

Aktivitas Fosfatase dalam Kotoran Cacing Tanah pada Lahan Kopi dengan Beberapa Sistem Pengelolaan Vegetasi Penutup Tanah

Supriatin, Sri Yusnaini, dan Abdul Kadir Salam¹

Makalah diterima 2 Mei 2005 / Disetujui 17 Juni 2006

ABSTRACT

Activity of Phosphatase in Earthworm Casts in Coffee Field under Different Plant Cover Management (Supriatin, S. Yusnaini, and A.K. Salam): Phosphatase is produced by plant roots, microorganisms, and soil animals including earthworms. It is suggested that phosphatase is produced by earthworms in their casts. This research was conducted to study the activities of acid and alkaline phosphatases in earthworm casts of coffee field with different plant cover management. Earthworm casts were sampled from experimental coffee fields in Sumber Jaya, West Lampung on September 2001 (dry season), April 2002 (rainy season), and July 2002 (end of rainy season). The experimental fields were previously prepared and arranged in a randomized block design with seven different plant cover management arranged in three blocks. The results showed that the activities of acid phosphatase in coffee field with round-weeded *Paspalum conjugatum*, coffee field with round-weeded native weeds, coffee field with row-grown native weeds, and native weeds without coffee plants were the same and higher than in coffee field with row-grown *P. conjugatum*, coffee field without weeds, and ploughed field without coffee and weeds, except in the end of rainy season 2002. It showed that the amount and diversity of organic matter that eaten by earthworms influenced the activity of microorganisms and acid phosphatase in earthworm cast. Whereas, the highest activity of alkaline phosphatase was in coffee field with round-weeded *P. conjugatum*, except in rainy season of 2002. It related to C/N ratio of *P. conjugatum* that lower than other weeds so that it can stimulate the growth of earthworm to produce alkaline phosphatase. Different from soil, activities of phosphatases in earthworm casts showed no correlation with pH, organic-C, total-N, and available-P.

Keywords: Acid phosphatase, alkaline phosphatase, earthworm casts, plant cover

PENDAHULUAN

Dewasa ini sistem pertanian berkelanjutan yang berwawasan lingkungan sedang digalakkan dengan memanfaatkan bahan organik sebagai sumber unsur hara bagi tanaman. Penyediaan unsur hara asal bahan organik biasanya melibatkan reaksi biokimia yang berkaitan dengan akar tanaman, mikroorganisme, dan binatang tanah dan dikatalisis oleh enzim tanah (Tabatabai, 1982). Salah satu enzim tanah yang terlibat dalam reaksi tersebut adalah fosfatase.

Fosfatase berperan sebagai katalisator dalam reaksi perombakan P-organik menjadi P-inorganik (ortofosfat) yang tersedia bagi tanaman (Salam, 1996; Salam, et al., 1997a, 1997b; Pang dan Kolenko, 1986). Prinsip kerja enzim fosfatase adalah mengatalisis hidrolisis P-organik menjadi P-inorganik (ortofosfat). Menurut Tabatabai (1982)

reaksi tersebut dapat disederhanakan sebagai berikut:



Fosfatase diproduksi oleh akar tanaman, mikroorganisme, dan binatang tanah termasuk cacing tanah (Duxbury dan Tate III, 1981; Tabatabai, 1982; Ross dan Cairns, 1982; Frankenberger Jr. dan Dick, 1983; Satchell dan Martin, 1984). Menurut beberapa laporan, cacing tanah menghasilkan fosfatase melalui kotorannya. Kotoran cacing tanah merupakan bahan organic yang juga dapat digunakan sebagai sumber P bagi tanaman. Di dalam kotoran cacing tanah terkandung P-tersedia yang lebih tinggi dibandingkan dengan tanah (Brady, 1974; Edwards and Loft, 1977; Buckman dan Brady, 1982; Damayani, 1998). Ketersediaan P di dalam kotoran

¹ Jurusan Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, Jl. Sumantri Brojonegoro No. 1 Bandarlampung 35145, Telp. (0721) 781822, e-mail untuk korespondensi: supriatin_sp@yahoo.com

cacing tanah diduga tidak terlepas dari peran fosfatase di dalam kotoran cacing tanah.

Menurut beberapa laporan, aktivitas fosfatase di dalam tanah sangat tergantung pada tanaman penutup tanah (Jha et al., 1992; Duxbury dan Tate III, 1981). Pengelolaan vegetasi penutup tanah berkaitan erat dengan peranan vegetasi tersebut sebagai pengatur sifat fisika, kimia, dan biologi tanah, seperti temperatur, kadar air, status unsur hara, pH, kandungan N-total, C-organik, dan kandungan bahan organik (Salam, 1996). Perubahan sifat-sifat tanah tersebut dapat berpengaruh secara langsung terhadap aktivitas fosfatase di dalam tanah dan aktivitas organisme tanah, terutama mikroorganisme dan cacing tanah sebagai penghasil fosfatase. Selain itu, vegetasi penutup tanah juga merupakan penyumbang bahan organik yang digunakan sebagai sumber energi oleh mikroorganisme dan cacing tanah.

Selain berpengaruh terhadap sifat-sifat tanah, pengelolaan vegetasi penutup tanah juga diduga dapat memengaruhi sifat kimia kotoran cacing tanah (seperti pH, kandungan N-total, C-organik, dan P-tersedia) yang dihasilkan oleh cacing tanah yang hidup di atasnya. Hal ini karena cacing tanah memakan bahan organik yang berasal dari vegetasi penutup tanah. Dengan demikian, secara tidak langsung aktivitas fosfatase di dalam kotoran cacing tanah juga akan terpengaruh oleh kehadiran vegetasi penutup tanah diduga karena perubahan sifat kimia kotoran cacing tanah tersebut.

