

## UPAYA PENGELOLAAN BIOLOGIS LAHAN KERING MASAM ULTISOL *Improving of acid dry land Ultisols by biologically management*

Prihastuti

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

*Abstrak*

*Pengelolaan Ultisol mempunyai prospek yang besar dalam mendukung program perluasan areal tanam komoditas pangan. Permasalahan utama pada lahan ini adalah nilai pH yang rendah, kandungan unsur hara yang rendah dan bersifat toksis. Keadaan ini menjadikan kandungan total mikroba tanah juga rendah.*

*Upaya pengelolaan Ultisol secara fisis dan khemis sudah banyak dilakukan, untuk meningkatkan nilai pH tanah dan ketersediaan hara. Untuk menyempurnakan tindakan pengelolaan Ultisol, maka pengelolaan biologis lahan ini cukup menarik untuk dilakukan. Sekalipun total populasi mikroba rendah, namun keaneka ragaman jenisnya cukup tinggi dan mengandung mikroba bermanfaat. Pengelolaan biologis Ultisol dapat ditempuh melalui masukan mikroba atau dengan memperbaiki lingkungan tumbuh mikroba indigenous yang telah ada, antara lain dengan meningkatkan kadar bahan organik tanah.*

*Kata kunci: Pengelolaan, Ultisol, biologis*

### PENDAHULUAN

Ultisol merupakan salah satu jenis lahan marginal dengan produktivitas rendah, yang disebabkan oleh beberapa faktor antara lain (1) adanya unsur-unsur Al, Fe dan Mn yang bersifat toksis dan (2) defisiensi unsur hara seperti N, P, Ca dan Mg (Ritchie, 1989; Taufiq, *et al.*, 2004). Ultisol merupakan lahan yang miskin mikroba, namun mempunyai keanekaragaman yang cukup tinggi dan sudah bersifat toleran terhadap kondisi lingkungan tumbuh alaminya (Prihastuti *et al.*, 2006). Pendaya-gunaan mikroba tanah yang bermanfaat asal tanah kering masam berpotensi untuk dilakukan dalam rangka mendukung program ekstensifikasi pertanian dan bersifat ramah lingkungan.

Selama ini pemahaman pengelolaan lahan kering lebih difokuskan pada upaya pengelolaan fisik dan khemis seperti pemupukan, ameliorasi dan pencegahan erosi. Pengelolaan biologis Ultisol yang telah dilakukan selama ini, belum dapat menunjukkan hasil yang berarti, sehingga upaya ini menjadi kurang menarik untuk dilakukan. Hal lain yang lebih memprihatinkan, seolah-olah pengelolaan biologis memerlukan biaya operasional yang lebih tinggi.

Tulisan ini akan memaparkan tentang upaya pengelolaan biologis lahan kering masam Ultisol, dengan mempelajari karakteristik, potensi dan kemungkinan pelaksanaannya dalam mendukung upaya peningkatan produktivitas lahan ini. Pada akhirnya dapat digunakan sebagai pertimbangan dalam menentukan apa dan bagaimana strategi pengelolaan biologis lahan kering masam Ultisol yang mudah dimasyarakatkan pada petani.

### POTENSI DAN KARAKTERISTIK ULTISOL

Ultisol merupakan salah satu jenis tanah yang tersebar luas mencapai 45.794.000 ha atau sekitar 25 % dari total luas daratan di Indonesia (Subagyo *et al.*, 2004). Ultisol berkembang dari berbagai bahan induk, mulai dari yang bersifat masam hingga basa (Tabel 1). Dalam luasan yang sangat tinggi, Ultisol di Indonesia belum terkelola dengan baik. Pada skala besar dimanfaatkan sebagai lahan perkebunan, seperti kelapa sawit, karet dan hutan tanaman industri. Pada skala kecil untuk kalangan petani tanaman semusim, pengelolaan Ultisol terkendala oleh faktor ekonomi.

