

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Pengolahan Limbah Cair Dengan Sistem Lumpur Aktif (*activated sludge*)

Proses pengolahan air limbah secara biologis dengan sistem biakan tersuspensi telah digunakan secara luas di seluruh dunia untuk pengolahan air limbah. Proses ini secara prinsip merupakan proses aerobik dimana senyawa organik dioksidasi menjadi CO_2 , H_2O , NH_4 , dan sel biomassa baru. Suplai oksigen biasanya dengan menghembuskan udara secara mekanik. Sistem pengolahan air limbah dengan biakan tersuspensi yang paling umum dan telah digunakan secara luas yakni proses pengolahan dengan sistem lumpur aktif (*activated sludge process*) (Asmadi dan Suharno, 2012).

Lumpur aktif merupakan massa biologik kompleks yang dihasilkan bila limbah organik diberi penanganan secara aerobik. Lumpur akan mengandung berbagai ragam mikroorganisme heterotrof termasuk bakteri, protozoa, dan bentuk kehidupan yang lebih tinggi (Laksmi dkk., 1993). Dengan kata lain, lumpur aktif merupakan campuran antara lumpur dan mikroorganisme yang memiliki kemampuan untuk mengolah limbah.

Sejak sistem lumpur aktif diciptakan pertama kali oleh Arden dan Lockett (1914), berbagai modifikasi sistem lumpur aktif telah dikembangkan. Namun pada dasarnya mempunyai dua konsep dasar yaitu *biochemical stage* pada tangki aerasi dan *physical stage* pada tangki pengendap. Isi dalam bak aerasi pada proses pengolahan air limbah dengan sistem lumpur aktif disebut sebagai *mixed liquor suspended solids* (MLSS), yang merupakan campuran antara air limbah dengan biomassa mikroorganisme serta padatan tersuspensi

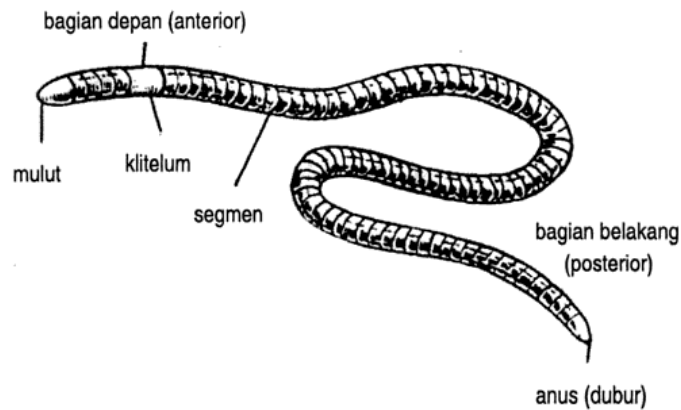
lainnya. MLSS adalah jumlah total dari padatan tersuspensi yang berupa material organik dan mineral, termasuk di dalamnya adalah mikroorganisme (Asmadi dan Suharno, 2012).

B. Ciri-ciri Umum Cacing Tanah

Cacing tanah tidak memiliki mata, tetapi di tubuhnya terdapat *prostomium*. *Prostomium* merupakan organ syaraf perasa dan berbentuk seperti bibir. Organ ini terbentuk dari tonjolan daging yang dapat menutupi lubang mulut. *Prostomium* terdapat pada bagian depan tubuh. Adanya *prostomium* ini membuat cacing tanah peka terhadap benda-benda di sekelilingnya. Itulah sebabnya cacing tanah dapat menemukan bahan organik yang menjadi makanannya walaupun tidak memiliki mata (Pangkulun, 2011). Morfologi cacing tanah secara umum dapat dilihat pada Gambar 1.

Pada bagian belakang tubuh cacing tanah terdapat anus. Menurut Pangkulun (2011), anus digunakan untuk mengeluarkan sisa-sisa makanan dan tanah yang dimakannya. Kotoran yang keluar dari anus tersebut sangat berguna bagi tanaman karena sangat kaya dengan unsur hara. Kotoran tersebut dikenal dengan istilah kascing.

