

# Efektivitas Cacing Tanah *Pheretima hupiensis*, *Edrellus* sp. dan *Lumbricus* sp. dalam Proses Dekomposisi Bahan Organik

Ea Kosman Anwar<sup>1</sup>

Makalah diterima 8 Agustus 2008 / disetujui 23 Maret 2009

## ABSTRACT

**Effectivity of the Earthworms *Pheretima hupiensis*, *Eudrellus* sp. and *Lumbricus* sp. on the Organic Matter Decomposition Process (E.K. Anwar):** The earthworms are the one of soil fauna component in soil ecosystem have an important role in organic matter decomposition process. The earthworm feed plant leaf and plant matter up to apart and dissolved. Earthworm metabolisms produce like faeces that mixed with decomposed organic matter mean vermicompost. The vermicompost fertility varies because of some kind of earthworm differ in "niche" and attitude. The experiment was to study the effectivity of earthworm on organic matter decomposition which has been conducted in Soil Biological and Healthy Laboratory and Green House of Soil Research Institute Bogor, during 2006 Budget Year. The three kind of earthworms i.e *Pheretima hupiensis*, *Lumbricus* sp. and *Eudrellus* sp. combined with three kind of organic matter sources i.e rice straw, trash and palm oil plant waste (compost heap). The result shows that the *Lumbricus* sp. are the most effective decomposer compared to *Pheretima hupiensis* and *Eudrellus* sp. and the organic matter decomposed by *Lumbricus* sp. as followed: market waste was decomposed of 100%, palm oil empty fruit bunch (compost heap) 95.8 % and rice straw 84.9%, respectively. Earthworm effectively decreased Fe, Al, Mn, Cu dan Zn.

**Keywords:** Decomposer, earthworm, organic matter, soil nutrient regulator, vermicompost

## PENDAHULUAN

Peranan cacing tanah sangat penting dalam proses dekomposisi bahan organik tanah. Bersamaan mikroba tanah lainnya terutama bakteri, cacing tanah ikut berperan dalam siklus biogeokimia. Cacing tanah memakan serasah daun dan materi tumbuhan yang mati lainnya, dengan demikian materi tersebut terurai dan hancur (Schwert, 1990). Menurut Parmelee *et al.* (1990), cacing tanah juga berperan dalam menurunkan rasio C/N bahan organik, dan mengubah nitrogen tidak tersedia menjadi nitrogen tersedia setelah dikeluarkan berupa kotoran (kascing). Terdapat interaksi antara pemberian bahan organik dan cacing tanah terhadap status hara tanah terutama N dan K, dan pemberian inokulan cacing tanah juga berpengaruh sangat nyata terhadap peningkatan P tersedia pada tanah Ultisols (Anwar, 2007). Selain itu cacing tanah meningkatkan dengan nyata kelimpahan total bakteri dan *Rhizopus* pada tanah steril (Anwar, 2005).

Upaya perombakan bahan organik menggunakan cacing tanah, untuk menghasilkan vermikompos, telah banyak dilakukan terutama di luar negeri seperti di Australia (Mc Credie *et al.*, 1992) dan di India (Morarka, 2005). Di Indonesia hal ini telah dilakukan dalam skala yang terbatas, dan hasil produknya telah dijual di pasaran secara bebas, di antaranya "Vermics". Standarisasi vermikompos sebagai pupuk organik belum ada karena selain produknya yang terbatas, pengguna juga dari kalangan terbatas. Namun ke depan, seiring dengan meningkatnya kebutuhan pupuk hayati dan pupuk organik yang berasal dari hasil dekomposisi bahan organik oleh cacing tanah, standarisasi vermikompos dan dekomposernya (cacing tanah) sangat diperlukan. Komponen standarisasi vermikompos di antaranya meliputi kandungan hara, kadar air dan pengaruhnya terhadap produktivitas tanaman, sedangkan standarisasi dekomposernya bahan organik (cacing tanah) di antaranya meliputi jenis cacing tanah dan kemampuan mendekomposisikan.

<sup>1</sup> Balai Penelitian Tanah, Puslitbang Tanah dan Agroklimat, Jl. Ir. H. Juanda 98, Bogor 16123.  
*J. Tanah Trop.*, Vol. 14, No. 2, 2009: 149-158  
ISSN 0852-257X

Tiap jenis cacing tanah mempunyai karakteristik yang berbeda-beda, *Pheretima hupiensis* bersifat geofagus (dominan pemakan tanah) diambil berasal dari tanah Ultisols yang mempunyai tekanan lingkungan relatif berat, dengan kondisi pH tanah rendah (sangat masam), bahan organik rendah; sedangkan *Eudrellus* sp. bersifat Limifagus (pemakan tanah subur atau tanah basah) diambil berasal dari tanah Latosols (*Inceptisol*) yang mempunyai pH sedang (mendekati netral), bahan organik tanah cukup dan *Lumbricus* sp. bersifat "Litter feeder" (pemakan serasah) berasal dari Eropa, sekarang merupakan paling banyak dibudidayakan di Indonesia untuk mengolah (mendekomposisi) sampah (Listyawan *et al.*, 1998). Dengan demikian perlu untuk menguji efektifitas berbagai jenis cacing tanah dalam mendekomposisi bahan organik dan tingkat kesuburan vermikompos sangat diperlukan. Tujuan penelitian adalah untuk mempelajari efektifitas cacing tanah *P. hupiensis*, *Lumbricus* sp. dan *Eudrellus* sp.

terhadap dekomposisi bahan organik dan kualitas vermikompos yang dihasilkan.

### BAHAN DAN METODE

Penelitian ini terdiri dari 2 tahap kegiatan, yaitu (1) uji efektifitas cacing tanah (dekomposer) dan (2) uji efektifitas vermikompos. Penelitian pertama dilakukan di Laboratorium Fauna Tanah Kelompok Peneliti Biologi dan Kesehatan Tanah, dari bulan Mei hingga Juli 2006, dilanjutkan penelitian kedua di rumah kaca Balai Penelitian Tanah Bogor, dari bulan Agustus hingga Oktober 2006.

#### Uji Efektifitas Cacing Tanah (Dekomposer)

Rancangan percobaan menggunakan rancangan acak lengkap dengan 3 ulangan menggunakan nampan volume 5 kg. Perlakuan terdiri atas kombinasi 3 jenis cacing yaitu *P. hupiensis*, *Lumbricus* sp., dan

Tabel 1. Hasil analisis Ultisols, Latosols, pupuk kandang, jerami padi, sampah, tandan kosong, kompos jerami, kompos sampah dan kompos tandan kosong.