Tabel 1. Luas tanah Ultisol di Indonesia berdasarkan batuan pembentuk tanah

Jenis tanah Ultisol pada tingkat grup	Luas berdasarkan batuan pembentuk tanah (ha)				
	Sedimen	Metamorf	Volkan	Plutonik	Jumlah
Hapludult	24.703.460	185.580	2.231.520	4.770.480	31.891.040
Kandiudults	3.816.600		5.020.100		8.836.700
Palehumults	3.138.120				3.138.120
Plintudults	1.864.000				1.864.000
Paleudults	1.420.520				1.420.520

Sumber: Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat (2000); data diolah

Kandungan hara Ultisol pada umumnya rendah oleh adanya pencucian basa yang berlangsung intensif. Rendahnya kandungan bahan organik pada Ultisol disebabkan oleh proses dekomposisi berjalan cepat dan sebagian terbawa erosi. Horizon argilik umumnya kaya akan Al, sehingga peka

terhadap perkembangan akar tanaman, karena tidak dapat menembus horizon ini dan hanya berkembang di atas horizon argilik (Soekardi *et al.*, 1993). Tabel 2. menunjukkan hasil analisis Ultisol di Lampung Tengah, dengan kandungan hara yang rendah, kejenuhan Al sedang, namun mempunyai nilai KTK sedang.

Tabel 2. Hasil analisis Ultisol di Lampung Tengah.

No.	Parameter	Kedalaman (0-30) cm	Kedalaman (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)

Sumber: Prihastuti dan Sudaryono (2008)

Kajian mikrobiologis Ultisols menunjukkan bahwa populasi mikroba cukup rendah, berkisar antara  $29,4 \cdot 10^1$  hingga  $14,8 \cdot 10^4$  cfu/gram tanah, tetapi keragamannya cukup tinggi dan mengandung beberapa jenis mikroba yang bermanfaat bagi pertumbuhan tanaman (Prihastuti *et al.*, 2006). Pada lahan yang subur mengandung lebih dari 100 juta mikroba per gram tanah (Isroi, 2004). Keadaan ini menunjukkan bahwa dalam upaya meningkatkan kesuburannya, mutlak memerlukan masukan mikroba (Prihastuti *et al.*, 2007).

Beberapa jenis mikroba yang berhasil diisolasi dari lahan kering masam Ultisol bersifat sebagai *beneficial microbe*, meliputi bakteri dan jamur yang aktif dalam melakukan

transformasi unsur hara, terutama nitrogen dan fosfat dan telah bersifat adaptif terhadap lingkungan tumbuhnya. *Beneficial microbe* yang ditemukan ada yang bersifat simbiosis dan non simbiosis (hidup bebas).

Prihastuti (2007<sup>a</sup>) telah berhasil melakukan isolasi dan *screening* bakteri penambat nitrogen non simbiotik dari Ultisol Lampung Tengah. Ada 8 isolat bakteri penambat nitrogen non simbiotik yang bersifat gram positif dan 5 isolat bersifat gram negatif. Semua jenis bakteri penambat nitrogen yang berhasil diisolasi mempunyai kemampuan untuk membentuk *pellicle*, yaitu selaput tipis yang terbentuk pada permukaan media, berwarna putih dan dapat digores pada media padat untuk proses pemurnian

(Hamdi, 1982). Berdasarkan hasil analisis khromatografi gas diketahui bahwa aktivitas penambatan nitrogen dari isolat-isolat bakteri terseleksi berkisar antara 0,15 hingga 1,53 mMol/100 ml medium per jam.

Prihastuti, *et al.* (2007) melaporkan bahwa jenis-jenis mikroba pelarut fosfat dari Ultisol meliputi bakteri dan jamur yang hidup bebas (non simbiotik) dan jamur yang simbiotik, yang dikenal dengan sebutan mikoriza. Di antara mikroba pelarut P yang sudah teruji diperoleh 54 isolat (34 isolat jamur dan 20 isolat bakteri) yang berpotensi melarutkan P dari sumber  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  dan batuan fosfat. Terdapat 38 isolat (18 isolat dari kelompok jamur dan 20 isolat dari kelompok bakteri) dengan sumber P dari  $\text{Ca}_3\text{PO}_4$  dan 45 isolat mikroba (31 isolat dari kelompok jamur dan 14 isolat dari kelompok bakteri) yang mampu melarutkan P dari batuan fosfat. Sedangkan jumlah mikroba yang dapat melarutkan kedua macam senyawa P tersebut adalah sebanyak 29 isolat (15 isolat dari kelompok jamur dan 14 isolat dari kelompok bakteri).