Penelitian tentang pengaruh vegetasi penutup tanah terhadap aktivitas fosfatase di dalam kotoran cacing tanah belum banyak dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari aktivitas fosfatase asam dan alkalin di dalam kotoran cacing tanah akibat beberapa jenis dan sistem pengelolaan vegetasi penutup tanah pada lahan kopi di Sumber Jaya, Lampung Barat.

BAHAN DAN METODE

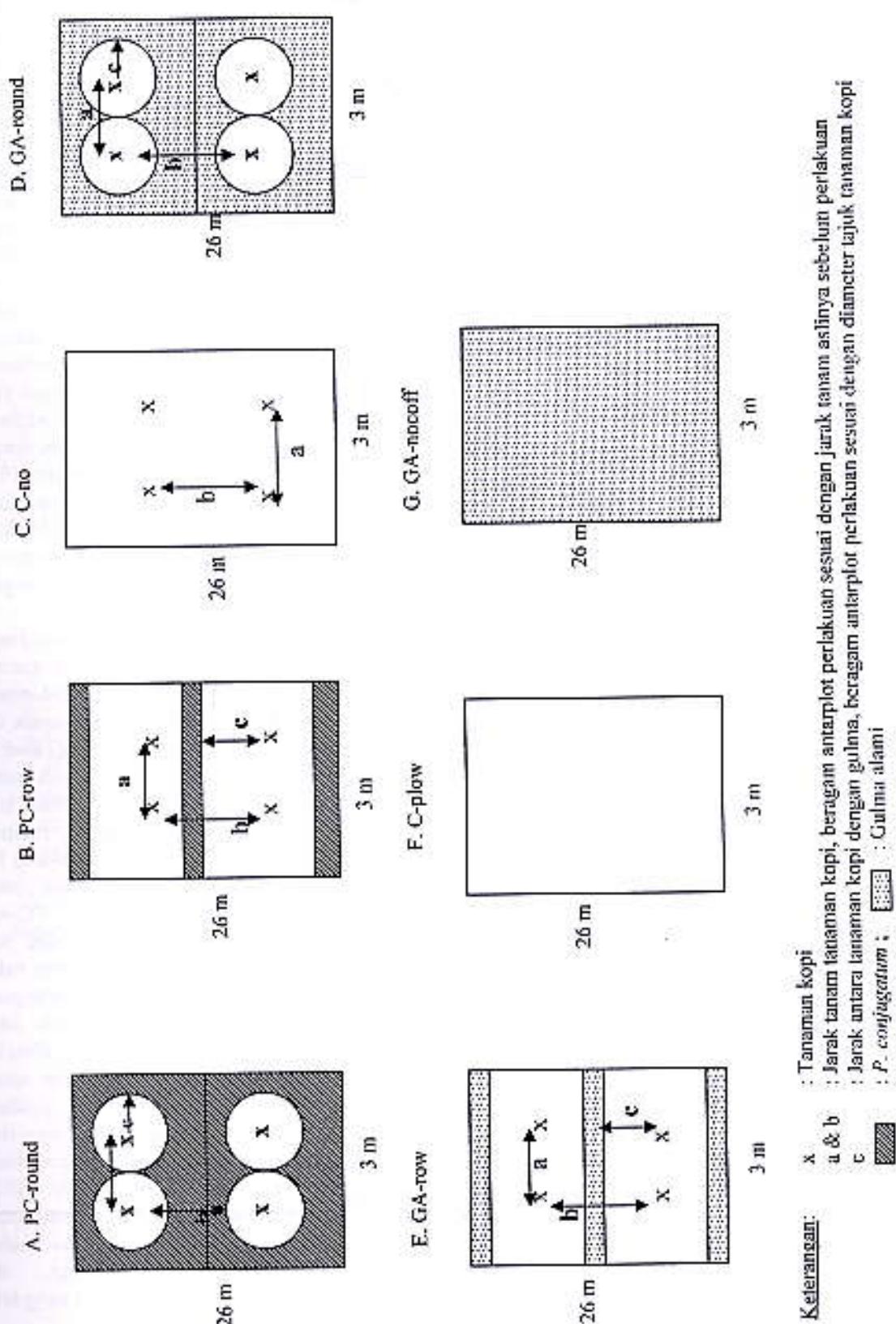
Petak Percobaan dan Pengambilan Kotoran Cacing Tanah

Kotoran cacing tanah diambil dari lahan percobaan tanaman kopi yang dikelola dengan beberapa sistem vegetasi penutup tanah di Sumber Jaya, Lampung Barat. Lahan ini terletak pada kemiringan lereng 15° atau 33%. Jenis kopi yang ditanam adalah *Arabica* dengan jarak tanam beragam antarpetak perlakuan sesuai dengan jarak tanam aslinya sebelum perlakuan.

Lahan percobaan ini disusun dalam sebuah rancangan acak kelompok, yang terdiri dari 21 satuan percobaan dengan 7 perlakuan dan 3 kelompok sebagai ulangan. Luas masing-masing plot perlakuan adalah 26 m searah lereng x 3 m. Perlakuan yang diberikan adalah beberapa sistem pengelolaan vegetasi penutup tanah pada lahan kopi, yang terdiri dari lahan kopi dengan *Paspalum conjugatum* pola pengendalian melingkar (PC-round), lahan kopi dengan *P. conjugatum* pola pengendalian strip (PC-row), lahan kopi yang disiangi bersih tanpa gulma atau tanaman penutup tanah (C-no), lahan kopi dengan gulma alami pola pengendalian melingkar (GA-round), lahan kopi dengan gulma alami pola pengendalian strip (GA-row), lahan tanpa tanaman dan diolah (C-plow), dan lahan dengan gulma alami tanpa tanaman kopi (GA-nocoff) (Supriatin, 2003). Gulma alami yang mendominasi adalah *Ageratum conyzoides*, *Clidemia hirta*, *Chromolaena odorata*, *Erechtites valerianifolia*, *Imperata cylindrica*, *Nephrolepis biserrata*, dan *P. conjugatum*. Identifikasi jenis gulma sesuai dengan buku Nasution (1986) dan Soerjani et al. (1987). Secara ringkas perlakuan ini disajikan pada Tabel 1 dan Gambar 1. Kelompok atau ulangan adalah tiga titik tempat pengambilan kotoran cacing tanah dari masing-masing petak perlakuan, yaitu 5, 15, dan 25 m dari batas atas setiap plot.

