

LEMBAR ABSTRAK

Dari penelitian pembuatan pupuk organik yang dibuat dari limbah padat industri pulp (*sludge*) plus arang serbuk gergaji diperoleh hasil: kadar air 32,90-39,40%; pH 6,70-6,90; nisbah C/N 18,70-23,70; C organik 24,17-28,26%; N 1,19-1,29%; P₂O₅ total 0,53-0,63%; CaO total 0,27-0,34%; MgO total 0,26-0,27%; K₂O total 0,63-0,68% dan KTK 29,34-32,44 meq/100 g. Kandungan logam berat Pb 0,07-0,09 ppm dan Cd 0,02 ppm.

Kata kunci : limbah padat industri pulp, pupuk organik, peningkatan kualitas

ABSTRACT

The organic fertilizer manufactured from pulp-mill sludge added with sawdust charcoal revealed specific characteristics, i.e. moisture content at 32.90-39.40%, pH 6.70-6.90, C/N ratio 18.70-23.70, C organic 24.17-28.26%, N 1.19-1.29%, total P₂O₅ 0.53-0.63%, total CaO 0.27-0.34%, total MgO 0.26-0.27%, total K₂O 0.63-0.68%, and cation-exchange capacity 29.34-32.44 meq/100 g. Heavy metals content in the fertilizer consisted of Pb 0.07-0.09 ppm and Cd 0.02 ppm.

Keywords : *pulp-mill sludge, organic fertilizer, quality improvement*

**KARAKTERISTIK PUPUK ORGANIK LIMBAH PADAT INDUSTRI PULP
PLUS ARANG SERBUK GERGAJI**
*(Characteristics of Organic Fertilizer from Pulp-Mill Sludge Added with
Sawdust Charcoal)*

Oleh/By:
Sri Komarayati

ABSTRACT

This experiment was conducted on fermenting the sludge from a pulp mill into organic fertilizer. The pulp mill uses raw material of mangium (Acacia mangium) wood. The composting process was assisted by adding to the sludge decomposing-activator (10%). Besides, sawdust charcoal was also added (10%) to the sludge. The mixture of sludge, decomposing activator, and sawdust charcoal was rigorously agitated until homogenous, and subsequently let for 60 days thereby ensuring the process to completion. Afterwards, the resulting organic fertilizer was dried, crushed to tiny pieces, sieved, and then ready for use.

The organic fertilizer revealed specific characteristics, i.e. moisture content at 32.90-39.40%, pH 6.70-6.90, C/N ratio 18.70-23.70, C organic 24.17-28.26%, N 1.19-1.29%, total P₂O₅ 0.53-0.63%, total CaO 0.27-0.34%, total MgO 0.26-0.27%, total K₂O 0.63-0.68%, and cation-exchange capacity 29.34-32.44 meq/100 g. Heavy metal content in the fertilizer consisted of Pb 0.07-0.09 ppm and Cd 0.02 ppm. To improve quality of the organic fertilizer, it should be mixed with consecutively ectomycorrhiza spore and clay soil.

Keywords : *pulp-mill sludge, decomposing activator, organic fertilizer, sawdust charcoal, quality improvement*

ABSTRAK

Penelitian ini mengemukakan proses pembuatan pupuk organik dari limbah padat industri pulp dengan bahan baku kayu mangium (*Acacia mangium*). Proses pengomposan berlangsung dengan adanya penambahan aktivator sebesar 10% pada limbah padat industri pulp. Selain itu ditambahkan juga arang serbuk gergaji sebesar 10%. Campuran limbah padat, aktivator dan arang serbuk gergaji diaduk sampai homogen dan dibiarkan selama 60 hari. Setelah selesai proses pengomposan, pupuk organik plus arang serbuk gergaji dijemur, digiling dan disaring, akhirnya siap untuk digunakan.

Dari penelitian pembuatan pupuk organik plus arang serbuk gergaji diperoleh hasil sebagai berikut: kadar air 32,90-39,40%; pH 6,70-6,90; nisbah C/N 18,70-23,70; C organik 24,17-28,26%; N 1,19-1,29%; P₂O₅ total 0,53-0,63%; CaO total 0,27-0,34%; MgO total 0,26-0,27%; K₂O total 0,63-0,68% dan KTK 29,34-32,44 meq/100 g. Kandungan logam berat Pb 0,07-0,09 ppm dan Cd 0,02 ppm.

Untuk meningkatkan kualitas pupuk organik plus arang serbuk gergaji dilakukan penambahan spora ektomikoriza dan tanah liat yang kemudian dicetak berbentuk tablet.

Kata kunci : limbah padat industri pulp, aktivator pengomposan, pupuk organik, arang serbuk gergaji, peningkatan kualitas

I. PENDAHULUAN

Perkembangan industri pulp dan kertas mempunyai prospek yang cukup cerah, dan produk tersebut mempunyai peranan yang strategis sebagai komoditi ekspor andalan di sektor non-migas (minyak dan gas bumi). Akan tetapi dari perkembangan industri tersebut, timbul dampak yang cukup serius yaitu menumpuknya limbah, baik limbah padat maupun limbah cair.

Salah satu cara memanfaatkan limbah padat industri pulp dan kertas yang mudah dan dapat dikembangkan secara sederhana yaitu melalui proses pengomposan dengan hasil akhir berupa kompos/pupuk organik. Hal ini didasari karena limbah padat industri pulp dan kertas mengandung bahan organik sekitar 60%. Selain itu juga limbah tersebut mengandung sumber karbon yang diperlukan bagi mikroorganisme dalam proses pengomposan (Anonim, 2003).

Terkait dengan peranan tersebut, telah dilakukan penelitian dengan tujuan mendapatkan informasi dan teknologi yang tepat dalam memanfaatkan limbah padat industri pulp menjadi pupuk organik, yang diperkaya dengan penambahan arang dan mikoriza.

II. BAHAN DAN METODE

A. Bahan

Bahan yang digunakan untuk pembuatan pupuk organik adalah limbah padat dari industri pulp yang menggunakan bahan baku pulp kayu mangium (*Acacia mangium*). Sebagai pemacu proses pengomposan digunakan aktivator hayati yang terdiri dari bakteri *Cytophaga* sp. dan fungi *Trichoderma pseudokoningii*. Bahan lain adalah arang serbuk gergaji, spora ektomikoriza, tanah liat dan air secukupnya.

B. Peralatan

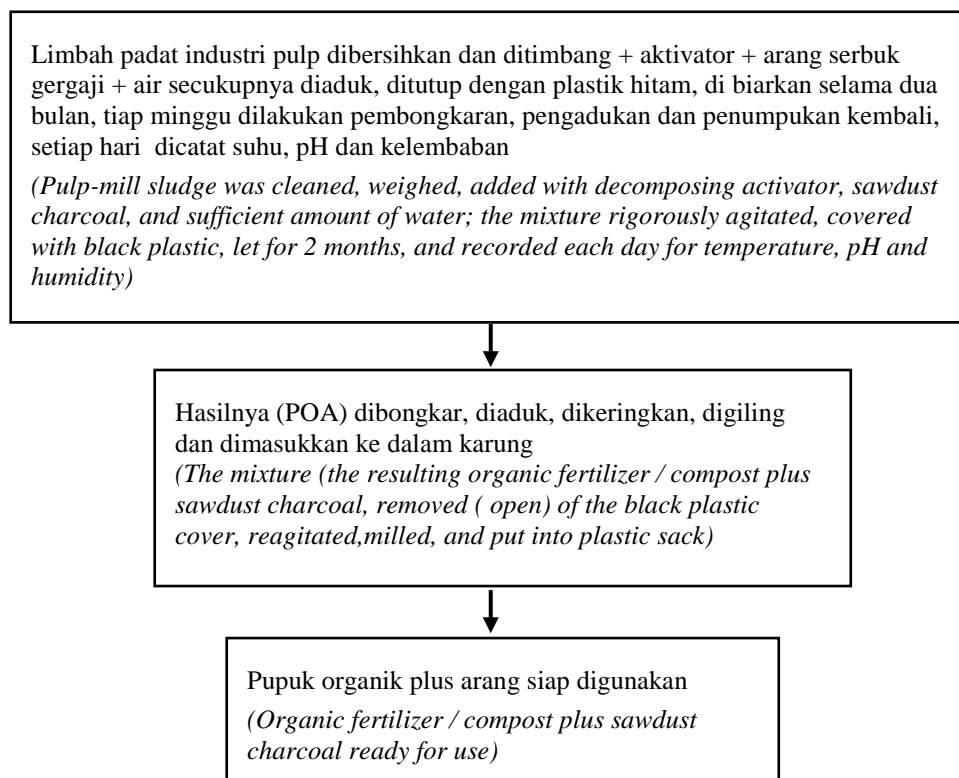
Peralatan yang digunakan : pH meter, higrometer, termometer, sekop, cangkul, bak pengomposan terbuat dari semen dengan volume 1 meter kubik, bangunan beratap sebagai naungan, karung plastik, timbangan, alat cetak tablet dan lain-lain terkait.

C. Prosedur Kerja

1. Pembuatan pupuk organik plus arang

Limbah padat ditimbang sebanyak 1 ton, diberi 10% aktivator (b/b) yang terdiri dari bakteri *Cytophaga* sp. dan fungi *Trichoderma pseudokoningii*, ditambah arang serbuk gergaji sebesar 10% dari total bahan, kemudian dicampur

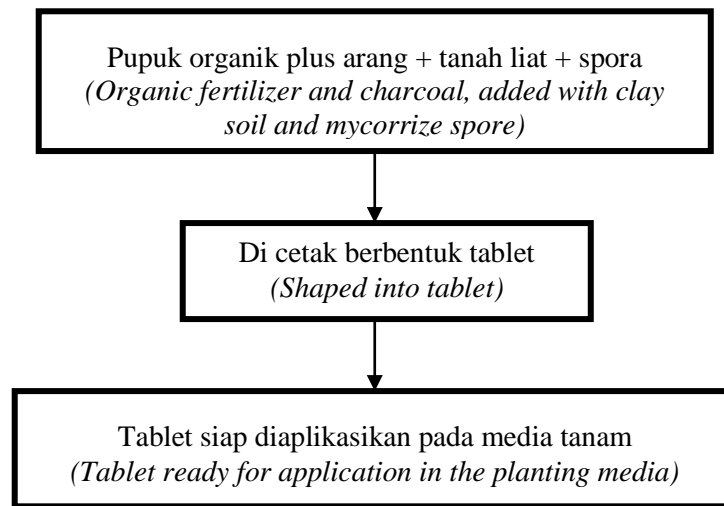
rata sampai homogen. Selanjutnya ditambah air secukupnya (tidak terlalu basah dan tidak terlalu kering), diaduk hingga homogen dan merata. Campuran tersebut dimasukkan ke dalam bak pengomposan yang terbuat dari semen, ditumpuk tidak terlalu padat dan bagian atas tumpukan ditutup plastik berwarna hitam. Tujuan ditutup dengan plastik warna hitam (black body) yaitu untuk menjaga kelembaban di dalamnya agar relatif stabil dan menyerap cahaya dari luar. Cahaya yang tidak diserap (menembus plastik) pada panjang gelombang (intensitas getaran) tertentu dapat mengganggu aktifitas pengomposan (dekomposisi) oleh bakteri atau fungi. Proses dekomposisi berlangsung selama dua bulan, setiap satu minggu sekali dilakukan pembongkaran, pengadukan, dan penumpukan kembali. Setiap hari dilakukan pengukuran (pengamatan) suhu, pH dan kelembaban sampai proses tersebut berakhir (Gambar 1). Sebelum dan sesudah terbentuknya pupuk organik, dari proses dekomposisi tersebut dilakukan analisis kadar air, unsur hara makro, nisbah C/N dan kandungan logam berat. Analisis dilakukan di Laboratorium Tanah Biotrop, Bogor.



Gambar 1. Proses pembuatan pupuk organik plus arang serbuk gergaji (POA)
 Figure 1. Manufacturing process of organic fertilizer added with sawdust charcoal

2. Pencampuran pupuk organik plus arang dengan spora mikoriza

Pupuk organik plus arang (POA) yang telah matang dan kering dicampur tanah liat dengan komposisi 80% POA dan 20% tanah liat, diaduk sampai homogen. Kemudian campuran tersebut ditambah spora ektomikoriza sebesar 5% dari berat campuran POA dan tanah liat, dan diaduk lagi hingga homogen, setelah tercampur rata, kemudian dicetak menjadi berbentuk tablet (Gambar 2).



Gambar 2. Proses pembuatan tablet pupuk organik plus arang serbuk gergaji dicampur dengan spora mikoriza (POAM)

Figure 2. Manufacturing process of tablet from the organic fertilizer and sawdust charcoal mixed with mycorrhiza spore

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Limbah padat yang akan digunakan sebagai bahan utama pembuatan pupuk organik, dianalisis sifat dan kandungan unsur hara dan logam berat yang terkandung, hasilnya dapat diketahui pada Tabel 1.

Tabel 1. Kualitas dan kandungan unsur hara limbah padat industri pulp
Table 1. Quality and nutrient contents in pulp - mill sludge

No.	Parameter (Parameters)	Nilai (Value)	Keterangan (Remarks) [*]
1.	pH (1:1)	6,90	Sedang (Medium)
2.	Kadar air (Moisture content), %	36,20	Sedang (Medium)
3.	C organik (Organic C), %	19,24	Tinggi (High)
4.	N total (Total N), %	1,21	Sedang (Medium)
5.	Nisbah C/N (C/N ratio), %	15,90	Rendah (Low)
6.	P ₂ O ₅ total, %	0,48	Rendah (Low)
7.	CaO total, %	0,31	Rendah (Low)
8.	MgO total, %	0,24	Rendah (Low)
9.	K ₂ O total, %	0,48	Rendah (Low)
10.	Pb, ppm	0,05	Rendah (Low)
11.	Cd, ppm	0,04	Rendah (Low)

Sumber (Source) : * Anonim (2000)

Pada Tabel 1 dapat diketahui kandungan unsur hara dan logam berat yang terdapat dalam sludge yang digunakan sebagai bahan untuk pembuatan pupuk organik. pH 6,90 dan kadar air 36,20% termasuk kategori sedang, C organik 19,24% (tinggi), N total 1,21% (sedang), nisbah C/N 15,90 (rendah), P₂O₅ total 0,48% (rendah), CaO total 0,31% (rendah), MgO total 0,24% (rendah), K₂O total 0,48% (rendah), sedangkan kandungan logam berat Pb 0,05 ppm (rendah), Cd 0,04 ppm (rendah). Apabila dilihat dari nisbah C/N sludge sebesar 15,90 (rendah), nisbah tersebut akan mempengaruhi proses pengomposan karena C/N bahan yang optimal adalah 25 – 40 (Gaur, 1982). Bila nisbah C/N bahan terlalu rendah maupun terlalu tinggi akan berpengaruh terhadap proses pengomposan.

Proses pengomposan berlangsung selama 2 bulan dengan kondisi suhu 30-42⁰C, pH 7,00-8,10 dan kelembaban 60-85%. Ternyata pengomposan berlangsung secara mesophilik, hal ini kemungkinan disebabkan karena tumpukan bahan terlalu sedikit sehingga tidak menimbulkan panas, yang mengakibatkan mikroorganisme tidak bekerja secara optimal. Kelembaban ruangan yang berubah-ubah dipengaruhi oleh kondisi lingkungan sekitarnya, seperti curah hujan. Kelembaban sangat berpengaruh pada jalannya proses pengomposan. Selain faktor di atas, kadar air bahan juga berpengaruh pada proses pengomposan. Kadar air limbah padat industri pulp sebesar 36,20% termasuk rendah, karena kadar air

optimum bahan untuk pengomposan berkisar antara 50 - 60% (Dalzell *et al*, 1987).

