KAJIAN PERBAIKAN TEKNOLOGI BUDIDAYA CACING TANAH *Eisenia foetida* Savigny UNTUK MENINGKATKAN PRODUKSI BIOMASSA DAN KUALITAS EKSMECAT DENGAN MEMANFAATKAN LIMBAH ORGANIK SEBAGAI MEDIA

Mashur[1], G. Djajakirana[2], Muladno[3] & D.T.H. Sihombing[3]
[1)] Program Studi Ilmu Ternak, Pascasarjana IPB
[2)] Jurusan Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian IPB
[3)] Lab. Non Ruminansia & Satwa Harapan, Fakultas Peternakan IPB
(Diterima 27-01-2001; disetujui 10-04-2001)

ABSTRACT

The aim of this research is to study suitable the management technology of *E. foetida* earthworm for optimal productivity. This study was conducted in Mataram from September 1999 to June 2000 and devided into three experiments. The first one was studied 24 different formula of media which contained different kind and propotion animal waste, market waste, household waste and rice straw. A nest box contaning 2.5 kg of each media was used to raise 25 g earthworm for 40 days. For replication, three nest boxes were used to evaluate all 24 different media. Number of cocoon, biomassa and eksmecat were measured as production parameters. Data observed was statistically analyzed using a completely ramdomized design. The second experiment was studied fermentation process. Three main factors used for this study were level of limes, agitation frequency and fermentation time. With three replications, parameter (number of cocoon, biomassa and eksmecat) recorded were used for ststistical analysis using a factorial design of 3x2x3. The third experiment was studied three main factors were kind of nest box, spreading density and level of rack. With three replications, parameters (number of cocoon, biomassa and eksmecat) recorded were used for ststistical analysis using a factorial design of 3x3x3. Result of research shows that the use mixture of horse manure and rice straw (50:50) and mixture of goat manure and rumen content of cattle (50:50) was most suitable for media and feed of *E. foetida* respectively. To give highest productivity, media or feed should be fermented for 3 weeks dan was agitated 2 times a week and added 3 g limes/kg. *E. foetida* generated better cocoon, biomassa and eksmecat production if they raised in palstic box with spreading density of 25 g earthworm/box in three stored rack system. It could provide net income Rp. 27.348.640,- per year in the 100 m² land business scale. Based on this study *E. foetida* earthworm will become prospective commodity for agribusiness in limited area for economical development in Indonesia.
Key words **: earth worms, management, productivity, casting quality**

PENDAHULUAN

Eisenia foetida Savigny merupakan salah satu spesies cacing tanah yang banyak diusahakan secara komersial, karena hasil budidayanya banyak berhubungan dengan bidang pertanian dan industri. Di bidang pertanian, cacing tanah dapat dijadikan sebagai sumber protein hewani bahan pakan ternak dan ikan, karena kandungan proteinnya cukup tinggi antara 64-72% (Catalan, 1981) dengan asam-asam amino yang cukup lengkap, baik asam amino esensial maupun nonesensial (Sabine,1981). Di samping itu, cacing tanah juga menghasilkan "*casting*" yang dapat digunakan sebagai pupuk organik alternatif (Bussinelli *et al.*, 1984), karena banyak mengandung unsur-unsur hara baik makro maupun mikro serta hormon tumbuh, seperti auksin, sitokinin dan giberelin (Tomatti *et al.*, 1988; Nardi *et al.*, 1988). Unsur hara yang terdapat di dalam "*casting*" berada dalam bentuk tersedia bagi tanaman dan jumlahnya lebih banyak dibandingkan dengan unsur hara yang terdapat pada lapisan olah tanah (Rao, 1994). Cacing tanah juga telah dijadikan sebagai bahan baku industri farmasi dan kosmetika, bahkan di luar negeri cacing tanah telah dijadikan makanan bergengsi yang cukup mahal (Montes, 1981).

E. foetida mempunyai keunggulan bila dibandingkan dengan spesies lain, terutama kemampuannya yang tinggi dalam reproduksi dan merombak bahan organik sebagai pakannya. Seekor induk cacing tanah *E. foetida* atau "*earthworm breeder*" menghasilkan satu kokon setiap 7-10 hari. Kokon tersebut menetas antara 14-21 hari apabila keadaannya lembab dengan temperatur 29-30°C. Setiap kokon dapat menghasilkan 2-20 ekor anak dengan perkiraan rata-rata tujuh anak cacing (Lee, 1985). Anak tersebut akan mencapai dewasa kelamin yang ditandai dengan adanya *klitelum* pada umur empat minggu dan dapat menghasilkan kokon pada umur 35 hari (Waluyo, 1993). Dengan demikian, satu ekor induk cacing tanah diperkirakan dapat menghasilkan 1.200-1.500 anak dan kokon setiap tahun (Lee, 1985).

Cacing tanah mampu merombak bahan organik menjadi pakannya seberat bobot badannya selama 24 jam (Simanjuntak & Waluyo, 1982), sedangkan menurut Haukka (1987) dua kali bobot badannya perhari. Tingginya kemampuan cacing tanah dalam merombak limbah organik dan meredam bau busuk yang menyengat, maka cacing tanah juga dapat dimanfaatkan sebagai alternatif untuk mencegah pencemaran lingkungan, terutama yang ditimbulkan oleh limbah ternak, limbah pasar dan rumah tangga.

Di samping berbagai manfaat tersebut di atas, dalam beberapa tahun terakhir ini peluang ekspor cacing tanah ke mancanegara sebanyak enam ton perhari dan eksmecat 5.000 ton perbulan belum dapat kita penuhi. Hal ini telah mendorong berkembangnya usaha budidaya cacing tanah di Indonesia, sehingga permintaan bibit cacing tanah di dalam negeri meningkat. Harga bibit cacing tanah *E. foetida* di Bogor mencapai Rp.200.000,- perkilogram, eksmecat Rp.1000,- perkilogram dan kokon Rp.40,- perbutir (Bharata, 1999).

Masalah utama yang dihadapi dalam budidaya cacing tanah *E. foetida* adalah teknologi budidaya yang diterapkan oleh peternak belum sesuai dengan persyaratan kehidupannya, sehingga produktivitasnya rendah. Hal ini disebabkan karena cacing tanah termasuk hewan *"poikilotermik"*(berdarah dingin), yang kehidupannya sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor lingkungan. Di antara faktor-faktor lingkungan yang berpengaruh adalah ketersediaan pakan, pH, suhu, kelembaban, aerasi media, cahaya, kepadatan populasi dan predator (Martin *et al.*, 1981; Lee, 1985).