Jenis analisis	Ultisols	Latosols	Pukan	Jerami (J)	Sampah (S)	Tankos (Tk)	Kompos Jerami (KJ)	Kompos Sampah (KS)	Kompos Tankos (KTK)
Tekstur (%):									
Liat	67	57	65	-	-	-	-	-	-
Debu	29	29	24	-	-	-	-	-	-
Pasir	4	14	11	-	-	-	-	-	-
pH:									
H <sub>2</sub> O	4,50	5,90	6,50	-	-	-	-	-	-
KCl	3,80	5,00	5,60	-	-	-	-	-	-
Bahan Organik :									
C(%)	1,86	1,73	1,39	27,68	23,46	20,05	16,28	7,83	17,21
N(%)	0,13	0,12	0,10	0,96	1,55	0,47	1,12	0,58	0,74
(C/N)	14	14	14	28,86	15,10	43,10	15,00	13,50	23,26
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (HCl25%) (mg kg <sup>-1</sup> )	160	1020	1080	1,30	3,10	1,50	3,90	3,70	3,50
K <sub>2</sub> O(HCl 25%) (mg kg <sup>-1</sup> )	150	210	220	8,50	11,50	11,10	16,80	3,60	13,00
P-Bray-1 (mg kg <sup>-1</sup> )	3,60	-	-	-	-	-	-	-	-
P-Olsen (mg kg <sup>-1</sup> )	-	17	30	-	-	-	-	-	-
Kation (cmol kg <sup>-1</sup> )									
Ca	2,07	11,10	13,94	0,42	1,23	0,60	1,30	0,96	1,49
Mg	0,67	1,80	1,80	0,10	0,28	0,29	0,22	0,17	0,35
K	0,16	0,30	0,29	-	-	-	-	-	-
Na	0,14	0,15	0,15	-	-	-	-	-	-
KB (%)	15,00	86,00	>100	-	-	-	-	-	-
Al <sup>3+</sup> (cmol kg <sup>-1</sup> )	12,30	0	0	3323,00	9965,00	22340,00	1,27	2,28	1,97
H <sup>+</sup> (cmol kg <sup>-1</sup> )	1,34	0,09	0	-	-	-	-	-	-
S (cmol kg <sup>-1</sup> )	-	-	-	0,08	0,25	0,11	0,21	0,16	0,26
Fe (cmol kg <sup>-1</sup> )	-	-	-	4,08	27,72	39,38	1,37	2,82	2,10
Mn (cmol kg <sup>-1</sup> )	-	-	-	-	-	-	1215	637	1032
Cu (cmol kg <sup>-1</sup> )	-	-	-	-	-	-	21	21	41
Zn (cmol kg <sup>-1</sup> )	-	-	-	-	-	-	118	98	165
Kadar air	26,00	32,70	20,10	86,00	20,90	58,60	75,40	63,40	

*Eudrellus* sp., serta 3 jenis bahan organik yaitu jerami padi, sampah pasar, dan tandan kosong kelapa sawit; total kombinasi perlakuan 9 yang diulang 3 kali. *P. hupiensis* diambil dari tanah Ultisols Desa Kentrong-Jasinga, *Lumbricus* sp. dan *Eudrellus* sp. dari penangkar cacing tanah kebun binatang Pasar Minggu Jakarta. Satu kg pupuk kandang (pukan) sebagai starter dicampur dengan 2 kg bahan organik segar dan dimasukkan ke dalam nampan ukuran 5 kg, kemudian dibiarkan 3-5 hari sampai gas dari pupuk kandang dianggap habis. Setelah itu masing-masing 1 nampan campuran ditambah dengan tiap jenis bahan organik + pukan dan dibiarkan sampai menjadi kompos tanpa inokulan cacing sebagai kontrol. Setelah inkubasi, nampan-nampan perlakuan berisi campuran bahan organik + pukan diinokulasi dengan cacing tanah. Setiap perlakuan diinokulasikan 50 g cacing tanah. Dengan berat tubuh cacing *P. hupiensis* 1,75 g 10 ekor<sup>-1</sup>, *Lumbricus* sp. 2,58 g 10 ekor<sup>-1</sup>, *Eudrellus* sp. 7,97 g 10 ekor<sup>-1</sup>. Nampan ditutup dengan kain blacu hitam. Pemeliharaan dilakukan dengan mempertahankan kelembaban sekitar 70%. Setelah 8 minggu (lebih dari 2 bulan dekomposer dianggap tidak efektif) dengan kriteria suhu vermikompos stabil (27-30° C). Vermikompos dibongkar dan diayak pada ayakan 10 mesh. Kompos yang lolos ayakan 10 mesh disebut vermikompos, sedangkan yang masih berbentuk struktur semula dianggap tidak terdekomposisi.

Vermikompos ditimbang dengan koreksi terhadap kadar air bahan awal (*raw material*). Dilakukan analisis kandungan hara terhadap bahan awal, vermikompos (pengomposan dengan perlakuan cacing tanah) maupun kompos stater di Laboratorium Balai Penelitian Tanah Bogor (Tabel 1).

### Uji Efektifitas Vermikompos

Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) diulang 3 kali. Perlakuan terdiri atas vermikompos hasil proses dekomposisi pada kegiatan penelitian pertama, pupuk kandang dan kontrol (tanpa vermikompos). Vermikompos dan pupuk kandang, masing-masing dicampur dengan tanah Latosols dengan perbandingan 1: 2, sehingga jumlah perlakuan menjadi 11 perlakuan yang diulang 3 kali. Jagung varietas Arjuna ditanam sebanyak 2 tanaman/pot dan dipelihara sampai umur 4 minggu (fase vegetatif maksimum = fase heading, yaitu keluar bunga jantan pertama) sebagai tanaman penguji. Sifat-sifat agronomis tanaman jagung yang diamati meliputi tinggi, bobot kering batang, daun dan akar tanaman.

Analisis hara tanah dan tanaman dilakukan di Laboratorium Balai Penelitian Tanah (Tabel 1)

Metode analisis Penetapan N (Kjeldahl), C organik (Walkley & Black), K (gravimetri), P tersedia (Olsen dan Bray-1), penetapan ketersediaan Fe, Mn, Cu dan Zn dengan ekstrak DTPA (Balai Penelitian Tanah, 2005).

