

PEMBERDAYAAN SUMBERDAYA HAYATI TANAH UNTUK REHABILITASI TANAH ULTISOL TERDEGRADASI

Empowerment of Soil Biological Resources for Rehabilitation of Degraded Ultisols

Subowo G.

sub_gito@yahoo.com

Balai Penelitian Tanah Jl. Tentara Pelajar No.12, Bogor 16114

Naskah diterima 12 Juli 2012; hasil evaluasi 31 Juli 2012; hasil perbaikan 16 Oktober 2012

ABSTRAK

Ultisol merupakan salah satu tanah tua, terdapat horizon argilik/iluviasi yang padat, mengalami pencucian intensif, tanah lapisan atas tipis, kesuburan rendah, dan tanah banyak mengalami degradasi. Sejalan permasalahan tersebut, upaya rehabilitasi tanah *Ultisol* terdegradasi di kawasan *megabiodiversity* seperti halnya di Indonesia dapat diupayakan dengan pemberdayaan sumberdaya hayati tanah. Fauna tanah yang mampu membuat liang di dalam tanah dapat mengurangi erosi dan pencucian hara, mikroba pelarut P dapat meningkatkan ketersediaan P tanah, mikroba penambat N₂-bebas dapat meningkatkan ketersediaan hara N tanaman, dan pengkayaan populasi organisme tanah lainnya untuk meningkatkan daur hara dan konservasi C-organik tanah. Untuk mewujudkan peranan organisme tanah tersebut perlu diikuti pemberian bahan organik ataupun pupuk sebagai sumber hara dan energi, serta pengendalian jenis dan jumlah populasi organisme tanah yang memiliki peranan penting dalam memperbaiki kesuburan tanah sesuai dengan target perbaikan yang diharapkan.

Kata kunci: Ultisol terdegradasi, pemberdayaan hayati tanah, pupuk dan bahan organik

ABSTRACT

Ultisol is one of the highly weathered soils, with solid argillic or illuvial horizon, intensive leaching, a thin top layer, low fertility, and a lot of soil degradation. Along these problems, attempts to rehabilitate degraded Ultisols in megabiodiversity areas like Indonesia could be performed by empowering soil biological resources. Soil fauna having ability to create soil pores could reduce erosion and nutrient leaching, microbes have ability to dissolved P and P-availability, microbes able to fix N₂ from atmosphere to increase soil nutrient, and the enrichment of populations of other soil organisms to improve nutrient cycling and soil C-organic preservation. To achieve the role of soil microorganisms, it is necessary to apply organic matter as sources of nutrients and energy, controlling the type and number of populations of soil organisms which have an important role in improving soil fertility according to the expected targets.

Keywords: Degraded Ultisol, empowerment of biological soil, fertilizer and organic materials

Sejalan dengan proses pembentukannya, tanah di Indonesia di dominasi tanah masam dengan ketebalan tanah lapisan atas tipis dan terjadi iluviasi liat di lapisan bawah. Kurang lebih 63% tanah di kawasan tropika basah adalah Oksisol dan Ultisol yang merupakan jenis tanah tua, laju pelapukan tinggi dan kesuburan tanah rendah (Lal, 1995). Di Indonesia tanah Ultisol mempunyai luas ± 45,8 juta ha atau ± 24% luas daratan (Subagyo *et al.*, 2000). Curah hujan, erosi dan laju pelapukan

yang tinggi di kawasan tropika basah mengakibatkan terjadinya iluviasi liat dan pemadatan di lapisan argilik, pencucian basa-basa, pH tanah masam, sematan P tinggi, permeabilitas rendah dan tanah lapisan atas (lapisan olah) cepat mengalami jenuh air. Afandi *et al.* (1997) menyatakan bahwa selain erosi masalah yang dihadapi pada tanah Ultisol untuk usaha pertanian adalah kepadatan tanah pada lapisan di bawah lapisan olah. Pada kondisi menurunnya daya dukung tanah untuk tanaman

ini dapat dikatakan tanah telah mengalami penurunan nilai fungsionalnya atau tanah telah mengalami degradasi.

Menurut Staben *et al.* (1997) degradasi tanah terjadi akibat (1) kemunduran sifat kimia: karena kehilangan hara dan bahan organik, penggaraman, pemasaman, dan pencemaran, (2) kemunduran sifat fisik: karena erosi, pemadatan, penggenangan, serta menurunnya permukaan air tanah, dan (3) kemunduran biologi: karena menurunnya populasi dan aktivitas organisme tanah. Selanjutnya Moss (1981) menyatakan bahwa ada 3 faktor penting mengatasi permasalahan perbaikan tanah tropika (1) bahan organik penting dalam pengendalian air dan aktivitas kimia tanah, (2) organisme tanah penting dalam penyediaan dan pengendalian hara, dan (3) pengembangan sistem perakaran penting dalam pencegahan erosi. Subowo *et al.* (2002) mendapatkan bahwa aplikasi cacing tanah *endogaesis* (*Pheretima hupiensis*) dengan diikuti pemberian bahan organik secara vertikal sampai pada lapisan argilik pada tanah Ultisol Banten dapat memperbaiki kesuburan tanah melalui penurunan berat isi lapisan argilik, meningkatkan pembentukan bintil akar sampai lapisan lebih dalam, dan meningkatkan produksi kedele.

