PEMANFAATAN *SLUDGE* LIMBAH KERTAS UNTUK PEMBUATAN KOMPOS DENGAN METODE *WINDROW* DAN CINA

Erliza Noor, Meika Syahbana Rusli, Muhammad Yani, A. Halim dan N. Reza

Departmen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB

ABSTRACT

Sludge generated from waste water treatment process of pulp and paper mill is a potential source of material to produce compost. It still contains a cellulose and mineral substances needed for composting. For composting in this experiment, the sludge was mixed with the rice husk in the ratio of 95:5, 85:15, and 75:25 (w/w) and added with Trichoderma viride in the concentration of 0.2% and 0.4% (v/w). The composting followed the China and Windrow methods. During composting the temperature reached 55^{o}C after 12 days and C/N ratio decreased according to quadratic regression. In respect of the final C/N ratio obtained, composting using the China method showed a shorter time than by the Windrow method. The ratio of sludge and rice husk of 95:5 and concentration of Trichoderma viride 0.4% (w/v) resulted the best compost product for both methods. C/N ratio of 25 could be achieved in 34 days for China method and 39 days for Windrow method. The compost product fulfills the commercial compost standard.

Key words : sludge, composting, windrow method, china method

PENDAHULUAN

Saat ini Indonesia menjadi salah satu negara pengekspor pulp dan kertas terbesar di dunia, dengan nilai ekspor pada tahun 1998 mencapai US $ 2,1 Milyar. Pertumbuhan nilai ekspor pulp dan kertas pada dekade terakhir ini antara lain dicapai melalui pengembangan industri pulp dan kertas APP (Asian Pulp and Paper) oleh kelompok usaha Sinar Mas. Salah satu dampak dari pembangunan ini adalah dikeluarkannya limbah yang besar pula dari aktivitas industri tersebut.

Limbah terbesar yang dikeluarkan oleh pabrik kertas adalah *sludge* yang berasal dari IPAL. *Sludge* ini masih mengandung bahan serat dan bahan-bahan mineral yang berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai produk yang berguna. Limbah padat ini berupa lumpur (sludge) yang dihasilkan dari proses pengolahan limbah cair (IPAL) kolam *primary* dan *secondary treatment*. S*ludge* umumnya merupakan 10 – 50% dari beban COD limbah yang diolah (Supriyanto, 1993).

Hasil analisa menunjukan bahwa *sludge* mengandung unsur N, P dan C organik, juga unsur-unsur Ca, Mg, K, Cu, Mn, Zn dan Fe yang merupakan unsur-unsur hara yang diperlukan tanaman. Akan tetapi rasio C/N dari *sludge* yang dihasilkan rendah, sehingga untuk pemanfaatannya ke tanah perlu dicampurkan dengan bahan organik yang memiliki kandungan C tinggi. Sekam merupakan hasil samping dari panen padi yang memiliki kadar C tinggi sehingga dapat digunakan sebagai campuran (*bulking agent*) pada proses pengomposan.

Umumnya pada pembuatan kompos digunakan aktivator mikroorganisme seperti *Trichoderma viride* yang menghasilkan enzim selulase dalam jumlah banyak dan sifatnya stabil (Noor *et al*., 1997), *Trichoderma sp*., *Azotobacter sp* (Santosa *et al*., 2001), *Lactobacillus sp*, bakteri penghasil asam laktat, bakteri fotosintetik, *Streptomyces sp* dan yeast/khamir (Harijati *et al*., 1996) dan juga kotoran ternak.

Penelitian ini bertujuan untuk membuat kompos dengan bahan baku *sludge* limbah kertas dan sekam.

BAHAN DAN METODE

Bahan pengomposan yang digunakan adalah *sludge* dari pabrik kertas, sekam dan *Trichoderma viride* sebagai inokulum. Bahan kimia untuk analisis kadar karbon (C), kadar nitrogen (N), kadar fospor (P_2O_5), kadar kalium (K_2O) dan kapasitas tukar kation (KTK), tauge segar, gula dan *bacto* agar. Alat yang digunakan adalah autoklaf, *clean bench*, bioreaktor, aerator, inkubator, shaker, oven, cawan alumunium, cawan porselen, desikator, pH meter, penangas air, tanur, kertas saring, labu kjeldahl, alat destilasi dan destruksi, spectronik 20, alat-alat gelas, cangkul, sekop, termometer digital, polybag dan penggaris.