Efektivitas dekomposisi (dalam %) dihitung dengan cara :

$$Ed = \frac{Rm-Rd}{R} \times 100\%$$

dimana : Ed = Efektivitas decomposisi (%)

Rm = Bahan mentah (kg)

Rd = Bahan terdekomposisi (kg)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Status Hara Tanah yang Digunakan

Tanah Ultisols dari Desa Kentrong mempunyai tekstur liat berdebu. Pada kondisi ini tanah tersebut akan mudah membentuk struktur yang kompak dan masif, pH (derajat kemasaman) yang sangat masam, kandungan C organik rendah, dan kadar N rendah dengan nisbah C/N sedang, kadar P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> dan K<sub>2</sub>O rendah. Kapasitas Tukar Kation sedang, dan kadar Al<sup>3+</sup> sedang. Tanah Latosols (Inceptisols) mempunyai kandungan pasir, debu, liat dengan perbandingan 1 : 2 : 3 dibandingkan dengan Ultisols yang mempunyai perbandingan 1 : 7 : 17 (perbandingan lebih besar lebih baik). Derajat kemasaman (pH) Latosols mendekati netral, kandungan P, K total dan kation tanah Latosols lebih tinggi dibandingkan dengan Ultisols (Tabel 1). Hal tersebut menunjukkan sifat fisika maupun kimia (kandungan hara makro dan kation lebih tinggi lebih baik) tanah Latosols relatif lebih baik dari pada Ultisols (Soil Survey Staff, 1987).

### Vermikompos Hasil Dekomposisi dan Perkembangan Cacing Tanah

Efektifitas dekomposisi bahan organik menggambarkan seberapa banyak (dalam %) bahan organik yang diberikan dapat terdekomposisi, dikalibrasikan ke kadar air bahan organik awal, sehingga diperoleh hasil penelitian seperti yang tergambar pada Tabel 2. Tabel 2 menunjukkan, semua sumber bahan organik yang berasal dari sampah pasar terdekomposisi oleh cacing tanah *P. hupiensis*, *Lumbricus* sp. maupun *Eudrellus* sp. seluruhnya

(100%), sedangkan jerami padi terdekomposisi oleh *P. hupiensis* 88,6% dan sisanya sekitar 12,4% masih dalam bentuk struktur semula. Tandan kosong buah kelapa sawit terdekomposisi oleh *P. hupiensis* 75,7% dan 24,3% masih dalam bentuk struktur semula. Cacing tanah *Lumbricus* sp. mampu mendekomposisi 84,9% jerami padi dan 15,1% masih dalam bentuk struktur semula, sedangkan tandan kosong kelapa sawit (tankos) terdekomposisi antara 67%-75,8% dan sisanya 4,2% masih dalam bentuk struktur semula. Cacing tanah *Eudrellus* sp. mampu mendekomposisi jerami tanah 92,9% dan sisanya 7,1% masih dalam bentuk struktur semula dan mendekomposisi tandan kosong kelapa sawit 67,0% sisanya masih dalam bentuk semula. Hal ini menunjukkan bahwa sekuen bahan organik yang paling mudah terdekomposisi secara berurutan sampah pasar (sampah sayuran) > jerami padi > tandan kosong kelapa sawit. Efektifitas cacing tanah dalam mendekomposisi bahan organik berturut-turut adalah *Lumbricus* sp. paling efektif disusul *Eudrellus* sp. kemudian *P. hupiensis*.

Pada Tabel 2 terlihat bahwa vermikompos tertinggi diperoleh cacing tanah *Lumbricus* sp. pada pemberian sampah pasar dan jerami padi. Hal ini setara dengan berat tubuh cacing tanah *Lumbricus* sp. yang mempunyai berat tubuh paling tinggi dibandingkan dengan cacing tanah lainnya. Menurut Parmelee *et al.* (1990) dan Listyawan *et al.* (1998) cacing tanah memakan bahan organik setiap hari setara berat tubuh. Di pihak lain Scheu (1991) melaporkan bahwa pelepasan C-organik harian melalui ekskresi mucus dari permukaan tubuh dan pada kotoran cacing tanah adalah 0,2 – 0,5 % dari total biomassa cacing tanah. *P. hupiensis* menghasilkan vermikompos terendah, hal ini berhubungan dengan berat tubuh yang relatif paling kecil, *P. Hupiensis* juga merupakan cacing tanah yang bersifat geofagus (pemakan tanah).

Perkembangan cacing merupakan penambahan jumlah dan berat tubuh cacing pada saat panen vermikompos dibandingkan saat inokulasi. Pada Tabel 2 dan Gambar 1 menggambarkan berat dan jumlah tubuh *Lumbricus* sp. pada saat panen tertinggi, dibandingkan dengan cacing tanah lainnya dan *P. hupiensis* memperlihatkan berat tubuh paling rendah namun jumlah cacing lebih tinggi dibandingkan *Eudrellus* sp. Sesuai sifat *P. hupiensis* yang geofagus (pemakan tanah) yang juga endogaesis (hidup di dalam tanah), dengan keadaan tubuh relatif kecil akan memudahkan pergerakan ke dalam tanah. Sebaliknya *Lumbricus* sp. dan *Eudrellus* sp. yang pemakan

serasah dan pemakan tanah gembur juga bersifat epigaesis (hidup di permukaan), dengan ukuran tubuh yang besar (dicirikan dengan berat tubuh yang relatif tinggi) sangat sesuai dengan kebutuhan hidupnya.

Penambahan bobot cacing tanah *Lumbricus* sp. memberikan penambahan relatif lebih tinggi dibandingkan dengan *P. hupiensis* dan berbeda nyata dibandingkan dengan *Eudrellus* sp. pada media jerami padi dan tankos, sebaliknya *Eudrellus* sp. pada media jerami padi dan tankos mengalami penurunan bobot tubuh. Hal ini menunjukkan kesesuaian media hidup (bahan organik + pukan) bagi *Lumbricus* sp. sebagai 'litter feeder' (pemakan serasah) lebih sesuai dibandingkan dengan *P. hupiensis* sebagai 'geofagus' (pemakan tanah) dan *Eudrellus* sp. sebagai 'limifagus' (pemakan tanah gembur). Hal ini juga mencirikan bahwa cacing tanah *Lumbricus* sp. lebih toleran terhadap media hidup pada jerami padi, sampah pasar maupun tandan kosong kelapa sawit, kemudian disusul *P. hupiensis*, sedangkan *Eudrellus* sp. nampak lebih rentan terhadap ketiga macam media hidup tersebut.