Tanah pada prinsipnya merupakan suatu sistem kehidupan yang kompleks dan dinamis yang didalamnya mengandung berbagai jenis organisme dengan beragam fungsi untuk menjalankan berbagai proses vital bagi kehidupan terestrial. Organisme yang hidup di dalam tanah dapat berupa akar-akar tanaman, fauna, fungi (cendawan), alga, dan bakteri. Fauna dan fungi merupakan organisme heterotrof yang dalam hidupnya membutuhkan hara dan energi dari senyawa organik tanah. Sedang akar tanaman, alga dan sebagian besar bakteri merupakan organisme autotrof yang membutuhkan hara-hara anorganik.

Organisme heterotrof memecahkan senyawa-senyawa organik kompleks dan dilepaskan menjadi senyawa/unsur-unsur sederhana (anorganik) yang selanjutnya dapat

dimanfaatkan oleh organisme autotrof/termasuk tanaman sebagai sumber hara.

Dari gambaran di atas menunjukkan bahwa peranan sumberdaya hayati tanah sangat penting dalam mengendalikan dan menyediakan hara bagi tanaman. Indonesia yang merupakan negara *megabiodiversity* memiliki potensi yang sangat besar untuk meningkatkan produktivitas dan daya saing produksi pertanian melalui pemberdayaan sumberdaya hayati tanah yang ada. Terganggunya aktivitas hayati tanah merupakan salah satu faktor penyebab terjadinya degradasi lahan pertanian di Indonesia. Fauna tanah yang cepat melakukan migrasi ke lahan baru adalah dari jenis semut kecil (*Hymenoptera*) dan *Colembola*, sementara cacing tanah mulai bermigrasi ke lahan baru apabila tersedia tanah dan bahan organik (Subowo *et al.*, 2012). Untuk memberdayakan aktivitas sumberdaya hayati tanah hendaknya diimbangi perlakuan pemberian energi dan hara bagi kehidupan hayati tanah, baik berupa amelioran ataupun pupuk (organik maupun anorganik) sesuai dengan yang dibutuhkan oleh organisme target.

PERMASALAHAN REHABILITASI ULTISOL TERDEGRADASI

Tanah Ultisol merupakan salah satu ordo tanah dengan karakteristik mempunyai horison argilik atau kandik dengan kejenuhan basa <35%. Tanah Ultisol banyak ditemukan pada wilayah dengan curah hujan yang tinggi dan pelapukan intensif, basa-basa yang ada didalamnya banyak mengalami pencucian dan terjadi iluviasi liat di lapisan bawah. Di Indonesia Ultisol banyak ditemukan di daerah dengan bahan induk batuan tua, topografi berombak sampai berbukit, bersifat masam, dan merupakan bagian terluas dari lahan kering yang belum dimanfaatkan untuk pertanian (Hardjowigeno, 1993). Topografi berombak sampai berbukit mengakibatkan tidak mudah untuk dilakukan pengolahan tanah secara mekanik. Pengadaan infrastruktur juga terbatas, sehingga kegiatan usahatani pada tanah-tanah

Ultisol menjadi sulit dan mahal. Upaya mempertahankan kesuburan tanah dengan berbasis pada input tinggi sulit dilakukan, akibatnya pada Ultisol ini banyak mengalami degradasi.

Rehabilitasi tanah Ultisol lahan kering terdegradasi secara kuratif dengan pengadaan bangunan konservasi tanah dan air, pemberian bahan organik, pupuk ataupun amelioran telah banyak diupayakan. Pada skala penelitian yang terkendali peranan beberapa bangunan konservasi yang diterapkan di lapang telah memberikan hasil yang menggembirakan. Pembangunan teras gulud, teras bangku, rorak, pengolahan tanah minimum, pengolahan tanah sejajar kontur, pemanfaatan mulsa telah berhasil menekan laju erosi, menahan kehilangan air, dan meningkatkan produksi pertanian. Namun teknologi konservasi ini belum diterapkan sepenuhnya oleh petani dalam melakukan kegiatan usahatannya. Irawan *et al.* (1989) menyatakan bahwa pengelolaan usahatani lahan kering sistem teras bangku belum efisien ditinjau dari aspek ekonomi pada tingkat harga nominal yang berlaku. Dalam waktu singkat teras bangku dapat mencegah erosi, tetapi dalam jangka waktu tersebut belum dapat mengembalikan modal yang diinvestasikan.

Masalah yang dihadapi selain terbatasnya kemampuan untuk pengadaan bangunan konservasi, juga tidak dilakukan secara menyeluruh/serentak oleh seluruh petani yang berada di hamparan tersebut. Sementara keterkaitan di antara lahan petani lahan kering yang berada pada satu toposequen pada prinsipnya saling berinteraksi oleh adanya aliran air permukaan, sehingga tanpa adanya kebersamaan antar pemilik lahan upaya pencegahan degradasi lahan ini sulit diupayakan. Bahkan dengan pemilikan lahan yang sempit, pengurangan luas lahan untuk bangunan konservasi juga dirasakan akan mengurangi kapasitas produksi. Giller *et al.* (1997) dalam upaya mendukung pengembangan pertanian intensif di kawasan tropika yang sebagian besar petaninya memiliki kemampuan memberikan input/pupuk lemah, pemberdayaan sumberdaya hayati tanah relevan untuk diupayakan.