Tubuh cacing tanah menghasilkan lendir yang diproduksi oleh kelenjar lendir pada epidermis. Lendir ini berfungsi melapisi seluruh tubuh dan melicinkan saluran di dalam tanah agar cacing lebih mudah bergerak di tempat kasar. Dalam keadaan normal, cacing tanah keluar ke permukaan tanah pada malam hari untuk mencari makan dan siang hari bersembunyi di lubang-lubang yang lembab (Simanjuntak dan Waluyo, 1992).



Gambar 1. Morfologi Cacing Tanah (Pangkulun, 1999).

1. *Lumbricus rubellus* Hoffmeister

Menurut Pangkulun (1999), cacing tanah *L. rubellus* Hoff. memiliki panjang tubuh antara 8-14 cm, dengan jumlah segmen berkisar antara 95-100 segmen. Warna tubuh cacing bagian dorsal coklat cerah sampai ungu kemerahan, bagian ventral berwarna krem, dan warna ekor kekuningan. Klitelum terletak pada segmen 27-32, sedangkan jumlah segmen di dalam klitelum berkisar antara 6-7 segmen. Lubang kelamin jantan terletak pada segmen ke-14 dan lubang kelamin betina pada segmen ke-13. Kadar air pada cacing tanah berkisar antara 70-78%. Bentuk cacing tanah *L. rubellus* Hoff. dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Bentuk Cacing Tanah *Lumbricus rubellus* (Anonim, 2011)

2. *Eisenia foetida* Savigny

Ciri-ciri *E. foetida* adalah mempunyai cincin-cincin kuning dan merah hati sepanjang tubuhnya (Catalan, 1981). Cacing *E. foetida* Sav. memiliki ujung ekor pipih, bagian dorsal berwarna merah muda, bagian ventral berwarna putih kemerahan dan ekor berwarna orange. Panjang tubuh *E. foetida* Sav. sekitar tujuh cm dengan diameter tiga mm (Yuliprianto, 1994). Cacing tanah jenis ini memiliki gerakan yang lebih lambat jika dibandingkan dengan cacing lokal (Edwards dan Lofty, 1972). Menurut Yuliprianto (1994) bobot hidup *E. foetida* Sav. sekitar 0,26-0,55 g/ekor. Bentuk cacing tanah *E. foetida* Sav. dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Bentuk Cacing Tanah *Eisenia foetida* (Anonim, 2007).

C. Klasifikasi *L. rubellus* Hoff. dan *E. foetida* Sav.

Cacing tanah *L. rubellus* Hoff. dan *E. foetida* Sav. tergolong dalam subkerajaan avertebrata. Seluruh tubuh *L. rubellus* Hoff. dan *E. foetida* Sav. tersusun atas segmen-segmen yang berbentuk cincin sehingga digolongkan dalam filum Annelida. Di setiap segmen terdapat rambut yang keras dan berukuran pendek yang juga disebut seta. Oleh karena jumlah seta pada tubuh cacing *L. rubellus* Hoff. dan *E. foetida* Sav. sangat sedikit maka cacing ini dimasukkan dalam kelas Oligochaeta. Istilah cacing tanah (*earthworm*) sendiri hanya ditujukan pada binatang kelas Oligochaeta ini (Pangkulun, 1999).

Kelas Oligochaeta dibagi menjadi 12 suku yang satu diantaranya adalah Lumbricidae yang merupakan suku dari cacing *L. rubellus* Hoff. dan *E. foetida* Sav.. Genus *Lumbricus* sangat menyukai bahan organik yang berasal dari kotoran ternak dan sisa-sisa tumbuhan. Itulah sebabnya cacing ini juga

disebut dekomposer karena dapat mengubah bahan organik menjadi kompos (Pangkulun, 1999).

Menurut Rukmana (1999), kedudukan taksonomi *L. rubellus* Hoff. adalah sebagai berikut:

Filum : Annelida
 Kelas : Oligochaeta
 Bangsa : Opisthophora
 Suku : Lumbricidae
 Marga : *Lumbricus*
 Jenis : *Lumbricus rubellus* Hoffmeister

Sementara menurut Merops (2006), kedudukan taksonomi *E. foetida* Sav. adalah sebagai berikut :

Filum : Annelida
 Kelas : Oligochaeta
 Bangsa : Opisthophora
 Suku : Lumbricidae
 Marga : *Eisenia*
 Jenis : *Eisenia foetida* Savigny

D. Siklus Hidup Cacing Tanah

Siklus hidup cacing tanah dimulai dari kokon, cacing muda (juvenil), cacing produktif, dan cacing tua. Lama siklus hidup ini tergantung pada kesesuaian kondisi lingkungan, cadangan makanan, dan jenis cacing tanah. Dari berbagai penelitian diperoleh lama siklus hidup cacing tanah *L. rubellus* Hoff. hingga mati mencapai 1,5 tahun (Pangkulun, 2011).