Penelitian ini dilakukan dalam dua tahapan yaitu pengujian aktivitas FP-ase dan pembuatan kompos. Uji FP-ase (Filter Paperase) dilakukan untuk melihat kemampuan enzim yang dihasilkan oleh *Trichoderma viride* dalam mendegradasi

selulosa yang terkandung di dalam *sludge*. Uji FP-ase ini dilakukan pada media dengan perbandingan *sludge* dan sekam sebesar 80:20, 70:30 dan 60:40 pada skala pengomposan 210 kg.

Pengomposan dilakukan dengan dua metode yaitu metode *windrow* dan cina pada skala bahan pengomposan ± 400 kg. Konstruksi *windrow* berukuran panjang dan lebar 0.5 – 0.8 meter dengan tinggi 1 meter. Konstruksi metode cina berukuran panjang dan lebar 0.8x0.8 meter dengan tinggi 1 meter.

Pengomposan dilakukan dengan perbandingan *sludge* dan sekam sebesar 95:5, 85:15, 75:25. Penambahan inokulum *Trichoderma viride* sebesar 0.2% dan 0.4% (v/b). Formulasi bahan pembuatan kompos dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Formulasi bahan kompos

Inokulum	**Komposisi *sludge* : sekam (%)**		
	95:5	85:15	75:25
0.2 %	A1B1	A2B1	A3B1
0.4 %	A1B2	A2B2	A3B2

Parameter yang diukur adalah perubahan suhu, pH, C/N rasio, dan analisa mutu kompos yang dihasilkan meliputi kadar fospor (P_2O_5), kadar kalium (K_2O) dan kapasitas tukar kation (KTK).

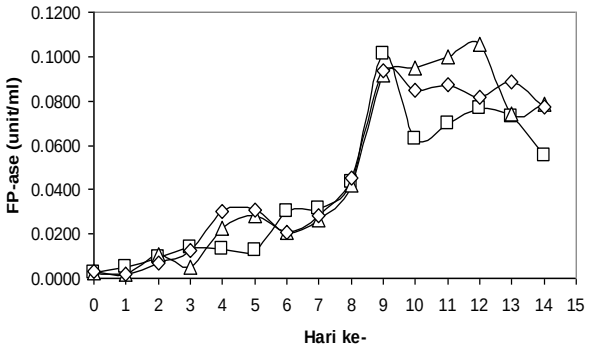
HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji Aktivitas FP-ase

Untuk mengetahui kemampuan mikroorganisme yang digunakan mampu menghasilkan enzim selulase yang dapat menghidrolisa selulosa menjadi glukosa atau gula-gula lainnya maka dilakukan uji aktivasi enzim dengan metode FP-ase. Gambar 1 menunjukkan hasil analisa aktivitas enzim Fp-ase (unit/ml) pada *Trichoderma viride*. Perbandingan limbah *sludge* dan sekam 70:30 menunjukkan Fp-ase tertinggi yaitu pada hari ke-12 sebesar 0.115 unit/ml.

Media pada perbandingan *sludge* dan sekam 80:20 serta 60:40, aktivitas FP–ase setelah hari ke-9 mengalami penurunan. Hal ini di duga karena pada perbandingan tersebut kandungan selulosa yang dapat digunakan sebagai sumber karbon oleh mikroorganisme menghambat proses pembentukan enzim selulase oleh *T. viride*.

Menurut Mendels dan Weber (1969), selulosa merupakan penginduksi bagi semua enzim selulase. Efek penginduksi selulosa ini disebabkan adanya produk akhir yang merupakan penginduksi enzim selulase yang baik. Selulosa mempunyai peranan yang sangat kompleks pada aktivitas induksi selulase, pada konsentrasi rendah, sedangkan pada konsentrasi tinggi dapat menghambat pembentukan enzim selulase.

