

POTENSI CACING TANAH BAGI SEKTOR INDUSTRI DAN PERTANIAN

Sihombing D.T.H.

Laboratorium Ternak Non Ruminansia dan Satwa Harapan

Fakultas Peternakan, Institut Pertanian Bogor

(Diterima 20-2-2000; disetujui 4-3-2000)

ABSTRACT

Earthworms actually have various important roles to improve soil ecosystem as well as to the benefit of human beings. Especially, the ability to improve tropical soil condition such as texture, physico-chemical structure and water holding capacity. They can also improve the living environment of human beings with the ability to transform organic waste for the benefit of human life. Data obtained from various sources show that the earthworms appeared to be a primary source of protein, especially for monogastric species, that is rich in protein and balanced ratio of essential amino acids. Earthworms are commonly used as fish baits, feedstuffs for various reptiles, birds and pet animals. Recent information also suggest the very important basic role as major source of various medicines and cosmetic products. In conjunction with the important role for human life, further research is needed on manipulation of biogenic aspects and rearing technology.

Keyword : earthworm.

PENDAHULUAN

Cacing tanah adalah makhluk penghuni perut bumi yang tampak lemah dan menggelikan, malah menjijikkan, seolah-olah tidak bermanfaat. Padahal makhluk ini mempunyai potensi yang sangat menakjubkan bagi kehidupan dan kesejahteraan manusia.

Sejarah tentang peran cacing tanah terhadap kelestarian lingkungan hidup dan peningkatan pangan dunia telah diketahui sejak dahulu kala. Seorang ahli filsafat Yunani, Aristoteles, banyak menaruh perhatian terhadap cacing tanah, dan menyebut cacing tanah sebagai perutnya bumi. Pada tahun 69-30 SM, ratu cantik Cleopatra yang saat itu berkuasa di Mesir melarang bangsa Mesir memindahkan cacing tanah ke luar dari Mesir, bahkan petani dilarang menyentuh cacing, sebab zaman itu cacing tanah dianggap sebagai Dewa Kesuburan.

Dalam catatan klasik Tiongkok, cacing tanah disebut *Tilung* atau *Naga Tanah* dan banyak digunakan sebagai ramuan untuk menyembuhkan berbagai penyakit. Seorang cendekiawan terkenal, Charles Darwin, telah menghabiskan waktunya selama 40 tahun untuk mengamati kehidupan cacing tanah. Beliau menyebut cacing tanah sebagai makhluk penentu keindahan alam dan pemikat bumi.

Di beberapa negara seperti Filipina, peternakan cacing tanah telah berkembang dengan pesat. Biomassa cacing tanah dipergunakan untuk makanan ternak, ikan dan bahkan makanan manusia, sedangkan eksmeccat (*casting*) cacing tanah

dipergunakan untuk tanaman padi dan sayur-sayuran. Di Jepang, peternakan cacing tanah dipergunakan untuk mengolah limbah industri kayu menjadi pupuk atau eksmeccat. Di Italia, cacing tanah dimanfaatkan untuk memusnahkan sampah kota. Di Taiwan, produksi biomassa cacing tanah diekspor ke Perancis dan di negara tujuan ekspor ini cacing tanah dipergunakan untuk campuran bahan makanan di restoran-restoran yang dikenal dengan sebutan *verne de terre* (makanan dari cacing tanah). Di beberapa negara lain seperti Amerika Serikat, Australia dan New Zealand, penggunaan cacing tanah lebih diarahkan untuk memperbaiki lahan dan mempertinggi kesuburan tanah serta menyuburkan padang penggembalaan ternak. Di Indonesia, penggunaan cacing tanah belum luas memasyarakat baik sebagai makanan ternak, ikan, maupun untuk menanggulangi masalah sampah yang setiap hari mengalami peningkatan di kota-kota.

Alkisah, dari dunia perwayangan, terkenallah seorang tokoh wanita, Dewi Banowati. Ratu cantik ini, namun... sering menyeleweng dengan Arjuna, menurut cerita, melahirkan bayi mungil di tengah hutan di kaki bukit Sangga Buana. Tali ari-ari berceceran di batang pepohonan di hutan belantara, yang konon menjelma jadi cacing dengan ukuran besar dan panjang, sekitar 50 cm, cacing terpanjang di Asia.

Bayi yang dilahirkan oleh Dewi Banowati ini dinamakan Sundari, dan dari nama inilah cacing yang panjang itu dinamakan kemudian, dan sesuai dengan sifat Dewi Banowati yang ahli bercinta, maka cacing menjelma menjadi obat bagi orang yang terlibat asmara... Bahkan juga menjadi obat penyakit

pinggang, maag dan lain-lain. Cacing ini kemudian diburu, karena orang kota mencari cacing ini untuk obat kuat dan mesra, dan juga obat keputihan. Cacing Sundari obat asmara suami-isteri, juga obat kuat untuk pria dan wanita... suatu tantangan pembuktian menarik atau menggiurkan bagi peneliti, termasuk cacing apa dia, dan apa potensinya!

Memang, umumnya orang Indonesia merasa jijik dan geli mendengar sebutan cacing, dan menganggap mustahil bila dikatakan sangat bermanfaat. Cacing bulat yang ada di dalam perut manusia dan cacing pita di dalam perut hewan atau ternak termasuk cacing parasit yang berbahaya (*Taenia soleum*, *Taenia saginata*, *Taenia marginata*). Tetapi cacing bermanfaat yang dimaksud adalah cacing tanah yang ada di dalam perut bumi, dan sangat bermanfaat bagi pertanian, akuakultur (perikanan), peternakan, farmasi, kosmetik, nutrisi dan ekologi.

Apakah mungkin cacing tanah kelak menjadi bahan makanan manusia, sejarah akan membuktikan dan bergantung pada beberapa faktor, yakni halal dan terjamin sehat, bergizi, enak serta menarik, dan ekonomis bagi masyarakat.

MANFAAT CACING TANAH

Peneliti cacing tanah terkenal, Charles Darwin, adalah orang pertama yang mencatat tahun 1881 bahwa eksmeat sebagai hasil dari cerna tanah oleh cacing tanah dan mengkonsumsi limbah tumbuhan secara sangat baik untuk perbaikan kondisi tanah.

Beberapa manfaat cacing tanah secara ringkas adalah sebagai berikut:

- (1) Memperbaiki dan mempertahankan struktur tanah.
- (2) Meningkatkan daya serap air permukaan.
- (3) Menyuburkan tanah.
- (4) Meningkatkan pemanfaatan limbah organik.
- (5) Sumber pupuk organik yang sangat baik, yakni eksmeat.
- (6) Bahan pakan ikan, ternak, hewan piara dan manusia.
- (7) Umpan pancing.
- (8) Bahan obat.
- (9) Bahan kosmetik.