Berdasarkan bentuk spora yang ada, setidaknya ada 8 jenis mikoriza di lahan Ultisol Lampung Tengah (Gambar 3). *Gigaspora margarita*, *Glomus moseae*, dan *Glomus versiforme* merupakan jenis mikoriza yang mempunyai daerah penyebaran cukup luas (Prihastuti, 2007<sup>b</sup>). Dalam upaya mengembangkan pemanfaatan mikoriza di lahan kering masam dapat diawali dengan melakukan isolasi dan perbanyak jenis-jenis mikoriza yang dominan untuk kemudian di-introduksi ke lahan tersebut.

#### UPAYA PENINGKATAN KESUBURAN LAHAN ULTISOL

Sekalipun Ultisol mempunyai potensi yang tinggi untuk pengembangan pertanian lahan kering, namun dalam pelaksanaannya masih menghadapi kendala karakteristik tanah yang dapat menghambat pertumbuhan tanaman. Aryantha (2002) menjelaskan ada tiga konsep untuk memperbaiki kesuburan tanah yaitu yang berwawasan lingkungan atau berkelanjutan adalah *Low External Input Agriculture* (LEIA), *Low External Input Sustainable Agriculture* (LEISA) dan pertanian modern yang tergantung dengan bahan kimia

adalah *High External Input Agriculture* (HEIA).

LEIA adalah sistem yang memanfaatkan sumberdaya lokal yang sangat intensif dengan sedikit atau sama sekali tidak menggunakan masukan dari luar, sehingga tidak terjadi kerusakan sumberdaya alam. Kegiatan ini meliputi pendauran hara di dalam usahatani dengan sumber-sumber yang berasal dari luar usaha tani, untuk menambahkan hara ke dalam tanah. Bahan-bahan yang digunakan antara lain: sampah, kompos, atau limbah lainnya, juga dapat dilewatkan melalui ternak atau pengembalian sisa-sisa biomassa hasil panen. Pendauran hara di dalam petak pertanaman, biasanya melibatkan tanaman legum (*cover crop*) untuk memenuhi sebagian besar kebutuhan N pada tanaman pokok.

HEIA adalah sistem pertanian yang menggunakan masukan dari luar (secara berlebihan). Umumnya berupa bahan-bahan agrokimia konvensional yang memang disengaja dibuat untuk input produksi. Sistem ini sangat tergantung pada senyawa kimia sintesis (pupuk, pestisida, zat pengatur tumbuh), sehingga dapat berpengaruh buruk pada keseimbangan lingkungan dan kesehatan manusia. Namun demikian sistem pertanian ini lebih menjadi pilihan untuk dilakukan, karena dampak terhadap hasil tanaman lebih cepat dirasakan, terlebih oleh para agronomis yang kurang memahami kesehatan lingkungan.

LEISA adalah sistem pertanian dengan masukan rendah, tetapi mengoptimalkan pemanfaatan sumberdaya alam (tanah, air, tumbuhan dan hewan), manusia (tenaga, pengetahuan dan keterampilan) yang tersedia di tempat dan layak secara ekonomis, mantap secara ekologis, adil secara sosial dan sesuai dengan budaya lokal. Ciri-ciri sistem ini antara lain berupaya mengoptimalkan pemanfaatan sumberdaya lokal dengan mengkombinasikan berbagai komponen sistem usahatani (tanaman, hewan, tanah, air, iklim dan manusia), untuk saling melengkapi dan memberikan efek sinergi yang luar biasa.