Langkah-langkah penting untuk pemberdayaan sumberdaya hayati tanah untuk rehabilitasi tanah Ultisol terdegradasi antara lain sebagai berikut:

Pemberdayaan hayati tanah untuk mengatasi erosi tanah *Ultisol*

Proses terjadinya erosi tanah diawali oleh adanya aliran permukaan yang dapat mengikis permukaan tanah, sehingga ketebalan tanah lapisan atas menjadi menipis. Hal ini terjadi karena kapasitas resapan air permukaan (perkolasi-infiltrasi) lebih rendah dibanding jumlah air permukaan yang ada (air hujan). Tahanan aliran air perkolasi-infiltrasi pada tanah Ultisol diperkuat oleh adanya lapisan argilik. Untuk meningkatkan resapan air ke dalam tanah belakangan ini teknologi *Biopori* banyak dikembangkan di beberapa kota, seperti Jakarta, Yogyakarta, dan lain-lain. yang memiliki potensi terjadinya banjir akibat meluapnya aliran air sungai. *Biopori* adalah lubang-lubang di dalam tanah yang terbentuk akibat berbagai aktifitas organisme didalamnya seperti, cacing, perakaran tanaman, rayap dan fauna tanah lainnya (Anonim, 2011). Lubang-lubang yang terbentuk akan terisi udara, dan akan menjadi tempat berlalunya air di dalam tanah. Dariah *et al.* (2003) mendapatkan bahwa tanah dengan porositas > 65% dengan pori makro > 24% dan permeabilitas tanah > 9 cm/jam, erosi tanah < 2 ton/ha/th. Sedang tanah dengan porositas < 60% dengan pori makro < 13% dan permeabilitas tanah < 3 cm/jam, erosi tanah selama 3 bulan mencapai 37 t/ha (148 t/ha/th). Tanpa pemecahan lapisan liat di bawah permukaan (argilik) dan peningkatan resapan air, penipisan tanah lapisan atas terus berlangsung akibat aliran permukaan dan erosi tanah semakin kuat.

Melalui organisme tanah yang dalam siklus hidupnya dapat membuat liang dalam tanah (*burrower*), seperti cacing tanah, semut, rayap, jangkrik, dan lain-lain. akan mampu membuka lapisan padat tersebut dan meningkatkan kapasitas perkolasi-infiltrasi tanah. Fender and Fender (1990) menyatakan bahwa cacing tanah

indigenus biasanya hidup pada tanah bertekstur halus (liat) dan jarang ditemukan pada tanah berpasir. Pemberdayaan cacing tanah untuk memecahkan lapisan argilik yang berliat tinggi dan padat potensial untuk diupayakan.

Dalam membuat liang di dalam tanah, cacing tanah dari kelompok pemakan serasah/*limifagus* dilakukan dengan mendesak masa tanah. Sementara dari kelompok geofagus dilakukan dengan memakan masa tanah (Minnich, 1977). Dengan kontraksi liang cacing yang bersambungan dengan dinding yang kuat dan tersebar, maka peranannya sebagai tempat mengalirnya air perkolasi-infiltrasi dapat berlangsung baik dan tidak mudah rusak oleh adanya pelarutan air. Sementara pada kegiatan pengolahan tanah secara mekanik, adanya kelebihan air dapat mengakibatkan tanah terdispersi dan memadat kembali.

Penurunan kepadatan tanah akan memperbaiki sifat fisik, kimia dan biologi tanah yang selanjutnya berpengaruh terhadap kesuburan tanah. Sudharto *et al.* (1988) mendapatkan bahwa pemberian cacing tanah setara dengan 9,6 juta ekor/ha pada *Haplorthox-Citayam* dapat memperbaiki kegemburan tanah dengan menurunkan bobot isi dan meningkatkan aerasi tanah. Hasil penelitian Anwar (2007) juga didapatkan bahwa perlakuan inokulasi cacing tanah pada tanah Ultisol mampu meningkatkan ruang pori dan menurunkan berat isi tanah. Hal ini menunjukkan bahwa pemberdayaan organisme tanah yang mampu membuat liang di dalam tanah dapat meningkatkan perkolasi-infiltrasi dan mengurangi aliran permukaan dan erosi tanah Ultisol.

Pemberdayaan hayati tanah untuk mengatasi pencucian hara *Ultisol*

Tanaman merupakan organisme autotrof yang dalam pertumbuhannya sangat membutuhkan hara sebagai sumber makanan dan sinar matahari sebagai sumber energi. Keberadaan hara tanah hasil dari pelapukan mineral ataupun perombakan bahan organik oleh organisme tanah mutlak diperlukan sepanjang

pertumbuhannya. Apabila terjadi kekurangan/kekahatan hara tanaman akan tumbuh merana dan bahkan tidak mampu berproduksi. Kekahatan hara tanaman antara lain dapat terjadi akibat tingginya laju pencucian hara, sehingga hara tersedia dalam tanah yang diserap oleh tanaman rendah.

Tanah Ultisol dengan argilik, didominasi mineral 1:1, kandungan bahan organik dan kapasitas tukar kation rendah memiliki kemampuan menahan hara dan air rendah, sehingga pencucian hara berlangsung intensif. Subowo *et al.* (1990) mendapatkan bahwa Ca^{2+} dan NO_3^- merupakan kation dan anion yang banyak tercuci melalui air perkolasi pada tanah Ultisol Lebak-Banten. Sehubungan kedua hara ini merupakan unsur makro esensial bagi tanaman, maka upaya menekan laju pencucian menjadi langkah penting yang harus dilakukan. Pemanfaatan organisme tanah yang mampu meningkatkan resapan air, mengikat Ca dan memasok N bagi tanaman penting untuk diupayakan.