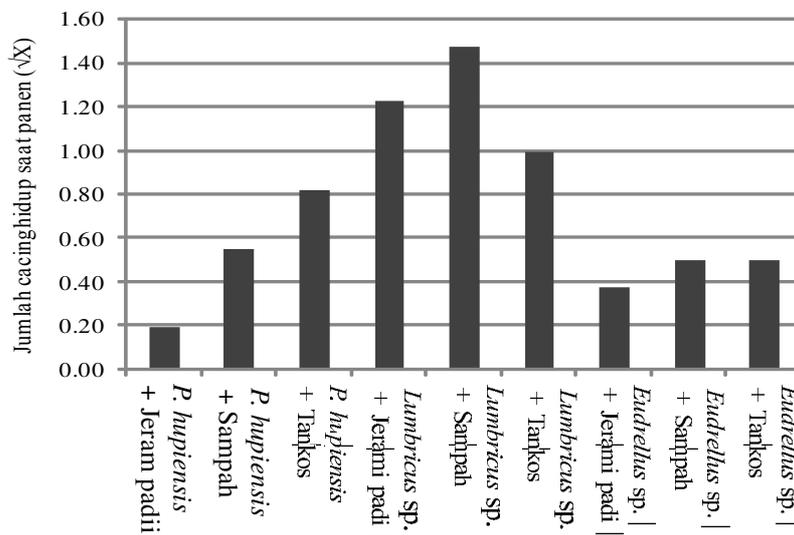
### **Status Hara Vermikompos**

Salah satu indikator efektivitas proses dekomposisi adalah kandungan C dan N dan perbandingan C/N. Senyawa karbon mempunyai karakteristik yang khas yang tidak dijumpai pada senyawa-senyawa anorganik, yaitu dapat membentuk rantai atom dan bercabang-cabang, sedangkan unsur N bersama unsur P merupakan unsur utama pembentuk lipid dan asam amino senyawa utama penyusun dinding sel. Proses dekomposisi merupakan lepasnya ikatan-ikatan karbon yang kompleks menjadi ikatan-ikatan sederhana akibat penggunaan unsur C oleh organisme untuk mendapatkan energi keperluan hidupnya melalui proses respirasi dan biosintesis melepaskan CO<sub>2</sub>, sehingga bahan organik yang telah mengalami proses dekomposisi akan mempunyai kadar C lebih rendah dibanding dengan kadar C bahan segar. Pada Tabel 3 terlihat bahwa vermikompos hasil proses dekomposisi mempunyai kandungan C dan N serta C/N yang berbeda. Kandungan C tertinggi dihasilkan vermikompos hasil dekomposisi sampah pasar oleh *P. hupiensis* dan *Edrellus* sp, tankos oleh *Lumbricus* sp dan *Eudrellus* sp dan jerami oleh *Lumbricus* sp. Kandungan N tertinggi diperoleh pada vermikompos dari jerami oleh *Lumbricus* sp. dan sampah pasar oleh *Eudrellus* sp. C/N tertinggi diperoleh vermikompos sampah pasar dan tankos hasil dekomposisi *P. hupiensis*, tankos oleh

Tabel 2. Berat bahan organik terdekomposisi dan berat cacing tanah (g 10<sup>-1</sup> ekor) saat panen.

Perlakuan		Bahan organik terdekomposisi (%)	Bobot vermikompos hasil dekomposisi (g) 5% k.a.	Bobot cacing tanah saat panen (g 10 <sup>-1</sup> ekor)	Penambahan Bobot cacing tanah (g 10 <sup>-1</sup> ekor)
Cacing tanah	Bahan organik				
<i>P. hupiensis</i>	Jerami padi	88,6 c	316,4 b	4,3 d	2,6 a
	Sampah	100,0 a	207,1 d	4,0 d	2,2 a
	Tankos	75,7 e	287,6 bc	4,3 d	2,6 a
<i>Lumbricus</i> sp.	Jerami padi	84,9 d	358,7 a	6,0 b	3,2 a
	Sampah	100,0 a	364,0 a	7,0 a	2,6 a
	Tankos	95,8 a	307,5 b	6,0 b	2,8 a
<i>Eudrellus</i> sp.	Jerami padi	92,9 b	305,1 b	5,8 b	-20,0 b
	Sampah	100,0 a	253,0 c	5,2 c	1,6 a
	Tankos	67,0 f	239,2 c	5,3 bc	-19,7 b
KK (%)		1,32	3,46	3,52	10,9

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda pada taraf nyata 5% menurut Uji BNT.



Gambar 1. Pertumbuhan jumlah cacing saat panen vermikompos.

*Lumbricus* sp dan jerami oleh *Eudrellus* sp. Sampah pasar yang didekomposisi *P. hupiensis* dan *Eudrellus* sp. mempunyai kandungan C lebih tinggi dibandingkan dengan jerami padi maupun tankos, sebaliknya vermikompos sampah pasar hasil proses dekomposisi *Lumbricus* sp. mempunyai kandungan C paling rendah dibandingkan jerami dan tankos, sedangkan *Eudrellus* sp. mendekomposisi jerami dengan kandungan C paling rendah dibandingkan dengan sampah pasar dan tankos.

Rasio C/N vermikompos jerami hasil dekomposisi *P. hupiensis* paling kecil dibandingkan sampah pasar dan tankos, sedangkan vermikompos sampah pasar hasil proses dekomposisi *Lumbricus* sp. dan *Eudrellus* sp. paling kecil dibandingkan

dengan jerami dan tankos. Hal ini menunjukkan tingkat kematangan vermikompos (dilihat dari rendahnya C/N), selain dipengaruhi oleh sumber bahan organik juga oleh jenis cacing tanah sebagai dekomposer dan vermikompos sampah pasar merupakan hasil dekomposisi oleh *Lumbricus* sp. mempunyai kematangan paling tinggi (C/N paling rendah).

Kandungan hara vermikompos, pada Tabel 3, terlihat *P. hupiensis* menghasilkan P total, Fe, Al, Mn, Cu dan Zn tertinggi pada jerami, C, C/N, P total, K total, S, Mn, Cu dan Zn pada sampah, sedangkan pada tankos C/N dan Cu tertinggi. Cacing tanah *Lumbricus* sp menghasilkan tertinggi C, N pada jerami dan K total pada sampah pasar, C, C/N, P total, Mg dan Cu pada tankos. Cacing tanah *Eudrellus*

Tabel 3. Status hara vermikompos.