Dalam rangka spesifikasi identifikasi masalah faktor-faktor lingkungan yang berpengaruh terhadap produktivitas cacing tanah *E. foetida,* maka beberapa pertanyaan yang perlu dijawab melalui penelitian ini adalah : (1) apa jenis media atau pakan yang terbaik untuk cacing tanah, (2) bagaimana pengaruh proses fermentasi bahan media atau pakan terhadap produktivitas cacing tanah, (3) apa jenis kotak sarang dan berapa padat penebaran cacing tanah yang ideal pada setiap kotak sarang agar dapat memberikan produksi yang optimal dengan menerapankan teknologi budidaya sistem bertingkat tiga, dan (4) apakah teknologi budidaya yang dihasilkan dari percobaan ini layak secara ekonomi untuk dikembangkan di masyarakat.

Sehubungan dengan hal tersebut, penelitian secara bertahap untuk mengkaji jenis dan proses fermentasi bahan media atau pakan cacing tanah serta penerapan komponen-komponen teknologi budidaya cacing tanah *E. foetida* dilakukan untuk mendapatkan teknologi budidaya cacing tanah yang baik agar dapat memberikan produksi yang optimal.

MATERI DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan di Kelurahan Bertais Kecamatan Cakranegara Kodya Mataram selama 10 bulan mulai bulan September 1999 hingga Juni 2000. Cacing tanah yang digunakan adalah *E. foetida* dewasa. Budidaya cacing tanah dilakukan di dalam sebuah bangunan kandang dengan menggunakan rak bertingkat tiga. Analisis proksimat bahan media atau pakan cacing tanah dan analisis kandungan unsur hara *eksmecat* dilakukan di Laboratorium Balai Penelitian Bioteknologi Tanaman Pangan Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian di Cimanggu Bogor. Penelitian ini terdiri atas tiga tahap yaitu :

Percobaan Tahap I. Kajian terhadap Jenis Bahan Media atau Pakan Terbaik untuk Cacing Tanah *E. foetida*

Perlakuan jenis bahan media atau pakan yang dikaji adalah feses sapi 100% (FS100), feses kuda 100% (FK100), feses kambing 100% (FG100), feses ayam broiler 100% (FA100), limbah pasar 100% (P100), limbah rumah tangga 100% (RT100), jerami padi 100% (JP100), isi rumen 100% (IR100), campuran feses sapi 50% + limbah pasar 50% (CSP50), campuran feses sapi 50% + limbah rumah tangga 50% (CSRT50), campuran feses sapi 50% + jerami padi 50% (CSJP50), campuran feses sapi 50% + isi rumen 50% (CSIR50), campuran feses kuda 50% + limbah pasar 50% (CKP50), campuran feses kuda 50% + limbah rumah tangga 50% (CKRT50), campuran feses kuda 50% + jerami padi 50% (CKJP50), campuran feses kuda 50% + isi rumen 50% (CKIR50), campuran feses kambing 50% + limbah pasar 50% (CGP50), campuran feses kambing 50% + limbah rumah tangga 50% (CGRT50), campuran feses kambing 50% + jerami padi 50% (CGJP50), campuran feses kambing 50% + isi rumen 50% (CGIR50), campuran feses ayam broiler 50% + limbah pasar 50% (CAP50), campuran feses ayam broiler 50% + limbah rumah tangga 50% (CART50), campuran feses ayam broiler 50% + jerami padi 50% (CAJP50) dan campuran feses ayam broiler 50% + isi rumen 50% (CAIR50).

Setiap jenis bahan media atau pakan tersebut sebelum digunakan sebagai media atau pakan difermentasi terlebih dahulu selama tiga minggu, kemudian dilakukan budidaya cacing tanah selama

40 hari. Rancangan percobaan yang digunakan untuk mengetahui jenis bahan media atau pakan cacing tanah terbaik adalah Rancangan Acak Lengkap. Data dianalisis dengan metode *One Way Classification SPSS 7.5 for WINDOWS 95* (Suharjo, 1999). Untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan yang berpengaruh dilakukan uji perbandingan berganda Duncan. Hasil percobaan I digunakan sebagai dasar percobaan II.

Percobaan Tahap II. Kajian terhadap Proses Fermentasi Bahan Media atau Pakan Cacing Tanah *E. foetida*

Perlakuan fermentasi yang dikaji adalah lama fermentasi, taraf pemberian kapur dan frekuensi pembalikan bahan media atau pakan cacing tanah. Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap pola faktorial 3x3x2 dengan tiga ulangan. Data dianalisis dengan metode *General Linear Model Program SPSS 7.5 for WINDOWS 95* (Suharjo, 1999). Untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan yang berpengaruh dilakukan uji perbandingan berganda menggunakan metode *Bonferroni.* Hasil percobaan II digunakan sebagai dasar percobaan III.

Percobaan Tahap III. Kajian terhadap Komponen Teknologi Budidaya Cacing Tanah *E. foetida* dengan Sistem Rak Bertingkat

Komponen-komponen teknologi budidaya cacing tanah *E.foetida* yang dikaji adalah padat penebaran, jenis kotak sarang dan tingkat rak budidaya. Padat penebaran cacing tanah yang dikaji terdiri atas tiga taraf yaitu : 25 gram (P1), 50 gram (P2) dan 75 gram cacing tanah/kotak sarang (P3). Jenis kotak sarang yang dikaji terdiri atas tiga jenis yaitu : pot tanah liat/gerabah (J1), bak plastik (J2) dan kotak papan/kayu (J3). Tingkat rak budidaya yang dikaji terdiri atas tiga tingkat, yaitu rak budidaya tingkat I (S1), tingkat II (S2) dan tingkat III (S3). Parameter utama yang diukur adalah produksi kokon, biomassa cacing tanah, jumlah dan kualitas eksmecat. Parameter penunjang yang diukur adalah pH, kelembaban, suhu media atau pakan dan kematian induk cacing tanah.

Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap pola faktorial 3x3x3 dengan tiga ulangan. Data dianalisis dengan metode *General Linear Model Program SPSS 7.5 for WINDOWS 95* (Suharjo,1999). Untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan yang berpengaruh dilakukan uji perbandingan berganda menggunakan metode *Bonferroni.*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Jenis Media atau Pakan Terbaik untuk Cacing Tanah *E. foetida*

Analisis ragam menunjukkan bahwa penggunaan berbagai jenis limbah organik sebagai media atau pakan cacing tanah *E. foetida* berpengaruh nyata ($P<0,05$) terhadap produksi kokon dan biomassa. *E. foetida* mempunyai kemampuan yang berbeda dalam memproduksi kokon dan biomassa, bergantung pada jenis bahan media atau pakan yang digunakan, seperti ditampilkan pada Tabel 1.