Tabel 1. Pola perlakuan pengelolaan vegetasi penutup tanah (gulma) pada pertanaman kopi.

No.	Simbol	Tanaman kopi	Perlakuan		
			Jenis gulma	Pola	Olah Tanah
1	C-no	Adu	Ada	Tidak ada	Tidak diolah
2	C-plow	Tidak ada	Ada	Tidak ada	Diolah
3	PC-round	Adu	<i>P. conjugatum</i>	Lingkar	Tidak diolah
4	PC-row	Adu	<i>P. conjugatum</i>	Strip	Tidak diolah
5	GA-round	Adu	Gulma alami	Lingkar	Tidak diolah
6	GA-row	Adu	Gulma alami	Strip	Tidak diolah
7	GA-nocoff	Tidak Ada	Gulma alami	Tidak ada	Tidak diolah



Gambar 1. Sketsa pengelolaan vegetasi penutup tanah pada lahan kopi.

Pada perlakuan PC-round, PC-row, GA-round, dan GA-row pengendalian gulma dilakukan dengan membersihkan gulma di sekeliling tanaman kopi setiap satu bulan dengan jarak berdasarkan diameter tajuk tanaman kopi, sedangkan pada perlakuan C-no dan C-plow gulma dibersihkan dengan cangkul setiap saat sehingga dipastikan tidak ada gulma yang tumbuh pada petak tersebut.

Kotoran cacing tanah diambil pada bulan September 2001 (Musim Kemarau), April 2002 (Musim Hujan), dan Juli 2002 (akhir Musim Hujan). Setelah pengambilan, kotoran cacing tanah dibersihkan dari sisa tanaman dan disimpan dalam ruang dingin (4°C) sampai analisis enzim dilakukan. Sebagian kotoran cacing tanah dikeringudarakan untuk penetapan pH, C-organik, N-total, dan P-tersedia.

Analisis Aktivitas Enzim Fosfatase, Sifat Kimia Kotoran Cacing Tanah, dan Data

Analisis aktivitas fosfatase asam dan alkalin di dalam kotoran cacing tanah dilakukan dengan metode Tabatabai (1982) dengan modifikasi. Dalam metode ini 0,5 g kotoran cacing tanah setara berat kering oven 105°C dimasukkan ke dalam botol pengocok 20 ml, kemudian diperlakukan dengan 0,2 ml toluene, 4 ml *Modified Universal Buffer* (MUB) pH 6,5 untuk fosfatase asam atau pH 11 untuk fosfatase alkalin, dan 1 ml *p*-nitrofenil fosfat (*p*-NPP) yang dilarutkan dalam MUB pH 6,5 atau pH 11. Setelah dikocok sebentar agar isi botol tercampur rata, botol ditutup dan diinkubasi pada $T 30^{\circ}\text{C}$. Setelah 1 jam, 1 ml CaCl_2 0,5M dan 4 ml NaOH 0,5M ditambahkan, dikocok sebentar hingga isinya tercampur rata, dan selanjutnya dilewatkan kertas saring Whatman No. 42. Konsentrasi *p*-nitrofenol di dalam filtrat diukur dengan spektrosotometer pada $\lambda 400\text{ nm}$. Aktivitas fosfatase asam dan alkalin ditentukan dengan kurva kalibrasi berdasarkan *p*-nitrofenol dengan absorbannya.

Analisis sifat kimia kotoran cacing tanah meliputi pH dengan metode elektrometrik, C-organik dengan metode Walkey dan Black, N-total dengan metode Kjeldahl, dan P-tersedia dengan metode Bray - 1.

Data diolah dengan sidik ragam dan dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf nyata 5%. Selain itu, dilakukan juga uji korelasi antara aktivitas fosfatase asam dan fosfatase alkalin di dalam kotoran cacing tanah

dengan sifat kimia (pH, C-organik, N-total, dan P-tersedia) dari kotoran cacing tanah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Aktivitas Fosfatase Asam di Dalam Kotoran Cacing Tanah

Uji BNT pada taraf 5% menunjukkan bahwa aktivitas fosfatase asam di dalam kotoran cacing tanah pada semua perlakuan di akhir Musim Hujan 2002 tidak berbeda (Tabel 2). Hal ini diduga karena pada akhir Musim Hujan 2002 aktivitas mikroorganisme di dalam kotoran cacing tanah pada semua perlakuan sedang mencapai aktivitas optimum. Ini dapat dilihat dari kadar air contoh kotoran cacing tanah pada akhir Musim Hujan yang mendekati kadar air optimum bagi aktivitas mikroorganisme, yaitu pada kisaran 33-55% dengan rataan 47% (Tabel 3). Menurut Alexander (1977) kadar air optimum bagi aktivitas mikroorganisme di dalam tanah adalah 50-75%. Akibatnya, fosfatase asam yang dihasilkan oleh mikroorganisme di dalam kotoran cacing tanah memiliki aktivitas yang sama pada semua perlakuan.