Perlakuan	C	N	C/N	P-tot	K-tot	Ca	Mg	S	Fe	Al	Mn	Cu	Zn
	%						mgkg <sup>-1</sup>						
P Jerami	15,5 b	0,94 c	16,5 b	<b>0,61 a</b>	0,64 d	1,55 e	0,31 b	0,26 bc	<b>3,8 ab</b>	<b>3,9 a</b>	<b>1475,3 ab</b>	<b>399 a b</b>	<b>206,2 a</b>
P Sampah	<b>17,0 a</b>	0,99 bc	<b>17,7 a</b>	<b>0,62 a</b>	<b>1,41 a</b>	1,56 de	0,32 b	<b>0,29 ab</b>	2,5 d	2,8 c	<b>1584,4 a</b>	<b>429 a</b>	<b>209,1 a</b>
P Tankos	14,9 b	0,81 d	<b>18,3 a</b>	0,53 c	0,85 c	1,56 cd	0,33 b	0,26 bc	3,4 b	3,4 bc	1407,8 bc	<b>423a</b>	195,9 b
L Jerami	<b>17,8 a</b>	<b>1,18 a</b>	15,6 b	0,51 c	0,56 d	1,57 c	0,25 d	0,21 d	2,2 d	2,5 c	980,6e	294 d	141,8 d
L Sampah	14,1 c	1,03 b	13,8 c	0,52 c	<b>1,44 a</b>	1,55 e	0,29 c	0,25 c	1,8 e	1,7 d	1324,4 cd	279 d	149,0 d
L Tankos	<b>16,5 a</b>	0,98 bc	<b>17,0 ab</b>	<b>0,65 a</b>	1,04 b	1,58 c	<b>0,37 a</b>	0,27 b	3,3 bc	3,2 bc	1351,9 cd	<b>422 a</b>	194,4 b
E Jerami	15,7 b	0,94 c	16,7 b	0,58 b	0,65 d	1,56 d	0,31 b	<b>0,31 a</b>	<b>4,3 a</b>	3,1 bc	1335,0 cd	<b>379 ab</b>	193,5 b
E Sampah	16,9 a	<b>1,18 a</b>	15,2 c	0,48 d	1,13 b	2,05 b	0,26 d	0,26 bc	3,2 c	3,1 bc	1285,1 ed	328 c	164,9 c
E Tankos	16,8 a	1,03 b	16,4 b	0,59 b	1,04 b	<b>2,84 a</b>	0,31 b	0,27 b	3,7 b	3,4 b	1418,0 bc	<b>415 ab</b>	<b>210,4 a</b>
KK (%)	1,39	2,23	1,58	3,03	6,43	4,8	2,19	1,95	5,00	4,04	2,36	3,03	2,73

Keterangan: KK = Koefisien Keragaman. Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 5% Uji BNT.

sp. menghasilkan S, Fe dan Cu tertinggi pada jerami padi, N pada sampah dan Ca, Cu dan Zn pada tankos. Hal ini menunjukkan tiap jenis cacing tanah yang mendekomposisikan bahan organik berbeda menghasilkan kualitas vermikompos yang berbeda. Vermikompos hasil dekomposisi cacing tanah *P. hupiensis* menunjukkan 16 item hara tertinggi dengan 10 jenis unsur hara dibandingkan vermikompos hasil dekomposisi cacing tanah lainnya, menunjukkan proses mineralisasi (perubahan bahan organik menjadi unsur hara) oleh cacing tanah *P. hupiensis* sebagai cacing tanah geofagus (pemakan tanah) lebih tinggi dibandingkan oleh cacing tanah lainnya. Hal ini dapat diasumsikan bahwa kemampuan cacing tanah geofagus lebih tinggi dalam proses mineralisasi bahan organik dibandingkan cacing tanah epigeaesis dan anagaesis. Menurut Hendriksen (1990), cacing tanah yang bersifat detritifora, selektif dalam memilih bahan organik (palatabilitas) yang bergantung pada nilai C/N, kandungan lignin dan polifenol. Sedangkan untuk cacing tanah yang bersifat geofagus tidak secara nyata dipengaruhi oleh faktor palatabilitas tersebut.

### Degradasi dan Pengayaan Hara Vermikompos

Proses dekomposisi merupakan reaksi enzimatik yang dapat dipersamakan dengan proses pencernaan hewan, selain terjadi pelapukan (perubahan fisik) juga terjadi penguraian bahan organik menjadi bahan dan senyawa sederhana. Selama proses dekomposisi dari bahan organik segar menjadi kompos atau vermikompos terjadi perubahan status kandungan

hara. Perubahan dapat berkurang (negatif) atau bertambah (positif) (Tabel 4). Selama proses dekomposisi bahan organik oleh mikroba maupun cacing tanah memerlukan dan menggunakan energi untuk metabolisme tubuhnya. Sumber energi berasal dari bahan organik yang didekomposisi berupa nutrisi yang tergambar dalam kandungan unsur hara, sehingga terjadi pengurangan kandungan hara dari bahan organik segar yang didekomposisi dibanding setelah menjadi kompos atau vermikompos. Sebaliknya peningkatan kandungan hara dari bahan organik segar menjadi kompos maupun vermikompos terjadi karena hara-hara yang terurai dari ikatan kompleks menjadi senyawa sederhana lebih tinggi daripada hara untuk keperluan metabolisme mikroba maupun cacing tanah. Dengan asumsi bahwa dekomposisi pada kompos hanya terjadi oleh mikroba (bakteri, fungi dan lain-lain) (Tabel 1), sedangkan pada vermikompos dekomposisi terjadi oleh mikroba dan cacing tanah (pengaruh interaksi diabaikan) (Tabel 3), maka selisih kandungan hara bahan organik segar dibanding hara kompos (J – KJ dan seterusnya) (Tabel 1) merupakan akibat dari proses dekomposisi oleh mikroba, sedangkan selisih kandungan hara kompos (Tabel 1) dengan vermikompos (KJ – PJ dan seterusnya) (Tabel 3) merupakan akibat dari proses dekomposisi oleh cacing tanah saja. Tabel 4 menggambarkan nilai selisih antara Tabel 1 dan Tabel 3 (disederhanakan). Pada Tabel 4 terlihat bahwa terjadi penurunan (tanda -) kandungan C pada bahan organik segar jerami (J) dibanding kompos jerami (KJ) (perlakuan 1) sebesar 11,4%, C/N menurun 13,9,

Fe dan Al masing-masing 2,7 dan 3321,7 mg kg<sup>-1</sup>. Hal tersebut berarti merupakan banyaknya hara yang digunakan oleh mikroba (M) dalam proses dekomposisi jerami. Peningkatan 6 (enam) jenis hara makro yaitu N meningkat 0,16%, P 0,28%, K 0,83%, Ca 0,87%, Mg 0,13%, S 0,14%, dan 3 jenis hara mikro yaitu Mn, Cu dan Zn masing-masing 778,2, 15,3 dan 75,6 mg kg<sup>-1</sup>. yang berarti terjadi kelebihan hara dari yang diperlukan untuk metabolisme mikroba dan “tersimpan/dideposit” sebagai hara dalam kompos. Metabolisme cacing tanah *P. hupiensis* dan mikroba (P + M) mengambil hara dari jerami sejumlah C organik 12,2%, N 0,02%, C/N 12,3, K 0,21%, dan unsur mikro Fe dan Al masing-masing 0,3 dan 3319,1 mg kg<sup>-1</sup> dan mendepositkan 4 jenis hara makro yaitu P 0,48%, Ca 1,1%, Mg 0,21%, S 0,182% dan 3 jenis hara mikro Mn, Cu dan Zn masing-masing 1038,5; 33,8; dan 163,6 mg kg<sup>-1</sup>. *P. hupiensis* (P) dalam proses dekomposisi jerami mendepositkan C 0,8%, N 0,18 %, dan K 1,04% ke dalam vermikompos. Proses dekomposisi oleh mikroba terhadap jerami dan tankos masing-masing mendepositkan hara N, P, K,