Produksi kokon tertinggi rata-rata 318,3 butir perkotak sarang diperoleh pada campuran feses sapi 50% dan limbah rumah tangga 50% (CSRT50). Produksi kokon terendah rata-rata 0,6 butir perkotak sarang diperoleh pada limbah rumah tangga 100% (RT100). Dari kedua jenis bahan media atau pakan tersebut tampak bahwa, penggunaan feses sapi berpengaruh terhadap kemampuan cacing tanah *E. foetida* dalam menghasilkan kokon (Tabel 1). Hal ini disebabkan karena *E. foetida* merupakan spesies cacing tanah yang mempunyai habitat asli pada feses ternak, sehingga lebih sesuai dalam menghasilkan kokon (Abbott & Parker, 1981).

Zat makanan yang mempunyai peranan penting dalam kehidupan cacing tanah adalah protein. Kadar protein bahan media atau pakan yang menghasilkan kokon tertinggi (CSRT50) adalah 13,73% berada pada kisaran kebutuhan protein yang baik untuk pakan *E. foetida.*

Hasil penelitian ini sesuai dengan hasil penelitian Fortage & Bob (1971), pakan yang paling baik mengandung protein 9-15% dengan pH netral. Kelebihan kadar protein pakan akan mengganggu sistem pencernaan cacing tanah atau terjadi keracunan protein (Catalan, 1981).

Di samping menghasilkan jumlah kokon tinggi, penggunaan campuran feses kambing 50% dan isi rumen 50% (CGIR50) juga menghasilkan bobot tertinggi, yaitu rata-rata 54,03 gram cacing tanah per kotak sarang. Bobot cacing tanah tertinggi yang dihasilkan pada CGIR50 mengandung nutrisi yang baik untuk pertumbuhan dan produksi cacing tanah. Penggunaan isi rumen sebagai campuran bahan media atau pakan cacing tanah cukup baik, karena tidak hanya merupakan sumber protein dan vitamin yang berasal dari pakan ternak, tetapi juga diperkaya oleh hasil fermentasi mikroba rumen (Bhattacharya & Taylor, 1975).

Bahan media atau pakan cacing tanah CGIR50 mempunyai suhu rata-rata selama percobaan berlangsung 27,27°C dengan pH 6,45 dan kelembaban 56,87%. Kondisi lingkungan tersebut berada pada kondisi lingkungan optimum untuk kehidupan cacing tanah. Hasil penelitian ini sesuai dengan hasil penelitian Catalan (1981), bahwa cacing tanah hidup terbaik pada kisaran suhu media antara 21,1-29,4°C dan pH 5,5-8,5 merupakan pH optimum untuk aktivitas mikroorganisme (Dalzell *et al.*, 1992) serta kelembaban media yang dibutuhkan agar cacing tanah mencapai produksi yang optimal berkisar antara 50-80% (Kevin, 1979).

Tabel 1. Rataan jumlah kokon dan biomassa cacing tanah *E. foetida* pada berbagai jenis media

Jenis media	Kematian induk (%)	Jumlah kokon (butir)	Biomassa	
			Jumlah (ekor)	Bobot (gram)
1. IR100	2,9	108,0^{de}	337,7^{def}	36,7^{e}
2. P100	100	-	-	-
3. JP100	9,6	61,3^{ef}	237,0^{efg}	19,0^{f}
4. RT100	0,0	0,6^{f}	58,0^{fg}	36,2^{e}
5. FS100	0,0	115,0^{de}	944,0^{b}	51,5^{abc}
6. FG100	0,0	123,0^{cde}	809,7^{b}	47,4^{abcd}
7. FK100	12,4	94,3^{e}	1339,0^{b}	51,4^{abc}
8. FA100	100	-	-	-
9. CAJP50	27,4	10,0^{f}	57,3^{fg}	18,0^{f}
10. CAP50	100	-	-	-
11. CART50	100	-	-	-
12. CAIR50	68,2	4,0^{f}	37,7^{g}	14,9^{f}
13. CKJP50	17,4	68,7^{ef}	1571,7^{a}	52,6^{ab}
14. CKP50	14,6	91,0^{e}	1362,0^{a}	47,9^{abcd}
15. CKRT50	15,9	82,7^{ef}	958,3^{b}	51,8^{abc}
16. CKIR50	22,9	115,0^{de}	609,0^{cd}	35,9^{e}
17. CGJP50	0,0	136,3^{bcde}	740,0^{bc}	44,5^{abcde}
18. CGP50	0,6	195,3^{bc}	232,0^{efg}	36,8^{e}
19. CGRT50	5,8	178,7^{bcd}	216,0^{efg}	39,2^{de}
20. CGIR50	0,0	296,0^{a}	96,0^{b}	54,0^{a}
21. CSJP50	9,0	59,7^{ef}	924,3^{b}	42,2^{cde}
22. CSP50	6,8	207,7^{b}	161,0^{efg}	35,8^{e}
23. CSRT50	0,0	318,3^{a}	402,0^{de}	43,5^{bcde}
24. SCIR50	0,0	100,0^{de}	608,9^{g}	50,2^{abc}

Keterangan : 1) superscrip yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata (P<0,05);
2) - = cacing tanah mati semuanya.

Jenis bahan media atau pakan cacing tanah *E. foetida* yang menghasilkan jumlah cacing tanah tertinggi adalah campuran feses kuda 50% dan jerami padi 50% (CKJP50), yaitu 1.571,67 ekor/kotak sarang. Bahan media atau pakan ini selain menghasilkan jumlah cacing tanah tertinggi juga menghasilkan bobot yang tinggi, yaitu rata-rata 52,57g/kotak sarang dan tidak berbeda (P<0,05) dengan CGIR50 yang menghasilkan bobot cacing tanah tertinggi (Tabel 1).

Penggunaan jerami padi sebagai campuran bahan media menyebabkan aerasi bahan media menjadi lebih baik, karena dengan menggunakan jerami padi media tidak memadat. Hal ini sesuai dengan pernyataan Minnich (1977) bahwa, media yang terlalu padat menyebabkan ketersediaan oksigen berkurang, sehingga cacing tanah sulit bernafas dan akan mengganggu kesehatan dan produksi cacing tanah. Kondisi lingkungan bahan media atau pakan yang menghasilkan jumlah cacing tanah tertinggi (CKJP50), adalah suhu rata-rata 27,59°C, pH 6,45 dan kelembaban 56,67%. Kondisi lingkungan tersebut berada dalam kisaran optimum untuk pertumbuhan dan reproduksi cacing tanah. Berdasarkan hal tersebut ditetapkan bahwa, CKJP50 sebagai media budidaya dan CGIR50 sebagai pakan cacing tanah *E. foetida*. Hal ini sesuai dengan pernyataan Gaur (1982) bahwa limbah organik yang dapat digunakan sebagai bahan media atau pakan cacing tanah harus dapat mempertahankan kelembaban, bersifat porous dan mengandung zat makanan yang cukup baik protein, karbohidrat, mineral maupun vitamin.

Kajian terhadap Proses Fermentasi Bahan Media atau Pakan Cacing Tanah *E. foetida*

Analisis ragam menunjukkan bahwa tidak terjadi interaksi antara taraf pemberian kapur, lama fermentasi dan frekuensi pembalikan bahan media atau pakan selama proses fermentasi. Taraf pemberian kapur dan lama fermentasi berpengaruh nyata (P<0,05) sedangkan frekuensi pembalikan bahan media atau pakan tidak berpengaruh terhadap produksi kokon cacing tanah *E. foetida*. Berdasarkan hasil percobaan maka pemberian kapur 3 g/kg bahan media atau pakan (K3), fermentasi bahan media atau pakan selama 3 minggu (F3) dan pembalikan bahan media atau pakan 2 kali/minggu (B2) merupakan perlakuan fermentasi yang menghasilkan kokon tertinggi, seperti ditampilkan pada Tabel 2.

Analisis ragam menunjukkan bahwa taraf pemberian kapur dan frekuensi pembalikan tidak berpengaruh terhadap jumlah cacing tanah yang dihasilkan. Lama fermentasi berpengaruh nyata (P<0,05) terhadap jumlah cacing tanah *E. foetida* yang dihasilkan. Analisis ragam menunjukkan bahwa, taraf pemberian kapur dan frekuensi pembalikan bahan media atau pakan tidak berpengaruh terhadap bobot cacing tanah yang dihasilkan. Lama fermentasi berpengaruh nyata (P<0,05) terhadap bobot cacing tanah yang dihasilkan. F1 merupakan lama fermentasi yang menghasilkan jumlah dan bobot cacing tanah tertinggi dibandingkan dengan yang lain.

Tabel 2. Rataan produksi kokon, jumlah dan bobot cacing tanah, produksi eksmecat dan kematian induk pada berbagai taraf pemberian kapur, frekuensi pembalikan dan lama fermentasi bahan media atau pakan cacing tanah *E. foetida*

Parameter	Pemberian kapur (g)			Frekuensi pembalikan		Lama fermentasi		
	0	3	6	1x/mg	2x/mg	1 mg	2 mg	3 mg
Produksi kokon (butir)	92,1ᵃ	100,5ᵃ	67,1ᵇ	85,4ᵃ	87,7ᵃ	48,1ᵃ	67,2ᵃ	144,4ᵇ
Jumlah cacing tanah (ekor)	730,7ᵃ	698,3ᵃ	580,7ᵃ	702,9ᵃ	636,9ᵃ	765,3ᵃ	496,9ᵇ	747,4ᵃ
Bobot cacing tanah (gram)	50,39ᵃ	52,52ᵃ	48,87ᵃ	47,51ᵃ	53,68ᵃ	58,68ᵃ	41,58ᵇ	51,52ᵃ
Produksi eksmecat (kg)	3,354ᵃ	3,347ᵃ	3,345ᵃ	3,349ᵃ	3,348ᵃ	3,584ᵃ	3,407ᵇ	3,055ᶜ
Kematian induk (%)	16,50ᵃ	12,58ᵃ	12,49ᵃ	19,72ᵃ	8,00ᵇ	19,54ᵃ	12,33ᵃ	9,70ᵃ

Keterangan : angka-angka sebaris pada perlakuan yang sama yang diikuti huruf yang sama tidak berbed nyata (P<0,05); mg = minggu; g = gram.

Berdasarkan hasil percobaan ini, maka pemberian kapur 3 g/kg bahan media atau pakan dengan frekuensi pembalikan bahan media atau pakan 2 kali/minggu dan lama fermentasi 3 minggu (K3B2F3) merupakan perlakuan fermentasi yang menghasilkan rataan produksi kokon, jumlah dan bobot cacing tertinggi, yaitu 200 butir kokon dan 1.150 ekor cacing tanah dengan bobot 65,90 gram/kotak sarang.

Pembalikan bahan media atau pakan berpengaruh nyata (P<0,05) terhadap kematian induk cacing tanah. Kematian induk cacing tanah dengan frekuensi pembalikan bahan media atau pakan 2 kali/minggu sebesar 8% atau lebih rendah dibandingkan dengan kematian induk pada pembalikan media atau pakan 1 kali/minggu sebesar 19,72%. Pembalikan bahan media atau pakan yang dilakukan dengan frekuensi 2 kali/minggu (B2) menyebabkan kondisi media atau pakan menjadi lebih sesuai dengan kehidupan cacing tanah, karena aerasi media menjadi lebih baik. Aerasi media yang baik sangat penting untuk membantu mencegah akumulasi asam dan gas-gas di dalam media yang terjadi selama proses fermentasi. Hasil penelitian ini sesuai dengan pernyataan Gaddie & Douglas (1975), bahwa aerasi media yang baik merupakan prasyarat yang sangat penting untuk memacu kecepatan reproduksi cacing tanah. Media atau pakan yang dibalik dengan frekuensi 1 kali/minggu menyebabkan media relatif lebih padat, karena pori-pori antar partikel yang seharusnya berisi udara diisi oleh air. Media yang padat mempengaruhi porositas media. Pada media yang padat dengan porositas rendah jumlah energi yang dibutuhkan untuk membuat liang lebih besar dibandingkan dengan media yang mempunyai porositas tinggi. Peningkatan kebutuhan energi ini akan berpengaruh terhadap produktivitas cacing tanah, karena energi yang seharusnya digunakan untuk berproduksi sebagian digunakan untuk membuat liang.

Lama fermentasi bahan media atau pakan cacing tanah tidak berpengaruh terhadap suhu, kelembaban media atau pakan dan persentase kematian induk cacing tanah *E. foetida,* tetapi berpengaruh nyata ($P<0,05$) terhadap pH media atau pakan, produksi kokon, jumlah dan bobot cacing tanah serta produksi eksmecat. Pada tahap awal proses fermentasi pH bahan media sedikit masam. Terbentuknya asam organik selama tahap awal proses fermentasi menyebabkan pH akan turun. Semakin berlanjutnya proses dekomposisi bahan media atau pakan, maka pH meningkat menjadi sedikit alkalin. Peningkatan pH tersebut selain akibat meningkatnya jumlah kation-kation basa seperti K, Ca dan Mg juga disebabkan oleh adanya perombakan protein dan pembebasan amoniak, sesuai dengan pernyataan Gaur (1982).

Meskipun lama fermentasi tidak berpengaruh terhadap persentase kematian induk, namun dalam percobaan ini fermentasi bahan media atau pakan cacing tanah selama 3 minggu (F3) merupakan lama fermentasi yang menghasilkan persentase kematian induk terendah (9,70%) dibandingkan dengan fermentasi 2 minggu (12,33%) dan fermentasi 1 minggu (19,54%). Hasil percobaan menunjukkan bahwa, pada awal fermentasi (fermentasi 1 minggu) pH bahan media atau pakan mencapai 6,04 kemudian pH meningkat sejalan dengan bertambahnya waktu fermentasi. Pada fermentasi 3 minggu dicapai pH 6,16 yang merupakan pH tertinggi dalam percobaan ini. Peningkatan pH disebabkan karena asam-asam organik sederhana yang terbentuk mulai dirombak menjadi CO_2 dan produk lainnya. Kematian induk cacing tanah dipengaruhi oleh pH bahan media atau pakan, karena dengan perubahan pH yang relatif kecil akan berpengaruh terhadap kemampuan hidup cacing tanah. Hasil percobaan ini sesuai dengan pernyataan Edward & Lofty (1977) dan Lee (1985), bahwa cacing tanah sangat sensitif terhadap perubahan ion hidrogen, sehingga pH media menjadi faktor pembatas penyebaran dan populasinya. Kematian induk cacing tanah akan berpengaruh terhadap produksi kokon, biomassa dan eksmecat.

Produksi kokon tertinggi tersebut dicapai pada kondisi lingkungan media atau pakan dengan rata-rata suhu 27,64°C, pH 6,19 dan kelembaban 61,23%. Suhu harian media yang dibutuhkan untuk kehidupan cacing tanah *E. foetida* antara 18-27°C (Razon & Razon, 1981).

Kajian terhadap Komponen Teknologi Budidaya Cacing Tanah *E. foetida* pada Sistem Rak Bertingkat

1. Pengaruh Jenis Kotak Sarang dan Padat Penebaran terhadap Persentase Produksi Kokon dan Peningkatan Biomassa Cacing Tanah *E. foetida* pada Sistem Rak Bertingkat.

Analisis ragam menunjukkan bahwa jenis kotak sarang, padat penebaran dan tingkat rak budidaya berpengaruh nyata ($P<0,05$) terhadap persentase produksi kokon. Bak plastik merupakan kotak sarang yang menghasilkan kokon tertinggi. Ada kecenderungan bahwa semakin tinggi padat penebaran, produksi kokon semakin rendah. P1 dan S1 merupakan padat penebaran dan rak yang menghasilkan kokon tertinggi seperti ditampilkan pada Tabel 3.

Analisis ragam menunjukkan bahwa jenis kotak sarang tidak berpengaruh terhadap persentase peningkatan jumlah cacing tanah, tetapi berpengaruh nyata ($P<0,05$) terhadap persentase peningkatan bobot cacing tanah. Bak plastik (J2) merupakan kotak sarang yang menghasilkan persentase peningkatan jumlah dan bobot cacing tanah tertinggi dibandingkan dengan yang lain. Padat penebaran cacing tanah berpengaruh nyata ($P<0,05$) terhadap persentase peningkatan jumlah dan bobot cacing tanah yang dihasilkan. Ada kecenderungan bahwa semakin tinggi padat penebaran cacing tanah, peningkatan jumlah dan bobot cacing tanah yang dihasilkan semakin rendah. P1 merupakan padat penebaran yang menghasilkan peningkatan jumlah dan bobot cacing tanah tertinggi dibandingkan dengan yang lain.

Tabel 3. Rataan persentase produksi kokon, peningkatan biomassa, eksmecat dan kematian induk pada berbagai jenis kotak sarang, padat penebaran dan tingkat rak budidaya cacing tanah *E. foetida*

Parameter	Jenis kotak sarang			Padat penebaran (g/kotak sarang)			Tingkat rak budidaya		
	Gerabah	Plastik	Papan	25	50	75	I	II	II
Produksi kokon (%)	92,9^{a}	187,2^{b}	53,8^{a}	228,5^{a}	72,5^{b}	33,0^{b}	170,1^{a}	59,4^{b}	104,5^{b}
Peningkatan jumlah cacing (%)	19,6^{a}	42,3^{a}	7,5^{a}	62,5^{a}	4,3^{b}	2,5^{b}	32,3^{a}	12,5^{a}	24,5^{a}
Peningkatan bobot cacing (%)	154,0^{ab}	203,0^{a}	128,8^{b}	210,7^{a}	153,3^{ac}	121,8^{bc}	175,3^{a}	142,7^{a}	167,8^{a}
Produksi eksmecat (%)	67,3^{ac}	76,0^{b}	65,9^{c}	66,0^{a}	70,2^{ab}	73,0^{b}	68,4^{a}	68,5^{a}	72,3^{a}
Kematian induk (%)	24,8^{a}	1,4^{a}	29,0^{a}	14,6^{a}	26,8^{b}	40,3^{b}	24,1^{a}	22,4^{a}	5,9^{a}

Keterangan : angka-angka sebaris pada setiap perlakuan yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata ($P<0,05$); g = gram.

Tingkat rak budidaya cacing tanah tidak berpengaruh terhadap persentase peningkatan jumlah dan bobot cacing tanah, eksmecat yang dihasilkan dan kematian induk. Dengan demikian penerapan teknologi budidaya cacing tanah dengan sistem rak bertingkat dapat digunakan untuk meningkatkan produktivitas cacing tanah dengan meningkatkan efisiensi pemanfaatan lahan.