Pada Musim Kemarau 2001 dan Musim Hujan 2002, aktivitas fosfatase asam di dalam kotoran cacing tanah pada perlakuan PC-round, GA-round, GA-row, dan GA-nocoff tidak berbeda nyata dan lebih tinggi daripada perlakuan PC-row (Tabel 2). Hal ini diduga karena pada perlakuan GA-round, GA-row, dan GA-nocoff pertumbuhan gulma lebih rapat dan jenisnya lebih beragam daripada perlakuan PC-row. Sedangkan pada perlakuan PC-round walaupun jenis gulmanya sama tetapi pertumbuhannya lebih rapat daripada PC-row. Pertumbuhan gulma yang lebih rapat dan jenis gulma yang beragam mampu menghasilkan bahan organik yang lebih tinggi. Kondisi ini merangsang pertumbuhan mikroorganisme tanah pada lahan tersebut. Jumlah mikroorganisme yang dimakan oleh cacing tanah lebih banyak sehingga secara tidak langsung dapat meningkatkan produksi fosfatase asam yang berasal dari mikroorganisme yang hidup di dalam usus dan kotoran cacing tanah tersebut. Menurut Edwards dan Lofty (1977) cacing tanah memperoleh nutrisi dari bahan organik dalam bentuk sisa tanaman, protozoa hidup, rotifera, nematoda, bakteri, fungi, dan mikroorganisme lainnya, dan sisa hewan yang telah terdekomposisi.

Pertumbuhan gulma yang rapat dan beragam juga dapat memengaruhi kualitas kotoran cacing tanah. Hal ini dapat dilihat dari kandungan C-organik kotoran cacing tanah pada perlakuan ini yang tergolong tinggi, yaitu 2,82 – 3,47% (Tabel 4). Kandungan C-organik yang tinggi di dalam kotoran cacing tanah dapat meningkatkan populasi dan

aktivitas mikroorganisme di dalam kotoran cacing tanah. Akibatnya, aktivitas fosfatase asam di dalam kotoran cacing tanah juga meningkat. Menurut Edwards dan Loft (1977), populasi mikroflora di dalam kotoran cacing tanah sangat tergantung pada jenis dan jumlah bahan organik yang dikandung oleh kotoran cacing tanah.

Tabel 2. Pengaruh vegetasi penutup tanah pada lahan kopi terhadap aktivitas fosfatase di dalam kotoran cacing tanah.

Perlakuan	Kemarau 2001 (September)	Hujan 2002 (April)	Akhir Hujan 2002 (Juli)
	µg p-nitrofenol g ⁻¹ j ⁻¹		
Fosfatase Asam			
1. C-no	9,32 (88,4) ab	12,20 (148) bc	11,40 (131) a
2. C-plow	11,40 (130) c	10,50 (112) ab	11,60 (136) a
3. PC-round	10,40 (109) bc	12,10 (149) bc	11,50 (132) a
4. PC-row	8,05 (64,9) a	9,43 (89,1) a	12,80 (164) a
5. GA-round	11,00 (122) bc	12,80 (164) c	11,40 (129) a
6. GA-row	10,30 (106) bc	12,90 (166) c	11,70 (139) a
7. GA-nocoff	12,10 (147) c	13,00 (170) c	12,10 (148) a
BNT 5%	1,82	1,97	2,18
Fosfatase Alkalin			
1. C-no	6,74 (45,4) ab	7,12 (50,9) ab	5,50 (30,3) a
2. C-plow	7,58 (59,2) ab	8,68 (76,2) b	5,95 (35,4) a
3. PC-round	8,32 (70,1) b	7,88 (63,7) ab	6,81 (46,6) b
4. PC-row	7,04 (50,2) ab	8,47 (72,5) b	6,11 (37,4) ab
5. GA-round	6,65 (44,4) ab	6,54 (43,0) a	6,14 (37,8) ab
6. GA-row	6,45 (42,2) a	6,45 (42,0) a	5,92 (35,1) a
7. GA-nocoff	8,01 (64,7) ab	7,30 (53,4) ab	5,72 (33,0) a
BNT 5%	1,74	1,52	0,71

Keterangan: Nilai yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 5% uji BNT. Angka di luar kurung adalah hasil transformasi \sqrt{x} dan angka di dalam kurung adalah data asli.

Tabel 3. Kadar air kotoran cacing tanah di lahan kopi Sumber Jaya, Lampung Barat.

Perlakuan	Kemarau 2001 (September)	Hujan 2002 (April)	Akhir Hujan 2002 (Juli)
	%		
1. C-no	26,6	65,1	43,1
2. C-plow	26,0	69,5	32,5
3. PC-round	48,4	103,0	55,1
4. PC-row	41,6	69,7	53,1
5. GA-round	41,8	49,7	46,4
6. GA-row	32,5	52,8	43,8
7. GA-nocoff	43,2	72,9	51,9

Tabel 4. Sifat kimia kotoran cacing tanah pada lahan kopi dengan berbagai vegetasi penutup tanah.

Sifat Kimia	Perlakuan	Kemarau 2001 (September)	Hujan 2002 (April)	Akhir hujan 2002 (Juli)
a. pH	1. C-no 2. C-plow 3. PC-round 4. PC-row 5. GA-round 6. GA-row 7. GA-nocoff BNT 5%	*) *) 4,32 b 4,16 a 4,21 ab 4,25 ab 4,64 c 0,14	4,90 b 5,18 c 5,16 c 4,50 a 4,90 b 5,03 bc 4,88 b 0,21	4,46 a 4,70 b 4,80 b 4,46 a 4,71 b 4,77 b 4,65 ab 0,22
b. C-organik (%)	1. C-no 2. C-plow 3. PC-round 4. PC-row 5. GA-round 6. GA-row 7. GA-nocoff BNT 5%	2,47 abc 2,18 a 2,95 cd 2,34 ab 3,09 d 2,82 bed 2,87 hed 0,59	2,81 a 2,94 ab 3,47 b 3,24 ab 3,44 b 3,19 ab 3,40 b 0,54	2,64 ab 2,08 a 3,48 c 2,88 bc 3,07 bc 3,04 bc 3,30 bc 0,76
c. N-total (%)	1. C-no 2. C-plow 3. PC-round 4. PC-row 5. GA-round 6. GA-row 7. GA-nocoff BNT 5%	*) *) 0,25 b 0,20 a 0,26 b 0,24 ab 0,22 ab 0,04	0,21 a 0,21 a 0,24 a 0,23 a 0,22 a 0,24 a 0,20 a 0,07	0,21 a 0,20 a 0,23 ab 0,22 ab 0,25 b 0,23 ab 0,23 ab 0,04
d. P-tersedia (ppm)	1. C-no 2. C-plow 3. PC-round 4. PC-row 5. GA-round 6. GA-row 7. GA-nocoff BNT 5%	*) *) 13,60 d 5,99 b 1,79 a 8,90 c 1,36 a 0,74	8,91 bc 6,01 ab 21,10 d 16,10 cd 9,67 bc 12,90 cd 3,74 a 0,28	2,19 b 3,49 b 12,00 c 10,50 c 1,42 ab 4,67 b 0,86 a 0,41