Ca, Mg dan S dan 3 hara mikro yaitu Mn, Cu dan Zn. Sementara dalam proses dekomposisi sampah pasar hanya mendepositkan hara P dan Cu dan Zn. Hal ini disebabkan sampah pasar terdekomposisi lebih lanjut (terdekomposisi 100%) sehingga kemungkinan mikroba menggunakan hara yang tersedia dalam kompos untuk metabolisme terus berlangsung mengakibatkan hara dalam kompos terus berkurang. Hasil proses dekomposisi *P. hupiensis* dan mikroba menjadi vermikompos berasal dari jerami, sampah pasar dan tankos mendepositkan masing-masing 3 unsur mikro yaitu Mn, Cu dan Zn; Sedangkan unsur hara makro yang didepositkan berasal dari sampah pasar 6 unsur yaitu P, K, Ca, Mg, S dan meningkatkan C/N; yang berasal dari tankos 5 unsur yaitu N, P, Ca, Mg dan S dan yang berasal dari jerami 4 unsur yaitu P, Ca, Mg dan S. Data tersebut menunjukkan dekomposisi sampah pasar oleh *P. hupiensis* dan mikroba mendepositkan unsur makro lebih banyak dari dekomposisi jerami dan tankos (perlakuan 2 dan 16), berlawanan dengan sampah pasar yang didekomposisi mikroba saja pengurangan hara lebih

Tabel 4. Degradasi dan pengayaan hara vermikompos.

Perlakuan (dekomposer)	%												mg kg <sup>-1</sup>		
	C	N	C/N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Al	Mn	Cu	Zn		
1. J-KJ (M)	-11,4	0,16	<b>-13,9</b>	0,26	0,83	0,9	0,13	0,137	-2,7	<b>-3321,7</b>	778,2	15,3	75,6		
2. J-PJ (P + M)	<b>-12,2</b>	-0,02	-12,3	<b>0,48</b>	-0,21	<b>1,1</b>	<b>0,21</b>	0,182	-0,3	-3319,1	<b>1038,5</b>	<b>33,8</b>	<b>163,6</b>		
3. 1-2 (P)	0,8	0,18	-1,5	-0,22	1,04	-0,3	-0,09	-0,045	-2,4	-2,6	-260,3	-18,5	-88,0		
4. J-LJ (L + M)	-9,9	<b>0,22</b>	-13,2	0,38	-0,29	<b>1,1</b>	0,15	0,132	-1,9	-3320,6	543,8	23,3	99,2		
5. 1-4 (L)	-1,5	-0,06	-0,6	-0,12	<b>1,12</b>	-0,3	-0,03	0,005	-0,8	-1,2	234,4	-8,0	-23,6		
6. J-EJ (E + M)	-11,9	-0,02	-12,1	0,45	-0,20	<b>1,1</b>	<b>0,21</b>	<b>0,232</b>	0,2	-3319,9	898,2	31,7	150,9		
7.1-6 (E)	0,5	0,18	-1,7	-0,19	1,03	-0,3	-0,09	-0,095	<b>-2,9</b>	-1,8	-120,0	-16,5	-75,3		
8. S-KS (M)	<b>-15,6</b>	<b>-0,97</b>	-1,6	0,06	-0,79	-0,3	-0,11	-0,093	-24,9	-9962,6	-16,5	6,7	35,2		
9. S-PS (P + M)	-6,5	-0,56	2,6	<b>0,31</b>	0,26	0,3	0,04	0,038	-25,3	-9962,1	895,0	<b>29,0</b>	<b>145,9</b>		
10. 8-9 (P)	-9,2	-0,41	<b>-4,2</b>	-0,25	-1,05	-0,6	<b>-0,15</b>	<b>-0,132</b>	0,4	-0,5	-911,5	-22,3	-110,8		
11. S-LS (L+M)	-9,3	-0,52	-1,3	0,21	0,29	0,3	0,01	-0,002	<b>-25,9</b>	<b>-9963,2</b>	635,0	14,0	85,8		
12. 8-11 (L)	-6,3	-0,45	-0,3	-0,15	<b>-1,08</b>	-0,6	-0,12	-0,092	1,0	0,6	-651,5	-7,3	-50,7		
13. S-ES (E+ M)	-6,6	-0,37	0,1	0,17	-0,02	0,8	-0,02	0,008	-24,5	-9961,8	595,7	18,9	101,7		
14. 8-13 (E)	-9,1	-0,60	-1,7	-0,11	-0,77	<b>-1,1</b>	-0,09	-0,102	-0,4	-0,8	-612,2	-12,2	-66,6		
15. Tk-KTk (M)	-2,8	0,27	-19,8	0,40	0,18	0,9	0,06	0,145	<b>-37,3</b>	<b>-22338,5</b>	215,5	21,0	110,4		
16. Tk-Tk (P+M)	<b>-5,2</b>	0,34	-24,8	0,38	-0,26	1,0	0,04	0,146	-36,0	-22337,1	591,0	<b>22,6</b>	141,0		
17. 15-16 (P)	2,4	-0,07	5,0	0,02	<b>0,45</b>	-0,1	0,02	-0,001	-1,3	-1,4	-375,5	-1,7	-30,6		
18. Tk-LTk (L+M)	-3,5	0,51	-26,1	<b>0,50</b>	-0,07	1,0	<b>0,08</b>	<b>0,156</b>	-36,1	-22337,3	535,1	22,5	139,5		
19. 15-18 (L)	0,7	-0,24	6,3	-0,10	0,26	-0,1	-0,02	-0,011	-1,2	-1,2	-319,6	-1,5	-29,1		
20. Tk- Etk (E+M)	-3,2	<b>0,56</b>	<b>-26,7</b>	0,44	-0,07	<b>2,2</b>	0,02	<b>0,156</b>	-35,7	-22337,0	<b>601,2</b>	21,8	<b>155,5</b>		
21. 15-20 (E)	0,4	-0,29	6,8	-0,04	0,26	-1,3	0,04	-0,011	-1,6	-1,5	-385,7	-0,9	-45,1		

tinggi daripada jerami dan tankos (perlakuan 1 dan 15). Tabel 4 menunjukkan dekomposisi sampah pasar (bahan organik paling mudah terdekomposisi di antara yang dicoba) oleh mikroba sedikit ditahan oleh cacing tanah, karena cacing tanah juga memakan mikroba (bakteri, fungi dan sebagainya) (Parmelee *et al.*, 1990). Fenomena ini menjadi penting karena dekomposisi bahan organik yang lambat, erosi tanah yang rendah, adanya pasokan C-organik dari biomasa tanaman maupun dari eksudat organisme tanah dengan diikuti tingginya efisiensi penggunaan C-organik oleh organisme tanah berperan penting dalam menjaga kelestarian fungsi bahan organik di dalam tanah (Monreal *et al.*, 1997).