Prinsip dasar LEISA adalah menjamin kondisi tanah yang mendukung pertumbuhan tanaman, khususnya dengan mengelola bahan organik dan meningkatkan kehidupan mikroba tanah, mengoptimalkan ketersediaan dan menyeimbangkan aliran unsur hara, khususnya melalui penambatan nitrogen, pendaur-ulangan unsur hara dan pemanfaatan pupuk luar

sebagai pelengkap, meminimalkan kerugian sebagai akibat radiasi matahari, udara dan air dengan pengelolaan iklim mikro, pengelolaan air dan pengendalian erosi, saling melengkapi dan sinergi dalam penggunaan sumberdaya genetik yang mencakup penggabungan dalam sistem pertanian terpadu dengan tingkat keanekaragaman fungsional tinggi.

Selama ini upaya untuk mengatasi kendala kemasaman dan kejenuhan Al yang tinggi pada Ultisol dilakukan pengapuran. Bahan kapur yang umum digunakan adalah batu kapur (*lime stone*), kapur bakar (*burned lime*) dan kapur terhidratasi (*hydrated lime*). Batu kapur tersusun oleh kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) dan magnesium karbonat ( $\text{MgCO}_3$ ). Jika batu kapur tidak atau sedikit mengandung Mg disebut batu kalsit (*calcite*). Batu kapur yang disusun oleh mineral  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  dinamakan batu dolomit. Dalam batuan ini kandungan  $\text{CaCO}_3$  dan  $\text{MgCO}_3$  berimbang (Tisdale dan Nelson, 1975). Penggunaan batu

dolomit pada tanah masam akan lebih baik daripada batu kalsit, sebab dolomit mengandung hara Ca dan Mg secara berimbang.

Beberapa upaya introduksi mikroba di lahan kering masam telah dilakukan melalui pemberian pupuk hayati. Teknologi pupuk hayati di Indonesia sudah berkembang cukup lama (Tabel 3). Keinginan untuk menciptakan sistem pertanian berkelanjutan mendorong untuk berkembangnya kegiatan ini. Prinsip dasar pemanfaatan pupuk hayati adalah mendayagunakan aktivitas mikroba untuk membantu pertumbuhan tanaman, tanpa terjadi residu kimia pada lingkungan (Prihastuti, 2007). Berkembangnya pupuk hayati ini setelah diketahui adanya potensi mikroba-mikroba tanah dalam penyediaan unsur hara bagi tanaman, meningkatkan produktivitas tanaman dan bersifat ramah lingkungan (Walter dan Paau, 1993).

Tabel 3. Beberapa merk dagang pupuk hayati komersial di Indonesia.

Merk dagang	Komponen biologi	Produsen
M-Bio	Bakteri pelarut P, <i>Lactobacillus</i> sp, yeast dan <i>Azospirillum</i>	PT. Hayati Lestari, Tasikmalaya
OST-Rajawali	<i>Azotobacter</i> , <i>Agrobacterium</i> , <i>Aspergillus</i> , <i>Azospirillum</i> , <i>Rhizobium</i> , Mycorrhiza	PT. Rajawali Phara Jaya, Jakarta
ABG-Bios	Penambat N non-simbiotik, Dan bakteri pelarut P	ABG-Team, Bangkit Pertanian Organik Indonesia
Emas	<i>Azospirillum lipoverum</i> , <i>Azotobacter beijerinckii</i> , <i>Aeromonas punctata</i> dan <i>Aspergillus niger</i>	PT. Bioindustri Nusantara, Purwakarta
Agrobost	Mikroba <i>indigenous</i> , <i>Azotobacter</i> , <i>Azospirillum</i> , mikroba pelarut P, <i>Lactobacillus</i> , mikroba selulolitik	CV. Agrindo Cipta Mandiri
Nodulin-Plus	<i>Azospirillum</i> , cendawan pelarut P	Balai Penelitian Biotek-nologi Tanaman Pangan
Spora Jamur Mikoriza	Spora mikoriza <i>Gigaspora margarita</i>	Pusat Penelitian Perke-bunan Jember
Technofert 2000	Mikoriza vesikular-arbuskular	BPP Teknologi, Serpong
Legin	<i>Rhizobium</i>	Fakultas Pertanian, UGM
Biofosfat	Jamur pelarut P <i>Aspergillus niger</i>	Fakultas Pertanian, UGM
Bio P2000Z	Mikroba selulolitik, <i>Lactobacillus</i> sp, <i>Pseudomonas</i> sp, mikroba heterotrof, <i>Azotobacter</i> sp, yeast, <i>Streptomyces</i> sp	PT. Alam Lestari maju Indonesia
Effective-microorganisms	<i>Lactobacillus</i> sp, <i>Streptomyces</i> sp, yeast	PT. Songgolangit Persada, Jakarta