Keterangan: Nilai yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 5% uji BNT.

*): tidak dianalisis.

Pada Musim Kemarau 2001 dan Musim Hujan 2002 tampak bahwa aktivitas fosfatase asam di dalam kotoran cacing tanah terendah dijumpai pada perlakuan PC-row dan tidak berbeda nyata dengan perlakuan C-no (pada Musim Kemarau 2001) dan C-plow (pada Musim Hujan 2002) (Tabel 2). Hal ini diduga karena pertumbuhan *P. conjugatum* dengan pola pengendalian strip kurang rapat sehingga serasah atau bahan organik yang dihasilkan lebih sedikit. Begitu juga pada perlakuan C-no, bahan organik hanya berasal dari tanaman kopi saja dan pada perlakuan C-plow sumber bahan organik hampir tidak ada. Hal ini

ditunjukkan oleh kandungan C-organik kotoran cacing tanah pada lahan dengan perlakuan-perlakuan tersebut yang lebih rendah, yaitu antara 2,34 – 3,24% (Tabel 4), yang diduga mengakibatkan aktivitas mikroorganisme yang menghasilkan fosfatase asam di dalam kotoran cacing tanah juga rendah.

Secara umum, aktivitas fosfatase asam di dalam kotoran cacing tanah pada perlakuan PC-round lebih tinggi daripada aktivitas fosfatase asam di dalam kotoran cacing tanah pada perlakuan PC-row, kecuali pada akhir Musim Hujan 2002 (Tabel 2). Hal ini diduga karena pertumbuhan

P. conjugatum pola pengendalian melingkar lebih rapat daripada *P. conjugatum* pola pengendalian strip. Bahan organik yang dihasilkan pada perlakuan PC-round lebih tinggi daripada perlakuan PC-row. Keadaan ini dapat memengaruhi kualitas kotoran cacing tanah. Dari hasil pengamatan tampak bahwa kandungan C-organik, N-total, dan pH kotoran cacing tanah pada perlakuan PC-round lebih tinggi dibandingkan dengan kandungan C-organik, N-total, dan pH kotoran cacing tanah pada perlakuan PC-row (Tabel 4). Kandungan C-organik dan N-total yang tinggi dapat meningkatkan aktivitas mikroorganisme di dalam kotoran cacing tanah. Kotoran cacing tanah kaya amonia, bahan organik yang sebagian telah dicerna di dalam usus cacing tanah, dan substrat yang digunakan bagi pertumbuhan mikroorganisme (Edwards dan Lofty, 1977). Peningkatan aktivitas mikroorganisme di dalam kotoran cacing tanah dapat meningkatkan aktivitas fosfatase asam di dalam kotoran cacing tanah karena fosfatase asam di dalam kotoran cacing tanah diduga sebagian besar diproduksi oleh mikroorganisme yang hidup di dalam kotoran cacing tanah.

Secara umum, fosfatase asam di dalam kotoran cacing tanah pada perlakuan GA-round memiliki aktivitas yang sama dengan fosfatase asam di dalam kotoran cacing tanah pada perlakuan GA-row (Tabel 2). Hal ini diduga karena jenis gulma alami yang beragam pada kedua perlakuan. Hariyati (2000) menyebutkan bahwa aktivitas fosfatase asam di dalam kotoran cacing tanah pada lahan kopi dengan gulma alami tinggi karena berkaitan dengan tingginya keragaman jenis gulma dan sistem perakaran yang rapat. Menurut Salam (1996) mikroorganisme penghasil fosfatase diduga akan lebih aktif di tanah dengan perakaran yang lebih baik.

Aktivitas Fosfatase Alkalin di Dalam Kotoran Cacing Tanah

Secara umum, aktivitas fosfatase alkalin di dalam kotoran cacing tanah pada perlakuan PC-round relatif lebih tinggi dibandingkan dengan lahan perlakuan lain, kecuali pada Musim Hujan 2002 (Tabel 2). Hal ini diduga berkaitan dengan kualitas serasah atau bahan organik yang dimakan oleh cacing tanah. Berdasarkan hasil penelitian Andiaty (2002) diketahui bahwa serasah lahan kopi dengan *P. conjugatum* memiliki nisbah C/N yang rendah (2,15) dan kandungan protein yang tinggi (0,11%) dibandingkan dengan serasah lahan kopi

dengan gulma alami (nisbah C/N = 2,46; protein = 0,10%) dan serasah lahan dengan gulma alami tanpa tanaman kopi (nisbah C/N = 4,87; protein = 0,05%).