Peranan *P. hupiensis* dalam mendekomposisi jerami, sampah pasar dan tankos relatif sedikit mendepositkan hara ke dalam vermikompos, pada jerami didepositkan hara C, N dan K, pada sampah pasar didepositkan Fe, dan pada tankos didepositkan N, P, K dan Mg. Sebagian besar hara lainnya digunakan untuk keperluan metabolisme tubuhnya, dengan demikian hara-hara tersebut akan tetap berada dalam tubuh cacing tanah dan akan dirilis kembali ke dalam tanah setelah cacing mati. Fakta ini berarti bahwa cacing tanah dapat dianggap sebagai pengatur (regulator) tersedianya hara di dalam tanah, atau dengan kata lain bersama-sama mikroba tanah, cacing tanah ikut berperan dalam siklus biogeokimia (Schwert, 1990).

Dekomposisi bahan organik oleh *Lumbricus* sp. dan mikroba terhadap jerami padi, sampah pasar, dan tankos menunjukkan pada proses dekomposisi jerami dan tankos menjadi vermikompos mendepositkan hara lebih rendah dibandingkan dengan proses dekomposisi oleh mikroba sendiri (perlakuan 1 dan 15), sedangkan pada proses dekomposisi sampah pasar oleh *Lumbricus* sp. dan mikroba mendepositkan hara lebih tinggi dibandingkan dengan dekomposisi oleh mikroba sendiri (perlakuan 8). Hal ini menunjukkan bahwa peranan *Lumbricus* sp. dapat menekan proses dekomposisi lebih lanjut oleh mikroba terhadap vermikompos, sehingga hara yang tersedia dalam vermikompos dapat dipertahankan dan tidak dipergunakan terus oleh mikroba untuk keperluan hidup dan pertumbuhannya. Sementara pada jerami dan tankos mikroba masih menggunakan bahan organik yang belum terdekomposisi sebagai sumber energi untuk keperluan hidup dan pertumbuhannya.

Peranan *Lumbricus* sp. sendiri dalam mendekomposisi jerami, sampah pasar dan tankos

mendepositkan hara relatif jauh lebih rendah dibandingkan dengan dekomposisi oleh mikroba (perlakuan 1, 8, dan 15) atau mikroba bersama-sama cacing tanah. (perlakuan 2, 9, dan 16). Hal ini menunjukkan bahwa *Lumbricus* sp. menggunakan sebagian hasil proses dekomposisi untuk keperluan hidup dan pertumbuhan hidupnya, sehingga sebagian besar tersimpan dalam tubuh cacing tanah dan akan dirilis kembali ke dalam tanah setelah cacing tanah mati.

Proses dekomposisi *Eudrellus* sp. dengan mikroba terhadap jerami padi, dan tankos, mendepositkan hara-hara hasil dekomposisi ke dalam vermikompos relatif lebih rendah dibandingkan dengan jika dekomposisi oleh mikroba saja pada jerami dan tankos, namun dekomposisi *Eudrellus* sp. dan mikroba terhadap sampah pasar mendepositkan hara relatif lebih tinggi dibandingkan dengan dekomposisi oleh mikroba saja. Temuan ini menunjukkan bahwa *Lumbricus* sp. lebih rendah efisiensinya dibandingkan dengan mikroba dalam mendekomposisi jerami dan tankos, sebaliknya dekomposisi sampah pasar (bahan organik yang paling mudah terdekomposisi di antara yang dicoba) oleh *Eudrellus* sp. lebih efisien dibandingkan dengan dekomposisi oleh mikroba saja.

Peranan *Eudrellus* sp. dalam mendekomposisi jerami, sampah pasar dan tankos mendepositkan hara relatif lebih rendah dibandingkan dengan dekomposisi oleh mikroba saja (perlakuan 1, 8, dan 15). Data-data tersebut diatas menunjukkan bahwa selama proses dekomposisi bahan organik oleh mikroba maupun cacing tanah memerlukan energi untuk proses metabolismenya. Proses dekomposisi yang dilakukan oleh cacing tanah saja lebih banyak memerlukan unsur hara makro dan hampir semua unsur mikro untuk keperluan metabolismenya daripada apabila dilakukan oleh mikroba saja atau mikroba bersama-sama cacing tanah, dan proses dekomposisi oleh mikroba maupun mikroba bersama-sama cacing tanah menghasilkan (mendepositkan) unsur mikro terutama Mn, Cu dan Zn. Dekomposisi jerami padi dan tankos kelapa sawit oleh mikroba menghasilkan/mendepositkan hara tertinggi ke dalam kompos yaitu masing-masing 6 jenis hara makro dan 3 jenis hara mikro sedangkan pada sampah pasar hanya menghasilkan 1 jenis hara makro dan 2 jenis hara mikro.

Dengan demikian jelas bahwa cacing tanah mempunyai peranan penting dalam mengatur proses dekomposisi bahan organik, sehingga kehilangan hara

Tabel 5. Pengaruh vermikompos terhadap bobot kering daun, batang dan akar jagung.