Jenis kotak sarang berpengaruh nyata ($P<0,05$) terhadap suhu, pH dan kelembaban media. Selama percobaan berlangsung, rata-rata suhu media pada kotak sarang bak plastik adalah 28,26°C. Suhu tersebut merupakan suhu media tertinggi dibandingkan dengan suhu media pada kotak sarang pot dari tanah liat/gerabah dan dari kayu/papan. Suhu media tersebut berada pada kisaran suhu media optimum yang dibutuhkan cacing tanah *E. foetida.* Hasil percobaan ini sesuai dengan hasil penelitian Gates (1972), bahwa *E. foetida* dewasa dapat berkembang biak pada suhu 32°C dan dinyatakan bahwa suhu 28°C merupakan suhu yang optimal bagi cacing tanah *E. foetida.* Jenis kotak sarang juga berpengaruh nyata terhadap kelembaban media, di mana kotak sarang bak plastik mencapai kelembaban media paling tinggi dibandingkan dengan kotak sarang pot dari tanah liat/gerabah dan kotak sarang dari kayu/papan. Berdasarkan data tersebut maka untuk menghasilkan kokon dan biomassa cacing tanah *E. foetida* tertinggi membutuhkan kelembaban media yang cukup tinggi, yaitu rata-rata 71,09%. Hasil percobaan ini sesuai dengan hasil penelitian Haukka (1987), bahwa kelembaban media yang dibutuhkan cacing tanah *E. foetida* adalah 60-90%. Kelembaban media yang tinggi pada kotak sarang bak plastik, disebabkan karena bak plastik tidak menyerap air yang berasal media atau pakan yang diberikan, sehingga media yang berada di dalam kotak sarang kelembabannya tetap stabil meskipun suhu lingkungan kandang meningkat.

Hasil percobaan menunjukkan bahwa padat penebaran cacing tanah berpengaruh nyata ($P<0,05$) terhadap persentase produksi kokon, peningkatan jumlah dan bobot cacing tanah. Padat penebaran 25 gram cacing tanah/kotak sarang merupakan padat penebaran yang menghasilkan persentase produksi kokon, peningkatan jumlah dan bobot cacing tanah tertinggi dibandingkan dengan padat penebaran 50 gram dan 75 gram cacing tanah/kotak sarang. Percobaan ini menunjukkan bahwa, *E. foetida* tidak tahan terhadap padat penebaran atau populasi tinggi.

Berdasarkan jenis kotak sarang dan padat penebaran pada budidaya cacing tanah *E. foetida* dengan sistem rak bertingkat, maka rataan produksi kokon tertinggi sebanyak 666 butir/kotak sarang dicapai pada perlakuan kombinasi padat penebaran 25 gram cacing tanah/kotak sarang dengan menggunakan kotak sarang bak plastik pada rak budidaya tingkat 1 (P1J2S1). Kokon tersebut dihasilkan dari induk cacing tanah rata-rata sebanyak 101 ekor/ kotak sarang, dengan demikian kemampuan menghasilkan kokon rata-rata 656,4%/kotak sarang atau rata-rata seekor induk *E. foetida* menghasilkan kokon 7 butir selama 40 hari atau setiap butir kokon dihasilkan setiap 6 hari. Hasil percobaan ini lebih baik dibandingkan dengan hasil penelitian Lee (1985), seekor induk *E. foetida* menghasilkan satu kokon setiap 7-10 hari. Hasil percobaan ini menunjukkan bahwa rataan persentase peningkatan jumlah cacing tanah tertinggi sebesar 175,6% dan rataan persentase peningkatan bobot cacing tanah tertinggi 344%/kotak sarang dicapai pada perlakuan kombinasi padat penebaran 25 gram cacing tanah/kotak sarang dengan menggunakan kotak sarang bak plastik pada rak budidaya tingkat 3 (P1J2S3). Dengan demikian rata-rata peningkatan bobot cacing tanah *E. foetida* pada percobaan ini sebesar 8,6% perhari dan produksi eksmecat rata-rata 4,67 kg (77,83%)/kotak sarang. Hasil penelitian ini lebih baik dibandingkan dengan hasil penelitian Andayani (1993) menggunakan cacing tanah *Lumbricus rubellus* dengan padat penebaran 50 gram cacing tanah/kotak sarang dapat memberikan kenaikan bobot cacing tanah sebesar 113,72 gram (127,44%) selama 36 hari budidaya atau rata-rata peningkatan bobot cacing tanah perhari 3,54%. Hasil penelitian ini juga lebih tinggi dibandingkan dengan hasil budidaya cacing tanah *L. rubellus* yang dilakukan oleh PT. Vermi Alam Persada di Cipanas (Bharata, 1999) menunjukkan bahwa pertambahan bobot cacing tanah sebesar 1,39% perhari dan produksi eksmecat 20% dari jumlah media atau pakan yang diberikan.

2. Pengaruh Jenis Kotak Sarang dan Padat Penebaran terhadap Produksi dan Kualitas Eksmecat *E. foetida* pada Sistem Rak Bertingkat

Analisis ragam menunjukkan bahwa jenis kotak sarang dan padat penebaran berpengaruh nyata ($P<0,05$) terhadap produksi eksmecat. Bak plastik (J2) merupakan kotak sarang yang menghasilkan eksmecat tertinggi dibandingkan dengan yang lain. P3 merupakan padat penebaran yang menghasilkan eksmecat tertinggi dibandingkan dengan yang lain. Produksi eksmecat tertinggi diperoleh pada media atau pakan dengan rataan suhu 28,4°C dengan pH 6,1 dan kelembaban 71,1% yaitu pada perlakuan kombinasi padat penebaran 75 gram cacing tanah/kotak sarang dengan menggunakan kotak sarang bak plastik pada rak budidaya tingkat 2 (P3J2S2). Produksi eksmecat tertinggi 76,0% dicapai pada kotak sarang bak plastik, karena media yang terdapat di dalam kotak sarang bak plastik lebih basah dibandingkan dengan yang terdapat pada kotak sarang pot dari tanah liat/gerabah dan kayu/ papan karena kotak sarang bak plastik tidak menyerap air yang berasal dari media atau pakan.

Berdasarkan pengamatan, maka eksmecat yang dihasilkan tidak berbau, bahkan selama budidaya berlangsung yaitu setelah dilakukan penebaran cacing tanah pada media budidaya atau setelah pemberian pakan, maka media atau pakan cacing tanah tidak menimbulkan bau busuk yang menyengat dari bahan media atau pakan cacing tanah yang diberikan. Ini berarti bahwa cacing tanah dapat meredam bau busuk yang menyengat dari limbah organik yang digunakan sebagai bahan media atau pakannya.