Cacing tanah *geofagus* dengan kemampuan mencerna tanah dan melepaskan kembali dalam bentuk kascing yang merupakan makroagregat stabil, selain dapat mengembalikan kandungan liat dari lapisan bawah ke lapisan atas juga dapat menahan kehilangan hara oleh pencucian. Kascing merupakan makroagregat yang stabil dan dapat bertahan lebih dari 1 tahun (Blanchart *et al.*, 1991 dalam Martin, 1991). Marinissen and Dexter (1990) juga menyatakan bahwa kotoran cacing tanah lebih stabil dibanding agregat alami dari tanah. Demikian juga dengan aktivitas pencernaannya yang mampu mencampur bahan organik dan mineral tanah, cacing tanah dapat mencegah kehilangan bahan organik dari erosi dan pencucian. Abrahamsen (1990) menyatakan bahwa inokulasi cacing tanah pada "mor humus" dapat meningkatkan kandungan NH_4^+ dan $\text{NO}_3^- \pm 18\%$ dibanding tanpa pemberian cacing tanah. Subowo (2002) mendapatkan bahwa kasting *Pheretima hupiensis* dari Ultisol mempunyai indeks stabilitas agregat, pH, KTK, Ca, dan Mg lebih tinggi dibanding tanah di

sekitarnya (Tabel 1), dan kasting tersebut didepositkan kembali dalam liang cacing yang ditinggalkan. Hal ini menunjukkan bahwa cacing tanah *endogaesis* mampu berperan sebagai agen pengumpul hara dan bahan organik tanah, sehingga dapat terhindar dari pencucian. Selain itu melalui liang-liang cacing tanah yang juga kaya hara, akar tanaman melalui liang cacing dapat menembus sampai lapisan dan memanfaatkan hara tersedia tersebut.

Populasi cacing tanah berkorelasi nyata dan positif terhadap porositas dan C-organik *Ultisol* Kotabumi-Lampung (Wibowo, 2000). Perbaikan porositas tanah terjadi sebagai akibat adanya liang-liang cacing tanah yang mampu menghubungkan antara lapisan dalam dengan

permukaan tanah, sehingga juga terjadi peningkatan aerasi tanah. Adanya perbaikan aerasi tanah akan mendukung peningkatan aktivitas organisme aerobik, seperti bakteri *Rhizobium*, *Azospirillum*, dan *Azotobacter* yang mampu menambat N₂-udara. Nurmayulis dan Maryati (2008) melakukan penelitian di dataran tinggi (1.250 dpl) didapatkan bahwa perlakuan inokulasi bakteri penambat N-bebas *Azospirillum* sp. dapat meningkatkan serapan N dan produksi kentang dibanding tanpa inokulasi. Gunarto *et al.* (1987) menyatakan bahwa perlakuan inokulasi bakteri penambat N-simbiotik *Bradyrhizobium japonicum* dapat menghilangkan pemakaian pupuk N dan meningkatkan produksi kedelai dan kacang hijau (Tabel 2).

Tabel 1. Sifat fisik dan kimia kasting *Pheretima hupiensis* dan tanah di sekitarnya (*Palehumults*)

Parameter	Kasting <i>P. hupiensis</i>	Tanah di sekitar
A. Sifat fisik		
Agregat (%)	90	56
Indeks stabilitas agregat	476	221
B. Sifat Kimia		
pH : H ₂ O	6,70	4,55
KCl	6,00	3,85
Kation dapat tukar (me/100g):		
Ca	13,59	7,61
Mg	1,41	1,05
K	0,43	0,12
Na	0,82	0,11
KTK	13,20	10,12
Al ³⁺ (me/100g)	0,00	2,66

Sumber: Subowo (2002)

Tabel 2. Pengaruh pemberian N dan inokulasi *Bradyrhizobium japonicum* terhadap jumlah bintil akar dan produksi kedelai dan kacang hijau

Perlakuan				Kedelai		Kacang hijau	
P	K	N	Inokulasi	Jumlah bintil	Hasil biji	Jumlah bintil	Hasil biji
..... kg/ha				t/ha			
0	0	0	-	13	0,88	13	1,46
0	0	100	-	8	1,18	10	1,51
0	0	0	+	51	1,36	15	1,47
100	100	0	-	26	0,95	21	1,88
100	100	100	-	26	1,25	15	1,99
100	100	0	+	58	1,40	29	1,92

Sumber : Gunarto *et al.* (1987)

Keterangan : - : tidak dilakukan inokulasi

+ : dilakukan inokulasi campuran 3 strain *Bradyrhizobium japonicum*: TAL 102, 377, dan 379.