Nisbah C/N yang rendah dan kandungan protein yang tinggi menunjukkan bahwa serasah *P. conjugatum* memiliki kandungan N yang tinggi dan mudah terdekomposisi. Cacing tanah lebih menyukai bahan organik yang mudah terdekomposisi. Menurut Evans dan Guild (1948 dalam Edwards dan Lofty, 1977) cacing tanah yang memakan bahan organik kaya N tumbuh lebih cepat daripada cacing tanah yang memakan bahan organik sedikit N. Dengan demikian, fosfatase alkalin yang dihasilkan oleh tubuh cacing tanah juga meningkat. Hariyati (2000) menyatakan bahwa fosfatase alkalin di dalam kotoran cacing tanah berkorelasi positif dengan bobot cacing tanah, sedangkan aktivitas fosfatase asam di dalam kotoran cacing tanah tidak berkorelasi dengan bobot cacing tanah.

Fosfatase alkalin di dalam kotoran cacing tanah pada perlakuan PC-round memiliki aktivitas lebih tinggi daripada fosfatase alkalin di dalam kotoran cacing tanah pada perlakuan PC-row, kecuali pada Musim Hujan 2002 (Tabel 2). Walaupun jenis serasah yang dimakan oleh cacing tanah sama, yaitu serasah *P. conjugatum*, tetapi aktivitas fosfatase alkalin yang dihasilkan di dalam kotoran cacing tanah berbeda. Hal ini diduga berkaitan dengan jumlah serasah atau bahan organik yang dimakan oleh cacing tanah. Pada perlakuan PC-round serasah atau bahan organik yang dihasilkan lebih banyak daripada serasah atau bahan organik yang dihasilkan pada perlakuan PC-row. Dengan demikian serasah atau bahan organik yang dimakan oleh cacing tanah pada perlakuan PC-round lebih banyak daripada serasah atau bahan organik yang dimakan oleh cacing tanah pada perlakuan PC-row. Akibatnya, fosfatase alkalin yang dihasilkan oleh cacing tanah pada perlakuan PC-round lebih tinggi dibandingkan dengan fosfatase alkalin yang dihasilkan oleh cacing tanah pada perlakuan PC-row.

Secara umum, aktivitas fosfatase alkalin di dalam kotoran cacing tanah pada ketiga musim terendah dijumpai pada perlakuan GA-row dan tidak berbeda nyata dengan aktivitas fosfatase alkalin di dalam kotoran cacing tanah pada perlakuan C-no, GA-round, dan GA-nocoff. Walaupun serasah yang dihasilkan oleh tanaman kopi dan/atau gulma pada lahan tersebut tinggi,

tetapi aktivitas fosfatase alkalin di dalam kotoran cacing tanah pada lahan tersebut rendah. Begitu juga pada Musim Kemarau 2001 dan akhir Musim Hujan 2002, aktivitas fosfatase alkalin pada perlakuan GA-row ternyata tidak berbeda dengan aktivitas fosfatase alkalin di dalam kotoran cacing tanah pada perlakuan C-no dan C-plow. Hariyati (2000) juga menyatakan bahwa aktivitas fosfatase alkalin di dalam kotoran cacing tanah tertinggi dijumpai pada lahan kopi tanpa penutup tanah. Hal ini menunjukkan bahwa fosfatase alkalin di dalam kotoran cacing tanah diduga lebih dominan dihasilkan oleh tubuh cacing tanah itu sendiri. Fosfatase alkalin diproduksi di dalam usus cacing tanah dan diekskresikan melalui kotoran cacing tanah (Satchell dan Martin, 1984; Ranganathan dan Vinotha, 1998 dalam Vinotha et al. (2000). Berdasarkan hasil penelitian Le Bayon dan Binet (2005) fosfatase alkalin hanya ditemukan di dalam kotoran cacing tanah dan sedikit ditemukan pada sisi lubang cacing tanah, sedangkan fosfatase asam dominan terdapat di dalam tanah.

Sifat Kimia Kotoran Cacing Tanah (pH, C-organik, N-total, dan P-tersedia)

Secara umum, pH kotoran cacing tanah tertinggi dijumpai pada perlakuan PC-round dan terendah pada perlakuan PC-row (Tabel 4).

Secara umum, kandungan C-organik kotoran cacing tanah pada perlakuan PC-round, GA-round, dan GA-nocoff lebih tinggi (2,87 – 3,48%), kemudian diikuti oleh GA-row dan PC-row (2,34 – 3,24%). Kandungan C-organik kotoran cacing tanah terendah dijumpai pada C-no dan C-plow (2,08 – 2,94%).

Kandungan C-organik kotoran cacing tanah sangat tergantung pada jenis dan jumlah bahan organik yang dimakan oleh cacing tanah. Serasah atau bahan organik yang dihasilkan relatif tinggi pada perlakuan PC-round, GA-round, dan GA-nocoff. Dengan demikian, cacing tanah mampu memakan bahan organik dalam jumlah banyak sehingga kandungan C-organik di dalam kotoran cacing tanah meningkat.

Kandungan N-total di dalam kotoran cacing tanah tergolong tinggi, yaitu berkisar antara 0,20 – 0,26% (Tabel 4). Menurut Lavelle et al. (1992 dalam Rangel et al., 1999) peningkatan N di dalam kotoran cacing tanah terjadi akibat akumulasi NH_4^+ sebagai hasil ekskresi ammonia melalui endonepridia ke usus dan hasil mineralisasi bahan organik yang telah dicerna oleh mikroflora tanah di

usus bagian tengah dan belakang cacing tanah. Kotoran cacing tanah lebih banyak mengandung NH_4^+ daripada NO_3^- (Kiss, 2000). Sekitar 79 – 96% total N di dalam kotoran cacing tanah seger merupakan hasil pencernaan cacing tanah (Rangel et al., 1999). Cacing tanah memakan bahan organik yang mengandung N dan sebagian besar akan dikembalikan ke tanah melalui proses ekskresi (Edwards dan Loft, 1977).