Sumber: <http://www.google.co.id>

Selama ini informasi keberhasilan pada aplikasi pupuk hayati, terutama pada lahan-lahan marjinal seperti Ultisol masih sangat terbatas. Dari beberapa laporan penelitian, tampak bahwa hasil positif manfaat pupuk hayati, lebih banyak dikemukakan oleh

penemunya. Meningkatnya jumlah dan jenis pupuk hayati di pasaran, belum sebanding dengan keinginan petani untuk menggunakannya secara berkesinambungan. Masih diperlukan peningkatan kualitas pupuk hayati dan pemasarannya, agar manfaat

pupuk hayati dapat segera dirasakan oleh kalangan petani.

**ASPEK BIOLOGI KESUBURAN  
ULTISOL DAN PROSPEK  
PENGEMBANGAN *BENEFICIAL  
MICROBE***

Tanah dikatakan subur bila mempunyai kandungan dan keragaman biologi yang tinggi (Tabel 4). Mikroorganisme tanah mempunyai peranan yang penting dalam kesuburan tanah, oleh peranannya di dalam siklus energi, siklus hara, pembentukan agregat tanah dan menentukan kesehatan tanah.

Tabel 4. Jumlah maksimum dan biomassa (berat hidup) organisme tanah pada tanah subur.

Jenis organisme	Kemelimpahan (sel/m <sup>2</sup> )	Biomassa (g/m <sup>2</sup> )
Bakteri	3 x 10 <sup>14</sup>	300
Fungi		400
Protozoa	5 x 10 <sup>8</sup>	38
Nematoda	10 <sup>7</sup>	12
Cacing tanah	10 <sup>5</sup>	132
Mites	2 x 10 <sup>5</sup>	3
Springtails	5 x 10 <sup>4</sup>	5
Invertebrata lainnya (snails, millipedes, etc)	2 x 10 <sup>3</sup>	36

Sumber: *B.N. Richards (1974)*

Diketahui bahwa lahan kering masam Ultisol mempunyai kandungan mikroba yang rendah (berkisar antara 29,4.10<sup>1</sup> hingga 14,8.10<sup>4</sup> cfu/g tanah). Pengelolaan biologi Ultisol ini dimaksudkan untuk dapat meningkatkan populasi mikroba dan memperkaya biodiversitasnya. Upaya yang dapat dilakukan antara lain adalah introduksi mikroba pada lahan tersebut atau dengan memberikan lingkungan tumbuh yang sesuai bagi mikroba yang ada, sehingga dapat tumbuh berkembang dengan lebih baik.

Kehadiran bakteri penambat nitrogen non simbiotik memungkinkan untuk terjadinya penyediaan unsur nitrogen bagi tanaman di atasnya melalui proses fiksasi nitrogen dari udara. Mikroba pelarut fosfat diketahui mampu mengekskresikan beberapa bentuk senyawa kimia seperti asam formiat, asetat, propionat, laktat, glikolat, fumarat dan suksinat (Schinner, *et al.*, 1996). Aktivitas mikroba pelarut fosfat untuk memotong ikatan P yang terjerap pada lahan masam Ultisol, akan meningkatkan ketersediaan P secara alami. Mekanisme asam organik dalam meningkatkan ketersediaan P tanah antara lain melalui anion organik bersaing dengan ortofosfat pada permukaan koloid yang bermuatan positif (Nagarajah, *et al.*, 1970; Lopez-Hernandez, *et al.*, 1979); pelepasan ortofosfat dari ikatan logam P tertentu melalui

pembentukan kompleks logam-organik (Earl, *et al.*, 1979) dan modifikasi muatan permukaan koloid oleh ligan organik (Nagarajah, *et al.*, 1970; Kwong and Huang, 1979).