Pemberdayaan hayati tanah untuk mengatasi penyematan hara tanah Ultisol

Ultisol merupakan salah satu jenis tanah tua (pelapukan lanjut) yang umumnya masam dan kaya senyawa-senyawa oksida, sehingga kemampuan menyemat (menjerap) hara-hara anionik polyvalen kuat/tinggi. Selain memiliki kandungan bahan organik dan pH rendah, sematan P tinggi dan P-tersedia rendah, tanaman banyak mengalami kekahatan fosfat. Suganda *et al.* (1997) mendapatkan bahwa pada tanah Ultisol Banten, fosfat tidak mengalami pencucian, karena terikat kuat (tersemat) oleh oksida-oksida dalam tanah, seperti Al dan Fe. Keberadaan liang-liang cacing tanah yang mampu meningkatkan kadar air tanah akan menurunkan nilai redoks potensial tanah, sehingga secara tidak langsung dapat menurunkan kadar oksida dan meningkatkan kelarutan P. Linqvist *et al.* (1997) menyatakan bahwa penyematan P meningkat dari 55 – 245 mg P/kg terjadi pada diameter agregat dari 3,4 – 0,375 mm. Dengan dihasilkannya makroagregat dari kascing berukuran besar, maka kapasitas tanah menyemat P menjadi rendah dan P banyak tersedia.

Populasi mikroba pelarut fosfat (MPF) di daerah rizosfir tanaman jagung tanah Ultisol-Lampung berkorelasi nyata dan positif dengan P-tersedia, pH, C-organik, dan kadar air tanah (Tabel 3). Santosa (2009) juga mendapatkan bahwa inokulasi bakteri pelarut fosfat nyata meningkatkan P-terlarut pada tanah Ultisol steril dengan kandungan C-organik >1,7%, tetapi pada tanah tidak steril nyata meningkatkan P-terlarut pada kandungan C-organik >2,1%. Selain MPF, vesicular arbuskular mikoriza (VAM) yang merupakan fungi dan mampu hidup pada tanah masam dengan hife atau miselium yang dihasilkan, memiliki kemampuan jelajah yang lebih luas dan mampu melarutkan P-tersemat. Pasokan fosfat meningkat dan dapat memperbaiki pertumbuhan tanaman.

Dari kondisi ini nampak bahwa cacing tanah, VAM dan mikroba pelarut P (bakteri maupun fungi) potensial untuk dikembangkan dalam menurunkan sematan P dan meningkatkan ketersediaan P pada tanah Ultisol.

Tabel 3. Korelasi populasi mikroba pelarut fosfat (MPF) dengan beberapa sifat tanah Ultisol Lampung pada tanaman jagung

No.	Sifat tanah	MPF
1.	P- tersedia	0,77**
2.	pH	0,51**
3.	C-organik	0,72**
4.	N-total	0,48 ^{tn}
5.	Kadar air	0,54**

Sumber : Niswati *et al.* (2008)

Keterangan : ** : sangat nyata

^{tn} : tidak nyata

Pengkayaan populasi hayati tanah untuk meningkatkan kesuburan Ultisol

Organisme tanah pada prinsipnya dapat membantu tanaman untuk meningkatkan keharaan, memperbaiki sifat fisik, mengendalikan ketersediaan air, dan menekan serangan hama-penyakit tular tanah. Untuk memperbaiki dan mempertahankan kesuburan tanah tropika dapat dilakukan dengan memanipulasi sifat biologi tanah (Scholes *et al.*, 1994). Lal (1995) juga menyatakan bahwa penurunan jumlah dan kualitas bahan organik tanah serta aktivitas biologi maupun keanekaragaman spesies fauna tanah merupakan bentuk degradasi tanah yang penting di kawasan tropika basah. Perbaikan populasi hayati tanah untuk rehabilitasi tanah terdegradasi hendaknya selalu diikuti pemberian bahan organik sebagai sumber hara dan energi bagi kehidupan hayati tanah. Hasil monitoring rehabilitasi lahan bekas penambangan terbuka (*open pit minning*) dengan kerusakan struktur tanah lapisan atas didapatkan bahwa semut merah kecil (*Hymenoptera*) merupakan fauna tanah *pioneer* yang mampu hidup didalam tanah dengan banyak membentuk ruang pori dan selanjutnya pada klimaks rehabilitasi ditandai oleh masuknya cacing tanah (Subowo *et al.*, 2012).

Menurut Anas (2010) beberapa mikroorganisme tanah yang penting dalam mendukung kesuburan tanah antara lain meliputi: (1) mikroba penambat N₂-udara baik

secara simbiotik maupun non simbiotik, (2) mikroba pelarut fosfat (bakteri maupun fungi), (3) mikroba penghasil senyawa pengatur tumbuh, (4) mikroba yang dapat memperluas permukaan akar, (5) mikroba perombak bahan organik (dekomposer), dan (6) mikroba pelindung tanaman terhadap hama-penyakit. Pemanfaatan jenis dan jumlah populasi mikroorganisme tanah perlu disesuaikan dengan kondisi daya dukung tanah yang ada dan target perbaikan kesuburan tanah yang ingin dicapai.