Kokon yang dihasilkan dari cacing tanah akan menetas setelah berumur 14-21 hari. Setelah menetas, cacing tanah muda ini akan hidup dan dapat mencapai dewasa kelamin dalam waktu 2,5-3 bulan. Saat dewasa

kelamin cacing tanah akan menghasilkan kokon dari perkawinannya yang berlangsung 6-10 hari. Masa produktif aktif cacing tanah akan berlangsung selama 4-10 bulan dan akan menurun hingga cacing mengalami kematian (Pangkulun, 1999).

E. Faktor-faktor Dalam Pertumbuhan Cacing Tanah

Di habitat alami, cacing tanah hidup dan berkembang biak dalam tanah. Menurut Rukmana (1999), faktor-faktor yang mempengaruhi kehidupan cacing tanah adalah sebagai berikut:

1. Suhu

Suhu atau temperatur yang ideal untuk pertumbuhan cacing tanah dan penetasan kokonnya berkisar antara 15°-25°C. Suhu yang lebih tinggi dari 25°C masih cocok untuk cacing tanah, tetapi harus diimbangi dengan kelembaban yang memadai dan naungan yang cukup.

2. Kelembaban

Kelembaban tanah (media) mempengaruhi pertumbuhan dan daya reproduksi cacing tanah. Kelembaban yang ideal untuk cacing tanah adalah antara 15%-50%. Kelembaban tanah (media) yang terlalu tinggi atau terlalu basah dapat menyebabkan cacing tanah berwarna pucat dan kemudian mati. Sebaliknya bila kelembaban tanah (media) terlalu kering, cacing tanah akan segera masuk ke dalam tanah dan berhenti makan serta akhirnya akan mati.

3. Keasaman Tanah (pH)

Cacing tanah tumbuh dan berkembang biak dengan baik pada tanah yang bereaksi sedikit asam sampai netral. Keasaman tanah (media) yang ideal untuk cacing tanah adalah pH 6-7,2. Tanah (media) yang memiliki pH asam kurang mendukung proses pembusukan bahan-bahan organik. Oleh karena itu, tanah (media) yang mendapat perlakuan pengapuran sering banyak dihuni cacing tanah. Pengapuran berfungsi meningkatkan pH tanah (media) sampai mendekati netral.

4. Ketersediaan Bahan Organik

Bahan organik umumnya mengandung protein, karbohidrat, lemak, vitamin dan mineral, sehingga merupakan pakan utama cacing tanah. Bahan organik tanah (media) dapat berupa kotoran ternak, seresah atau daun-daun yang gugur dan melapuk, dan tanaman atau hewan yang mati. Makin kaya kandungan bahan organik dalam tanah (media), makin banyak dihuni oleh mikroorganisme tanah, dan juga cacing tanah.

Cacing tanah dapat mencerna bahan organik seberat badannya, bahkan mampu memusnahkan bahan organik seberat dua kali lipat berat badannya. Oleh karena itu, cacing tanah yang hidup dalam tanah (media) yang kaya bahan organik dapat berfungsi sebagai pemusnah bahan organik (dekomposer) dan vermikompos yang dihasilkan berguna sebagai pupuk organik penyubur tanah.

F. Media Hidup Cacing Tanah

Media atau sarang merupakan tempat tinggal sekaligus makanan cacing tanah. Di dalam media tersebut cacing tanah melakukan segala aktivitasnya seperti bergerak, makan, tumbuh, dan bereproduksi. Oleh karena itu, bahan media harus memenuhi syarat sebagai tempat hidup dan sebagai makanan (Pangkulun, 2011).