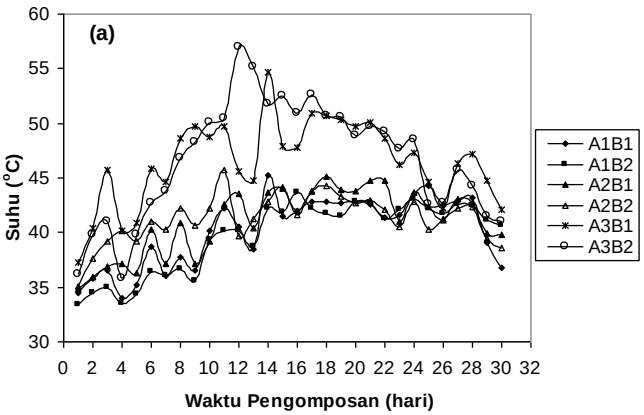


Gambar 1. Perubahan aktivitas FP–ase pada media dengan perbandingan *sludge* dan sekam (□) 80 : 20, (Δ) 70 : 30, (◊) 60 : 40 dengan penambahan starter *T. viride.*

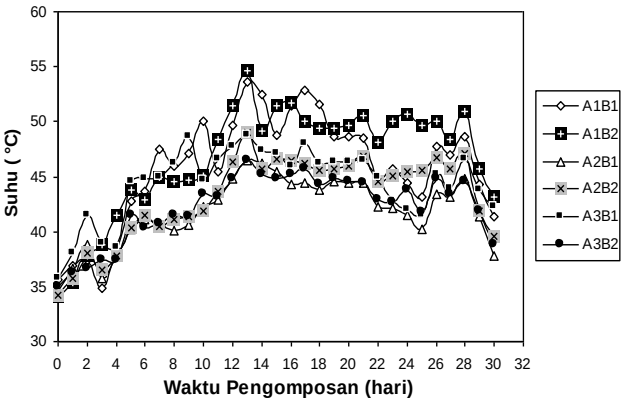
Pada Gambar 1 dapat dilihat bahwa aktivitas FP-ase yang dilakukan pada skala pengomposan 210 kg mengalami peningkatan. Ini menunjukan bahwa FP-ase dapat bekerja secara baik untuk menghidrolisis selulosa sehingga dapat pula digunakan pada skala pengomposan 400 kg.

Suhu Pengomposan

Indikator penting dalam menentukan keberhasilan proses pengomposan antara lain suhu pengomposan. Suhu pengomposan dapat menunjukkan tingkat kegiatan mikroorganisme pembusuk yang menguraikan bahan organik. Menurut Haga (1990), suhu dalam gundukan kompos mempenga-ruhi laju dekomposisi bahan organik dan destruksi patogen, parasit, dan benih-benih rumput. Suhu gundukan kompos yang berubah selama proses pengomposan dapat dilihat pada grafik hubungan antara waktu dan suhu pengomposan pada Gambar 2 untuk metode *windrow* dan Gambar 3 untuk metode cina.



Gambar 2. Perubahan suhu pengomposan pada metode *windrow* (notasi lihat Tabel 1)



Gambar 3. Perubahan suhu pengomposan pada metode cina (notasi lihat Tabel 1)

Pada awal proses pengomposan, suhu gundukan kompos mengalami kenaikan. Pada metode *windrow*, suhu awal gundukan kompos adalah sekitar 30^{o}C, sedangkan pada hari ke-1 sampai ke-3 meningkat menjadi sekitar 33 – 45^{o}C. Suhu optimal pada hari ke-14 sekitar 42 – 54^{o}C, setelah itu suhu kompos mulai stabil pada kisaran suhu 41 – 49^{o}C sampai hari ke-32

Pada metode cina, suhu awal sekitar 35 ^{o}C dan sampai hari ke-2 meningkat menjadi sekitar 37–41^{o}C. Suhu tertinggi pada hari ke-13 yaitu sekitar 46 – 55^{o}C setelah itu suhu kompos mulai menurun dan stabil pada kisaran 40 – 53^{o}C. Pada akhir pengomposan suhu mengalami penurunan hingga mencapai rata-rata 41^{o}C pada hari ke-30.

pH Pengomposan

Perubahan pH yang terjadi menunjukan aktivitas mikroorganisme dalam proses pengomposan. Melalui proses pengomposan, derajat keasaman (pH) yang dituju adalah antara 6–8.5, yaitu kisaran yang pada umumnya ideal bagi tanaman. (CPIS, 1992).