Mikoriza vesikular arbuskular diketahui mampu tumbuh dan berkembang dengan baik pada lingkungan yang kurang menguntungkan bagi pertumbuhan mikroba tanah lainnya (Keltjen, 1997). Kehadirannya dapat memberikan manfaat positif bagi tanaman inang yang diinfeksi dalam penyediaan air dan unsur hara terutama P yang diperlukan untuk pertumbuhan tanaman (Bethlerfalvay, 1992). Prihastuti dan Sudaryono (2006) menyatakan bahwa tingkat infeksi akar, tidak ditentukan oleh jumlah spora yang ada, namun oleh kemampuan mikoriza dan tanggap perakaran tanaman untuk berlangsungnya proses infeksi. Donahoe, *et al.* (1983) menyatakan bahwa tingkat infeksi akar oleh mikoriza dipengaruhi oleh tingkat kepekaan inang, iklim dan tanah. Prihastuti, *et al.* (2006) menyatakan bahwa komoditas tanaman dan pH tanah mempengaruhi jumlah spora pada risosfer.

Memperhatikan keaneka ragaman jenis mikroba tanah, yang sebagian tergolong dalam *beneficial microbe*, maka pemeliharaan *indigenous microbe* asal Ultisol ini memungkinkan untuk dilakukan. Teknik pemeliharaan mikroba tanah pada lingkungan

tumbuhnya dapat dilakukan dengan menambah nutrisi/hara yang diperlukan untuk kehidupannya. Mempertimbangkan tabel 2, maka perlu adanya masukan bahan organik untuk meningkatkan kadar unsur hara dan memperbaiki lingkungan tumbuh bagi mikroba di dalamnya. Apabila akan dilakukan input/masukan mikroba dari luar, maka diupayakan yang tahan dalam kondisi masam. Hal yang perlu diperhatikan adalah mempertahankan proporsional keaslian populasi mikroba *indigenous*, sehingga peningkatan total populasi mikroba tidak mempengaruhi kestabilan lingkungan tumbuhnya.

### **FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI EFEKTIVITAS PUPUK HAYATI DI LAHAN ULTISOL**

Keanekaragaman jenis *beneficial microbe* asal lahan kering masam Ultisol mempunyai potensi untuk dikembangkan sebagai pupuk hayati, yang dapat diaplikasikan kembali untuk peningkatan produktivitasnya. Komponen pupuk hayati terdiri dari sel-sel mikroba yang terformulasi secara khusus untuk menimbulkan peran dan manfaatnya (Handayani dan Erfieni, 2001). Secara umum ada beberapa faktor yang harus diperhatikan dalam membuat formulasi *beneficial microbe* sebagai pupuk hayati, untuk menjamin amannya peranan dari masing-masing mikroba penyusunnya. Pasaribu *et al.* (1989) menyatakan bahwa efektivitas pupuk hayati dipengaruhi oleh faktor strain mikroba yang ada di dalamnya, lingkungan tumbuh dan genotipe tanaman. Ketiga faktor tersebut saling berkaitan satu sama lain dan merupakan kunci pokok keberhasilan introduksi pupuk hayati. Diketahui bahwa Ultisol mempunyai banyak faktor yang membatasi pertumbuhan tanaman, padahal faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman sama juga yang mempengaruhi kehidupan mikroba dalam tanah.

Shantharam dan Mattoo (1997) menyatakan bahwa galur-galur mikroba untuk pupuk hayati sebaiknya diisolasi dari daerah tertentu dan diinokulasikan kembali ke lingkungan yang sama untuk menjamin kemampuan adaptasinya. Arimurti *et al.* (2000) menyatakan bahwa perlu memperhitungkan daya kompetisi populasi mikroba *indigenous* daripada yang diintroduksi. Freire (1977) menyatakan

bahwa galur-galur *indigenous* memiliki daya adaptasi, efisiensi dan daya kompetisi yang relatif lebih baik daripada galur introduksi. Triplett dan Sadowsky (1992) menyatakan bahwa di samping kompetisi, juga konsistensi galur-galur mikroba introduksi akan mempengaruhi keberhasilan introduksi pupuk hayati.