Pada tahun 1971, Daniel M. McInroy, seorang mahasiswa muda tahun pertama (*freshmen*) di Universitas Iowa, Iowa City, memenangkan karya tulis "*Evaluation of the earthworm Eisenia foetida as food*

for man and domestic animals" di satu simposium di negara bagian Iowa. Dalam karya tulis tersebut dipaparkan analisis proksimat dan kandungan asam-asam amino esensial cacing tanah.

Apakah cacing tanah mungkin menjadi "ternak", atau dapat menjadi suatu komoditi bagi petani ataupun pengusaha, karena manfaatnya banyak, bergantung pada kemampuan para peneliti membuktikan dan mengembangkan serta kemudian oleh para penyuluh memasyarakatkannya.

Beberapa tahun terakhir ini permintaan ekspor cacing tanah ke mancanegara sebanyak 6 (enam) ton per hari dan eksmeat 5.000 ton per bulan ke Abu Dhabi dan Korea belum dapat dipenuhi, karena kita belum mampu menghasilkan cacing tanah dan eksmeat dalam jumlah yang cukup. Harga cacing tanah hidup pada tahun 1999 di Jabotabek (Jakarta, Bogor, Tangerang, Bekasi) berkisar antara Rp 60.000 hingga Rp 250.000 per kilogram, sedang harga pupuk yang oleh para penjual menyebutnya "casting" di pasar lokal antara Rp 400 hingga Rp 800 per kilogram.

Selain mempunyai peluang ekspor, permintaan cacing tanah di dalam negeri juga meningkat sejak awal tahun 1998. Kini cacing tanah digunakan sebagai bibit untuk dibudidayakan, pakan ternak, ikan dan burung piaraan, bahkan cacing tanah akan digunakan sebagai bahan kosmetika dan farmasi. Paling sedikit 75 spesies burung Indonesia suka memakan cacing tanah. Apabila produksi cacing tanah meningkat, tepung cacing tanah dapat dijadikan sebagai sumber protein bagi benur udang dan ikan, dan di masa mendatang bahkan mungkin untuk makanan bayi dikarenakan kuantitas dan kualitas proteinnya tinggi.

PERAN CACING TANAH DALAM EKOSISTEM TANAH

Cacing tanah berperan sangat besar pada proses dekomposisi di dalam ekosistem tanah karena kemampuannya dalam beberapa hal:

- (1) Menguraikan partikel dan mencernanya, sekaligus merombak materi organik (kecuali karet, plastik dan metal) yang terdapat dalam tanah.
- (2) Mencampuradukkan tanah dari permukaan ke lapisan tanah yang lebih dalam, dan sebaliknya.
- (3) Meningkatkan aerasi tanah, porositas dan drainase tanah.
- (4) Meningkatkan aktivitas mikroflora dalam lambungnya untuk proses vermifikasi.

- (5) Mencampur materi yang telah tervermifikasi ke dalam tanah.

Menyuburkan Lahan Pertanian

Umumnya para petani tahu dari pengalamannya bahwa lahan-lahan yang banyak mengandung cacing tanah akan menjadi subur. Kotoran cacing yang bercampur tanah atau bahan lainnya merupakan sumber pupuk organik yang lambat dan kaya unsur hara yang siap diserap akar tumbuhan.

Meningkatkan Daya Serap Air Permukaan

Cacing tanah membuat lubang-lubang dalam tanah yang penuh dengan ekskret dan akan menyebabkan pertumbuhan akar tanaman dapat menembus tanah lebih dalam. Lubang-lubang tersebut akan melipatgandakan intensitas tanah dalam menyerap air pada waktu hujan, membuat persediaan air dalam tanah akan lebih teratur sehingga menjamin pertumbuhan tanaman lebih baik.

Meningkatkan Manfaat Limbah Organik

Banyak bahan organik yang kurang dimanfaatkan seperti daun-daunan, limbah rumah tangga, limbah pertanian, kotoran ternak dan sisa-sisa makanan ternak maupun manusia dan berbagai limbah industri dapat ditingkatkan manfaatnya melalui cacing tanah. Jika dimanfaatkan untuk pemeliharaan, cacing tanah akan dapat dijadikan komoditi yang berharga, yaitu cacing tanah dan pupuk (eksmecat). Namun perlu diingat bahwa limbah atau sisa-sisa makanan manusia jangan diberi yang mengandung bahan-bahan berbahaya bagi cacing, seperti cuka, asam, garam, air sabun, cat dan sebagainya.

Penelitian yang dilakukan tim peneliti Fakultas Peternakan IPB sejak tahun 1979 hingga 1986 dengan memanfaatkan sampah organik Kotamadya Bogor, terutama sampah organik pasar, menghasilkan pupuk yang baik untuk tanaman. Berbagai jenis daun, sisa-sisa sayur dan sereal yang terdapat dalam sampah setelah mengalami fermentasi atau pembusukan, sangat disukai cacing.

Sumber Protein Hewani

Cacing tanah mengandung protein kasar lebih tinggi, atau paling tidak, sama dengan pakan

konvensional yang lazim dipakai untuk pakan ternak, seperti tepung ikan, tepung daging dan tepung kedelai. Kandungan protein cacing tanah, tepung ikan, tepung daging dan tepung kedelai masing-masing adalah 61,0, 60,9, 59,0 dan 44,0 persen. Malahan dibandingkan dengan tepung susu (*skim milk*), tepung cacing tanah tidak kalah karena asam-asam amino esensial yang dikandungnya lengkap disertai keseimbangannya yang baik (McInroy, 1971).

Pemberian tepung cacing tanah (*Perionyx excavatus*) sebagai pengganti tepung ikan dalam ransum puyuh (*Coturnix coturnix*) dengan level 0, 2,5, 5,0, 7,5 dan 10,0% mengakibatkan pertumbuhan, konversi pakan dan keuntungan bersih (*net return*) lebih baik (Guerro, 1981). Hasil terbaik diperoleh dengan pemberian 10% tepung cacing tanah dalam ransum, dengan kesehatan puyuh tetap baik.

Meski masyarakat luas seperti di Indonesia belum memakan cacing tanah sebagai sumber protein bernilai tinggi, namun di Philipina dan Thailand, cacing tanah digunakan sebagai bahan campuran untuk bakso (*meat-ball*) dengan harga yang relatif lebih tinggi dari bakso lain bahan, seperti bakso daging sapi atau ikan.