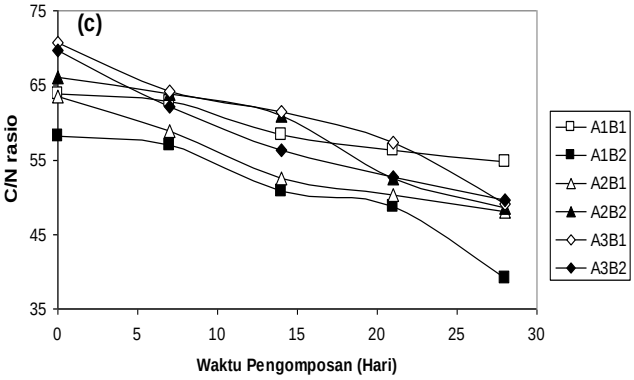
Pada awal pengomposan metode *windrow*, terjadi penurunan pH dari bahan baku awal kompos yang memiliki pH 7.8 menjadi rata – rata 7.6 pada hari ke-2. Pada hari ke- 6 sampai hari ke-8 pengomposan, pH cenderung naik pada kisaran 7.4 – 7.7 kemudian stabil pada kisaran 7.2–7.4 sampai hari ke-30.

pH awal pengomposan pada metode cina rata-rata sebesar 7.75 dan meningkat menjadi rata-rata 7.83 pada hari ke-2 selanjutnya mengalami penurunan hingga rata-rata 7.39. Pada hari ke-8 hingga hari ke-12 nilai pH kompos secara keseluruhan mengalami peningkatan kembali kemudian stabil dengan nilai pH kompos mendekati netral (pH 7).

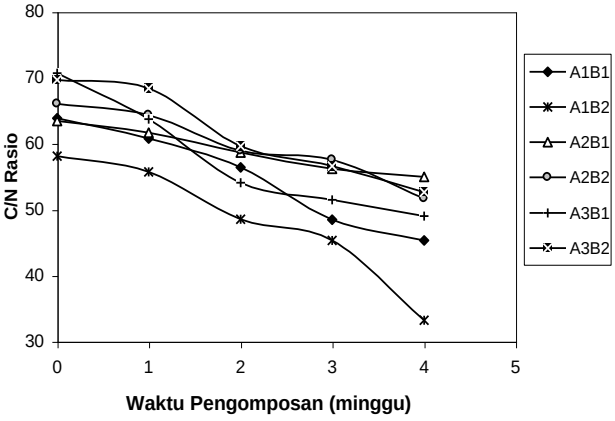
Nilai pH kompos yang cenderung turun pada awal pengomposan menunjukkan telah terbentuknya asam-asam organik yang merupakan asam-asam lemah. Adanya pengingkatan pH yang terjadi pada hari ke-6 sampai ke-12 disebabkan oleh perubahan asam–asam organik menjadi CO_2 dan sumbangan kation-kation basa hasil mineralisasi bahan kompos. Nilai pH yang cenderung stabil pada hari ke- 12 sampai hari ke-30, diduga karena mikroorganisme yang ada dalam proses pengomposan berada dalam fase stationer (Gumbira-Sa'id, 1987). Pada fase tersebut, aktivitas degradasi akan stabil sehingga panas yang dihasilkan juga cenderung stabil.

C/N Rasio

Rasio C/N kompos merupakan salah satu kriteria yang digunakan untuk menentukan tingkat kematangan kompos dan kualitasnya. Namun nilai rasio tersebut tidak mutlak sebagai indikator tingkat kematangan kompos, karena hal tersebut dipengaruhi oleh jenis dan tipe bahan asal yang digunakan untuk pengomposan (Hirai *et.al*, 1983). Gambar 4 dan 5 masing-masing menunjukkan penurunan nilai rasio C/N pada pengomposan metode *windrow* dan cina.



Gambar 4. Penurunan C/N rasio pada metode *windrow* (notasi lihat Tabel 1)



Gambar 5. Penurunan C/N rasio pada metode cina (notasi lihat Tabel 1)

Pada metode *windrow* (Gambar 4), perlakuan A1B2 menunjukkan nilai C/N rasio terendah (terbaik) dengan nilai awal 58 menjadi 39 selama 4 minggu pengomposan. Demikian pula pada metode cina (Gambar 5), perlakuan perbandingan *sludge* dan sekam 95:5 dan penambahan inokulum 0.4% memberikan penurunan rasio C/N terbaik yaitu dari nilai awal bahan baku 58.1 menjadi 33.2. Untuk perlakuan dengan perbandingan sekam yang lebih banyak menunjukkan rasio C/N awal yang tinggi dikarenakan kandungan karbon dalam sekam dianggap terlalu banyak.

Perlakuan perbandingan *sludge* dan sekam 95:5 dan penambahan inokulum 0.2% menunjukkan penurunan C/N rasio yang kecil baik pada pengomposan *windrow* maupun cina dengan masing-masing nilai awal 63.83 menjadi 54.76 dan 63 menjadi 56.5. Hal ini diduga karena sedikitnya jumlah inokulum yang diberikan pada awal pengomposan sehingga mikroorganisme yang mendegradasi tidak optimal. Menurut Hadiwiyoto (1983), pengomposan akan berjalan lama apabila jumlah mikroba perombak pada mulanya sedikit. Semakin banyak jumlah mikroorganisme pada awal suatu proses, fase adaptasinya semakin singkat.

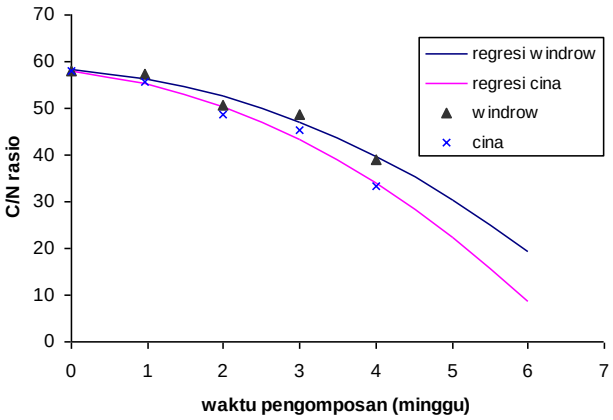
Pada minggu ke-3 dan ke-4 tidak terjadi penurunan C/N rasio yang banyak. Hal ini diduga karena *T.viride* tidak bekerja secara optimal pada suhu diatas 40 °C, jadi yang membantu penurunan C/N rasio pada kondisi tersebut adalah mikroorganisme termofilik. Suhu optimum untuk pertumbuhan *T. viride* adalah 30 – 40 °C (Enari, 1983).

Penurunan C/N rasio yang bervariasi disebabkan oleh aktivitas *T. viride* mendegradasi selulosa. Kecepatan degradasi selulosa yang meningkat akan menaikkan kadar nitrogen pada kompos (Thambirajah *et al*., 1995).

Perbandingan C/N Rasio Metode *Windrow* dan Metode Cina

Hasil terbaik penurunan C/N rasio pada metode *windrow* maupun cina diperoleh pada perlakuan perbandingan *sludge* dan sekam 95:5 dan penambahan inokulum 0.4%. Perbandingan hasil terbaik metode *windrow* dan metode cina dapat dilihat pada Gambar 6. Untuk mencapai nilai C/N rasio sebesar $\pm$ 25 (optimal) pada perlakuan perbandingan *sludge* dan sekam 95:5 dan penambahan inokulum 0.4%, persamaan regresinya dapat dilihat pada Tabel 2.

Untuk memperoleh C/N rasio yang optimal maka waktu pengomposan yang dibutuhan untuk kedua metode pengomposan (*windrow* dan cina) hampir sama selama 5-6 minggu yaitu 39 hari untuk metode *windrow* dan 34 hari untuk metode cina. Waktu pengomposan ini masih pada kisaran produksi kompos umumnya yaitu antara 6-7 minggu (www.BRDP.or.id, 2005).



Gambar 6. Perbandingan C/N rasio metode *windrow* dan metode cina

Tabel 2. Persamaan regresi C/N rasio (r^2 = 0.97)

Metode	Persamaan Regresi
Windrow	$y = -0.92x^2 - 0.95x + 58.17$
Cina	$y = -1.11x^2 - 1.59x + 58.01$

Analisa Mutu Kompos

Penggunaan kompos sebagai pupuk organik bagi tanaman memerlukan beberapa persyaratan yaitu ketersediaan unsur hara. Beberapa unsur hara makro yang harus tersedia bagi tanaman yang dianalisis pada penelitian ini adalah fosfor (P_2O_5), kalium (K_2O), dan kapasitas tukar kation (KTK). Selain itu dilihat pula kadar air akhir dari kompos, sebagai salah satu parameter fisik persyaratan kompos. Perbandingan nilai mutu kompos yang dihasilkan dengan beberapa standar mutu kompos dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan mutu kompos metode *windrow* dan cina dengan beberapa standar mutu kompos

Kom ponen	*Windrow*	Cina	Standar kompos		
			Trubus[a]	JBCA[b]	CPIS[c]
P (%)	0.03 –0.05	0.03 – 0.08	0.04	> 0.5	0.23
K (%)	0.1 – 0.17	0.10 – 0.21	0.29	> 0.3	0.59
KTK (meq/ 100g)	23 – 34	24 - 31	-	70	105

a) Tim redaksi Trubus (1999).
b) *Japan Bark Compost Association* (Harada *et al.*, 1993).
c) *Center for Policy and Implementation Study* (1992).

KESIMPULAN

Sludge dapat dimanfaatkan untuk pembuatan kompos. Berdasarkan penurunan nilai C/N rasio,

kompos terbaik dihasilkan dari campuran sludge dan sekam dengan perbandingan 95:5 dan penambahan T. viride 0.4 % (v/b) baik pada metode windrow maupun cina. Waktu pengomposan terbaik untuk memperoleh C/N rasio sebesar 25 pada kedua metode ini adalah 39 hari untuk metode windrow dan 34 hari untuk metode cina. Dilihat dari parameter C/N rasio dan kandungan mineral, kompos yang diperoleh dari sludge melalui proses diatas secara umum memenuhi standar mutu kompos yang ada di pasaran.

DAFTAR PUSTAKA

CPIS. 1992. Panduan Teknik Pembuatan Kompos dan Sampah : Teori dan Aplikasi. Center for Policy dan Implementation Study (CPIS), Jakarta.

Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. 1991. Kimia Tanah. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, Jakarta.

E.G. Sa'id 1987. Bioindustri : Penerapan Teknologi Fermentasi. Mediyatama Sarana Perkasa, Jakarta.Judoamidjojo. R.M., Gumbira-Sa'id, E. dan L. Hartoto. 1989. Biokonversi. PAU Bioteknologi IPB, Bogor.

Enari, T. 1983. Microbial Celluloses. Dalam W.M. Fogarty (ed.). Microbial Enzymes dan Biotechnology. Applied Sciense Publisher, New York.

Hadiwiyoto, S. 1983. Penanganan dan Pemanfaatan Sampah. Yayasan Idayu, Jakarta.

Haga, K. 1990. Production of Compost from Organic Wates. Technical Bulletin No. 311. Food and Fertilizer Technology Center, Taiwan.

Harijati, S., E. Indrawati dan D. V. Sara. 1996. Pengaruh kompos berbahan stimulator berbeda terhadap produksi kangkung darat (Ipomoea reptans Poir). http://www. /pk.ut.ac.id. [5/9/2005]

Hirai, M., Chanyazak, V., dan Kubota. 1983. A Standard Measurement for Compost Maturity. Biocycle 24.

Noor, E., E. Gumbira Sa'id dan A. Nuraini. 1997. Studi Akselerasi Pengomposan Sampah Kota Menggunakan Tricoderma viride Dengan Metode Pebgomposan Cina. Jurnal Teknologi Industri Pertanian. Vol. VII (1)

Mandels, M. Dan J. Weber. 1969. The Production of Cellulose and Their Applications. Am. Chem. Ser. Soc. Washington DC. P. 391.

Publikasi Kegiatan BRDP. 2005. Kompos Dari Sampah. Program Penerapan Iptek di Daerah (Iptekda). http://www.brdp.or.id .[5/9/2005]

Santosa, E., Sawiyo dan S. Widati. 2001. Pengaruh takaran kompos dan jenis inokulan terhadap pertumbuhan dan hasil kedelai serta beberapa sifat gambut. http://www. pustaka.bogor.net. [5/9/2005]

Supriyanto, A. 1993. Pencegahan dan Penanggulangan Lingkungan Akibat Industri Farmasi. Training Pengendalian Pencemaran Proyek Pengembangan Sumber Daya Energi dan Pengendalian Pencemaran Industri, Bekerjasama Dengan Akademi Kimia Analisis Bogor.

Thambirajah, J.J., M.D. Zulkali dan M.A. Hashim. 1995. Microbial and Biochemical Changes During the Composting of Oil Empty Fruit Bunches Effect of Nitrogen Supplementation on the Substrate. Bioresource Technol, 52 : 133 – 144.