Secara umum, kandungan P-tersedia di dalam kotoran cacing tanah pada ketiga musim tertinggi dijumpai pada perlakuan PC-round (Tabel 4). Hal ini diduga berkaitan dengan kualitas serasah atau bahan organik yang dimakan oleh cacing tanah. Serasah *P. conjugatum* yang dimakan oleh cacing tanah diduga telah menyumbangkan P-tersedia yang tinggi di dalam kotoran cacing tanah. Kandungan P-tersedia di dalam kotoran cacing tanah pada ketiga musim terendah terdapat pada perlakuan GA-nocoff (Tabel 4). Hal ini diduga karena P-tersedia di dalam kotoran cacing tanah diserap oleh gulma alami tersebut. Pada lahan ini pertumbuhan gulma alami lebih rapat dan beragam sehingga diduga lebih banyak menyerap P-tersedia dibandingkan dengan lahan yang hanya terdiri dari satu jenis gulma saja, seperti pada perlakuan PC-round.

Hubungan Aktivitas Fosfatase Dalam Kotoran Cacing Tanah dengan Sifat Kimia Kotoran Cacing Tanah

Uji korelasi menunjukkan bahwa aktivitas fosfatase asam dan alkalin dalam kotoran cacing tanah tidak berkorelasi dengan pH, C-organik, N-total, dan P-tersedia kotoran cacing tanah (Tabel 5). Penelitian sebelumnya juga menemukan bahwa aktivitas fosfatase asam dan alkalin di dalam kotoran cacing tidak berkorelasi dengan pH dan C-organik kotoran cacing tanah, tetapi berkorelasi positif dengan N-total kotoran cacing tanah (Hariyati, 2000). Le Bayon dan Binet (2005) juga menyebutkan bahwa aktivitas fosfatase asam di dalam kotoran cacing tanah tidak berkorelasi dengan C-organik, tetapi berkorelasi positif dengan N-total kotoran cacing tanah, sedangkan aktivitas fosfatase alkalin di dalam kotoran cacing tanah berkorelasi positif sangat nyata dengan N-total dan nyata dengan C-organik kotoran cacing tanah. Ternyata, hal ini berbeda dengan aktivitas fosfatase asam dan alkalin di dalam tanah yang dilaporkan berkorelasi positif dengan pH, C-organik, dan N-total di dalam tanah (Salam, 1996; Hariyati, 2000). Alasan mengapa aktivitas fosfatase asam dan

alkalin di dalam kotoran cacing tanah dalam penelitian ini tidak berkorelasi dengan sifat kimia kotoran cacing tanah (pH, C-organik, N-total, dan P-tersedia) belum dapat dijelaskan pada saat ini.

Pada Tabel 5 tampak bahwa koefisien korelasi antara aktivitas fosfatase asam di dalam kotoran cacing tanah dengan kandungan P-tersedia kotoran cacing tanah bernilai negatif, sedangkan koefisien korelasi antara aktivitas fosfatase alkalin di dalam kotoran cacing tanah dengan kandungan P-tersedia bernilai positif. Hal ini diduga karena terdapat perbedaan reaksi antara fosfatase asam dan fosfatase alkalin dalam melepaskan P-tersedia di

dalam kotoran cacing tanah. Namun, perbedaan mekanisme reaksi tersebut tidak dapat dijelaskan.

Secara umum, aktivitas fosfatase asam di dalam kotoran cacing tanah lebih tinggi daripada aktivitas fosfatase alkalin dengan faktor 1:0,60 (Tabel 2). Hal ini disebabkan oleh pH kotoran cacing tanah yang umumnya rendah, yaitu berkisar antara 4,16–5,18 (Tabel 4). Dengan demikian, fosfatase asam akan lebih dominan daripada fosfatase alkalin. Telah dilaporkan sebelumnya bahwa fosfatase asam dominan pada tanah asam dan fosfatase alkalin dominan pada tanah alkalin (Elvazi dan Tabatabai, 1977; Juwa dan Tabatabai, 1977, 1978 dalam Tabatabai, 1982).

Tabel 5. Koefisien korelasi aktivitas fosfatase dalam kotoran cacing tanah dengan sifat kimia kotoran cacing tanah.

Sifat Kimia	Fosfatase Asam		
	Kemarau 2001 (September)	Hujan 2002 (April)	Akhir Hujan 2002 (Juli)
pH	0,67	0,24	-0,07
C-organik	0,29	0,35	0,22
N-total	0,49	0,15	0,15
P-tersedia	-0,24	-0,19	0,15
Sifat Kimia	Fosfatase Alkaln		
	Kemarau 2001 (September)	Hujan 2002 (April)	Akhir Hujan 2002 (Juli)
pH	0,54	0,16	0,22
C-organik	-0,03	0,06	0,24
N-total	0,05	0,10	0,02
P-tersedia	0,33	0,11	0,49

KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa pada Musim Kemarau 2001 dan Musim Hujan 2002 fosfatase asam di dalam kotoran cacing tanah pada lahan kopi dengan *P. conjugatum* pola pengendalian melingkar, lahan kopi dengan gulma alami pola pengendalian strip, lahan kopi dengan gulma alami pola pengendalian melingkar, dan lahan dengan gulma alami tanpa tanaman kopi memiliki aktivitas yang sama dan lebih tinggi daripada aktivitas fosfatase asam di dalam kotoran cacing tanah pada lahan kopi dengan *P. conjugatum* pola pengendalian strip, lahan kopi tanpa gulma, dan lahan tanpa tanaman yang diolah. Hal ini berkaitan dengan banyaknya dan beragamnya jenis bahan organik yang disumbangkan oleh vegetasi penutup tanah pada keempat perlakuan pertama dibandingkan dengan

ketiga perlakuan berikutnya sehingga dapat merangsang aktivitas mikroorganisme penghasil fosfatase asam di dalam kotoran cacing tanah. Sedangkan, aktivitas fosfatase alkalin di dalam kotoran cacing tanah tertinggi dijumpai pada lahan kopi dengan *P. conjugatum* pola pengendalian melingkar, kecuali pada Musim Hujan 2002. Hal ini berkaitan dengan nisbah C/N searas dengan *P. conjugatum* yang dimakan oleh cacing tanah lebih rendah daripada serasah pada perlakuan lain sehingga dapat mempercepat pertumbuhan cacing tanah sebagai penghasil utama fosfatase alkalin di dalam kotoran cacing tanah.