### **PENUTUP**

Peningkatan produktivitas Ultisol dapat ditempuh secara biologis dengan memanfaatkan aktivitas mikroba tanah yang terkandung di dalamnya. Ada beberapa jenis *beneficial microbe* yang berhasil diisolasi dari lahan Ultisol, Lampung Tengah, meliputi bakteri penambat nitrogen non simbiotik, bakteri dan jamur pelarut fosfat serta mikoriza vesikular arbuskular. Ada dua pilihan teknologi untuk mengelola lahan Ultisol secara biologis, yang membutuhkan strategi untuk menjamin perkembangan dan aktivitas jenis-jenis mikroba yang bermanfaat.

Isolat-isolat murni *beneficial microbe* perlu dikembangkan dalam bentuk formulasi sebagai agen hayati yang dapat diaplikasikan kembali untuk pengembangan lahan Ultisol. Hal lain yang dapat dilakukan adalah mengembangkan *indigenous microbe* yang bersifat *beneficial microbe* dengan memelihara lingkungan tumbuhnya secara alami. Hubungan antar mikroba tanah yang bermanfaat dapat saling mendukung aktivitasnya dalam membantu pertumbuhan tanaman dan hubungan sinergisme yang baik antara mikroba dengan tanaman akan memberikan dampak positif pada hasil tanaman.

### **DAFTAR PUSTAKA**

- Arimurti, S. Sutoyo dan R. Winarsa. 2000. Isolasi dan karakterisasi rhizobia asal pertanaman kedelai di sekitar Jember. *Jurnal Ilmu Dasar* 1 (2): 39-47.
- Aryantha, I.P. 2002, Development of Sustainable Agricultural System, *One Day Discussion on The Minimization of Fertilizer Usage*, Jakarta: Menristek-BPPT, 6th May 2002,
- Bethlerfalvay dan R. G. Linderman. 1992. Mycoorhizae in Sustainable Agriculture. ASA, SSSA, Madison, Wisconsin. Pp. 45-70

- Donahue, R. L., R. W. Miller and J. C. Shickluna. 1983. Soil in Introduction to Soil and Plant Growth. New Jersey : Prentice Hall. 138 pp.
- Earl, K. D., J. K. Syers and J. R. Mc Laughlin. 1979. Origin of the effect of citrate, tartarate and acetate on phosphate sorption by soils and synthetic gel. *SSSAJ*. 43:474-678.
- Freire, J. R. J. 1977. Inoculation of soybean. In. J. M. Vincent, A. S. Whitney dan J. Bose (eds). Exploiting the legume-rhizobium symbiosis in tropical agricultural. Dept. Agron. *Soil Sci*. Hawaii.
- Hamdi, Y.A. 1982. *Application of nitrogen-fixing systems*. In. *Soil Improvement and Management*. Rome. Food and Agriculture Organization of The United Nation. 36 pp.
- Handayani, I. P. and Y. Erfieni. 2001. Kajian Daya Biofertilizer dalam Mensubstitusi Pupuk Kimia Sekaligus Meningkatkan Produksi Padi Gogo di Tanah Tropudult. *Laporan penelitian* Bengkulu: Fakultas Pertanian Universitas Bengkulu.
- Isroi. 2004. Bioteknologi Mikroba untuk Pertanian Organik. Harian Kompas, 17 Desember 2004.
- Keltjen, W. G. 1997. Plant adaptation and tolerance to acid soils; its possible Al avoidance. A review. In. Plant-Soil interactions at low pH. Sustainable agriculture and forestry production. Eds. A. C. Moniz, A. M. C. Furlani, R. E. Schaffert, N. K. Fageria, C. A. Rosolem and H. Cantarella. Pp. 159-164. Brazilian Soil Sci. Soc., Campinas, Brazil.
- Kwong, K. F. and P. M. Huang. 1979. Surface Activity of Alluminium Hydroxide Precipitated in The Presence of Lows Molecular Weight Organic Acid. *SSSAJ*. 43:1107-1113.
- 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. 220 pp.
- Lopez-Hernandez, D., D. Plores, G. Siegert and J. V. Rodriguez. 1979. The Effect of Some Organic Anions on Phosphate Removal from Acid and Calcareous Soils. *Soil Science* 128: 321-326.
- Nagarajah, S., A. M. Posneer and J. P. Quirk. 1970. Desorption of P from Caolinite by citrate and bicarbonate. *SSSAJ* 32: 507-510
- 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.
- Prihastuti. 2007<sup>a</sup>. Peluang dan tantangan aplikasi pupuk hayati pada tanaman kacang-kacangan. *Agritek* 15(3): 617-624.
- \_\_\_\_\_. 2007<sup>b</sup>. Isolasi dan Karakterisasi Mikoriza Vesikular Arbuskular di Lahan Kering Masam, Lampung Tengah. *Berkala Penelitian HAYATI* 2 (2): 99-106.
- \_\_\_\_\_. dan Sudaryono. 2006. *Tingkat kemelimpahan Mikoriza Vesikular Arbuskular di Lahan Kering Masam. Makalah Seminar Nasional Pengendalian Pencemaran Lingkungan Pertanian Melalui Pendekatan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai secara Terpadu*. Semarang: Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret-HITI Jawa Tengah-Balai Penelitian Lingkungan, tanggal 28 Maret 2006
- \_\_\_\_\_. dan \_\_\_\_\_. 2008. Evaluasi input agen hayati pada budi daya kedelai di lahan kering masam Lampung Tengah. *AGRIN* 12 (1): 56-66
- \_\_\_\_\_. Tri Wardani, Sudaryono dan A. Wijanarko. 2006. Studi diagnostik biologi lahan kering masam. *Laporan Penelitian* tahun 2005. Malang: Balai Penelitian Tanaman Kacang-Kacangan dan Umbi-Umbian. 10 hlm.

- \_\_\_\_\_, Arif Harsono dan Sudaryono. 2007. Kajian Pupuk Hayati pada Tanaman Kedelai di Lahan Kering Masam. *Laporan Akhir Penelitian Tahun 2006*. Malang: Balai Penelitian Tanaman Kacang-Kacangan dan Umbi-Umbian.
- Pusat penelitian Tanah dan Agroklimat. 2000. Atlas Sumberdaya Tanah Eksplorasi Indonesia Skala 1:1.000.000. Bogor: Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat,
- Richards, B. N. 1974. The microbiology of terrestrial ecosystems. New York: Longman Scientific and Technical. 399 pp.
- Ritchie, G.S.P., 1989. *The Chemical Behaviour of Aluminium, Hydrogen and Manganese in Acid Soils*. p.1 – 49. IN Robson A. D. (Ed.). Soil acidity and plant growth. Acad. Press. Harcourt Brace Jovanovich, Publishers.
- Schinner, F, E. Kandeler, R. Ohlinger and R. Margesin. 1996. Methods in Soil Biology. New York : Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 438 pp.
- Shantharam, S. dan A. K. Mattoo. 1997. Enhancing biological nitrogen fixation: An appraisal of Current and Alternative Technologies for N Input into Plants. *Plant and Soil* 194: 205-216.
- Soekardi, M., M. W. Retno dan Hikmatullah. 1993. *Inventarisasi dan karakteristik lahan alang-alang. Prosiding Seminar Lahan Alang-Alang*. Bogor. Hlm. 1-18
- Subagyo, H., N. Suharta dan A. B. Siswanto. 2004. Tanah-tanah Pertanian di Indonesia. Bogor : Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. Hlm. 21-66.
- 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*. Lampung: BPTP hlm 21-40.
- Tisdale, S. and W. Nelson. 1975. Soil Fertility and Fertilizer. New York : McMillan,. 694 p.
- Triplet, E. W. dan M. J. Sadowsky. 1992. Genetics of Competition for Nodulation of Legumes. *Annu. Rev. Microbiol.* 46: 399-428.
- Walter, J.M. and B. Paa. 1993. *Microbial Inoculant Production and Formulation*. P. 579-594. In. F. B. Metting (Ed). Soil Microbial Ecology, Applications in Agricultural and Environmental Management. New York: Marcel Dekker, Inc.,