Pengkayaan populasi organisme tanah dapat dilakukan melalui inokulasi dengan diikuti pemberian amelioran ataupun pupuk untuk mendukung pertumbuhannya. Tiunov *et al.* (2001) memberikan pakan bahan organik dari serasah tanaman kapur (*Tilia cordata*) dan tanaman duri (*Fagus sylvatica*) untuk cacing tanah *Lumbricus terrestris* L. didapatkan bahwa pada liang cacing perlakuan pakan tanaman kapur terdapat kascing, sementara pada tanaman duri tidak ditemukan karena serasah tanaman duri tidak disukai cacing tanah. Selanjutnya dikatakan bahwa pada dinding liang cacing kaya keragaman jenis dan jumlah biomasa dari *Nematoda*, *Protozoa*, *Flegellata*, *Amoeba*, dan *Mikroba*, serta kandungan N dan P lebih tinggi dibanding tanah di luar liang. Hal ini menunjukkan bahwa pengkayaan keanekaragaman hayati dengan diikuti pemberian pakan bahan organik mampu mendorong berkembangnya organisme tanah lainnya. Sementara apabila populasi organisme natif telah tersedia namun jumlah dan fungsi belum optimal dapat dilakukan perbaikan media tanah/habitat melalui ameliorasi ataupun pemupukan.

Yusnaini *et al.* (2008) mendapatkan bahwa di hutan primer Lampung tidak ditemukan cacing tanah akibat pH tanah masam. Perbaikan pH tanah menjadi faktor penting yang harus disediakan untuk dapat mendayagunakan fungsi cacing tanah. Sebaliknya Sudriatna *et al.* (1992) mendapatkan bahwa inokulasi *Rhizobium* pada tanah yang telah mengandung *Rhizobium* 4.10^3 sel/g tanah tidak efektif meningkatkan produksi kedelai. Sementara Kurnia (1996) mendapatkan bahwa rehabilitasi tanah *Typic Haplohumults*

terdegradasi dengan pemberian bahan organik dapat meningkatkan populasi makrofauna (cacing tanah, rayap, dan uret) dan memperbaiki struktur tanah dibanding tanpa pemberian bahan organik. Anwar *et al.* (2011) melaporkan bahwa organisme tanah yang paling erat korelasinya dengan produksi kedelai pada tanah Ultisol adalah cacing tanah, dengan model persamaan: $Y = -0,237X^2 + 7,845 X + 5,28$ ($R^2 = 0,853$). Nilai konstanta 5,28, artinya tanah Ultisol masih bisa menghasilkan kedelai apabila terdapat minimal 5,28 ekor cacing tanah/m² dengan nilai maksimum 200,02 ekor cacing tanah/m².

Inokulasi fungi mikoriza arbuscula (FMA) Mycofer dengan diikuti pemberian fosfat alam Ayamaru memberikan pertumbuhan akar ubijalar dan bobot kering tajuk tidak berbeda nyata dibanding dengan pemberian SP-36 (Karyoto *et al.*, 2009). Inokulum fungi mikoriza arbuscular (FMA) Mycofer lebih efektif meningkatkan pembentukan umbi ubijalar daripada FMA indigenous, sedangkan tanpa inokulasi FMA ubijalar cenderung tidak menghasilkan umbi. Inokulasi FMA sangat dianjurkan terutama untuk penanaman ubijalar pada tanah masam seperti Ultisol. Penggunaan pupuk fosfat alam Ayamaru dapat digunakan sebagai pupuk P alternatif sebagai pengganti SP-36. Hamzah dan Nasution (1999) juga mendapatkan bahwa pemberian pupuk maupun bahan organik dapat meningkatkan populasi mikroba pelarut-P, *Azotobacter*, *Actinomycetes*, dan produksi jagung (Tabel 4). Untuk dapat meningkatkan dayaguna sumberdaya hayati tanah diperlukan dukungan perbaikan habitat/pakan sebagai sumber energi maupun hara.

Agar pemberdayaan hayati tanah sesuai tujuan rehabilitasi Ultisol terdegradasi untuk mendukung produksi tanaman, maka jenis organisme maupun jumlah populasi masing-masing organisme hendaknya dapat dikendalikan. Pengendalian dapat dilakukan dengan pengkayaan ataupun penekanan populasi dan pengaturan pemberian bahan amelioran ataupun pupuk sebagai sumber energi dan hara sesuai kebutuhan organisme yang ingin didayagunakan peranannya.

Tabel 4. Pengaruh pemupukan dan ameliorasi terhadap populasi organisme tanah dan produksi jagung pada tanah *Plinthic Kandudult* Lampung

Perlakuan	Populasi organisme tanah setelah panen			Produksi jagung
	Pelarut-P	Azotobacter	Actinomycetes	
Tanpa pupuk/kontrol x 10 ⁴ cfu/g			kg/ha
Kontrol	44	104	103	4,05
Bahan organik (BO)	70	106	119	6,49
Bokashi	62	142	83	6,61
EM-4	55	96	58	5,86
Pupuk NPK				
Kontrol	49	51	70	6,35
Bahan Organik	82	56	78	7,35
Bokashi	83	87	63	7,60
Emas	48	89	52	7,25
BO + Bakteri -P	63	58	58	7,50
EM-4	52	65	62	6,60

Sumber: Hamzah dan Nasution (1999)

KESIMPULAN

Tanah Ultisol merupakan salah satu jenis tanah yang terbentuk di kawasan tropika basah dan memiliki potensi mudah terdegradasi oleh erosi, pencucian, pemadatan, dan penurunan aktivitas hayati tanah. Terganggunya aktivitas hayati tanah menyebabkan terhentinya proses keseimbangan daur hara dan daur energi subsistem tanah, sehingga tidak mampu memenuhi kebutuhan tanaman (terdegradasi). Sejalan dengan upaya rehabilitasi tanah Ultisol terdegradasi, maka pemberdayaan organisme tanah yang mampu membuat liang di dalam tanah untuk mengurangi erosi dan pencucian hara, mampu melepaskan sematan P, mampu meningkatkan ketersediaan hara, dan pengkayaan populasi organisme tanah lainnya penting untuk diupayakan. Untuk mewujudkan peranan organisme tanah tersebut perlu diikuti pemberian bahan organik ataupun pupuk sebagai sumber hara dan energi, serta pengendalian jenis dan jumlah populasi organisme tanah yang memiliki peranan penting dalam memperbaiki kesuburan tanah Ultisol terdegradasi sesuai dengan target perbaikan yang diharapkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abrahamsen G. 1990. Influence of *Cognettia sphagnetorum* (*Oligochaeta: Enchytraei-dae*) on Nitrogen Mineralization in Homogenized Mor Humic. Biol. Fertil. Soils 9 : 159 - 162.
- Afandi, R. Widiastuty, dan M. Utomo. 1997. Upaya Rehabilitasi Sifat Fisika Tanah Ultisol Melalui Pencampuran Tanah Lapisan Atas, Lapisan Bawah, dan Bahan Organik. J. Tanah Tropika II(4):83-88.
- Anas I. 2010. Peranan pupuk Organik dan Pupuk Hayati dalam Peningkatan Produktivitas Beras Berkelanjutan. Seminar Nasional Peranan Pupuk NPK dan Organik dalam Meningkatkan Produktivitas dan Swasembada Beras Berkelanjutan, BB Libang SDL. Pertanian, 24 Februari 2010, 20 p.
- Anonim. (2011). Lubang Resapan Biopori. <http://skydrugz.blogspot.com/2011/10/makalah-lubang-resapan-biopori.html>.
- Anwar E.K. 2007. Pengaruh Inokulan Cacing Tanah dan Pemberian Bahan Organik terhadap Kesuburan dan Produktivitas Tanah Ultisols. Jurnal Tanah Tropika , Vol. 12, No. 2, p: 121 – 130.

- Anwar, E.K., J. Poerwani, dan Subowo. 2011. Karakterisasi dan evaluasi kesesuaian populasi hayati tanah terhadap produksi tanaman kedele pada tanah Ultisol. Laporan Hasil Penelitian Tanah, Balai Penelitian Tanah, Bogor.
- Dariah A., F. Agus, S. Arsyad, Sudarsono, dan Maswar. 2003. Hubungan Antara Karakteristik Tanah dengan Tingkat Erosi pada Lahan Usahatani Berbasis Kopi di Sumberjaya Lampung Barat. Jurnal Tanah dan Iklim, 21: 78 – 86.
- Fender W.M. and D. McKey-Fender. 1990. *Oligochaeta : Megascolecidae* and Other Earthworms from Western North America, In Dindal, D.L., (ed.) Soil Biology Guide. A Wiley-Interscience Publication, John Wiley & Sons. New York. Chichaster. Brisbane. Toronto. Singapore. p: 379 – 391.
- Giller K.E., M.H. Beare, P. Lavelle, A.M.N. Izac, and M.J. Swift. 1997. Agricultural Intensification, Soil Biodiversity and Agroecosystem Function. Applied Soil Ecology 6: 3 -16.
- Gunarto L., F.A. Bahar, dan H. Taslim. 1987. Pengaruh Pemberian N dan Inokulasi *Rhizobium* terhadap Pembintilan Akar serta Hasil Tanaman Kedelai dan Kacang Hijau. Agrikan 2: 33 – 37.
- Hamzah A. dan I. Nasution. 1999. Pengaruh Pemupukan N, P, K, Pupuk Hayati dan Bahan Organik Terhadap Populasi Mikroba Tanah dan Pertumbuhan Tanaman. Pros. Semnas SD Tanah, Iklim, dan Pupuk, Buku II, 191- 203.
- Hardjowigeno S. 1993. Klasifikasi Tanah dan Pedogenesis. Akademika Pressindo; p: 263.
- Irawan, Suwardjo, dan IPG Widjaja-Adhi. 1989. Analisis Fungsi Produksi Usahatani Lahan Kering Sistem Teras Bangku di Daerah Aliran Sungai Citandui. Pemberitaan Tanah dan Pupuk, 8: 56 – 66.
- Karyoto, S. Prabawardani, A. Suparno, dan D. Wasgito. 2009. Eksplorasi Keragaman Mikoriza pada Deposit Fosfat Alam Ayamaru dan Keefektifannya terhadap Pertumbuhan dan hasil Ubijalar (*Ipomoea batatas*, L.(Lamb)). Indonesia Science and Technology, Digital Library, Friday, 04 January 2013, 635;10/4514; 48p.
- Kurnia U. 1996. Kajian Metode Rehabilitasi Lahan Untuk Meningkatkan dan Melestarikan Produktivitas Tanah. Program Pasca Sarjana, IPB, 76 p.
- Lal R. 1995. Sustainable Management of Soil Resources in the Humic Tropics. United nations University Press, Tokio-New York-Paris, p: 25 – 29.
- Linquist B.A; P.W. Singleton, R.S. Yost, and K.G. Cassman. 1997. Aggregate Size Effects on the Sorption and Release of Phosphorous in an Ultisol. Soil Sci. Soc. Am. J. 61: 160 -166.
- Marinissen J.C.Y. and A.R. Dexter. 1990. Mechanism of Stabilization of Earthworm Cast and Artificial Cast. Biol. Fert. Soils 11 : 234 – 238.
- Martin A. 1991. Short and Long-term Effects of Endogeic Earthworm *Milsonia anomala* (Omodeo) (*Megascolecidae*, *Oligochaeta*) of Tropical Savanna, on Soil Organic Matter. Biol. Fert. Soils 11 : 234 – 238.
- Minnich J. 1977. Behavior and Habits of The Earthworm, in The Earthworm Book, How to Raise and Use Earthworms for Your Farm and Garden. Rodale Press Emmanaus, P.A. p: 115 – 149.
- Moss R.P. 1981. Organic Matter Cycles in Tropical soil and Husbandry System with Special Reference to Africa, In Stonehouse, B. (ed.). Biological Husbandry A Scientific Approach to Organic Farming. Buffer-worth, London. Brisbane. Toronto. Wellington, p: 39 – 66.
- Nurmayulis dan Maryati.2008. Kandungan Nitrogen dan Bobot Umbi Kentang yang Diberi Pupuk Organik Difermentasi, *Azospirillum* sp, dan Pupuk Nitrogen di Cisarua, Lembang Jawa Barat. Jurnal Tanah Tropika, vol 13:3: 217 - 224.
- Santosa E. 2009. Aktivitas Beberapa Isolat Bakteri Pelarut Fosfat pada Berbagai Kadar C-organik Tanah Ultisol. Makalah

- pada Semilokanas Inovasi Sumberdaya Lahan, Bogor, 24 -25 Nopember 2009.
- Scholes M.C., M.J. Swift, O.W. Heal, P.A. Sanchez, J.S. Ingram and R. Dalal. 1994. Soil Fertility Research in Respons to the Demand for Sustainability, *In* Woomer, P.L. and M.J. Swift; (eds.) The Biological Management of Tropical Soil Fertility. John Wiley & Sons Pub. p: 1 – 15.
- Staben M.L., D.F. Bezdicek, J.L. Smith, and M.F. Fauci. 1997. Assessment of Soil Quality in Conservation Reserve. Program and Wheat-fallow Soils. *Soil Sci.Soc.Am.J.* 61: 124 – 130.
- Subagyo H., N. Suharta, dan A.B. Siswanto. 2000. Tanah-tanah Pertanian di Indonesia. Dalam (Tim Puslittanak, eds.) Sumber Daya Lahan Indonesia dan Pengelolaannya. Puslittanak. p: 21 – 65.
- Subowo, E.K. Anwar, dan J. Purwani. 2012. Penelitian Sumberdaya Hayati Tanah untuk Peningkatan Efisiensi Pemupukan dan Perbaikan Produktivitas Tanah. Laporan Hasil Peneltian Tanah, Balai Penelitian Tanah, 2012. Belum dipublikasikan.
- Subowo, J. Subagja, dan M. Sudjadi. 1990. Pengaruh Bahan Organik terhadap Pencucian Hara Tanah Ultisol Rangkasbitung, Jawa Barat. *Pemb. Pen. Tanah dan Pupuk*, 9: 32 – 38.
- Subowo. 2002. Pemanfaatan Cacing Tanah (*Pheretima hupiensis*) untuk Meningkatkan Produktivitas Ultisols Lahan Kering. Disertasi Program Pasca Sarjana IPB, Bogor, 94p.
- Sudharto T., H. Suwardjo, A. Barus, dan D. Supardy. 1988. Pemberian Cacing Tanah (*Peryonic excavatus* E. Perr) dalam Usaha Rehabilitasi Lahan Rusak Akibat Pembukaan Lahan Secara Mekanis. Laporan: Hasil Penelitian Pasca Pembukaan Lahan Menunjang Transmigrasi di Kuamang Kuning-Jambi, Kerjasama Pusat Penelitian Tanah Bogor-Depatemen Transmigrasi, p: 93–98.
- Sudriatna U., E. Suhartatik, Surachmat, dan N. Zainab. 1992. Pengaruh Beberapa Macam Inokulasi dan Pemupukan terhadap Pertumbuhan dan Hasil Beberapa Verietas Kedelai. *Pros. Sem. Hasil Penelitian Tanaman Pangan, Balittan Bogor*, p: 201 – 208.
- Suganda H, M.S. Djunaedi, D. Santoso dan S. Sukmana. 1997. Pengaruh Cara Pengendalian Erosi terhadap Aliran Permukaan, Tanah Tererosi dan Produksi Sayuran pada *Andosol*. *J. Tanah dan Iklim*, 15: 38 – 50.
- Tiunov A.V., M. Bonkowski, J. Alpei, and S. Scheu. 2001. Microfola, Protozoa, Nematoda in *Lumbricus terrestris* burrow walls: a laboratory experiment. *Pedobiologia* 45: 46 – 60.
- Wibowo S. 2000. Keragaman dan Populasi Cacing Tanah pada Lahan dengan Berbagai Masukan Bahan Organik di Daerah Lampung. Thesis S-2, IPB, p : 203.
- Yusnaini, S. 2009. Keberadaan Mikroriza Vesikular Arbuskular pada Pertanian Jagung yang diberi Pupuk Organik dan Inorganik Jangka Panjang. *Jurnal Tanah Tropika*, vol 4:3: 253 - 260.