Rataan kualitas eksmecat *E. foetida* yang dihasilkan pada percobaan ini adalah kadar N berkisar antara 1,39-2,24%, P 0,57-0,71%, K 1,64-2,11%, C 23,32-28,28%, Ca 1,31-1,62%, Mg 0,38-0,48%, rasio C/N 12,49-19,17 dan pH eksmecat 6,5-6,8 dengan kandungan bahan organik eksmecat berkisar antara 40,11-48,65%. Kandungan hara eksmecat *E. foetida* yang dihasil pada percobaan ini lebih baik dibandingkan dengan kualitas kasting atau pupuk organik yang dihasilkan dari kotoran cacing tanah *L.rubellus* dengan merek dagang *"Arnolum-Worm Castings"* yang diproduksi oleh PT. Arno Konser-vasindo. Kandungan hara *Arnolum-Worm Castings* adalah C 20,20%, N 1,58%, rasio C/N 13, P 0,70%, K 0,22%, Ca 0,35%, Mg 0,21% dan bahan organik 34,37%. Berdasarkan kandungan bahan organik dan rasio C/N, maka eksmecat *E. foetida* yang dihasilkan dalam percobaan ini dapat dikategorikan sebagai pupuk organik alternatif, karena telah memenuhi persyaratan kandungan bahan organik minimal 25% dan rasio C/N maksimal 15 yang ditetapkan oleh Tim Pemantau Pupuk Organik Alternatif NTB (Sembiring, 1999). Peningkatan hara eksmecat yang dihasilkan disebabkan karena hilangnya C akibat mineralisasi bahan media atau pakan selama fermentasi dan selama berlangsungnya budidaya cacing tanah (Petrusi *et al.*, 1988; Lyngstad, 1992)

Indikator fisik yang digunakan untuk menentukan kualitas eksmecat *E. foetida* adalah warna, tekstur (ukuran partikel) dan kematangan eksmecat yang dihasilkan. Hasil percobaan ini menunjukkan bahwa, sebagian besar eksmecat *E. foetida* yang dihasilkan berwarna coklat kehitaman hingga hitam dengan tekstur halus. Eksmecat *E. foetida* yang berwarna hitam atau gelap menunjukkan bahwa eksmecat tersebut berada dalam keadaan stabil sebagai pupuk organik, bila dibandingkan dengan warna coklat (warna asli dari media atau pakan). Perubahan warna eksmecat menjadi hitam disebabkan oleh karena terbentuknya senyawa-senyawa humik sebagai hasil proses dekomposisi bahan media atau pakan cacing tanah tersebut. Hasil percobaan ini sesuai dengan pernyataan Stevenson (1982), bahwa senyawa polifenol yang merupakan hasil dekomposisi senyawa lignoselulosa akan diubah menjadi kuinon dan selanjutnya bereaksi dengan senyawa amino membentuk asam humik atau asam fulvik yang berwarna gelap (hitam). Eksmecat yang berwarna lebih gelap ternyata mempunyai struktur lebih remah dan gembur (Ross & Cairns,1982; Schreier & Timmenga, 1986).

3. Analisis Finansial Teknologi Budidaya Cacing Tanah *E. foetida* dengan Sistem Rak Bertingkat

Untuk memberikan gambaran kelayakan usaha dari perbaikan teknologi budidaya cacing tanah *E. foetida* dengan sistem rak bertingkat yang dihasilkan pada penelitian ini, dilakukan analisis finansial yang didasarkan pada perlakuan terbaik sebagai koefisien teknis (Prodjodihardjo, 1995). Analisis usaha budidaya memberi gambaran perbedaan produktivitas dan pendapatan antara penerapan teknologi budidaya cacing tanah sistem rak bertingkat tiga dengan yang tidak menggunakan rak pada skala usaha budidaya dengan luas lahan satu are (100 m^2).

Berdasarkan biaya produksi dan pendapatan kotor selama satu periode produksi, maka pendapatan bersih yang diperoleh sebesar Rp.3.418.580,- Apabila dalam satu tahun dilakukan panen sebanyak delapan kali, maka pendapatan bersih sebesar Rp.27.348.640,-/tahun pada sistem rak bertingkat tiga, sedangkan pendapatan bersih budidaya cacing tanah tanpa menggunakan rak sebesar Rp.656.693,-/periode atau sebesar Rp.5.253.544,-/tahun. Dengan demikian pendapatan bersih yang diperoleh dengan menerapkan teknologi budidaya cacing tanah *E. foetida* dengan sistem rak bertingkat tiga meningkat sebesar 520,58% dibandingkan dengan budidaya cacing tanah tanpa menggunakan rak bertingkat.

Berdasarkan hasil analisis finansial maka usaha budidaya cacing tanah *E. foetida* dengan menggunakan teknologi sistem rak bertingkat tiga ***"layak"*** untuk dikembangkan atau diterapkan sebagai salah satu sumber pendapatan bagi masyarakat, baik sebagai usaha keluarga maupun usaha komersial dalam rangka menunjang pengembangan agribisnis di pedesaan. Hal ini disebabkan karena Net Present Value (NPV) pada tingkat bunga 18% pertahun sebesar Rp.27.348.640,- dan dengan tingkat bunga 40% pertahun sebesar Rp.12.170.820,- dengan IRR = 34,02% atau rasio B/C = 1,58.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian ini, maka dapat disimpulkan bahwa teknologi budidaya cacing tanah *E. foetida* yang dapat memberikan produksi optimal adalah teknologi budidaya yang menggunakan media campuran feses kuda 50% dengan jerami padi 50% dan pakan campuran feses kambing 50% dengan isi rumen sapi 50%. Media atau pakan yang baik diperoleh dari bahan media atau pakan yang difermentasi selama tiga minggu, dibalik dua kali per minggu dan diberi kapur tiga gram perkilogram bahan media atau pakan. Jenis kotak sarang terbaik yang digunakan adalah bak plastik dengan padat penebaran 25 gram cacing tanah perkotak sarang pada sistem rak bertingkat tiga. Teknologi budidaya cacing tanah *E. foetida* dengan sistem rak bertingkat tiga dapat memberikan pendapatan bersih Rp. 27.348.640,- pertahun pada skala usaha seluas 100 m^2. Berdasarkan hal tersebut maka teknologi budidaya sistem rak bertingkat dengan menggunakan komponen-komponen teknologi yang sesuai dengan kehidupan cacing tanah *E. foetida* merupakan teknologi budidaya yang dapat menghasilkan kokon, biomassa dan eksmecat yang optimal, sehingga dapat memberikan pendapatan yang cukup besar. Dengan demikian teknologi budidaya ini ***"layak"*** dikembangkan sebagai salah satu sumber pendapatan alternatif bagi masyarakat.