Menurut Pangkulun (2011), syarat media yang dikehendaki cacing tanah adalah sebagai berikut :

1. Media harus terdiri dari bahan organik berserat yang telah mengalami pelapukan antara 50-65% dan sudah tidak mengeluarkan gas yang tidak diinginkan cacing tanah.
2. Media harus mampu menahan kestabilan kelembapan dengan tingkat kelembapan 35-50%.
3. Media harus selalu gembur dan tidak mudah padat atau porous.
4. Media harus mudah terdekomposisi atau terurai.
5. Kandungan protein yang dapat langsung dicerna dalam media tidak terlalu tinggi, yakni sekitar 15%.
6. Suhu media sekitar 20°-30° C.
7. Tingkat keasaman (pH) media sekitar 6,5-7,2.

G. Cacing Tanah Sebagai Penghasil Pupuk Organik

Cacing tanah merupakan organisme tanah yang penting. Cacing tanah dapat memengaruhi karakteristik dari tanah, seperti kapasitas tampung air

(Frouz dkk., 2006), aktifitas mikroflora (Frouz dkk., 2006), dan ketersediaan nutrisi dalam tanah (Lavelle dkk., 1997). Selain itu, menurut Edwards dan Bohlen (1996), aktifitas cacing tanah juga diketahui memengaruhi aktifitas mikroba tanah. Karena pengaruhnya terhadap karakteristik tanah, cacing tanah juga memengaruhi pertumbuhan tanaman (Scullion dan Malik, 2000).

Menurut Pangkulun (2011), cacing tanah merupakan salah satu organisme pengurai. Penguraian oleh cacing tanah lebih cepat dibanding mikrobia. Kemampuan cacing tanah mengurai bahan organik 3-5 kali lebih cepat. Oleh sebab itu, cacing tanah sangat potensial sebagai penghasil pupuk organik.

Bahan organik merupakan sumber makanan utama bagi cacing tanah. Setelah bahan organik dimakan maka dihasilkan pupuk organik. Pupuk organik tersebut lebih dikenal dengan vermikompos. Vermikompos merupakan partikel-partikel tanah berwarna kehitaman yang ukurannya lebih kecil dari partikel tanah biasa sehingga lebih cocok untuk pertumbuhan tanaman (Pangkulun, 1999).

Selain sebagai penghasil pupuk organik, cacing tanah juga dimanfaatkan sebagai obat. Menurut Hermawan (2014), cacing *Lumbricus* dapat dimanfaatkan sebagai obat berbagai macam penyakit, seperti tifus, paru-paru basah, migrain, diare, maag, dan disentri. Selain itu cacing *Lumbricus* juga dimanfaatkan sebagai bahan kosmetik, pakan alternatif ikan, pakan burung kicau, dan bahan ransum unggas.

H. Vermikompos (kascing)

Menurut Rivaldi dan Levi-Minzi (1983), vermikompos adalah kompos yang dihasilkan oleh aktivitas cacing tanah, yang bekerja sama dengan mikroba tanah lain, sehingga mengandung banyak hormon pertumbuhan tanaman, berbagai mikroba bermanfaat bagi tanaman, enzim-enzim tanah, dan kaya hara yang bersifat lepas lambat. Vermikompos terbentuk oleh aktifitas cacing tanah terhadap residu organik. Cacing tanah menstabilkan residu organik dengan menghasilkan kotoran (*cast*), yang disebut dengan vermikompos.

Vermicomposting merupakan proses dekomposisi aerobik non-thermofilik oleh interaksi mutualisme antara cacing tanah dan mikroorganisme yang mengubah bahan-bahan organik menjadi produk yang lebih bernilai (Pramanik dan Chung, 2010). Selama proses *vermicomposting*, aktifitas cacing tanah meningkatkan mineralisasi yang merangsang aktifitas mikroba dan menghasilkan produk akhir yang kaya akan nutrisi (vermikompos) dengan populasi mikroba yang beragam (Elvira dkk., 1998).