Tepung cacing tanah mengandung asam amino lisin yang lebih tinggi dari tepung daging; asam amino metionin yang dikandung juga lebih tinggi dari tepung daging maupun tepung ikan, sehingga berpotensi sebagai sumber pakan ternak yang baik, karena kedua asam amino tersebut sering defisien dalam bahan pakan ternak nonruminan.

Kandungan nutrisi cacing tanah *Eisenia foetida* berdasarkan beberapa hasil penelitian (Tabel 1), selain asam-asam amino protein lengkap dengan kadar yang tergolong baik (Tabel 2 dan 3), berupa beberapa unsur mineral esensial bagi ternak, antara lain magnesium (Mg), natrium atau sodium (Na), kalium (K), zink atau seng (Zn), tembaga (Cu) dan besi (Fe).

Profil asam-asam amino esensial cacing tanah, *Perionyx excavatus* dan *Eisenia foetida* (Tabel 4) termasuk sangat baik sebagai bahan makanan terutama untuk golongan monogastrik (manusia, primata, babi, ayam atau unggas), ikan dan udang (terutama benur udang).

Tabel 1. Kandungan Nutrisi Cacing Tanah (*Eisenia foetida*)

Zat Makanan (%)	Sumber informasi					
	McInroy (1971)	Fostage & Rubb (1972)	Sabine (1978)	Taboga (1980)	Hartenstein (1981)	Wanasurya (1984)
Bahan kering	12,9	22,9	20-25	15-20	18	?
Protein kasar	68,1	58,2	62-64	2-71	65	59,47
Lemak kasar	6,4	2,8	7-10	2,3-4,5	9	6,99
Serat kasar	?	3,3	?	?	?	0,73
Karbohidrat	?	?	?	?	21	?
Abu	5,2	?	8-10	?	5,8	9,91
Kalsium (Ca)	?	0,54	0,55	?	0,33-0,8	0,56
Fosfor (P)	?	0,90	1,0	?	0,7-1,0	0,82
Energi total KJ/kg	?	?	16.800	?	?	?

Sumber : Sabine (1983); Wanasurya (1984).

Tabel 2. Profil Asam Amino Cacing Tanah, Tepung Daging dan Tepung Ikan (g/100 g Protein)

Asam amino	Bahan					
	Pelapor peneliti cacing tanah				Tepung	
	McInroy (1971) ^a	Taboga (1980) ^b	Sabine (1981) ^a	Graff (1981) ^a	Daging	Ikan
Esensial :						
Arginin	6,1	7,3	6,8	6,1	6,7	6,5
Fenilalanin	4,0	5,1	3,7	3,5	3,5	4,2
Histidin	2,2	3,8	2,6	2,3	2,0	2,5
Isoleusin	4,6	5,3	4,2	4,7	3,5	6,0
Leusin	8,1	6,2	7,9	8,2	6,4	8,4
Lisin	6,6	7,3	7,1	7,5	6,9	10,4
Metionin	1,5	2,0	3,6	1,8	1,5	3,0
Treonin	5,3	6,0	4,8	4,7	3,3	4,6
Triptofan	?	2,1	?	?	0,5	1,1
Valin	5,1	4,4	4,9	5,2	4,7	5,7
Noncsensial :						
Alanin	?	5,4	?	6,0	?	?
Asam aspartat	?	10,5	?	11,0	?	?
Asam glutamat	?	13,2	?	15,4	14,8	13,8
Glisin	?	4,3	4,8	?	4,0	7,2
Prolin	?	5,1	?	?	?	?
Serin	?	5,8	4,2	4,8	?	?
Sistein	1,8	1,8	3,8	1,4	1,1	1,1
Tirosin	?	4,6	2,2	3,0	1,6	3,0

Sumber: Sabine (1983).

^a*Eisenia foetida*.

^bCampuran *Eisenia foetida* dan *Lumbricus rubellus*.

Tabel 3. Profil Asam-Asam Amino Esensial dalam Tepung Cacing Tanah dan Tepung Ikan Dibandingkan dengan Kebutuhan Ikan Mas

Asam-asam amino esensial	Tepung cacing tanah	Tepung ikan	Kebutuhan ikan mas
Arginin	7,3	6,5	4,2
Fenilalanin	5,1	4,2	6,5
Histidin	3,8	2,5	2,1
Isoleusin	5,3	6,0	2,3
Leusin	8,2	8,4	3,4
Lisin	7,5	10,4	5,7
Metionin	3,6	3,0	3,1
Treonin	6,0	4,6	3,9
Triptofan	2,1	1,1	0,8
Valin	5,2	5,7	3,6

Sumber : Graff, 1983; Sabine, 1981; NRC, 1983.

Tabel 4. Profil Asam-Asam Amino Cacing Tanah

Asam amino	<i>Perionyx excavatus</i>		<i>Eisenia foetida</i> ^a
	% dari BK ^b	% dari protein	% dari protein
Alanin	2,67	4,95	5,80
Arginin	2,17	4,03	6,94
Aspartat	6,19	11,48	11,36
Fenilalanin	1,49	2,76	4,37
Glisin	2,17	4,02	5,48
Glutamat	7,29	13,52	14,48
Histidin	0,72	1,35	4,32
Isoleusin	2,10	3,90	4,73
Leusin	5,67	10,52	8,74
Lisin	2,65	4,92	8,74
Metionin	0,57	1,06	1,59
Prolin	3,16	5,85	3,84
Serin	2,76	5,15	5,34
Treonin	2,29	4,25	5,20
Tirosin	3,26	6,05	4,40
Triptofan	-	-	1,24
Valin	2,31	4,29	4,14

Sumber : Ulep (1982).

^aBahan kering.

Huruf tebal (*bold*) adalah asam amino esensial.

Makanan Berbagai Hewan Kegemaran

Beberapa burung maupun hewan piara kegemaran memerlukan cacing tanah sebagai pakannya. Kini banyak kios penjual pakan hewan piara kegemaran yang diimpor, menjual pakan yang terbuat dari cacing tanah, baik dalam bentuk bubuk, pelet halus maupun pelet sedang besarnya. Namun, yang terbanyak dari pakan tersebut adalah buatan luar negeri, atau bahan impor.

Ratusan spesies burung di Indonesia pemangsa cacing tanah dan para pemelihara burung banyak menggunakan cacing tanah untuk pakan burung piaraannya

Umpan Pancing

Kebanyakan ikan air tawar maupun ikan air asin suka menyantap cacing tanah bila dijadikan umpan pancing. Di daerah Jakarta Timur misalnya,

tidak jarang anak-anak mencari cacing di rawa, pematang dan tempat tumpukan sampah busuk untuk dijual kepada para pemancing ikan. Cacing ditaruh dalam botol plastik bekas aqua dalam jumlah tertentu dengan harga tertentu pula.

Bahan obat

Cacing tanah digunakan juga sebagai bahan obat, antara lain obat penurun demam (*antipyretic*), pereda sakit kepala (*antipyrin*), penawar racun (*antidote*), memperbaiki pembuluh darah (*blood vessel shrinker*), serta untuk penyubur pertumbuhan rambut, terutama di negara Cina (Montes, 1981; Tapiodor, 1981). Khasiat cacing tanah sebagai bahan farmasi atau penyembuh beberapa penyakit masih memerlukan pembuktian ilmiah.

Sumber Pupuk

Kotoran atau feses cacing tanah bertekstur halus dan subur, yang disebut eksmeat (*casting*), di berbagai negara diperdagangkan dalam kemasan satu kilogram atau satuan kemasan lainnya yang dapat dibeli di toko serba ada (toserba).

Cacing tanah memakan bahan organik yang biasanya telah membusuk sempurna dan beberapa unsur mineral esensial dari tanah. Bahan organik yang telah terdegradasi tersebut dicerna atau diolah lagi sehingga teksturnya makin lebih halus. Dari dalam tubuhnya, cacing tanah menghasilkan zat auksin atau auksin (*auxin*, meningkatkan), suatu bahan penyubur tumbuhan, yang sering disebut sebagai hormon pengatur pertumbuhan tanaman (*growth-regulating hormones of plants*). Auksin A, $C_{18}H_{22}O_5$, yang telah berhasil diisolasi dari ujung semai oat (*Avena*) dan urin manusia, dan auksin B, $C_{18}H_{20}O_4$, dari sayuran dan urin, mempercepat pertumbuhan miselium tumbuhan. Asam indolasetat (*indoleacetic acid*, IAA) adalah prekursor hormon auksin. Dalam metabolisme asam amino, derivatif triptofan, asam amino aromatik dekarboksilase hati aktivitasnya lemah terhadap triptofan. Produk akhir, triptamin, tidak ada peran khususnya namun bila dioksidasi oleh monoamin oksidase menghasilkan suatu aldehid yang siap dioksidasi oleh aldehid oksidase menjadi asam indolasetat. Zat ini lazim terdapat sangat sedikit di dalam urin dan sekresinya meningkat pada pellagrin. Namun, rute pembentukan utama asam indolasetat pada tumbuhan maupun hewan adalah oleh dekarboksilasi oksidatif asam indolpiruvat yang terbentuk dari triptofan dengan jalan transaminasi. Dalam fedica terdapat $3,80 \mu\text{g equiv./g BK}$.

Eksmeat juga mengandung beberapa hormon lain, asam humat, mikroba tanah yang bermanfaat dan enzim-enzim (Tomatti *et al.*, 1988). Eksmeat mengandung hormon sitokinin ($1,05 \mu\text{g/g BK}$) dan giberelin ($2,75 \mu\text{g equiv./g BK}$ [bahan kering]). Mikroba yang penting adalah aktinomises ($2,8 \times 10^6$ sel/g BK), bakteri ($1,8 \times 10^8$ sel/g BK) dan fungi ($2,6 \times 10^5$ sel/g BK). Enzim-enzim yang penting antara lain protease, amilase, lipase dan selulase (Ross and Cairns, 1982).

DISTRIBUSI GEOGRAFIS CACING TANAH

Cacing tanah terdapat di seluruh dunia, namun sangat jarang di padang pasir, lahan yang tetap dilapisi salju atau es, bukit berbatu dan kawasan miskin lapisan tanah dan vegetasi. Cacing tanah juga tidak hidup di laut karena spesies cacing tanah tidak tahan sebentarpun dalam air asin. Namun demikian, beberapa spesies cacing tanah dapat menyebar luas, yang diistilahkan oleh Michaelsen (1926) spesies peregrin (*peregrine*) dan beberapa spesies tidak sanggup menyebar ke kawasan lain dan hanya terdapat di kawasan tertentu atau terbatas, yang dinamakan spesies endemik.

Cacing tanah yang paling luas penyebarannya adalah famili *Lumbricidae*. Semua spesies cacing tanah yang terdapat di Kanada sekarang adalah spesies peregrin dan antropokoris, yakni tersebar oleh manusia (*anthropochorous*).

KLASIFIKASI CACING TANAH

Penggolongan kelas cacing tanah oleh para pakar di bidang tersebut hingga kini masih berbeda pendapat. Pembagian famili saja ada beberapa pendapat, apalagi dalam penentuan spesies. Beda pendapat para peneliti tentang pembagian dalam famili cacing tanah harus tetap dihargai, seperti pembagian yang dilakukan oleh Stephenson (1930), Omodeo (1958), Gates (1959), Lee (1959) dan Sims (1969). Dalam tulisan ini pembagian oleh Gates (1959) adalah yang disitasi, yakni pembagian cacing tanah dalam 12 famili dan pembagian tersebut adalah:

- Phylum : Annelida.
- Ordo : Oligochaeta.
- Kelas : Clitellata.
- Famili : 01. Acanthodrilidae.
- 02. Criodrilidae.
- 03. Eudrilidae.

- 04. Glossoscolecidae.
- 05. Hormogastridae.
- 06. Lumbricidae.
- 07. Megascolecidae.
- 08. Microchaetidae.
- 09. Monilgastridae.
- 10. Ochochaetidae.
- 11. Ocnerodrilidae.
- 12. Sparganophilidae.

Spesies *Lumbricus* dari famili *Lumbricidae* tersebar di seluruh dunia, namun dari famili *Megascolecidae*, *Microchaetidae* dan *Moniligastridae* terdapat di Asia Tenggara, termasuk Indonesia. Di Indonesia dikenal misalnya cacing tanah *Pheretima* spp. (famili *Megascolecidae*) yang banyak spesiesnya, *Eisenia foetida* dan *Lumbricus rubellus* (famili *Lumbricidae*) dan berbagai spesies dari beberapa famili cacing tanah yang lain. Di daerah subtropika, cacing tanah *Lumbricus terrestris* (*nightcrawler*) adalah yang umum dikenal. Identifikasi spesies cacing tanah yang ada di Indonesia masih sangat dibutuhkan karena sangat terbatas yang diketahui.

Di Filipina misalnya para peneliti pada tahun 1970-an berniat mengembangkan cacing tanah, namun cacing tanah apa yang akan dikembangkan menghadapi kesulitan karena identifikasi spesies cacing lokal belum tersedia. Atas jasa E. G. Easton dari Divisi Annelida, British Museum of Natural History, selama dua tahun berhasil diidentifikasi 11

spesies (Tabel 5) serta penyebarannya yang terdapat di Filipina untuk calon dikembangkan. Spesies yang terluas penyebarannya berturut-turut adalah *Polypheretima elongata*, *Metaphira posthuma*, *Metaphira peguana* dan *Pontoscolex corethurus*. Dalam percobaan pemeliharaan dengan media feses kerbau Murrah untuk dikembangkan, dipilih tiga spesies, yakni *Perionyx excavatus*, *Metaphira peguana* dan *Metaphira houletti*. Hasil yang diperoleh adalah *Perionyx excavatus* terpilih yang terbaik untuk dikembangkan secara komersial, karena mudah berkembangbiak dan bertumbuh cepat dan lahap makan.

Bagi Indonesia, spesies cacing tanah lokal mana yang terbaik dikembangkan secara komersial sesuai kondisi Indonesia belum ada pegangan, sehingga penelitian tentang hal ini sangat dibutuhkan. Namun, cacing tanah yang banyak terdapat di Indonesia seperti *Pheretima* spp., *Eisenia foetida* ataupun kalau tersedia *Lumbricus rubellus* dapat dikembangkan sepanjang produksi dan reproduksinya tinggi (massa cacing banyak, kokon banyak) dan lahap makan.

Perlu diingat bahwa Indonesia adalah daerah tropika dengan perubahan iklim tidak drastis dan sangat berbeda dengan daerah subtropika dan daerah dingin. Indonesia hanya mengenal musim hujan dan musim kemarau dan bervariasi di bagian barat dan bagian timur.

Tabel 5. Beberapa Spesies Cacing Tanah yang Terdapat di Filipina

Famili	Spesies
Glossoscolecidae	<i>Pontoscolex corethurus</i> Muller 1856
	Spesies <i>Pheretima</i> :
	<i>Metaphira houletti</i> Perrier 1872
	<i>Metaphira peguana</i> Rosa 1890
	<i>Metaphira posthuma</i> Vaillant 1869
	<i>Pheretima darnleiensis</i> Fletcher 1887
	<i>Pheretima</i> sp.
	<i>Pleionogaster harsti</i> Beddard, 1883
Megascolecidae	<i>Polypheretima elongata</i> Perrier 1872
	<i>Lampito mauritii</i> Kinberg 1867
Ochochaetidae	<i>Perionyx excavatus</i> Perrier 1872
	<i>Octochaetena beatrix</i> Beddard 1902

Sumber : Guerrero (1979).

CIRI KHAS BIOLOGI CACING TANAH

Cacing tanah adalah makhluk hermafrodit, yakni setiap individu memiliki alat kelamin jantan dan alat kelamin betina. Namun demikian, agar perkawinan berhasil, tetap diperlukan kerjasama antara dua individu cacing. Alat kelamin tempatnya di bagian tubuh antara ruas ke-9 hingga ruas ke-15. Walaupun cacing tanah hermafrodit, cacing tanah tidak dapat melakukan pertunasan sendiri. Harus dipenuhi syarat, bahwa antara dua ekor harus melakukan kopulasi untuk saling menukar sel sperma untuk menunasi sel telur yang akan menetas melahirkan satu atau lebih anak cacing. Keistimewaan makhluk hermafrodit adalah setiap individu dapat menghasilkan anak atau turunan. Ini berbeda dari makhluk ataupun ternak konvensional, yakni hanya betina yang melahirkan anak atau telur. Perkawinan dapat dilakukan setiap waktu bila kondisi memungkinkan. Beberapa cacing tanah melangsungkan perkawinan di permukaan tanah dan ada yang melakukan di dalam tanah (Minnich, 1977).

Cacing tanah termasuk makhluk poikilotermik (berdarah dingin) dan tidak sanggup mempertahankan diri terhadap perubahan temperatur lingkungan yang ekstrem, berbeda dari makhluk homeotermik (berdarah panas). Hal ini sangat penting diingat dalam usaha mengembangkan cacing tanah. Cacing tanah membutuhkan temperatur yang relatif stabil untuk hidup. Bila temperatur ekstrem, yakni terlalu rendah atau terlalu tinggi, cacing tanah memasuki masa dorman atau "tidur", yakni hibernasi bila cuaca terlalu dingin dan estivasi bila cuaca terlalu panas dan kering (tidur, total tidak ada aktivitas, metabolisme mendekati nol). Cacing menjadi sangat kurus dan ia akan bangun menuju hidup normal setelah temperatur kembali normal.

Memperhatikan sifat atau tingkah laku cacing tanah, ia termasuk makhluk nokturnal; sebagian besar aktivitasnya dilakukan pada malam hari. Cacing sangat peka terhadap sinar matahari, apalagi sinar ultra-violet.

Penggetahuan akan daur hidup berbagai spesies cacing tanah yang mungkin sering kita lihat masih sangat terbatas dan masih dibutuhkan penelitian lebih lanjut akan hal tersebut.

LINGKUNGAN HIDUP CACING TANAH

Faktor-faktor lingkungan yang ber-pengaruh terhadap pertumbuhan, reproduksi dan kesehatan cacing tanah, antara lain ketersediaan makanan, temperatur, kelembaban, derajat keasaman (pH), kegemburan atau aerasi tanah. Selain faktor-faktor tersebut, ada juga faktor cahaya, kepadatan populasi dan pemangsa atau predator (Simanjuntak dan Waluyo, 1982).

Kriteria media untuk cacing tanah secara umum adalah sebagai berikut:

- (1) Warna tidak terlalu gelap, atau kondisi fisik sudah jauh berubah dari bahan aslinya.
- (2) Bau tidak menyengat.
- (3) pH 6,8-7,2.
- (4) Kandungan air sekitar 50-80 persen.
- (5) Suhu 18-27°C.
- (6) Porous atau berongga.
- (7) Mengandung zat makanan yang cukup.

Bahan Makanan dan Media

Bahan atau media tempat hidup cacing tanah, selain tempat bermukim, juga berfungsi sebagai sumber bahan makanan (pakan) baginya. Kandungan protein media sebaiknya rendah, di bawah 15%, untuk menghindari "keracunan protein". Kandungan protein bahan makanan yang baik bagi cacing tanah berkisar 9-15 persen.

Cacing tanah lebih menyukai bahan organik yang sedang mengalami proses dekomposisi dibanding yang sudah ter-dekomposisi, atau pun yang masih segar (Minnich, 1977). Cacing tanah berkembang pesat pada media seperti feses hewan; ia akan memakan dan akan cepat mengubahnya menjadi humus yang lumat dan baik. Dalam budidaya cacing tanah, sebaiknya bahan organik selalu ditambah secara periodik untuk memelihara laju pertumbuhan dan peningkatan populasi.

Bahan organik dapat berasal dari serasah daun tumbuhan yang telah lapuk ataupun hewan yang mati dan dalam keadaan basah, karena cacing tidak mempunyai gigi (Gaddie & Douglas, 1975). Cacing tanah tidak mau memakan daun atau pun kotoran ternak segar; sebaiknya bahan-bahan tersebut difermentasikan (dibiarkan busuk) terlebih dahulu selama 3 minggu.

Kotoran ternak atau campuran lain lebih baik digunakan untuk budidaya cacing tanah *Eisenia foetida*, karena habitat cacing ini biasanya kotoran hewan sehingga mendapat julukan *manure worm*. Cacing lain yang baik digunakan, menurut Gaddie

dan Douglas (1975), adalah *Lumbricus rubellus*. Namun cacing ini kurang lahap makan dibandingkan dengan cacing *Eisenia foetida*. Pengalaman peneliti cacing tanah di Filipina menunjukkan *Perionyx canovatus* berkembangbiak secara baik dan bertumbuh cepat serta lahap makan (Guerrero, 1980). Pembudidaya cacing tanah di Amerika Serikat memilih dua kelompok yang baik dibudidayakan secara komersial, yakni cacing yang biasa hidup di kotoran ternak dan cacing merah.

Telah lama diketahui secara umum bahwa cacing tanah mengkonsumsi makanan seberat bobot badannya dalam waktu 24 jam, namun kemudian diketahui, *Eisenia foetida* mengkonsumsi makanan sebanyak 20 kali berat badannya dalam waktu 10 hari, atau sama dengan dua kali berat badan dalam waktu 24 jam (Haukka, 1987).

Kotoran hewan merupakan habitat utama cacing tanah dan hampir sempurna sebagai makanan maupun sebagai sarang. Campuran kotoran kerbau (kerbau Murrah) dan daun lamtoro dengan perbandingan 2 : 1 menghasilkan humus cacing tanah yang agak asam, namun mengandung lebih tinggi kalsium (Ca) dan magnesium (Mg).

Kotoran sapi mengandung sekitar 15% protein kasar. Menggunakan campuran kotoran sapi 75% dan 25% jerami busuk untuk sarang budidaya cacing tanah memberikan hasil yang baik (Guerrero, 1980). Pengalaman di Fakultas Peternakan IPB menunjukkan, bahwa kotoran sapi perah lebih baik dari kotoran sapi potong untuk media cacing tanah. Hal ini mungkin karena sapi perah lazim diberi makanan tambahan konsentrat sehingga komposisi nutrisi dalam feses lebih baik dan lebih halus dari feses sapi potong.

Limbah ternak berupa isi rumen dari rumah potong ternak juga baik untuk media cacing tanah. Kandungan protein kasar isi rumen dari rumah potong ternak tergolong baik, yakni 9,6 persen.

Kotoran kuda baik juga dipakai untuk media cacing tanah, karena mengandung serat kasar yang mempunyai daya mengikat air yang baik sehingga kelembaban sarang terjaga dan tidak memerlukan tambahan bahan organik lain untuk mengontrol keasaman (Gaddie & Douglas, 1975). Kotoran ternak kelinci maupun marmot juga dapat digunakan sebagai media untuk budidaya cacing tanah dengan mencampurkan sedikit tanah.

Kotoran ayam petelur (layer) mengandung protein kasar tinggi dan mineral-mineral dan baik digunakan untuk media cacing tanah dengan

memilih campuran tanah dan limbah tumbuhan yang telah membusuk.

Analisis pendahuluan kotoran sapi, kerbau, kambing dan sampah organik pasar sebelum dimanfaatkan untuk percobaan media cacing tanah oleh satu tim peneliti Institut Pertanian Bogor tahun 1986 menunjukkan bahwa bahan-bahan tersebut mengandung bahan organik dan unsur-unsur hara yang baik untuk cacing tanah (Tabel 6).

Temperatur

Temperatur media sebaiknya dijaga pada kisaran 18-27°C (Razon & Razon, 1981). Temperatur yang terlalu tinggi atau pun rendah akan mempengaruhi proses biologis, seperti metabolisme, pernapasan dan perkembangan-biakan. Temperatur optimum untuk perkembangan cacing tanah *Eisenia foetida* adalah 25°C (Minnich, 1977), sedang pendapat lain (Anas, 1990) menyatakan 16-23°C. Cacing tanah *Eisenia foetida* tergolong spesies yang peka terhadap temperatur lingkungan hidupnya.

Di wilayah bermusim, cacing tanah hidup terbaik pada kisaran temperatur 21-29°C. Di luar batas temperatur tersebut, cacing akan melakukan dormansi atau tidur (Edwards & Lofty, 1975). Bila temperatur turun di bawah 10°C, cacing mulai melakukan hibernasi dan bila temperatur meningkat di atas 29°C melakukan estivasi.

Temperatur juga sangat berperan terhadap lama menetas kokon cacing tanah, *Eisenia foetida* misalnya (Tabel 7).

Kelembaban (Rh)

Cacing membutuhkan suasana basah karena tubuhnya dalam hidup normal selalu dalam keadaan basah. Kelembaban sangat dibutuhkan untuk menjaga kulit berfungsi normal. Cacing tidak tahan hidup di cuaca terik serta panas dan di tanah kering. Bila udara terlalu kering cacing, akan masuk sangat dalam di dalam tanah, dan bila tanah atau lubangnya terlalu basah, ia akan berusaha menghindarinya dan naik mencapai permukaan tanah.

Kelembaban yang dibutuhkan cacing tanah berkisar antara 60-90% (Haukka, 1987) dan kelembaban sarang mempunyai peranan penting dalam aktivitas cacing. Media sarang harus dapat menahan air, karena cacing bernapas melalui permukaan kulitnya.

Sekitar 75-90% dari bobot hidup cacing adalah air, sehingga kehilangan air tubuh merupakan masalah

utama dari kehidupan cacing tanah. Oleh karena itu, cacing tanah membutuhkan kelembaban lingkungan yang selalu tetap.

Derajat Keasaman (pH)

Sistem pencernaan cacing tanah kurang sempurna. Untuk merombak karbohidrat dan protein menjadi bentuk yang dapat dicerna, cacing membutuhkan bantuan bakteri perombak bahan organik eksternal, yaitu melalui fermentasi sebelumnya. Enzim yang dimiliki alat pencernaannya terbatas sehingga tidak cukup untuk merombak karbohidrat dan protein (Catalan, 1981). Bila tidak ada aktivitas bakteri, cacing tanah akan kelaparan hingga mati, karena tidak ada yang membantu merombak karbohidrat dan protein. Dalam proses fermentasi, bakteri menghasilkan asam untuk melarutkan makanannya. Bila media asam, dan cacing tanah memaksakan untuk memakan makanan yang banyak mengandung asam, dan kerja bakteri sangat aktif, kelenjar kapur yang terdapat pada dinding alat pencernaan (*esofagus*) tidak cukup untuk menetralkan asam yang terbentuk. Fermentasi kemudian terus berlangsung dalam tembolok cacing tanah dan hal ini akan menyebabkan membengkaknya tembolok, yang mungkin dapat pecah. Sebaliknya bila media alkalis, ini akan menghambat pertumbuhan bakteri yang esensial membantu merombak makanan di dalam alat pencernaannya, sehingga zat-zat makanan dalam bentuk yang dapat diserap berkurang. Hal ini mengakibatkan cacing menjadi kekurangan nutrisi dan bisa berakibat pada kematian. Media alkalis juga

akan menyebabkan cacing mengalami dehidrasi, dan ini akan berakibat kehilangan bobot, warna pucat, tubuh menciut dan akhirnya mati (Gaddie & Douglas, 1975).

Cacing tanah memiliki enzim yang relatif rendah dan oleh karena itu sangat sensitif terhadap perubahan pH media sarang. Derajat keasaman harus dijaga netral, pH 6,8-7,2. Bila terlalu asam, kapur dapat ditambah secukupnya dan bila terlalu alkalis dapat diturunkan dengan menambahkan air secukupnya. Umumnya cacing tanah membutuhkan makanan dengan pH berkisar 6,0-7,2, yakni pH optimum bagi aktivitas bakteri.

Eisenia foetida menyukai pH netral sampai sedikit alkalis, yaitu pH 7,0-8,0. Keasaman media dapat diatasi dengan menambahkan kapur (CaCO_3), sedangkan bila media bersifat alkalis dapat ditambahkan sisa-sisa lumut (*peat moss*) yang memiliki pH 3,0-5,0, kertas koran atau air hujan dan mungkin juga sisa buah-buahan yang mengandung asam.

Kedalaman Media Sarang

Pada hakekatnya, bahan penyusun media sarang digolongkan dalam dua kelompok, yaitu bahan utama, yang terbanyak, dan bahan tambahan yang lebih sedikit. Sarang dan bahan pembentuk sarang cacing tanah berfungsi ganda sebagai tempat hidup sekaligus sebagai makanannya. Di alam bebas, saat musim kemarau atau cuaca panas dan terik, tidak jarang cacing membuat lubang sampai sedalam satu meter dari permukaan tanah.

Tabel 6. Analisis sari Kotoran Sapi, Kerbau, Kambing, tanah, Sampah Organik Pasar dan Air Sumur

	Kotoran			Tanah	Sampah organik pasar	Air sumur
	Sapi	Kerbau	Kambing			
pH H ₂	8,6	8,4	8,8	7,3	-	-
C (%)	26,56	37,44	45,59	0,23	44,56	-
N (%)	0,48	0,42	0,52	0,14	0,27	-
P (%)	0,23	0,30	0,28	0,20	0,30	0,518 ppm
K (%)	1,56	0,68	3,12	0,50	0,43	0,75 ppm
Ca (%)	1,99	1,07	1,94	2,16	0,64	9,84 ppm
Mg (%)	0,10	-	0,44	0,90	-	
Na (%)	-	-	-	1,40	-	

Sumber : Lembaga Penelitian IPB (1980).

Tabel 7. Pengaruh Temperatur Terhadap Lama Menetas Kokon *E. foetida*

Temperatur	Lama menetas (hari)
20-30	12-14
20	36
15	49
10	112

Sumber : Lembaga Penelitian IPB.

Pada budidaya cacing tanah, sangat perlu diperhatikan bahan sarana dan kedalaman media sarang. Media sarang dapat dibuat sedalam 15-30 cm dan perlu diperkirakan frekuensi penambahan media selama pemeliharaan. Sudah tentu kedalaman kotak sarang harus disesuaikan dengan lama pemeliharaan dan penambahan media sarang. Namun, masih perlu dibuktikan kotak sarang yang terbaik apakah dari gerabah (tanah liat), papan atau kayu, plastik atau semen. Gerabah adalah bahan yang porous, dan biasanya hasil industri rumah tangga di pedesaan.

Aerasi Sarang

Aerasi media yang baik sangat penting untuk membantu mencegah akumulasi asam dan gas di dalam media. Media cacing tanah dapat dibalik satu kali seminggu (Guerrero, 1981) untuk memberi aerasi, atau sekali setiap 2-3 minggu (Gaddie & Douglas, 1975). Aerasi media yang baik merupakan prasyarat yang sangat penting untuk memacu kecepatan reproduksi dan hal ini dapat dibuat dengan penambahan bahan-bahan yang berserat kasar tinggi, seperti serbuk gergaji, jerami, sekam. Media yang terlalu padat menyebabkan cacing tanah sulit bernapas dan kemungkinan terjadi keracunan gas yang bersifat asam, seperti asam-asam organik dalam sarang. Bahan utama media cacing tanah dapat berupa campuran kotoran hewan (sapi, kerbau, kuda, kambing, domba, ayam ras maupun buras, marmot, kelinci) dicampur dengan bahan tambahan berupa jerami, sekam atau serbuk gergaji dan sumber mineral (tanah, kapur, atau campuran mineral). Campuran media sarang yang terbaik masih memerlukan penelitian.

Kepadatan Populasi

Bila pemeliharaan cacing tanah dilakukan pada bak berukuran 60 x 45 x 20 cm (56.120 cm³), maka kepadatan populasi cacing tanah yang ideal adalah 200-400 gram (Catalan, 1981). Populasi yang terlalu padat menyebabkan cacing tanah yang

dipelihara menjadi kecil-kecil dan kemungkinan terjadi keracunan protein (Gaddie & Douglas, 1975).

Menurut taksiran, di dalam satu hektar tanah terdapat kira-kira 100.000 ekor cacing tanah yang dalam waktu satu tahun mampu mengolah tanah 7 ton untuk dijadikan humus setebal 0,5 cm (Mahardono *et al.*, 1982).

Populasi cacing tanah tanpa mulsa mencapai 30 ekor/m³, sedangkan populasi cacing pada tanah dengan mulsa meningkat menjadi 200 ekor/m³. Jumlah cacing tanah pada lahan tak berpupuk kandang sekitar 13.000 ekor/ha dan akan meningkat menjadi satu juta ekor/ha bila tempat tersebut diberi pupuk kandang.

Populasi cacing tanah dapat dinyatakan dalam satuan jumlah atau bobot (biomassa) cacing tanah. Jumlah terkadang menimbulkan salah tafsir karena tidak membedakan ukuran cacing kecil atau besar dari individu-individu cacing. Oleh karena itu ukuran populasi cacing tanah dinyatakan dengan dua cara, yaitu jumlah dan biomassa (Edwards & Lofty, 1977).

