

# KEEFEKTIFAN BEBERAPA DEKOMPOSER UNTUK PENGOMPOSAN LIMBAH *SLUDGE* PABRIK KERTAS SEBAGAI BAHAN BAKU PUPUK ORGANIK

Happy Widiastuti, Isroi, Siswanto

Balai Penelitian Bioteknologi Perkebunan Indonesia  
Jalan Taman Kencana No 1 Bogor, 16151  
Email: happy.widiastuti@ibriec.org

Naskah diterima tanggal : 19 Februari 2009

## ***EFFECTIVENESS OF DECOMPOSERS FOR PAPER MILL SLUDGE COMPOSTING AS RAW MATERIALS FOR ORGANIC FERTILIZER***

### **ABTRACT**

*Sludge, a solid waste by-product of paper industry, is very useful as raw material for organic fertilizer, since this material contains carbon, and others mineral such as nitrogen, phosphorus, and potassium. This research evaluated 128 treatments which is combination of 32 decomposers and four types of media. Thirty two decomposer are combination of 5 selected isolates i.e. Omphalina sp., Agrayli sp., Pholyota sp., T. pseudokoningii, and unidentified fungi isolated from basal stem of coconut, while four types of media were sludge, sludge+cocopit, sludge+manure, sludge+cocopit+manure. Composting of sludge was conducted in bag log containing 0.5 kg dry weight of sludge. Optimum condition of composting of sludge was obtained by supplementing with manure in combination with decomposer (Pholyota sp. and mixture of Omphalina sp.+Agraylie sp.+ unidentified fungi isolated from basal stem of coconut). This condition can enhance the rate of composting process, showed by reducing dry weight of compost and C concentration, and the highest percentage of carbon reducing. Application of this organic fertilizer increase the growth, N and P content, and reduce K, and Pb content of Ipomoea aquatica tissue.*

*Key words: sludge, organic fertilizer, nutrient tissue content*

### **INTISARI**

*Sludge instalasi pengolahan air limbah (IPAL) sebagai limbah pabrik padat kertas memiliki kandungan karbon organik yang tinggi juga mengandung beberapa mineral, seperti nitrogen, phosphor dan kalium. Dengan karakteristik ini maka limbah padat mempunyai potensi sebagai bahan baku pupuk organik. Dalam penelitian ini diuji 128 perlakuan yang merupakan kombinasi 32 jenis dekomposer terseleksi dan 4 jenis medium. Tiga puluh dua dekomposer yang diuji merupakan kombinasi dari 5 isolat terseleksi yaitu Omphalina sp., Agrayli sp., Pholyota sp., T. pseudokoningii, dan isolat dari pangkal batang kelapa sedangkan empat jenis medium yang diuji merupakan limbah padat, limbah padat+kokopit, limbah padat+pupuk kandang, dan limbah padat+kokopit+pupuk kandang. Pengomposan dilakukan di bag log yang diisi 0,5 kg medium. Kondisi optimum pengomposan limbah padat yang diperoleh ialah penambahan pupuk kandang yang dikombinasi dengan dekomposer (Pholyota sp. dan campuran Omphalina sp.+Agraylie sp.+ isolat dari pangkal batang kelapa) yang diamati dari besarnya penurunan bobot kering kompos, persentase kadar C serta persentase penurunan kandungan C. Pupuk organik yang dihasilkan meningkatkan pertumbuhan, kadar N, P, dan menurunkan kadar K dan Pb dalam jaringan tanaman kangkung.*

*Kata kunci: sludge, pupuk organik, kandungan hara jaringan*

## PENDAHULUAN

Limbah *sludge* pabrik kertas merupakan limbah padat selain lignosulfonat, serat dan abu hasil pembakaran. Di antara jenis limbah tersebut, lumpur *sludge* pabrik kertas merupakan limbah terbesar. Produksi *sludge* Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) pabrik kertas sekitar 15 – 400 ton per hari (Nur, 1990). Pada saat ini, *sludge* belum dimanfaatkan sesuai potensinya dan penanganannya hanya sebagai *open dumping* atau *land fill*. Bagaimanapun juga, dengan terus meningkatnya kebutuhan kertas akan diikuti peningkatan jumlah limbah yang dihasilkan sehingga dalam penanganannya limbah ini akan menjadi masalah.

Seperti halnya limbah agroindustri lain, limbah *sludge* pabrik kertas merupakan limbah organik yang mengandung senyawa selulosa, hemiselulosa, dan lignin dalam jumlah tinggi. Persentase kadar C yang tinggi dengan kandungan P yang rendah menyebabkan rasio C/P yang tinggi. Allahdadi *et al.* (2004) menyatakan bahwa kandungan C dan Ca *sludge* tinggi sedangkan kandungan N, P, dan K rendah. Tingginya rasio C/N dan C/P menyebabkan imobilisasi oleh mikroorganisme apabila *sludge* segar secara langsung digunakan.

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa baik selulosa, hemiselulosa, maupun lignin dapat digunakan sebagai sumber C bagi organisme lignoselulolitik. Dalam metabolismenya organisme tersebut menghasilkan senyawa C sederhana di samping hara tersedia. Terbentuknya senyawa C sederhana dan hara terlarut menjadikan bahan ini dapat digunakan sebagai bahan baku pupuk organik. Penggunaan pupuk organik dari limbah *sludge* pabrik kertas telah banyak dilakukan di industri kertas di Indonesia dan berbagai negara lain. Beberapa manfaat yang ditunjukkan dari aplikasi pupuk organik tersebut ialah kemampuannya dalam memperbaiki mineralisasi N, meningkatkan KTK, pH dan ketersediaan P *top soil* (Carpenter & Fernandez, 2000), dan memperbaiki struktur tanah setelah aplikasi selama dua tahun (Foley & Cooperband, 2002). Selain itu, telah dibuktikan bahwa pupuk organik dari *sludge* dapat menekan serangan penyakit daun pada tanaman tomat dan Arabidopsis (Vallad *et al.*, 2003). Herencia *et al.* (2007) mengemukakan bahwa kandungan nitrat pada tanaman yang diberi pupuk organik lebih rendah dibandingkan

dengan yang diberi pupuk anorganik, sedangkan hasil panennya tidak berbeda antara tanaman yang dipupuk organik dengan anorganik. Penggunaan pupuk organik dari *sludge* untuk remediasi juga telah banyak dilaporkan. Bolan *et al.* (2003) dalam penelitiannya melaporkan bahwa penambahan bahan organik pada tanah terkontaminasi Cr(VI) akan meningkatkan reduksi Cr(VI) menjadi Cr(IV) sehingga mengurangi serapan Cr oleh tanaman. Penggunaan bahan organik pada tanah yang terkontaminasi logam Pb juga dapat mengurangi pengaruh negatif Pb khususnya terhadap aktivitas enzimatis di tanah Tejada *et al.* (2007). Walaupun demikian penggunaan mikroba untuk mempercepat pengomposan *sludge* IPAL belum banyak diteliti.

Pembuatan pupuk organik dari limbah *sludge* dapat dilakukan menggunakan jamur yang berperan dalam degradasi selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Jamur dikenal sebagai organisme lignoselulolitik yang lebih efisien mendegradasi lignin dan selulosa dibandingkan dengan bakteri. Jamur ini dikenal dalam kelompok jamur pelapuk putih yang mampu menghasilkan enzim ligninolitik, dan selulase untuk mendegradasi bahan organik yang memiliki nisbah C/N tinggi. Beberapa jamur yang telah dikenal mempunyai potensi yang tinggi dalam mendegradasi bahan organik ialah *Agraylie* sp., *Omphalina* sp., *Pholyota* sp., isolat dari pangkal batang kelapa dan *Trichoderma* sp. (Suharyanto & Siswanto, 2003). Selain itu, untuk mengoptimalkan aktivitas jamur dalam dekomposisi *sludge*, diuji empat jenis media. Artikel ini menyampaikan pengaruh beberapa jamur pendekomposisi dalam kombinasinya dengan komposisi media *sludge* terhadap kualitas pupuk organik *sludge* yang dihasilkan yang diuji pada tanaman kangkung sebagai model.

## BAHAN DAN METODA

### Bahan

Bahan yang digunakan ialah limbah *sludge* dari pabrik kertas di daerah Bekasi, Jawa Barat, kokopit, pupuk kandang, inokulum dekomposer, serta bahan kimia untuk analisis hara dan logam. Alat uji yang digunakan adalah spektrofotometer dan AAS.

**Metoda**

**1. Pengomposan Limbah Sludge**

Pengomposan dilakukan dalam *bag log*. *Sludge* segar diperas dan ditiriskan hingga kadar air menjadi 50%. Untuk meningkatkan aerasi dan kandungan N, maka *sludge* dicampur dengan limbah kelapa yaitu kokopit (20% v/v) dan atau limbah peternakan sapi yaitu pupuk kandang (45% b/b) sesuai perlakuan. Selanjutnya sebanyak 0,5 kg campuran tersebut dimasukkan ke dalam *bag log*, kemudian diinokulasi dengan 10 g *Omphalina* sp., *Agraylie* sp., *Pholyota* sp., *T. Pseudokoningii*, dan isolat asal pangkal batang kelapa mengandung  $10^6$   $10^{12}$  cfu sesuai perlakuan. Setelah *bag log* ditutup kapas dan kertas kemudian diinkubasi pada suhu ruang. Pengamatan percobaan dilakukan terhadap parameter suhu tiap minggu dan pH tiap 2 minggu sekali selama 1 bulan. Pada akhir inkubasi, dilakukan pengukuran bobot kering kompos untuk mengetahui aktivitas respirasi dan analisis kadar C secara komposit.

Dalam penelitian ini diuji empat jenis medium yaitu medium *sludge* saja ( $A_0P_0$ ), *sludge*+kokopit ( $A_1P_0$ ), *sludge*+pupuk kandang ( $A_0P_1$ ), dan *sludge*+kokopit+pupuk kandang ( $A_1P_1$ ) yang dikombinasikan dengan 32 kombinasi jenis dekomposer (Tabel 1) sehingga terdapat 128 perlakuan dengan replikasi masing-masing perlakuan dua kali. Tabel 2 menyajikan karakteristik pupuk kandang dan kokopit masing-masing sebagai pengaya dan penambah porositas dalam pengomposan *sludge*

Tabel 2. Karakteristik Pupuk Kandang dan Kokopit

Parameter	Pupuk kandang	Kokopit
Karbon, %	26,33	42,34
Nitrogen, %	2,15	0,46
C/N	12,25	92,04
Air, %	79,36	80,96

**2. Pengujian Kompos Sludge sebagai Pupuk Organik pada Tanaman Kangkung**

Pengujian efektivitas pupuk organik *sludge* dilakukan menggunakan tanah masam Ciomas, Bogor. Pupuk organik *sludge* dari 128 perlakuan percobaan tersebut, masing-masing dicampur tanah dengan perbandingan 5:1 (80% tanah dan 20% kompos *sludge* (v/v). Campuran tersebut di masukkan ke dalam *polybag* dengan berat masing-masing sekitar 3 kg dan digunakan untuk medium tanam kangkung sebagai tanaman model yang dikenal mampu menyerap logam dalam jumlah relatif tinggi. Terhadap masing-masing perlakuan (jenis kompos) dilakukan replikasi dua kali, sehingga terdapat 256 satuan percobaan. Pengamatan tinggi tanaman, bobot kangkung serta kandungan beberapa hara dan logam jaringan tanaman dilakukan setelah kangkung pada umur 1 bulan.

Tabel 1. Kombinasi Inokulum Jamur sebagai Dekomposer pada Proses Pengomposan Limbah *Sludge*

Inokulum jamur	Satu jenis (sandi)	Dua jenis (sandi)	Tiga jenis (sandi)	Empat jenis (sandi)	Lima jenis (sandi)
O	O (1)	OA (6)	OAP (16)	OAPT (26)	OAPTK (31)
A	A (2)	OP (7)	OAT (17)	OAPK (27)	Kontrol (32)
P	P (3)	OT (8)	OAK (18)	APTK (28)	
T	T (4)	OK (9)	OPT (19)	ATKO (29)	
K	K (5)	AP (10)	OPK (20)	PTKO (30)	
		AT (11)	OTK (21)		
		AK (12)	APT (22)		
		PT (13)	ATK (23)		
		PK (14)	PTK (24)		
		TK (15)	APK (25)		

Keterangan : O = *Omphalina* sp.; A = *Agraylie* sp.; P = *Pholyota* sp.;  
T = *T. pseudokoningii*; K = isolat KLP

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Karakteristik *Sludge*

Limbah *sludge* bereaksi netral sehingga untuk proses dekomposisi yang optimum tidak diperlukan perlakuan khusus untuk proses pengomposan yang optimum (Tabel 3).

Tabel 3. Karakteristik Limbah *Sludge*

Parameter	Nilai	Parameter	Nilai
pH (H <sub>2</sub> O)	6,7	Rasio C/N	125,75
pH (KCl)	6,5	KTK cmol (+)/Kg	8,19
Karbon, %	40,24	KB, %	>100

Nilai pH *sludge* dalam penelitian ini tidak jauh berbeda dengan *sludge* yang berasal dari Pabrik Leces yaitu 6,8 (Nur & Abdoellah, 1988). Namun, rasio karbon dengan nitrogen sangat tinggi sehingga untuk dapat digunakan oleh tanaman harus dilakukan dekomposisi senyawa karbon yaitu dalam proses pengomposan. Secara alami pengomposan dapat berjalan tanpa penambahan dekomposer namun demikian untuk limbah dengan karakteristik yang khas seperti *sludge*, penambahan dekomposer akan mempercepat proses dekomposisi. Nilai KTK dan kejenuhan basa cukup tinggi dan hal ini memberikan petunjuk bahwa dalam *sludge* banyak terdapat senyawa organik bermuatan negatif, di samping juga mengandung unsur basa dalam jumlah yang tinggi.

*Sludge* mengandung hara makro P, K, Ca, dan Mg yang relatif tinggi (Tabel 4). Tingginya kandungan hara makro merupakan petunjuk yang baik untuk menggunakan *sludge* sebagai bahan baku pembuatan pupuk organik. Namun demikian dibandingkan dengan pupuk anorganik, kandungan P dan K *sludge* masih perlu ditingkatkan sehingga sebanding dengan pupuk anorganik komersial.

Kandungan karbon dan nitrogen *sludge* dalam penelitian ini lebih rendah namun nilai rasio CN lebih tinggi dibandingkan dengan yang dilaporkan Nur *et al.* (1990). Tingginya rasio C/N (125,75) menyebabkan *sludge* belum dapat secara langsung digunakan sebagai pupuk organik berdasarkan KEPMENTAN 2006. Hasil analisis komposisi senyawa karbon menunjukkan bahwa *sludge* mengandung selulosa, hemiselulosa dan lignin masing-masing 38,7%, 1,61%, dan 26,99%. Hasil ini menunjukkan bahwa kandungan lignin *sludge* masih cukup tinggi. Lignin dikenal sebagai senyawa karbon yang rekalsitran, walaupun demikian jamur pelapuk putih merupakan organisme yang dikenal paling efisien dalam mendegradasi lignin (Suharyanto & Siswanto, 2003).

Analisis kandungan logam menunjukkan bahwa *sludge* mengandung logam Fe yang lebih tinggi dibandingkan dengan yang di persyaratkan sebagai pupuk organik berdasarkan KEPMENTAN 2006 dan standar SNI (Tabel 5). Kadar Fe, Cu, Zn dan Mn *sludge* yang dilaporkan Nur & Abdoellah (1988) berturut-turut 40, 10, 26, dan 307 ppm. Dibandingkan dengan yang telah dilaporkan maka kandungan Fe, Cu, dan Zn dalam *sludge* yang digunakan dalam penelitian ini lebih tinggi, sedangkan kandungan Mn lebih rendah. Tingginya kandungan Fe, Cu dan Zn kemungkinan disebabkan perbedaan bahan baku serta proses produksi kertas. Kandungan Cu dan Zn tidak ditetapkan dalam persyaratan pupuk organik berdasarkan KEPMENTAN 2006 sedangkan tingginya kandungan Fe dalam *sludge* diduga dapat diatasi dengan penambahan asam humat yang dikenal mampu mengikat logam sehingga dapat mengurangi serapan logam oleh tanaman (Ma, 2000).

Tabel 4. Kandungan Unsur Makro dalam Limbah *Sludge* Percobaan

Unsur makro	Nilai	Unsur makro	Nilai
nitrogen (N), %, Kjeldahl	0,32	potasium (K), ppm, AAS	78,49
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> total, mg/100g	0,68	K cmol (+)/Kg	0,42
Phosphor (P), ppm, spektro	< 0,01	Calcium (Ca), ppm, AAS,	1340,9
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> Olsen, ppm, spektro	39	Ca, cmol (+)/Kg	19,55
K <sub>2</sub> O total, %	0,33	Mg cmol (+)/Kg	2,14
K <sub>2</sub> O, ppm	223	magnesium (Mg), ppm, AAS	1459,43

Tabel 5. Kandungan Unsur Mikro dan Logam dalam Sludge Percobaan

Logam		Hara mikro		
Parameter	Nilai (ppm)	Parameter	Satuan	Nilai
Pb,	23,2	Se	ppm	10,85
Cd,	0,7	As	ppm	td
Co,	4,8	Fe	%B/B, AAS	0,55
Cr,	2,8	Cu	ppm, AAS	64,58
B,	94,4	Zn	ppm, AAS	188,26
Ni,	15,3	Mn	ppm, AAS	45,20
Mo,	41,1	Sn	ppm, AAS	< 0,01
Ag,	2,38	Al <sup>3+</sup> ,	cmol(+)/kg	0
Sn,	td	H <sup>+</sup> ,	cmol(+)/kg	0,06

### Pengomposan Sludge

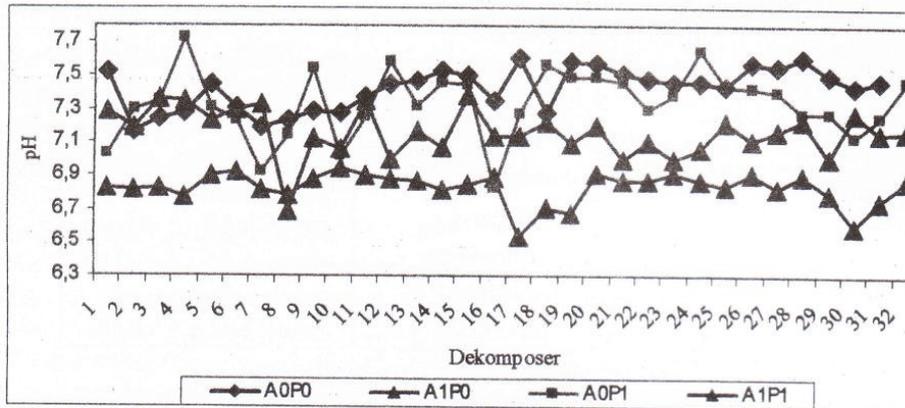
Beberapa kendala dalam pengomposan *sludge* adalah rasio C/N, kadar air yang relatif tinggi dan porositas yang kurang baik. Untuk meningkatkan porositas dan kandungan N *sludge* dilakukan penambahan kokopit dan pupuk kandang sebagai bahan pengaya. Hasil analisis menunjukkan bahwa pupuk kandang mengandung N yang jauh lebih tinggi (2,15%) dan karbon yang lebih rendah (26,3%) dibandingkan dengan *sludge*, sedangkan kokopit mengandung N yang lebih tinggi (0,46%) daripada *sludge* namun kandungan C organik sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan *sludge* (42,34%) (Tabel 2). Kadar air kedua bahan pengaya tersebut hampir sama yaitu berkisar 79 – 81%. Walaupun demikian secara fisik kokopit memiliki porositas yang lebih baik dibandingkan dengan *sludge*.

Pengamatan suhu selama proses pengomposan bervariasi diantara perlakuan yang diuji. Pada umumnya terjadi peningkatan suhu pada inkubasi 1 minggu baik pada medium *sludge*, campuran (*sludge* +kokopit), (*sludge*+pupuk kandang), maupun campuran (*sludge* +kokopit+pupuk kandang). Fluktuasi suhu berlangsung hingga minggu ke empat. Suhu kompos berkisar antara 26-30°C. Rendahnya fluktuasi suhu serta suhu yang dicapai diduga disebabkan sedikitnya volume kompos sehingga panas yang terakumulasi rendah.

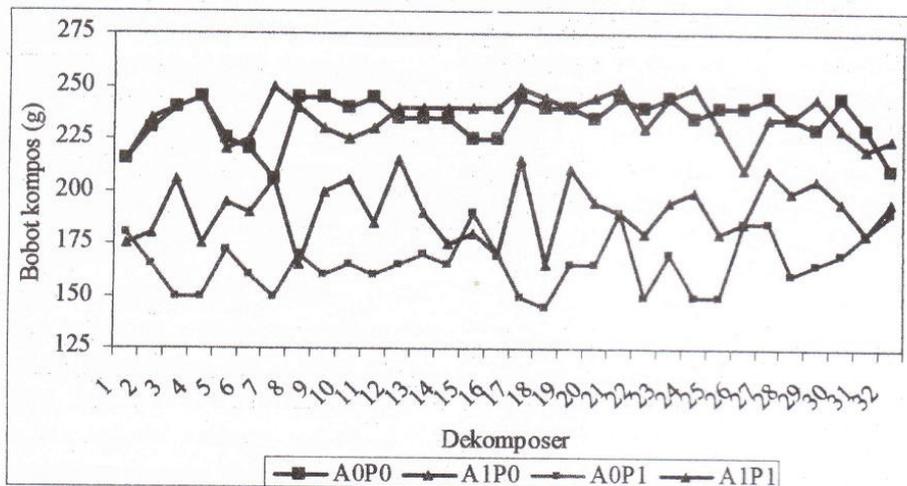
*Sludge* yang diperlakukan dengan berbagai dekomposer sebagian besar bereaksi netral sampai alkalin (pH > 7). Pengomposan *sludge* saja menghasilkan pH berkisar antara 7,2 – 7,5 (Gambar 1). Apabila dibandingkan dengan perlakuan lainnya pemberian kokopit saja menyebabkan penurunan pH *sludge* demikian pula pemberian kokopit yang disertai

pupuk kandang, sebaliknya pemberian pupuk kandang saja tidak menyebabkan perubahan pH *sludge*. Namun pemberian pupuk kandang yang disertai kokopit menghasilkan kisaran pH yang lebih rendah yaitu antara 6,7 – 7,3. Hasil ini menunjukkan adanya perbedaan antara penambahan pupuk kandang dengan penambahan kokopit. Penambahan kokopit menyebabkan penurunan reaksi *sludge*. Penurunan pH pada penambahan kokopit kemungkinan disebabkan kandungan tanin dalam kokopit. Tanin merupakan senyawa polimer glikosida merupakan asam galik. Tanin juga mengandung fenol sehingga merupakan senyawa antimikroba. Kadar tanin dalam kayu (batang dan kulit) cukup tinggi yaitu berkisar antara 50-60% (Pizzi, 1983).

Pada media *sludge* saja, pemberian dekomposer tidak banyak mempengaruhi variasi pH. Hasil yang sama juga dijumpai pada penambahan kokopit saja. Walaupun demikian jenis dekomposer mempengaruhi reaksi kompos *sludge* yang ditambah pupuk kandang. Dekomposer 4 (*Trichoderma* sp.) cenderung menyebabkan peningkatan reaksi kompos dan sebaliknya dekomposer 16 (*Omphalina* sp.+*Agraylie* sp.+*Pholyota* sp.). Analisis pH menunjukkan bahwa dekomposer no 3 (*Pholyota* sp.) dan campuran (*Omphalina* sp.+*Agrayli* sp.+KLP) menghasilkan reaksi kompos yang netral yaitu 7,3 dan 7,5. Adanya variasi pH menunjukkan terjadi interaksi yang berbeda antara masing masing dekomposer dengan medium *sludge* yang ditambah pupuk kandang. *Trichoderma* sp. dikenal sebagai jamur penghasil selulase yang terdiri dari endoglukanase, eksoglukanase, dan selobiase (Kocher *et al.*, 2008) yang dapat memutus ikatan glukosida membentuk glukosa.



Gambar 1. pH Kompos pada Akhir Inkubasi (4 minggu) pada Media  $A_0P_0$ ,  $A_1P_0$ ,  $A_0P_1$ , dan  $A_1P_1$  yang Dikomposkan dengan 32 Dekomposer yang Berbeda



Gambar 2. Bobot Kering Kompos *Sludge* pada Akhir Inkubasi (4 Minggu) pada Media  $A_0P_0$ ,  $A_1P_0$ ,  $A_0P_1$ , dan  $A_1P_1$  yang Dikomposkan dengan 32 Dekomposer yang Berbeda.

Pengamatan bobot kering kompos pada akhir inkubasi menunjukkan bahwa penambahan pupuk kandang baik  $A_0P_1$  maupun  $A_1P_1$  menghasilkan bobot kompos lebih rendah dibandingkan dengan kontrol ( $A_0P_0$ ), sedangkan penambahan kokopit saja ( $A_1P_0$ ) menghasilkan bobot kering kompos yang tidak berbeda dengan kontrol ( $A_0P_0$ ) (Gambar 2). Pengamatan bobot kering kompos juga menunjukkan bahwa pemberian pupuk kandang dapat menyebabkan penurunan bobot kering kompos tertinggi. Penurunan bobot kering menggambarkan terjadinya proses dekomposisi yang lebih aktif yang disebabkan adanya respirasi yang merupakan salah satu reaksi yang terjadi pada pengomposan. Pada proses respirasi senyawa

karbon yang terdapat dalam kompos diubah menjadi  $CO_2$  yang selanjutnya menyebabkan penurunan bobot kompos.

Dalam Gambar 2 ditunjukkan pada medium *sludge* saja atau *sludge* yang ditambah kokopit saja, kisaran bobot kering masing-masing adalah 205-245 g dan 210-250 g. Hasil ini menunjukkan bahwa pada ke dua medium ini tidak terjadi penurunan bobot kering atau tidak terjadi proses dekomposisi. Kurang aktifnya proses dekomposisi diduga disebabkan terdapatnya senyawa tanin dalam kokopit yang merupakan senyawa antimikroba (Pizzi, 1983) atau kurangnya aerasi pada media *sludge*. Penambahan kokopit yang ditujukan untuk meningkatkan proses dekomposisi karena

perbaikan aerasi *sludge* tidak tercapai, kemungkinan disebabkan oleh lebih tingginya pengaruh negatif senyawa tanin yang terkandung dalam kokopit terhadap proses dekomposisi. Pengaruh dekomposer terhadap bobot kering kompos cukup terlihat pada medium *sludge* yang ditambah pupuk kandang saja maupun yang ditambah pupuk kandang+kokopit. Pupuk kandang mengandung senyawa nitrogen yang cukup tinggi di samping juga hara lainnya dan mikroba selulolitik.

Dalam Gambar 2 nampak bahwa pemberian dekomposer 3 dan 18 pada medium *sludge* yang ditambah pupuk kandang menghasilkan bobot kering kompos relatif rendah yaitu masing-masing 150 g dan 145 g dibandingkan dengan dekomposer lainnya. Hal ini menunjukkan terdapatnya aktivitas dekomposisi atau respirasi oleh mikroba sehingga senyawa karbon yang terdapat dalam *sludge* dioksidasi dalam proses respirasi menjadi CO<sub>2</sub>. Dekomposer 3 adalah *Pholyota* sp. sedangkan dekomposer 18 adalah campuran *Omphalina* sp.+*Agraylie* sp.+isolat dari pangkal kelapa. Keempat jenis mikroba ini dikenal sebagai jamur pelapuk putih yang dikenal mampu mendegradasi lignin serta selulosa dan menggunakannya sebagai sumber karbon dan energi.

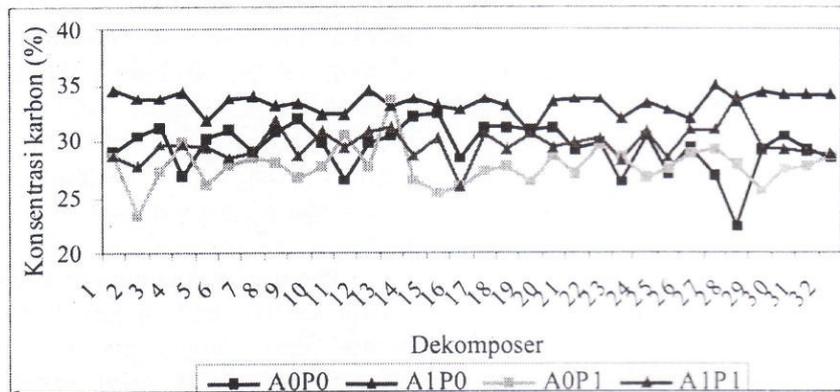
Pada peubah kadar karbon terjadi kecenderungan yang sama dengan peubah bobot kering kompos. Kadar karbon pada kompos A<sub>0</sub>P<sub>0</sub>, A<sub>1</sub>P<sub>0</sub>, A<sub>0</sub>P<sub>1</sub>, dan A<sub>1</sub>P<sub>1</sub> masing-masing 22,26–32,28%, 30,66–35,00%, 23,34–33,77% dan 25,85–33,91% (Gambar 3). Kadar karbon pada kompos tanpa pemberian kokopit memiliki kisaran relatif luas dan sebaliknya pada kompos dengan penambahan kokopit. Kisaran kadar karbon pada kompos A<sub>0</sub>P<sub>1</sub> paling luas dan pada media ini, kadar karbon yang diinokulasi dekomposer 3 (*Pholyota* sp.) dan 18 (*Omphalina* sp.+*Agraylie* sp.+isolat dari pangkal kelapa) masing-masing adalah 27,19 dan 27,70%. Kadar karbon ini masih dalam kisaran memenuhi syarat sebagai pupuk organik berdasarkan KEPMENTAN tahun 2006. Hasil ini menunjukkan bahwa dari peubah kadar karbon ditunjukkan bahwa kokopit berpengaruh negatif terhadap laju dekomposisi *sludge*. Selain itu, ditunjukkan bahwa dekomposer 3 dan 18 memiliki kemampuan yang cukup tinggi terhadap penurunan kadar karbon. Penambahan kokopit untuk meningkatkan aerasi *sludge* dalam proses pengomposan kurang optimum yang kemungkinan disebabkan kandungan

senyawa anti mikroba seperti tanin dalam kokopit. Penambahan aerasi untuk *sludge* kemungkinan dapat dilakukan dengan memberikan aerasi secara fisik. Sylla *et al.* (2006) melaporkan bahwa dalam pengomposan kotoran sapi dengan aerasi yang terbatas, penambahan sistem aerasi pasif berupa pipa vertikal lebih efektif daripada pipa horizontal khususnya dilihat dari suhu yang mencapai 55-65°C.

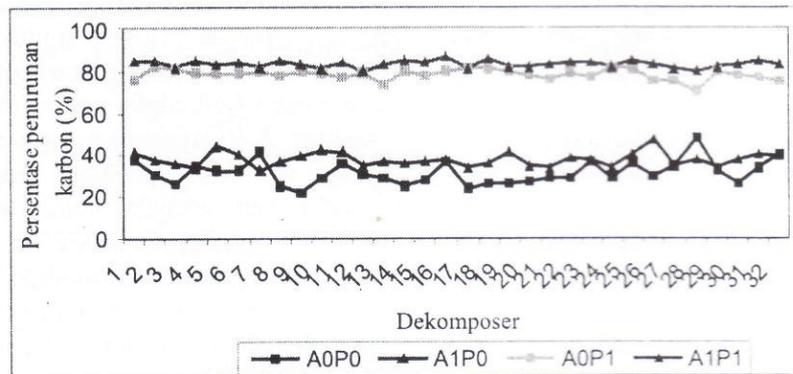
Penurunan kandungan karbon merupakan selisih jumlah karbon per *bag log* baik yang berasal dari *sludge*, pupuk kandang maupun kokopit pada saat awal inkubasi dan akhir inkubasi. Persentase penurunan karbon berkisar antara 2,01-48%, 32,85-46,78%, 70,09-81,95% dan 79,71-86,85% berturut-turut pada media A<sub>0</sub>P<sub>0</sub>, A<sub>1</sub>P<sub>0</sub>, A<sub>0</sub>P<sub>1</sub>, dan A<sub>1</sub>P<sub>1</sub> (Gambar 4). Perbedaan persentase penurunan kandungan karbon antara media *sludge* dan *sludge*+kokopit dengan media *sludge*+pupuk kandang dan *sludge*+kokopit+pupuk kandang cukup besar. Sedangkan perbedaan penurunan karbon antara medium A<sub>0</sub>P<sub>1</sub> dengan A<sub>1</sub>P<sub>1</sub> tidak terlalu tinggi. Hasil ini menunjukkan bahwa nampaknya penambahan pupuk kandang meningkatkan aktivitas respirasi mikroba pendekomposisi dalam kompos. Pada medium A<sub>0</sub>P<sub>1</sub> inokulasi *Pholyota* sp. (no 3) dan campuran *Omphalina* sp.+*Agraylie* sp.+isolat dari pangkal kelapa (no 18) menghasilkan persentase penurunan karbon relatif lebih tinggi yaitu masing-masing 80,88 dan 81,17% dibandingkan dengan dekomposer lainnya.

#### **Hasil Uji Efektivitas Kompos *Sludge* terhadap Tanaman Kangkung**

Pengamatan dilakukan terhadap pertumbuhan kangkung hingga umur 1 bulan. Gambar 5 menunjukkan pertumbuhan kangkung yang ditumbuhkan pada medium A<sub>0</sub>P<sub>1</sub> yang dibuat dengan dekomposer 3 (*Pholyota* sp.) dan 18 (campuran *Omphalina* sp.+*Agraylie* sp.+isolat dari pangkal kelapa). Pertumbuhan kangkung tertinggi dicapai pada pemberian kompos A<sub>0</sub>P<sub>1</sub> dan A<sub>1</sub>P<sub>1</sub> dan sebaliknya untuk tanaman kangkung yang diberi kompos A<sub>0</sub>P<sub>0</sub> dan A<sub>1</sub>P<sub>0</sub> (Gambar 6).



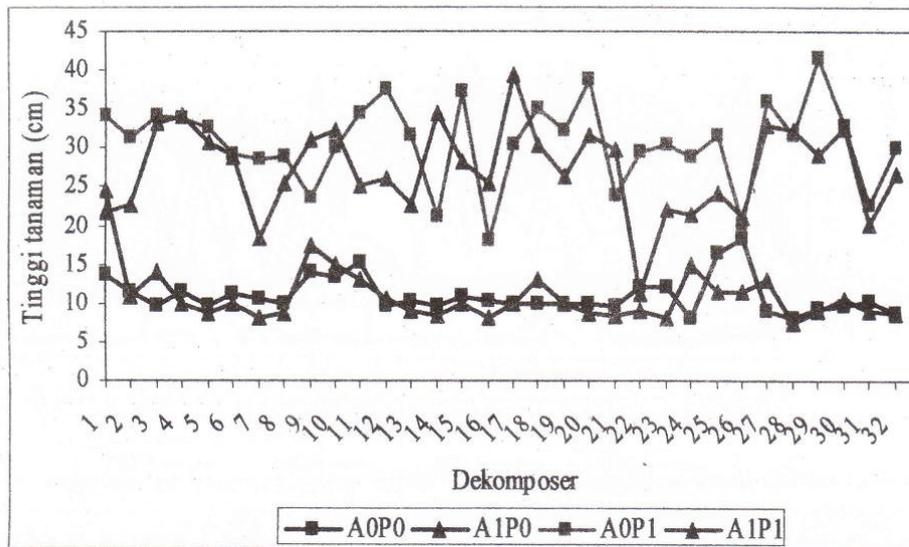
Gambar 3. Konsentrasi Karbon pada Akhir Inkubasi (4 Minggu) pada Media  $A_0P_0$ ,  $A_1P_0$ ,  $A_0P_1$ , dan  $A_1P_1$  yang Dikomposkan dengan 32 Dekomposer yang Berbeda.



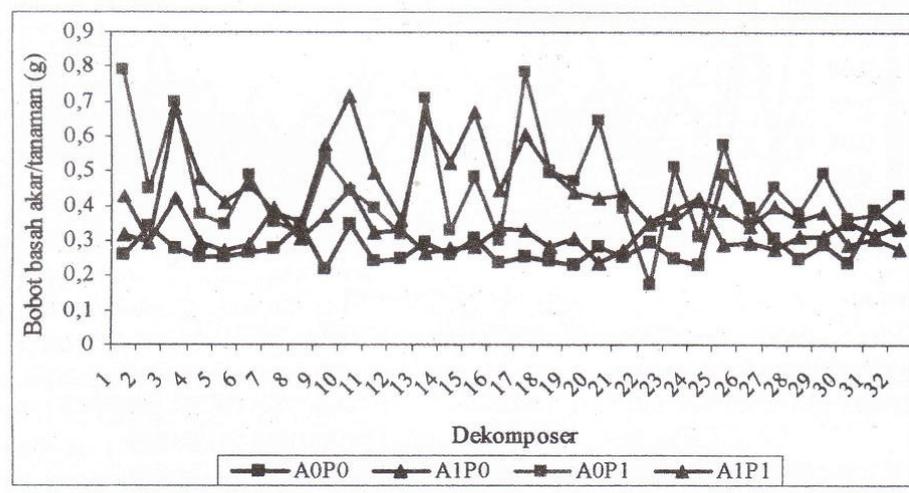
Gambar 4. Persentase Penurunan Karbon Pada Akhir Inkubasi (4 Minggu) Pada Media  $A_0P_0$ ,  $A_1P_0$ ,  $A_0P_1$ , dan  $A_1P_1$  Yang Dikomposkan Dengan 32 Dekomposer Yang Berbeda



Gambar 5. Pertumbuhan Kangkung yang diberi Kompos *Sludge* yang Dikomposkan dengan Dekomposer *Pholyota* Sp. (3) (Kiri) dan *Omphalina* Sp.+*Agrayli* Sp.+Isolat dari Pangkal Kelapa (18) (Kanan). Urutan Perlakuan dari kiri ke kanan adalah Tanaman Tanpa Kompos *Sludge*, Tanaman yang Diberi Kompos *Sludge*  $A_0P_0$ ,  $A_1P_0$ ,  $A_0P_1$ , dan  $A_1P_1$ .



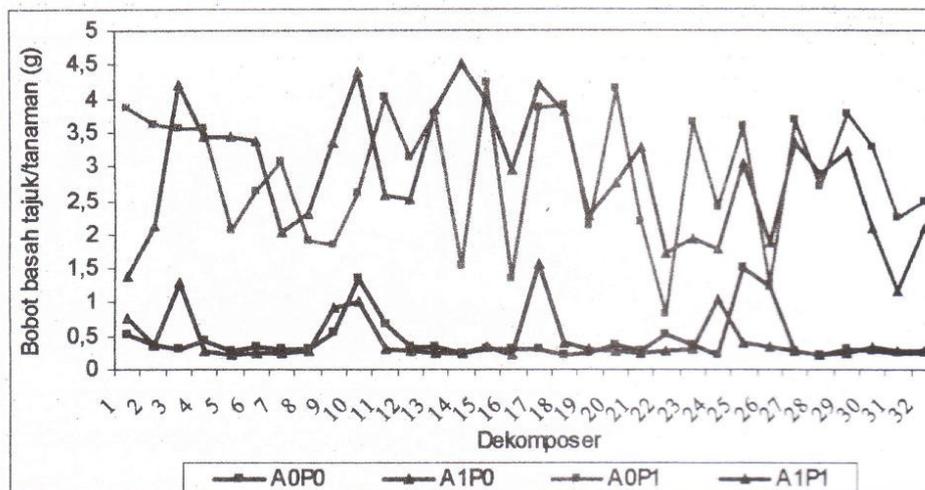
Gambar 6. Pengaruh Penambahan Empat Jenis Kompos Sludge A<sub>0</sub>P<sub>0</sub>, A<sub>1</sub>P<sub>0</sub>, A<sub>0</sub>P<sub>1</sub>, dan A<sub>1</sub>P<sub>1</sub> yang Dikombinasikan dengan 32 Dekomposer yang Berbeda Terhadap Tinggi Tanaman Kangkung.



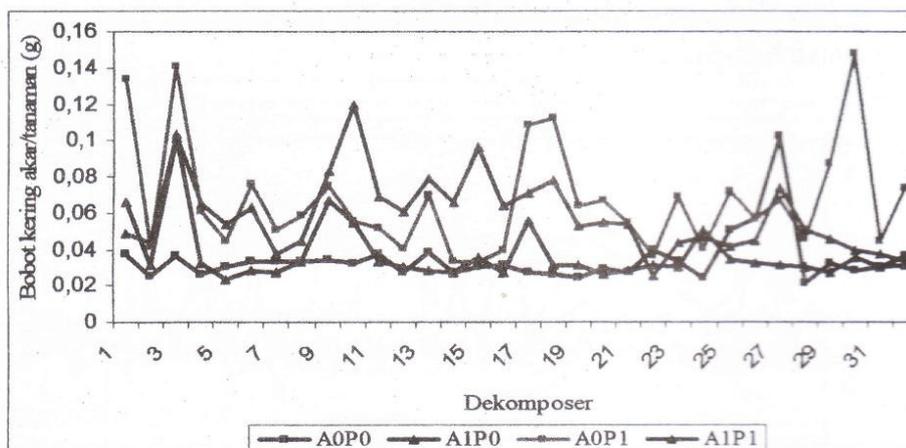
Gambar 7. Bobot Basah Akar Tanaman Kangkung yang Diberi Kompos A<sub>0</sub>P<sub>0</sub>, A<sub>1</sub>P<sub>0</sub>, A<sub>0</sub>P<sub>1</sub>, dan A<sub>1</sub>P<sub>1</sub> yang Dikomposkan dengan 32 Dekomposer yang Berbeda.

Pertumbuhan kangkung yang ditunjukkan dari peubah bobot basah menunjukkan bahwa bobot basah kangkung baik akar (Gambar 7) maupun tajuk (Gambar 8) yang diberi kompos A<sub>0</sub>P<sub>1</sub> atau A<sub>1</sub>P<sub>1</sub> lebih tinggi dibandingkan dengan yang diberi kompos A<sub>0</sub>P<sub>0</sub> atau A<sub>1</sub>P<sub>0</sub>. Hasil ini nampaknya berkaitan dengan tingkat kematangan kompos yang disebabkan tingginya laju dekomposisi yang telah ditunjukkan pada peubah bobot kering kompos, penurunan konsentrasi karbon serta persentase penurunan kandungan karbon pada kompos A<sub>0</sub>P<sub>1</sub> dan A<sub>1</sub>P<sub>1</sub>.  
 Bobot basah akar dan tajuk tanaman kangkung yang diberi kompos *sludge*+pupuk

kandang yang diinokulasi *Pholyota* sp. (3) dan campuran *Omphalina* sp., *Agrayli* sp., dan isolat dari pangkal kelapa (18) relatif tinggi. Hasil ini sejalan dengan pengamatan bobot kering kompos, % C, dan % penurunan C dimana kedua dekomposer tersebut menghasilkan bobot kering kompos dan % C terendah serta % penurunan C tertinggi. Tingginya pertumbuhan kangkung kemungkinan disebabkan telah turunnya rasio CN serta telah tersedianya hara hara yang diperlukan tanaman sebagai hasil proses pengomposan di samping terdapatnya enzim ligninolitik yang aktif pada proses pengomposan.



Gambar 8. Bobot Basah Tajuk Tanaman Kangkung yang diberi Kompos  $A_0P_0$ ,  $A_1P_0$ ,  $A_0P_1$ , Dan  $A_1P_1$  yang Dikomposkan dengan 32 Dekomposer yang Berbeda.

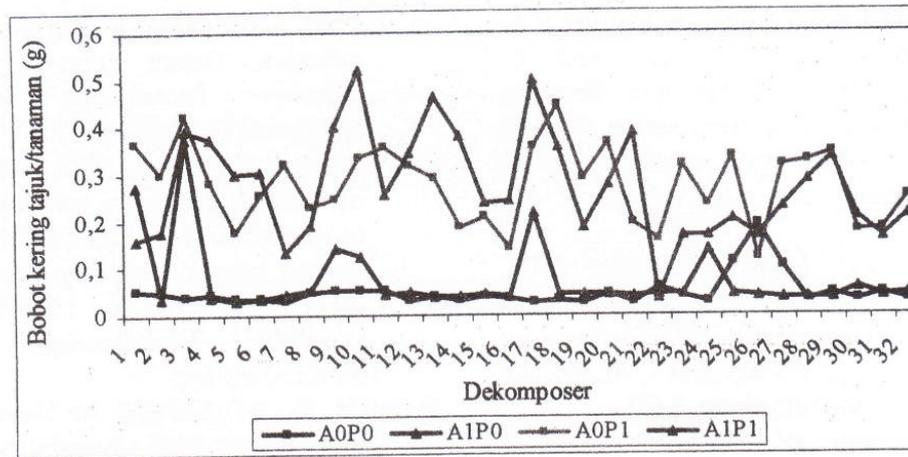


Gambar 9. Bobot Kering Akar Tanaman Kangkung yang diberi Kompos  $A_0P_0$ ,  $A_1P_0$ ,  $A_0P_1$ , Dan  $A_1P_1$  yang Dikomposkan dengan 32 Dekomposer yang Berbeda.

Bobot kering akar (Gambar 9) dan tajuk (Gambar 10) tanaman kangkung yang diberi kompos  $A_0P_0$  atau  $A_1P_0$  lebih rendah dibandingkan dengan bobot kering akar dan tajuk tanaman kangkung yang diberi kompos  $A_0P_1$  dan  $A_1P_1$ . Bobot kering tanaman kangkung yang diberi kompos  $A_0P_1$  yang diberi dekomposer *Pholyota* sp. (3) dan *Omphalina* sp.+*Agrayli* sp.+isolat dari pangkal kelapa (18) relatif tinggi. Hasil ini sejalan dengan pengamatan bobot basah tanaman kangkung

Jaringan tanaman kangkung yang diberi kompos  $A_0P_1$  dengan dekomposer 3 memiliki nilai kandungan N tertinggi, sedangkan untuk kandungan fosfor tertinggi, pemberian dekomposer 18 menghasilkan kandungan fosfor

sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan dekomposer 3 (Tabel 6). Hasil ini menunjukkan bahwa pemberian kompos  $A_0P_1$  (*sludge*+pupuk kandang) dengan dekomposer 3 atau 18 dapat meningkatkan kandungan hara tanaman. Tingginya serapan N dan P kemungkinan disebabkan telah tersedianya unsur N sebagai hasil proses dekomposisi di samping pengaruh pemberian kompos terhadap perbaikan sifat tanah. Selain itu, tingginya serapan N tanaman kemungkinan disebabkan kompos *sludge* merupakan media yang baik untuk bakteri penambat N bebas. Allahdadi *et al.* (2004) mengemukakan bahwa bakteri penambat N non simbiotik dapat meningkatkan keefektifan pupuk organik limbah *sludge* pabrik kertas



Gambar 10. Bobot Kering Tajuk Tanaman Kangkung yang Diberi Kompos  $A_0P_0$ ,  $A_1P_0$ ,  $A_0P_1$ , dan  $A_1P_1$  yang Dikomposkan Dengan 32 Dekomposer yang Berbeda.

Tabel 6 . Kandungan Hara Jaringan Tanaman Kangkung yang Diberi Kompos *Sludge*  $A_0P_1$  dengan Dekomposer 3 Dan 18.

Perlakuan	Nitrogen (%)	Fosfor (%)	Kalium (%)	Pb (ppm)
Kontrol	3,25	0,23	2,57	3,1
Dekomposer 3	3,69	0,26	2,43	2,7
Dekomposer 18	3,43	0,27	1,13	2,1

Berbeda dengan hasil analisis kandungan N dan P jaringan kangkung, pemberian dekomposer 3 dan 18 menurunkan serapan K jaringan tanaman kangkung. Hal yang sama juga dijumpai pada serapan Pb jaringan tanaman. Proses pengomposan menghasilkan senyawa karbon yang sederhana di samping asam humat yang diketahui dapat membentuk kompleks dengan logam. Rendahnya kandungan logam K dan Pb dalam jaringan kangkung diduga disebabkan terjadinya pengikatan logam tersebut oleh asam humat sehingga menurunkan serapan logam tersebut oleh tanaman kangkung.

### KESIMPULAN

Dekomposer *sludge* yaitu *Pholyota sp.* atau *Omphalina sp.*+*Agraylie sp.* +jamur dari pangkal batang kelapa dapat meningkatkan laju pengomposan *sludge* IPAL sebagai bahan baku pupuk organik.

### DAFTAR PUSTAKA

- Allahdadi, I., C. J. Beauchamp, and F. Chalifour. 2004. Symbiotic dinitrogen fixation in forage legumes amended with high rates of de-inking paper sludge. *Agron J*: 96: 956-965.
- Bolan, N. S., D. C. Adriano, R. Natesan, and B. J. Koo. 2003. Effects of organic amendments on the reduction and phytoavailability of chromate in mineral soil. *J Environ. Qual.* 32: 120-128.
- Carpenter, A. F. and I. J. Fernandez. 2000. Pulp sludge as a component in manufactured topsoil. *J Environ Qual.* 29: 387-397.
- Foley, B.J. and L.R.Cooperband. 2002. Paper mill residual and compost effects on soil carbon and physical properties. *J Environ. Qual.* 31: 2086-2095

- Herencia, J F., J C. Ruiz-Porras, S. Malero, P A. Garcia-Galavia, E. Morillo, and C. Maqueda. 2007. Comparison between organic and mineral fertilization for soil fertility levels, crop macro nutrient concentrations, and yield. *Agron J.* 99: 973-983.
- Kocher G.S., K. L. Kalra, G. Banta. 2004. Optimization cellulase production by submerged fermentation of rice straw by *Trichoderma harzianum* Rut C 8230. *The internet J of Microbiology*, 5 (2).
- Ma. 2000. *Role of organic acids in detoxification of aluminium in higher plants*. *Plant Cell Physiol.* 41 (4) : 383 – 390.
- Nur, A. M. A. Wibawa, dan S. Abdoellah. 1990. Prospek pemanfaatan limbah pabrik kertas sebagai sumber bahan organik alternatif tanaman kopi. *Simposium Kopi*. Surabaya 20-21 November 1990.
- Nur, A. M. dan S. Abdoellah. 1988. Pengaruh limbah pabrik kertas terhadap pertumbuhan bibit kopi arabika. *Pelita Perkebunan* 4: 86-90.
- Pizzi, A. 1983. Tanin-based wood adhesive. Dalam Pizzi A (ed.) *Wood adhesive Technology*. New York, Blackwell Dekker.
- Suharyanto & Siswanto, 2003. Produksi enzim ligninolitik dari fungi pelapuk putih untuk biodegradasi dan biotransformasi tandan kosong kelapa sawit. *Laporan akhir tahun 2003*, APBN/ADB 1526-1NO, Balai Penelitian Bioteknologi Perkebunan Indonesia: 65pp.
- Sylla, Y. B., M. Kuroda, M Yamada, and N. Matsumoto. 2006. Feasibility study of a passive aeration reactor equipped with vertical pipes for compost stabilization of cow manure. *Waste Management & Research*, 24: 456-464.
- Tejada, M., M. T Hernandez, and C. Garcia. 2007. Application of two organic wastes in a soil polluted by lead. *J Environ Qual.* 36: 216-225.
- Vallad, GE, Cooperband, L & Goodman, RM. 2003. Plant Foliar, Disraser Suppression Mediated by Composted Forms of Paper Mill residuals Exhibits Molecular features of Induced Resistance. *Phys & Mol. Plant Pahol* 63 : 65-77.
- Zhou, I. X., and J. W. C. Wong. 2001. Effect of dissolved organic matter from sludge and sludge compost on soil copper sorption. *J Environ. Quality.* 30: 878-883.
-