Vermikompos mengandung berbagai bahan baku atau komponen yang bersifat biologis maupun kimiawi yang sangat dibutuhkan untuk perkembangan dan pertumbuhan tanaman. Adapun komponen biologis yang terkandung dalam vermikompos ialah hormon pengatur tumbuh seperti giberelin, sitokinin, dan auxin (Pangkun, 1999). Sementara komponen kimiawinya seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi Komponen Kimiawi Vermikompos (Pangkun, 1999)

Komponen Kimiawi	Komposisi (%)
Nitrogen (N)	1,1-4,0
Fosfor (P)	0,3-3,5
Kalium (K)	0,2-2,1
Belerang (S)	0,24-0,63
Besi (Fe)	0,4-1,6

Selain itu, vermikompos bersifat netral dengan nilai pH 6,5-7,4 (Pangkun, 1999). Jumlah unsur hara dalam kompos, akan mempengaruhi kualitas kompos (Murbando, 2002). Adapun baku mutu kompos menurut SNI 19 70-30 2004 ditunjukkan oleh Tabel 2.

Tabel 2. Standar Kualitas Kompos (SNI 19 70-30 2004)

No	Parameter	Satuan	Minimum	Maksimum
1	Kadar Air	%		50
2	Temperatur	⁰ C		Suhu air tanah
3	Warna			Kehitaman
4	Bau			Berbau tanah
5	Ukuran Partikel	Mm	0.55	25
6	Kemampuan Ikat Air	%	58	-
7	pH		6.80	7.49
8	Bahan Arang	%	*	1.5
Unsur Hara Makro				
9	Bahan Organik	%	27	58
10	Nitrogen	%	0.40	-
11	Karbon	%	9.80	32
12	Phosfor (P ₂ O ₅)	%	0.10	-
13	C/N-Rasio		10	20
14	Kalium(K ₂ O)	%	0.20	*
Unsur Mikro				
15	Arsen	mg/kg	*	13
16	Cadmium	mg/kg	*	3
17	Cobal (Co)	mg/kg	*	34
18	Chromium(Cr)	mg/kg	*	210
19	Tembaga (Cu)	mg/kg	*	100
20	Mercuri (Hg)	mg/kg		0.80
21	Nikel (Ni)	mg/kg	*	62
22	Timbal (Pb)	mg/kg	*	150
23	Selenium (Se)	mg/kg	*	2
24	Seng (Zn)	mg/kg	*	500
Unsur Lain				
25	Calsium	%	*	25.50
26	Magnesium (Mg)	%	*	0.60
27	Besi (Fe)	%	*	2
28	Aluminium (Al)	%	*	2.20
29	Mangan (Mn)	%	*	0.10
Bakteri				
30	Fecal Coli	MPN/gr		1000
31	Salmonella sp.	MPN/4 gr		3

Keterangan: *Nilainya lebih besar dari minimum atau lebih kecil dari maksimum

I. Unsur Hara Bagi Tanaman

Menurut Lingga dan Marsono (2008), setiap tanaman memerlukan paling sedikit 16 unsur agar pertumbuhannya normal. Dari ke-16 unsur tersebut, tiga unsur (karbon, hidrogen, dan oksigen) diperoleh dari udara, sedangkan 13 unsur lagi disediakan oleh tanah. Ke-13 unsur tersebut adalah nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), kalsium (Ca), magnesium (Mg), sulfur atau belerang (S), klor (Cl), ferum atau besi (Fe), mangan (Mn), kuprum atau tembaga (Cu), zink atau seng (Zn), boron (B), dan molibdenum (Mo).

Bila dilihat dari jumlah yang diserap tanaman, dari ke-13 unsur tersebut hanya enam unsur saja yang diambil tanaman dalam jumlah banyak. Unsur yang dibutuhkan dalam jumlah banyak tersebut disebut unsur makro. Keenam jenis unsur tersebut adalah N, P, K, S, Ca, dan Mg. Namun demikian, bila dilihat dari kegunaan ke-6 unsur tersebut hanya tiga unsur saja yang mutlak ada di dalam tanah dan perlu bagi tanaman. Ketiga unsur yang mutlak harus ada ialah N, P, dan K (Lingga dan Marsono, 2008).

Menurut Rosmarkan dan Yuwono (2002), dengan menggunakan hara, tanaman dapat memenuhi siklus hidupnya. Fungsi hara tanaman tidak dapat digantikan oleh unsur lain dan apabila tidak terdapat suatu hara tanaman, maka kegiatan metabolisme akan terganggu atau berhenti sama sekali. Di samping itu, umumnya tanaman yang kekurangan atau ketiadaan suatu hara akan menampilkan gejala pada suatu organ tertentu yang spesifik yang biasa disebut gejala kekahatan.