Perlakuan	Tinggi tanaman (cm)	Bobot kering (g pot <sup>-1</sup> )			
		Daun	Batang	Akar	Biomass
<i>P. hupiensis</i> + jerami padi	148,30 c	14,50 c	28,70 c	2,40 d	45,60 b
<i>P. hupiensis</i> + sampah pasar	152,30 c	7,70 f	10,30 g	1,06 e	19,10 d
<i>P. hupiensis</i> + tankos kelapa sawit	147,00 c	7,20 f	22,30 d	2,03 e	31,60 c
<i>Lumbricus</i> sp. + jerami padi	149,30 c	12,50 d	29,70 c	3,12 c	45,30 b
<i>Lumbricus</i> sp. + sampah pasar	161,70 b	16,10 b	<b>41,40 a</b>	<b>5,18 a</b>	<b>62,60 a</b>
<i>Lumbricus</i> sp. + tankos kelapa sawi	154,00 bc	7,70 f	16,10 e	<b>4,53 a</b>	28,30 c
<i>Eudrellus</i> sp. + jerami padi	<b>176,30 a</b>	11,50 d	13,50 f	3,16 b	28,10 c
<i>Eudrellus</i> sp. + sampah pasar	155,00 bc	<b>17,70 a</b>	27,20 c	1,92 e	46,80 b
<i>Eudrellus</i> sp. + tankos kelapa sawit	158,30 b	7,30 f	12,60 fg	1,60 e	21,50 d
Pupuk kandang	<b>170,70 a</b>	9,10 e	33,30 b	2,67 d	45,10 b
Kontrol (tanpa pupuk/vermikompos)	99,00 d	2,30 g	2,50 h	0,65 f	14,30 e
KK (%)	7,11	6,64	8,47	8,36	7,24

Keterangan: KK = Koefisien Keragaman. Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 5% Uji BNT.

akibat proses dekomposisi yang tidak terkendali di dalam tanah dapat diminimalkan sehingga penggunaan C organik tanah oleh mikroba tanah lebih efisien dan kelestarian fungsi bahan organik dalam tanah dapat terjaga.

#### Uji Efektifitas Vermikompos

Pengaruh efektifitas vermikompos diukur terhadap pertumbuhan dan sifat agronomis tanaman yaitu tinggi tanaman, bobot daun, batang dan akar tanaman. Tabel 5 memperlihatkan vermikompos dari sampah pasar (sayuran) yang didekomposisi oleh cacing tanah *Eudrellus* sp. memperlihatkan bobot daun jagung yang paling tinggi, yaitu mencapai 17,73 g tanaman<sup>-1</sup> berbeda nyata dengan berat daun jagung kering yang dihasilkan oleh vermikompos lainnya disusul oleh hasil daun kering dari vermikompos dari sampah pasar yang didekomposisi oleh cacing tanah *Lumbricus* sp. yaitu mencapai 16.1 g tanaman<sup>-1</sup> dan berat daun kering terendah dihasilkan oleh perlakuan kontrol lengkap yang tidak diberi vermikompos maupun pupuk kimia. Vermikompos yang berasal dari sampah pasar dan didekomposisi oleh cacing tanah *Lumbricus* sp. menghasilkan bobot kering batang, akar dan biomass berturut-turut adalah 41,40, 5,18 dan 62,60 g. Setelah pada sampah pasar, bobot kering tertinggi kedua diikuti oleh bobot kering batang pada tanaman jagung yang ditanam pada media campuran pupuk kandang + tanah Latosols. Bobot batang terendah dihasilkan oleh perlakuan kontrol lengkap (KL) yaitu perlakuan tanah Latosols tanpa vermikompos dan tanpa pupuk kimia.

#### KESIMPULAN

Sumber bahan organik sampah pasar merupakan sumber bahan organik paling mudah terdekomposisi oleh cacing tanah dibandingkan sumber bahan organik jerami maupun tandan kosong kelapa sawit. *Lumbricus* sp. relatif lebih efektif daripada *Pheretima hupiensis* maupun *Eudrellus* sp. dalam mendekomposisi bahan organik, dengan kualitas vermikompos yang dihasilkan berbeda antara cacing tanah dan sumber bahan organik yang berbeda. Vermikompos berasal dari sampah pasar hasil dekomposisi oleh *Lumbricus* sp. menghasilkan biomass jagung tertinggi dibandingkan dengan vermikompos lainnya. Cacing tanah efektif menjaga keseimbangan proses biogeokimia di dalam tanah dan mengurangi hara-hara tanah yang apabila berlebihan akan merugikan tanaman seperti Fe, Al, Mn, Cu dan Zn.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Anwar, E.K. 2005. Manfaat cacing tanah *Pheretima hupiensis* terhadap kelimpahan mikroorganisme Tanah. J. Wacana Pert. IV(2): 103-108
- Anwar, E.K. 2007. Pengaruh inokulan cacing tanah dan pemberian bahan organik terhadap kesuburan dan produktivitas Tanah Ultisol. J. Tanah Trop. 12 (2): 121-130.
- Balai Penelitian Tanah. 2005. Petunjuk Teknis Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air dan Pupuk. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Departemen Pertanian. 136 p.

***E.K. Anwar: Efektifitas Cacing Tanah dalam Dekomposisi Bahan Organik***

- Hendriksen, N.B. 1990. Leaf Litter Selection by Detritivor Geophagous Earthworms. *Biol. Fertil. Soils* 10: 17-21.
- Listyawan B., Aprianto, D.A. Siddik, Z. Badruzzaman, dan Sudrajat. 1998. Teknologi VAP-BL. PT Vermi Alam Prima Lestari. Jl. Babakan Jeruk II No. 11 Bandung Indonesia.
- Martin, A. 1991. Short and Long term Effects of the Endogeic Earthworm *Millsonia anomala* (Omodeo) (Megascolecidae, Oligochaeta) of Tropical Savanna, on Soil Organic Matter. *Biol. Fertil. Soils* 11: 234-238.
- McCredie, T.A, C.A.Parker, and I. Abbott. 1992. Population Dynamic of The Earthworm *Aporrectodea tropezoides* (Annelida : Lumbricidae) in Western Australia Pasture Soil. *Biol. Fertil. Soils* 12: 285-289.
- Monreal, C.M., R.P. Zentner, and J.A. Robertson. 1997. An Analysis of Soil Organic Matter Dynamics in Relation to Management, Erosion and Yield of Wheat in Long term Crop Rotation Plots. *Can. J. Soil Sci.* 77(4): 553-563.
- Morarka M.R. 2005. GDC Rural Research Foundation. Vermiculture. Nemicast specifications. Physical, Chemical & Biological Specifications. RIICO Gem Stone Park. Tonk Road, Jaipur-302011, Rajasthan (India).
- Parmelee, R.W., M.H. Beare, W. Cheng, P.F. Hendrix, S.J. Rider, D.A. Crossley Jr., and D.C. Coleman. 1990. Earthworm and Enchytraeids in conventional and no-tillage agroecosystems: A biocide approach to asses their role in organic matter breakdown. *Biol. Fertil. Soils* 10: 1-10.
- Schwert, D.P. 1990. Oligochaeta: Lumbricidae, p.341-356. In D.L. Dindal (ed.), *Soil Biology Guide*. A Wiley Interscience Publication, John Wiley and Sons. New York.
- Scheu, S. 1991. Mucus Excretion and Carbon Turnover of Endogeic Earthworms. *Biol. Fertil. Soils* 12: 217-220.
- Soil Survey Staff, 1987. *Kriteria Pengelompokkan kelas beberapa sifat kimia fisika tanah*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat.