akar tanaman adalah defisiensi Ca dan keracunan Al yang menyebabkan buruknya perkembangan akar tanaman (Adam dan Moore, 1983; McKenzie dan Nyborg, 1984). Kemasaman tanah pada lapisan permukaan mudah diperbaiki dengan pemberian amelioran seperti kapur, namun apabila kemasaman tanah terjadi pada subsoil, maka tidak mudah untuk diperbaiki.

Tabel 1. Hasil analisis tanah kering masam di Lampung Tengah

| No. | Parameter        | Kedalaman<br>(0-30) cm | Kedalaman<br>(30-60) cm | Harkat <sup>*)</sup> |
|-----|------------------|------------------------|-------------------------|----------------------|
| 1.  | pH               | 4,27                   | 4,37                    | masam                |
| 2.  | C-organik (%)    | 1,76                   | 1,49                    | rendah               |
| 3.  | Nitrogen (%)     | 0,05                   | 0,04                    | rendah               |
| 4.  | Kejenuhan Al (%) | 26,77                  | 28,79                   | sedang               |
| 5.  | Fosfat (ppm)     | 34,79                  | 4,06                    | rendah               |
| 6.  | K (me/100 g)     | 0,11                   | 0,08                    | rendah               |
| 7.  | Na (me/100 g)    | 0,14                   | 0,10                    | rendah               |
| 8.  | Ca (me/100 g)    | 1,54                   | 1,03                    | rendah               |
| 9.  | Mg (me/100 g)    | 0,47                   | 0,42                    | sedang               |
| 10. | KTK (me/100 g)   | 23,93                  | 22,00                   | sedang               |
| 11. | Al-dd (me/100 g) | 0,84                   | 0,76                    | sedang               |
| 12. | H-dd (me/100 g)  | 0,25                   | 0,27                    | rendah               |

Keterangan: <sup>\*)</sup> Landon (1984).

Salah satu upaya untuk mengatasi subsoil masam adalah dengan memodifikasi lingkungan tumbuh tanaman, yang dapat dilakukan secara kimia, fisik maupun biologis. Penggunaan mikroba tanah sebagai agen pupuk hayati semakin banyak diminati. Walter dan Paau (1993) menyatakan bahwa berkembangnya penelitian ini setelah diketahui adanya potensi mikroba-mikroba tanah dalam penyediaan unsur hara bagi tanaman, meningkatkan produktivitas tanaman dan bersifat ramah lingkungan, dengan memperhatikan jenis agen hayati dan cara pemanfaatannya.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan agen hayati untuk tanaman kedelai berpengaruh terhadap tinggi tanaman, jumlah polong/tanaman, berat biji dan hasil biji. Banyak faktor yang perlu dikemukakan untuk menjelaskan keadaan ini dan perlu dukungan data lain

yang menunjukkan aktivitas kinerja masing-masing agen hayati. Efektivitas agen hayati dipengaruhi oleh faktor strain mikroba yang ada di dalamnya, lingkungan tumbuh dan genotip tanaman (Ponmurugan dan Gopi, 2006). Ketiga faktor tersebut saling berkaitan satu sama lain dan merupakan kunci pokok keberhasilan introduksi agen hayati di lahan kering masam.

Komponen utama agen hayati A adalah *Rhizobium sp*, sehingga aktivitas kinerja dapat ditunjukkan oleh adanya bintil akar. Bakteri yang tergolong Rhizobia dikenal agak unik di antara mikroba tanah dalam kemampuannya bersimbiosis dengan tanaman kacang-kacangan. Untuk dapat bersimbiosis, *Rhizobium* tidak hanya harus bisa hidup secara saprofit, tetapi juga harus dapat mengalahkan *Rhizobium* lainnya dalam upaya mendapatkan tempat infeksi akar

tanaman kacang-kacangan (Jones *et al.*, 2007). Kecuali beberapa strain, *Rhizobium* tidak ada yang menambat N<sub>2</sub> jauh dari tanaman kacang-kacangan yang bertindak sebagai inangnya.

Perkembangan perakaran kedelai pada lokasi penelitian ini cukup baik, tetapi sedikit terbentuk bintil akar. Memperhatikan jumlah bintil akar yang terbentuk, maka penggunaan bakteri *Rhizobium sp* yang terdapat dalam agen hayati A dikategorikan tidak efektif dengan jumlah < 50 bintil/tanaman (Tabel 2) dan justru bersifat sebagai parasit bagi tanaman inang (Pasaribu *et al.*, 1989). Nilai pH yang masam merupakan salah satu pembatas untuk pertumbuhan dan perkembangan *Rhizobium*. Pertumbuhan optimal bakteri *Rhizobium* terjadi pada suhu 25-30° C dan pH antara 6-7 (Zuberer, 1990; Arimurti *et al.*, 2000).

Pemberian bahan amelioran pada kegiatan penelitian ini, tidak secara langsung dapat memperbaiki lingkungan tumbuh bagi bakteri *Rhizobia*, sekalipun sudah berdampak baik terhadap pertumbuhan dan hasil kedelai. Sudaryono *et al.* (2007) menyatakan bahwa pengaruh pemberian bahan amelioran tanah sebesar 518 kg CaO/ha mampu meningkatkan hasil biji kedelai sebesar 85,56%. Hal ini menunjukkan bahwa pemberian bahan amelioran pada lahan kering yang mempunyai produktivitas tinggi membantu

terjadinya penetralan kemasaman tanah, sekaligus memberikan Ca sebagai nutrisi nutrisi dengan cukup tersedia.

Lingkungan tumbuh bakteri *Rhizobium* tidak hanya bergantung pada pH tanah, namun juga ditentukan oleh faktor-faktor lainnya seperti kandungan unsur-unsur kimia tanah dan populasi mikroba alami yang ada pada lahan tersebut (Suharjo, 2001). Jumlah bintil akar yang kurang banyak dari standar, memberikan gambaran bahwa bakteri *Rhizobium* yang terkandung dalam agen hayati kurang berkembang dalam lingkungan tanah kering masam atau memang tidak mampu bersaing hidup dengan jenis mikroba lain yang terdapat pada lahan tersebut. Namun demikian tidak menutup kemungkinan mikroba lain yang terdapat di dalam agen hayati A tersebut (*Azospirillum* dan *Aspergillus*) dapat berkembang dan beraktivitas dengan baik. Agar manfaat agen hayati A dapat dioptimalkan, maka dapat disarankan untuk memperkaya multi isolat tersebut dengan bakteri yang toleran terhadap pH tanah yang masam.

Wedhastri dan Widada (2000) menyatakan bahwa keberhasilan strain *Rhizobium* pada tanah masam tidak hanya terletak pada kemampuan toleransi terhadap kemasaman, tetapi harus mampu tumbuh berkembang dalam lingkungan tanah maupun rizosfir.

Tabel 2. Jumlah bintil akar dan tingkat infeksi akar kedelai pada aplikasi agen hayati di lahan kering masam, Lampung Tengah MH 2005/2006

| Perlakuan             | Jumlah bintil akar/tanaman | Tingkat infeksi mikoriza (%) |
|-----------------------|----------------------------|------------------------------|
| Kontrol               | 14 a                       | 40,3 a                       |
| + agen hayati A       | 12 a                       | 36,2 a                       |
| + agen hayati B       | 21 b                       | 72,5 b                       |
| + agen hayati A dan B | 17 a                       | 60,8 ab                      |

Keterangan: angka yang diikuti huruf yang sama dalam kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata ( $P < 0,05$ ).

Kombinasi sifat ini dapat dikatakan sebagai toleransi terhadap kemasaman tanah, bukan hanya toleran terhadap pH masam saja. Banyak laporan yang menunjukkan strain bakteri *Rhizobium* yang telah mengalami seleksi kemasaman secara *in vitro*, tetapi tidak berhasil mengkoloni pada pertumbuhan maupun fiksasi nitrogen.

Komponen utama agen hayati B adalah mikoriza, dengan tingkat aktivitas kinerjanya dapat ditunjukkan oleh kemampuan infeksi akar (Prihastuti dan Sudaryono, 2008). Tingkat infeksi akar oleh mikoriza terjadi pada semua perlakuan, baik yang diinokulasi agen hayati B ataupun yang tidak diinokulasi. Prihastuti (2007b) melaporkan bahwa pada pH tanah rendah (4,35-6,0) mikoriza alami di lahan kering masam Lampung Tengah banyak ditemukan dengan rata-rata jumlah spora mikoriza per gram tanah pada daerah rizosfir sekitar 56,25-171,50. Dengan demikian terjadinya infeksi mikoriza pada perlakuan kontrol sangat dimungkinkan. Perbedaan tingkat infeksi akar yang terjadi pada masing-masing perlakuan lebih

ditentukan oleh kemampuan mikoriza dan tanggap perakaran tanaman dalam mendukung berlangsungnya proses infeksi. Inokulasi agen hayati mikoriza dimaksudkan untuk meningkatkan jumlah spora yang ada, sehingga kemungkinan untuk terjadinya infeksi akar menjadi semakin besar.

Inokulasi ganda *beneficial microbe* yang terkandung dalam agen hayati menjadi suatu pandangan yang dapat meningkatkan produktivitas tanaman (Simarmata, 2004). Namun demikian, kemampuan inokulasi ganda ditentukan oleh jenis mikroba yang digunakan dan lingkungan tumbuh yang menjadi media untuk perkembangan dan aktivitasnya. Beberapa laporan menyatakan adanya peningkatan hasil pada inokulasi ganda agen hayati. Namun demikian, dengan memperhatikan interaksi alami mikroba tanah, apabila terdapat salah satu faktor yang tidak mendukung aktivitas mikroba dalam agen hayati, tidak selamanya inokulasi ganda agen hayati akan memberikan manfaat positif pada peningkatan produktivitas. Pada penelitian

ini pemberian agen hayati B dengan dosis 5 g per lubang tanam dapat meningkatkan hasil biji mencapai 10,88%, namun pada kombinasi pemberian agen hayati ganda terjadi peningkatan hasil biji sekitar 5,18% dibanding kontrol. Keadaan ini dimungkinkan kurang berkembangnya bakteri *Rhizobium* oleh kendala lingkungan tumbuh yang tidak sesuai, sehingga aktivitasnya menjadi terhambat dan justru menjadi bersifat parasit terhadap tanaman inangnya.

Pada penggunaan agen hayati A secara tunggal, pertumbuhan vegetatifnya tertinggi dibandingkan perlakuan lain. Penggunaan agen hayati A dan B secara ganda menyebabkan tanaman tumbuh lebih tinggi daripada penggunaan agen hayati B secara tunggal. Namun demikian keadaan ini belum dapat disimpulkan bahwa bakteri *Rhizobium* yang ada pada agen hayati A bekerja cukup baik untuk memberikan pertumbuhan vegetatif tanaman lebih tinggi, mengingat kandungan agen hayati A merupakan multi isolat, selain *Rhizobium* juga mengandung jenis mikroba lainnya (*Azospirillum* dan *Aspergillus*).

Jumlah polong per tanaman yang dihasilkan pada penggunaan agen hayati ini sangat bervariasi. Pemberian agen hayati A dan B secara ganda mampu memberikan hasil polong per tanaman

paling banyak yaitu 79,0 per tanaman. Pemberian agen hayati A dan B secara tunggal memberikan jumlah polong per tanaman masing-masing 66,5 dan 63,0. Sinergisme antara agen hayati A dan B yang diberikan secara ganda tampak pada berat 100 biji yang dihasilkan yaitu sebesar 10,17 g. Hal ini menunjukkan butir polong paling besar dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Hubungan antara mikroba yang terkandung dalam agen hayati A dan B tidak dapat diabaikan, karena secara bersama-sama dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman.