Untuk melengkapi informasi yang diperoleh dari hasil penelitian ini, maka disarankan untuk dilakukan pengkajian penggunaan feses ayam broiler dan limbah organik pasar pada berbagai lama fermentasi dan perbandingan campurannya dengan limbah organik lain, untuk mendapatkan bahan media atau pakan yang sesuai dengan kehidupan cacing tanah *E. foetida*.

DAFTAR PUSTAKA

Abbott, I & C. A. Parker. 1981. Interactions between earthworms and their soil environment. *Soil Biol. Biochem.* 13 (3) : 191-197.

Andayani, Y. 1993. Potensi Cacing Tanah (*Lumbricus rubellus*) sebagai Bahan Pakan Sumber Protein. *Skripsi*. Fakultas Peternakan IPB Bogor.

Bharata, A.H. 1999. *Urban Agriculture by Green Technology*. PT. Vermi Alam Persada. Jakarta.

Bhattacharya, A.N. & J.C. Taylor. 1975. Recycling animal waste as a feedstuff. A Review. *J. Anim. Sci.* 41 : 1438-1442.

Bussinelli, M., P. Perucci, M. Patumi & B.L. Gins Quiani. 1984. Chemical composition and enzymic activity of some worm casts. *Plant and Soil.* 80(5) : 417-422.

Catalan, G. I. 1981. *Earthworms a New-Resource of Protein.* Philippine Earthworm Center Philippines.

Dalzell, H.W., A.J. Biddlestone, K.R. Gray & K. Thurairajan. 1987. Soil Management : Compost Production and Use In Tropical and Sub Tropical Environments. FAO, Rome. *Soil Bull.* 56:175-177.

Edwards, C.A. & J.R. Lofty. 1977. *Biology of Earthworms.* Chapman and Hall, New York.

Fortage, O. T. & M. R. Bobb, 1971. Biodegradation of animal waste by *Lumbricus terrestris*. *Dairy Sci.* 55 : 162-165.

Gaddie, R.E. & D.E. Douglas. 1975. *Earthworms for Ecology and Profit.* Vol. I Bookworm Publishing Company. Ontario. California.

Gates, G. E. 1972. Burmese Earthworm. An introduction to the systematics and biology of megadrile oligochaetes with special reference to South East Asia. *Trans.Am.Philo. Soc.* 62 (7) 1-326.

Gaur, A. C. 1982. Improving soil fertility through organic recycling. A Manual of Rural Composting. *Project Field Document* No.15. FAO/UNDP Regional Project RAS/75/004.

Haukka, J.K. 1987. Growth & survival of *Eisenia foetida (Sav.) (Oligochaeta : Lumbricidae)* in relation to temperature, moisture, and presence of *Enchytracus albidus (Henle) (Enchytraidae)*. *Biol. Fertil. Soils*, 3 : 99-102.

Kevin, H. 1979. Earthworm for Gardeners and Fisherman. *Discovery Soil,* No. 5. CSIRO Division of Soil.

Lee, K. E. 1985. *Earthworms Their Ecology and Relationships With Soils and Land Use.* CSIRO Division of Soils Adelaide. Academic Press (Harcourt Brace Jovanovich Publishers) Sydney Orlando San Diego New York London Toronto Montreal Tokyo.

Lyngstad, I. 1992. Effect of limekiln on mineralization of soil nitrogen as manured by plant up take and nitrogen released during incubation. *Plant and Soil.* 144(2) : 247-253.

Martin, J.P., J.H. Black & J.C. Hawthorne. 1981. Earthworm Biology and Production. *In* : *Explore The World of Earthworms.* Inset Lecture Hall, UPLB College, Laguna.

Minnich, J. 1977. *The Earthworms Book.* Rodale Press Emmaus, P.A. USA

Montes, N.D. 1981. The Earthworms Utilization and Potential Markets. *In*: *Explore the World of Earthworms.* Inset Lecture Hall, UPLB, College, Laguna.

Nardi, S., G. Arnoldi & G. Dell' agnola.1988. Release of the hormon like activities from *Allolobophora rosea (Sav.)* and *Allolobophora caliginosa* feses. *Can. J. Sci* . 68(4) : 563-567.

Petrusi, F., M.De.Nobilli, M.Viotto & P. Sequi. 1988. Characterization of organic matter from animal manures after digestion by earthworm. *Plant and Soil.*105(1) : 41-46.

Prodjodihardjo, S. 1995. *Usaha Peternakan, Perencanaan Usaha, Analisis dan Pengelolaan.* Dirjen Peternakan Direktorat Bina Usaha Petani Ternak dan Pengelolaan Hasil Peternakan. Jakarta.

Rao, S. 1994. *Mikroorganisme Tanah dan Pertumbuhan Tanaman. Edisi kedua.* Penerbit Universitas Indonesia. Jakarta.

Razon, C.A. & B.E. Razon. 1981. *How to Raise Red Earthworm Profitably.* Bureau of Animal Industry, Phillipines.

Ross, D. J. & A. Cairns. 1982. Effect of earthworms and ryegrass on respiratory and enzyme activities of soil. *Soil Biol. Biochem.* 14 (6) : 583-587.

Sabine, J.R. 1981. The nutritive value of earthworm meal. *In* : *Explore The World of Earthworms.* Inset Lecture Hall, UPLB College, Laguna.

Schreier, H. & H.J. Timmenga. 1986. Earthworm response to asbestos rich serpentinitic sediments. *Soil Biol. Biochem.* 18 (1) : 85-89.

Sembiring, H. 1999. Sosialisasi kriteria pupuk alternatif dan hasil analisis laboratorium beberapa pupuk alternatif di NTB. *Laporan Tim Pemantau Pupuk Propinsi NTB.*

Simandjuntak, A.K. & D. Waluyo. 1982. *Cacing Tanah. Budidaya dan Pemanfaatannya.* PT. Penebar Swadaya. Jakarta.

Stevenson, F. J. 1982. *Humus Chemistry, Genesis, Composition, Reaction.* John Willey and Sons. New York. Chichenter. Brisbane. Toronto. Singapore. 443p.

Suharjo, B. 1999. *SPSS 7.5 for WINDOWS 95.* Laboratorium Komputasi Jurusan Matematika FMIPA, IPB Bogor.

Tomatti, U., A. Grapelli & E. Galli. 1988. The hormon like effect of earthworm casts on plant growth. *Biol. Fertil Soils.* 5 : 228-294.

Waluyo, D. 1993. Pengaruh Kapur terhadap Perkembangan Tubuh dan Klitelum serta Kadar Protein dan Asam Amino pada Cacing Tanah *Eisenia foetida Savigny. Tesis.* Program Pascasarjana IPB Bogor.