Berbeda dengan aktivitas fosfatase di dalam tanah, dalam penelitian ini aktivitas fosfatase di dalam kotoran cacing tanah tidak berkorelasi dengan sifat kimia kotoran cacing tanah (pH, C-organik, N-total, dan P-tersedia).

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini adalah bagian dari proyek penelitian "Basic Research on Environmentally-Sound Biological Production Technology Development in Eastern Asia" yang didanai oleh MONBUSHO (Ministry of Education, Science, Sports, and Culture of Japan).

DAFTAR PUSTAKA

- Alexander, M. 1977. Introduction to Soil Microbiology. 2nd edition. John Wiley and Sons, Inc. New York. 467 p.
- Andiaty, E.K. 2002. Pengaruh berbagai jenis dan sistem penutup tanah terhadap aktivitas cacing tanah, total mikroorganisme dalam tanah, dalam sistem pencernaan cacing tanah, dan dalam kuscing, serta kualitas kuscing pada pertanaman kopi di lahan miring di Sumber Jaya Lampung Barat. Skripsi. Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Bandar Lampung. 60 hlm.
- Brady, N.C. 1974. The Nature and Properties of Soil. 8th edition. Macmillan Publ. Co., Inc. New York. 639 p.
- Buckman, H.O. dan N.C. Brady. 1982. Ilmu Tanah. Alih Bahasa oleh Soegiman. Bharata Karya Aksara. Jakarta. 788 hlm.
- Darmayani, M. 1998. Usaha perbaikan beberapa sifat kimia Ultisols dan hasil kedelai (*Glycine max L. Merr*) dengan pemberian kapur dan kuscing. J. Agrikultura. 9: 24-30.
- Duxbury, J.M. and R.L. Tate III. 1981. The effect of soil depth and crop cover on enzyme activities in Pahokee Muck. Soil Sci. Soc. Am. J. 45: 322-328.
- Edwards, C.A. and J.R. Lofty. 1977. Biology of Earthworms. 2nd edition. John Wiley and Sons, Inc. New York. 255 p.
- Frankenberger, W.T., Jr., and W.A. Dick. 1983. Relationship between enzyme activities and microbial growth and activities indices in soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 47: 945-951.
- Hariyati, E. 2000. Aktivitas cacing tanah dan enzim fosfatase pada lahan kopi dengan tiga sistem penutup tanah di Sumber Jaya Lampung Barat. Skripsi. Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Bandar Lampung. 49 hlm.
- Jha, D.K., G.D. Sharma, and R.R. Mishra. 1992. Soil microbial population numbers and enzymes activities in relation to altitude and forest degradation. Soil Biol. Biochem. 24: 761-767.
- Le Bayon, R.C. and F. Binet. 2005. Earthworms change the distribution and availability of phosphorous in organic substrates. Soil Biol. and Biochem. 20: 1-12.
- Nasution, U. 1986. Origin and range of enzymes in soil. In: R.G. Burns (Ed), Soil Enzymes. Academic Press. London, New York, San Francisco. Hlm. 51-80
- Pang, P.C.K. und H. Kolenko. 1986. Phosphomonoesterase activity in forest soils. Soil Biol. Biochem. 18: 35-40.
- Ross, D.J. and A. Cairns. 1982. Effect of earthworms and ryegrass on respiratory and enzyme activities of soil. Soil. Biol. Biochem. 14: 583-587.
- Salam, A.K. 1996. Aktivitas enzim fosfatase pada lahan kopi berlereng dengan beberapa teknik pengendalian gulma. Prosid. Konf. HIGI XIII. Hlm 77-84.
- Salam, A.K., S. Yusnuni, dan A. Niswati. 1997a. Status kesuburan tanah dalam pertanaman singkong (*Manihot esculenta* Crantz) di Gunung Batin Lampung Utara. 2. Aktivitas enzim tanah. J. Agrotrop. 2: 42-47.
- Salam, A.K., M.A.S. Arief, dan S. Djuniwati. 1997b. Tinjauan terhadap peranan enzim fosfatase dalam pengelolaan fosfor organik untuk tanaman pertanian. J. Agrotrop. 2: 38-49.
- Satchell, J.E. and K. Martin. 1984. Phosphatase activity in earthworm faeces. Soil Biol. Biochem. 16: 191-194.
- Satchell, J.E., K. Martin, and R. Krishnamoorthy. 1984. Stimulation of microbial phosphatase production by earthworm activity. Soil Biol. Biochem. 16: 195.
- Soerjani, M., A.J.G.H. Kostermans, and G. Tjiptosoepomo. 1987. Weeds of Rice in Indonesia. Balai Pustaka. Jakarta. 716 hml.
- Supriatin. 2003. Aktivitas fosfatase di dalam kotoran cacing tanah pada lahan kopi dengan beberapa jenis dan sistem vegetasi penutup tanah di Sumber Jaya, Lampung Barat. Skripsi. Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Bandar Lampung. 57 hml.
- Tabatabai, M.A. 1982. Soil Enzymes. In: A.L. Page, R.H. Miller, and D.R. Keeney (Eds). *Methods of Soil Analysis Part 2. Chemical and Microbiological Properties*, 2nd edition. SSSA Inc, Madison. pp. 903-817
- Vinotha, S.P., K. Parthasarathi, and L.S. Ranganathan. 2000. Enhanced phosphatase activity in earthworm casts is more of microbial origin. Current Sci., 79: 1158-1159.