Inokulasi ganda bakteri pelarut fosfat, menyebabkan terjadinya penurunan pH tanah di sekitar perakaran, sedangkan mikoriza diketahui mampu merangsang perkembangan awal bakteri pelarut fosfat di rizosfer (Barea *et al.*, 1975; Azcon *et al.*, 1976).

Namun demikian, kemampuan inokulasi ganda ditentukan oleh jenis mikroba yang digunakan (Sudiana *et al.*, 2004). Diketahui mikoriza juga berinteraksi saling menguntungkan dengan mikroba penambat nitrogen, baik yang bersimbiosis maupun yang hidup bebas (Asimi *et al.*, 1980; Manjunath *et al.*, 1984). Keadaan ini dimungkinkan oleh adanya hormon tumbuh yang dihasilkan oleh rhizobakteria (Asimi *et al.*, 1980).

Tabel 3. Tinggi tanaman, jumlah polong/tanaman dan hasil biji pada aplikasi agen hayati di lahan kering masam Lampung Tengah MH 2005/2006

| Perlakuan             | Tinggi tanaman (cm) | Jumlah Polong isi /tanaman | Berat 100 biji (gram) | Hasil biji (t/ha) |
|-----------------------|---------------------|----------------------------|-----------------------|-------------------|
| Kontrol               | 55,3 b              | 65,5 a                     | 9,81 a                | 1,93 a            |
| + agen hayati A       | 60,4 a              | 66,5 a                     | 9,42 a                | 1,85 a            |
| + agen hayati B       | 56,8 a              | 63,0 a                     | 9,67 a                | 2,14 b            |
| + agen hayati A dan B | 58,2 a              | 79,0 a                     | 10,17 b               | 2,03 b            |

Keterangan: angka yang didampingi huruf yang sama dalam kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata ( $P < 0,05$ ).

Pemberian agen hayati B dan kombinasi agen hayati A dan B meningkatkan hasil biji kedelai masing-masing 10,88% dan 5,18% terhadap kontrol. Namun pemberian agen hayati A tidak meningkatkan hasil biji kedelai dibandingkan kontrol, bahkan cenderung memberikankan hasil biji yang lebih rendah sekitar 5,14% (Tabel 3).

### KESIMPULAN

Pada budidaya kedelai di lahan kering masam, Lampung Tengah, penggunaan agen hayati A yang mengandung bakteri *Rhizobium*, *Azospirillum* dan *Aspergillus niger* tidak meningkatkan hasil biji, sedangkan pada pemberian agen hayati B yang mengandung mikoriza dapat meningkatkan hasil biji 10,88% dan pada pemberian keduanya meningkatkan hasil biji sekitar 5,18% dibandingkan kontrol.

Aktivitas bakteri *Rhizobium* di lahan kering masam terkendala oleh nilai pH tanah yang rendah, sehingga

pembentukan bintil akar tidak memenuhi standar keefektifannya (<50 bintil akar/tanaman). Tingkat infeksi akar oleh mikoriza mencapai 36,2-72,5%. Hal ini menunjukkan adanya respon positif tanaman kedelai terhadap inokulasi mikoriza di lahan kering masam.

### SARAN

Penggunaan agen hayati adalah menggunakan aktivitas jasad hidup yang memerlukan lingkungan tumbuh yang sesuai. Untuk lebih mengefektifkan penggunaan agen hayati di lahan masam perlu dipertimbangkan kemampuan mikroba untuk tumbuh dan beraktivitas. Penggunaan mikroba alami lebih memberikan harapan untuk dikembangkan, karena sudah bersifat adaptif dan toleran terhadap lingkungan tumbuhnya.

### DAFTAR PUSTAKA

Adam, F. dan B.L. Moore. 1983. Chemical factors affecting root growth in subsoil horizons of Coastal Plain

- Soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 47: 99-102.
- Arimurti, S. Sutoyo dan R. Winarsa. 2000. Isolasi dan karakterisasi rhizobia asal pertanian kedelai di sekitar Jember. Jurnal Ilmu Dasar 1(2): 39-47.
- Asimi, S.V., V. Gianinazzi-Pearson and S. Gianinazzi. 1980. Influence of increasing soil phosphorus levels on interactions between vesicular-arbuscular mycorrhiza and Rhizobium in soybeans. Can. J. Bot. 58: 2200-2205.
- Azcon, R., J.M. Barea dan D.S. Hayman. 1976. Utilization of rock phosphate in alkaline soils by plants inoculated with mycorrhizal fungi and phosphate solubilizing bacteria. Soil Biol. Biochem. 8: 135-138.
- Barea, J.M., R. Azcon dan D.S. Hayman. 1975. Possible synergistic interaction between *Endogone* and phosphate solubilizing bacteria in low phosphate soils. p. 409-417. In Sanders, F. E., B. Mosse, and P. B. Tinker (eds). Endomycorrhizas. Academic Press, London.
- Halliday, D.J. dan M.E. Trenkel. 1992. IFA, World Fertilizer Use Manual. International Fertilizer Industry association, Paris. pp. 191-200.
- Hartatik, W. dan J.S. Adiningsih. 1987. Pengaruh pengapuran dan pupuk hijau terhadap hasil kedelai pada tanah podsolik Sitiung di rumah kaca. Pemberitaan Penelitian Tanah dan Pupuk (7): 1-9.
- Hasanudin. 2003. Peningkatan ketersediaan dan serapan N dan P serta hasil tanaman jagung melalui inokulasi mikoriza, Azotobacter dan bahan organik pada Ultisol. Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia 5 (2): 83-89.
- Jones, K.M., H. Kobayaskhi, M.E. Taga dan G.C. Walker. 2007. How rhizobial symbiont invade plants: the sinoRhizobium-medicago model. Nat. Rev. Microbiol. 5 (8): 619-633.
- Kamprath, E.J. 1972. Exchangeable Al as a criterion for liming leached mineral soil. Soil Sci. and Amer. Proc. 34: 252-254.
- Kloepper, J.W., R. Lifshitz dan R.M. Zablutowicz. 1989. Free living bacterial inocula for enhancing crop productivity. Trends Biotechnol. 7: 39-43.
- Landon, J.R. 1984. Booker Tropical Soil Manual. A Handbook for soil survey and agricultural land evaluation in the tropics and subtropics. Bookers Agriculture International Limited, London WCIB. 3 DF. England. pp. 220.
- Manjunath, A., D.J. Bagyaraj dan G.H.S. Gorda. 1984. Dual inoculation with mycorrhiza and Rhizobium is beneficial to *Leucaena*. Plant and Soil 78: 445-448.
- McKenzie, R.C. dan M. Nyborg. 1984. Influence of subsoil acidity on root development and crop growth in soil of Alberta and Northeastern British Columbia. Ca. J. Soil Sci. 64: 681-697.
- Pasaribu, D., N. Sunarlim, Sumarno, Y. Supriati, R. Saraswati, Sutjipto dan S. Karama. 1989. Penelitian inokulasi rizobium di Indonesia. Hlm. 3-29 In. M. Syam., Rubendi dan A. Widjono (ed). Risalah Lokakarya Penelitian Penambatan Nitrogen Secara Hayati pada

- Kacang-Kacangan, Bogor, 30-31 Agustus 1988.
- Ponmurugan, P. dan C. Gopi. 2006. In vitro production of growth regulators and phosphatase activity by phosphate solubilizing bacteria. *African Journal of Biotechnology* 5(4): 348-350.
- Prihastuti, Sudaryono dan T. Wardani. 2006. Kajian mikrobiologis pada lahan kering masam, Lampung. *Agritek* 14(5): 1110-1125.
- \_\_\_\_\_. 2007a. Peluang dan tantangan aplikasi pupuk hayati pada tanaman kacang-kacangan. *Agritek* 15(3): 617-624.
- \_\_\_\_\_. 2007b. Isolasi dan karakterisasi mikoriza vesikular arbuskular di lahan kering masam, Lampung Tengah. *Berkala Penelitian HAYATI* 2 (2): 99-106.
- \_\_\_\_\_ dan A. Harsono. 2007. Potensi pengembangan mikoriza alami di lahan kering masam Lampung Tengah sebagai penambang hara. *Jurnal AGRITEK* 15(6): 1318-1325.
- \_\_\_\_\_ dan Sudaryono. 2008. Tingkat kelimpahan mikoriza vesikular arbuskular di lahan kering masam. *Dalam* Kurnia, U dan Ardiwinata, A. N. 2008. *Prosiding Seminar Nasional Pengendalian Pencemaran Lingkungan Pertanian Melalui Pendekatan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Secara Terpadu tanggal 28 Maret 2006*. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, Bogor. Hlm. 388-395.
- Rumbaina, D., N. Amrizal, Widiyantoro, Marwoto, A. Taufiq, H. Kuntastyuti, D.M. Arsyad dan Heriyanto. 2004. *Pengelolaan Tanaman Terpadu (PTT) di lahan masam*. Makalah Lokakarya Pengembangan Kedelai melalui Pendekatan Pengelolaan Tanaman Terpadu di Lahan Masam. BPTP Lampung, 30 September 2004. hlm. 61-72.
- Simarmata, T. 2004. Potensi pemanfaatan *Azotobacter* sp dan cendawan mikoriza arbuskular dalam meningkatkan produktivitas tomat pada sistem hidroponik. *Agrikultura* 15 (1): 38-42.
- Stoato, C, N.D. Boatman, R.J. Borralho, C.R. Carvalho, G.R. de Snoo, P. Eden. 2001, *Ecological impacts of arable intensification in Europe*, *J Environ Manage*, 63(4):337-65.
- Sudaryono, A. Wijanarko, Prihastuti dan Sutarno. 2007. Analisis faktor pembatas pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai di lahan kering masam. *AGRITEK* 15 (4): 783-789.
- Sudiana, I.M., M. Rahmansyah, H. Julistiono dan S. Abdulkadir. 2004. Revegetasi lahan terdegradasi dengan tanaman *Enterolobium cyclocapum* yang diinokulasi dengan rizobium, bakteri pelarut fosfat dan mikoriza. *Agrikultura* 15(1): 5-9.
- Suharjo, U.K. 2001. Efektivitas nodulasi *Rhizobium Japonicum* pada kedelai yang tumbuh di tanah tanpa inokulasi dan tanah dengan inokulasi tambahan. *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia* 3 (1): 31-35.
- Taufiq, A., H. Kuntastyuti, A.G. Manshuri, 2004. Pemupukan dan ameliorasi lahan kering masam untuk peningkatan produktivitas kedelai. *Makalah Lokakarya Pengembangan Kedelai Melalui Pendekatan Pengelolaan Tanaman Terpadu di Lahan Masam*. BPTP Lampung. hlm 21-40.

- Vassileva, M., N. Vassilev, M. Venice dan F. Federici. 2001. Immobilized cell technology applied in solubilization of insoluble inorganic (rock) phosphate and P plant acquisition. *Bioresource Technol.* 79: 263-271.
- Wade, M.K., M. Al-Jabri dan M. Sudjadi. 1986. The effect of liming on soybean yield and acidity parameters of three Red-Yellow Podsolc soils of West Sumatera. *Pemberitaan Penelitian Tanah dan Pupuk* 6: 1-8.
- Walter, J.M. dan B. Paau. 1993. Microbial inoculant production and formulation. P. 579-594. *In.* F. B. Metting (Ed). *Soil Microbial Ecology, Applications in Agricultural and Environmental Management.* Marcel Dekker, Inc, New York.
- Wedhastri, S. dan J. Widada. 2000. Penggunaan rhizobakteria dalam produksi inokulan jamur mikoriza arbuskular. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan* 2 (2): 13-19.
- Zuberer, N.D. 1990. Soil and rhizosphere aspect of N<sub>2</sub> fixing microbe associations. P. 317-353. *In.* J. M Linch (ed) . *The Rhizosphere.* John Wiley and Sons.