Adapun menurut Lingga dan Marsono (2008), kegunaan serta peran unsur N, P, dan K bagi tanaman adalah sebagai berikut :

1. Nitrogen

Peranan utama nitrogen (N) bagi tanaman adalah untuk merangsang pertumbuhan secara keseluruhan, khususnya batang, cabang, dan daun. Selain itu, nitrogen berperan penting dalam pembentukan hijau daun yang sangat berguna dalam proses fotosintesis. Fungsi lainnya ialah membentuk protein, lemak, dan berbagai senyawa organik lainnya.

2. Fosfor

Unsur fosfor (P) bagi tanaman berguna untuk merangsang pertumbuhan akar, khususnya akar benih dan tanaman muda. Selain itu, fosfor berfungsi sebagai bahan mentah untuk pembentukan sejumlah protein tertentu, membantu asimilasi dan pernafasan, serta mempercepat pembungaan, pemasakan biji dan buah.

3. Kalium

Fungsi utama kalium (K) ialah membantu pembentukan protein dan karbohidrat. Kalium pun berperan dalam memperkuat tubuh tanaman agar daun, bunga, dan buah tidak mudah gugur. Yang tak bisa dilupakan ialah kalium merupakan sumber kekuatan bagi tanaman dalam menghadapi kekeringan dan penyakit.

Menurut Hermawan (2014), unsur mikro besi (Fe) berperan pada proses-proses fisiologis tanaman. Fe berperan dalam proses respirasi, pembentukan klorofil, dan fotosintesis. Gejala tanaman apabila kekurangan unsur hara Fe adalah daun muda berwarna putih pucat lalu kekuningan dan akhirnya gugur. Tanaman dapat mati perlahan-lahan dimulai dari bagian pucuk.

J. Deskripsi Lamtoro (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit)

Lamtoro merupakan tumbuhan yang memiliki batang pohon keras dan berukuran tidak besar. Tingginya mencapai 2-10 m, ranting berbentuk bulat silindris, dan ujungnya berambut rapat. Daunnya majemuk, menyirip genap ganda. Anak daun berukuran kecil-kecil, terdiri dari 5-20 pasang, berbentuk bulat lanset, ujung runcing, tepi rata. Permukaan bawah daun berwarna hijau kebiruan, panjangnya 6-21 mm, lebarnya 2-5 mm (Suprayitno, 1981).

Bunga lamtoro berbentuk bonggol yang bertangkai panjang berwarna putih kekuningan dan, terangkai dalam karangan bunga majemuk. Buahnya mirip dengan buah petai, namun ukurannya jauh lebih kecil dan berpenampang lebih tipis. Buah lamtoro termasuk buah polong, pipih, dan tipis, bertangkai pendek, panjangnya 10-18 cm, lebar sekitar 2 cm, berisi biji-biji kecil yang cukup banyak dan di antara biji ada sekat (Suprayitno, 1981).

Lamtoro merupakan tumbuhan leguminosae yang memiliki potensi besar untuk dikembangkan sebagai penghasil hijauan. Tumbuhan ini dapat menghasilkan 70 ton hijauan segar atau sekitar 20 ton bahan kering/ha/tahun.

Bahan kering daun lamtoro terdiri atas 25,9% protein kasar, 20,4% serat kasar, 11% abu (2,3% Ca dan 0,23% P), karotin 530 mg/kg, dan tannin 10,15 mg/kg (NAS, 1984).

Menurut Suprayitno (1981), lamtoro diklasifikasikan sebagai berikut:

Divisi : Spermatophyta
Kelas : Dicotyledonae
Bangsa : Leguminosae
Suku : Mimosaceae
Marga : *Leucaena*
Jenis : *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit.

K. Hipotesis

1. Vermikompos yang dihasilkan dari limbah *sludge* dan seresah daun lamtoro mampu memenuhi standar kualitas kompos SNI 19 70-30 2004.
2. Kombinasi perbandingan limbah *sludge* dan seresah daun lamtoro yang menghasilkan vermikompos terbaik adalah 1:1.
3. Cacing *L. rubellus* Hoff. memiliki kemampuan menghasilkan vermikompos lebih baik dibandingkan *E. foetida* Sav..