Data rangkuman dari hasil beberapa penelitian menunjukkan (Lee & Wood, 1971) bahwa populasi cacing tanah *Lumbricidae* di daerah subtropis berkisar dari kepadatan sangat rendah (< 1 ekor/m³ dan < 1 g/m³) di tanah masam yang gundul, kepadatan sedang sekitar 200 ekor/m³ (> 100 g/m³) di tanah berhutan, dan kepadatan paling tinggi (lebih dari 450 ekor/m³ atau 200 g/m³) di padang rumput.

Pemangsa (Predator)

Sampai kini penyakit cacing tanah belum diketemukan seperti halnya pada manusia, tetapi mempunyai musuh yang harus dihindari, antara lain: burung, katak, kecoak, kelabang atau lipan, semut, tikus, ayam dan ular (Gaddie & Douglas, 1975; Catalan, 1981).

Pada pola pertanian yang semakin modern, bahaya utama yang dihadapi oleh cacing tanah adalah pengaruh pemakaian agrisida (insektisida,

pestisida, herbisida dan semacamnya) yang berpengaruh negatif dan sebaliknya secara tidak langsung pengaruh pemakaian pupuk organik pada tanah pertanian menguntungkan kehidupan cacing tanah. Janganlah bertani di lahan kering tanpa pupuk organik !

DAFTAR PUSTAKA

- Anas, I. 1990. *Metode Penelitian Cacing Tanah dan Nematoda*. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Pusat Antar Universitas Bioteknologi, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Catalan, G. I. 1981. *Earthworm A New-Resources of Protein*. Philippine Earthworm Center, Philippines.
- Edwards, C. A. & J. R. Lofty. 1977. *Biology of Earthworms*. Chapman and Hall, New York.
- Gaddie, R. E. & D. E. Douglas. 1975. *Earthworms for Ecology and Profit*. Volume I. Bookworm Publishing Co., Ontario, California.
- Gates, G. E. 1959. On a taxonomic puzzle and the classification of the earthworms. *Bull. Mus. Comp. Zool. Harv.* 121:229-261.
- Graff, O. 12982. Vergleich der Regenwurmarten *Eisenia foetida* and *Eudrilus eugeniae* hinsichtlich ihrer Eignung zur Proteingewinnung aus Abfallstoffen. *Pedobiologia* 23:277-282.
- Guerrero, R. D. 1980. Earthworm: food for man ? Paper present at the Second APDEM Seminar Workshop, July 28 - Aug. 1980 in Metro Manila.
- Guerrero, R. D. 1981. The culture and use of *Perionyx excavatus* as a protein source in the Philippines. In: *Explore the World of Earthworms*. Insaet Lecture Hall, UPLB College, Laguna.
- Hauka, J. K. 1987. Growth and survival of *Eisenia foetida* Sav. (*Oligochaeta* : *Lumbricidae*) in relation to temperature, moisture, and presence of *Enchytracus albidus* Hanle (*Enchytraidae*). *Biol. Fertil. Soil* 3:99-102.
- ISEE 4. 1992. *4th International Symposium on Earthworm Ecology*, Avignon, France, 11-15 June 1990. Kretzschmar, A. (Ed.). Pergamon Press, Oxford. 1786 pp.
- Lee, K. E. 1959. *The Earthworm Fauna of New Zealand*. New Zealand Department of Scientific and Industrial Research, Wellington.
- LP IPB. 1986. *Pemusnahan dan pendayagunaan sampah kota secara biologis dengan ternak untuk model penerapan*. Lembaga Penelitian IPB - Direktorat Jenderal Ciptakarya Departemen Pekerjaan Umum, Bogor.
- Mahardono, A. S. Pratignyo & S. Iskandar. 1982. *Anatomi Cacing*. PT. Intermasa.
- Martin, J. P., J. H. Black & Hawthorne. 1981. *Earthworm biology and production*. In: *Explore the World Earthworms*. Insaet Lecture Hall, UPLB College, Laguna.
- Mashur. 1998. Potensi cacing tanah sebagai sumber protein hewani alternatif di Indonesia. *Makalah PTK 715 Satwa Harapan Tropis*, PPS-IPB, Bogor. (Tidak dipublikasikan)
- McInroy, D. M. 1971. Evaluation of earthworm *Eisenia foetida* as food for man and domestic animal. *Feedstuffs* 43(8):37.
- Michaelsen, W. 1926. *Perodrilus bureschi*, ein Susswasser-Hohlenoligochat aus Bulgarien. *Arb. Bulgar. Naturf.* 12:57-66.
- Minnich, I. 1977. *The Earthworm Book*. Press Emmaus, PA, USA.
- Montes, N. D. 1981. The earthworms utilization and potential markets. In: *Explore the World of Earthworms*. Insaet Lecture Hall, UPLB College, Laguna.
- NRC. 1981. Nutrient Requirements of Warmwater Fishes. *National Academy of Sciences*, Washington, D.C.
- Omodeo, P. 1958. Las resrve naturelle integrale du Mont Nimba. I. *Ologochetes*. *Mem. Inst. Fr. Afr. noire* 53:9-10.
- Razon, C. A. & B. E. Razon. 1981. *How to Raise Red Earthworm Profitably*. Bureau of Aniaml Industry, Philippines.
- Ross, D. J. & A. Cairns. 1982. Effect of earthworms and ryegrass on respiratory and enzim 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*. Insaet Lecture Hall, UPLB College, Laguna.
- Simanjuntak, A. K. & D. Waluyo. 1982. *Cacing Tanah. Budidaya dan Pemanfaatannya*. PT. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Sims, R. W. 1969. Outline of an application of computer techniques to the problem of the classification of the megascolecoid earthworms. *Pedobiologia* 9(5):35-41.
- Stephenson, J. 1930. *The Oligochaeta*. Oxford University Press. pp. 978
- Tapiador, D. D. 1981. Vermiculture and its potential in Thailand and other Asian countries. In:

Explore the World of Earthworms. Inseat Lecture Hall, UPLB College, Laguna.

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

Ulep, L. J. L. 1982. The production, processing and evaluation of the nutritive value of the earthworm (*Perionyx excavatus*) as feed for

broilers. *Dissertation*. University of the Philippines at Los Banos, Philippines.

Warnasurya, S. 1984. Pengamatan biologis dan pengujian kriteria seleksi terhadap sifat panjang dan berat badan untuk pemuliaan cacing tanah lokal. *Karya Ilmiah*. Fakultas Peternakan IPB, Bogor.