Setelah mengalami proses pengomposan selama 2 bulan, kemudian dilakukan pembongkaran, pengadukan secara merata dan kemudian diambil contoh untuk dianalisis kualitas pupuk organik tersebut. Pada Tabel 2 diketahui kandungan unsur hara dan logam berat pupuk organik. Ditinjau dari sifat kimia, pupuk organik ini mempunyai kondisi pH 6,70 – 6,90 termasuk kategori sedang (netral) menurut Pedoman Pengharkatan Hara Kompos (Anonim, 2000). Faktor pH sangat menentukan mudah tidaknya unsur-unsur hara diserap oleh tanaman. Pada umumnya unsur hara mudah diserap akar tanaman pada pH netral, karena pada pH netral kebanyakan unsur hara mudah larut dalam air. Nisbah C/N pupuk organik yang dihasilkan dari penelitian ini adalah 18,70 – 23,70 termasuk tinggi menurut Pedoman Pengharkatan Hara Kompos (Anonim, 2000). Apabila dibandingkan dengan nisbah C/N pupuk organik yang dihasilkan Komarayati *et al*, (2006), nisbah C/N yang dihasilkan termasuk tinggi karena adanya penambahan arang serbuk gergaji. Akan tetapi keadaan ini tidak menjadi masalah pada saat pupuk organik ini diaplikasikan pada tanaman, karena arang dapat meningkatkan porositas tanah, meningkatkan tingkat keasaman tanah (pH) hingga akan merangsang pertumbuhan tanaman antara lain akar. Sebaliknya apabila dibandingkan dengan hasil penelitian Komarayati dan Pasaribu (2005), nisbah C/N ini termasuk rendah yaitu sebesar 32,00. Hal ini disebabkan proses pengomposannya relatif cepat yaitu 1 bulan, sehingga proses perombakan bahan organik belum sempurna. Nisbah C/N yang baik untuk tanaman yaitu lebih kecil dari 20.

Tabel 2. Kualitas dan kandungan unsur hara pupuk organik plus arang
Table 2. Quality and nutrient content of organic fertilizer added with charcoal

No.	Parameter (<i>Parameters</i>)	Nilai (<i>Value</i>)	Keterangan (<i>Remarks</i>)*
1	pH (1 : 1)	6,70-6,90	Sedang (<i>Medium</i>)
2	Kadar air (<i>Moisture content</i>), %	32,90-39,40	Sedang (<i>Medium</i>)
3	C organik (<i>Organic C</i>), %	24,17-28,26	Tinggi (<i>High</i>)
4	N total (<i>Total N</i>), %	1,19-1,29	Sedang (<i>Medium</i>)
5	Nisbah C/N (<i>C/N ratio</i>), %	18,70-23,70	Tinggi (<i>High</i>)
6	P ₂ O ₅ total, %	0,53-0,63	Rendah (<i>Low</i>)
7	CaO total, %	0,27-0,34	Rendah (<i>Low</i>)
8	MgO total, %	0,26-0,27	Rendah (<i>Low</i>)
9	K ₂ O total, %	0,63-0,68	Rendah (<i>Low</i>)
10	Kapasitas tukar kation (<i>Cation exchange capacity</i>), meq/100 g	29,34-32,44	Tinggi (<i>High</i>)
11	Pb, ppm	0,07-0,09	Rendah (<i>Low</i>)
12	Cd, ppm	0,02-0,04	Rendah (<i>Low</i>)

Sumber (*Source*) : *Anonim (2000)

Nilai kapasitas tukar kation (KTK) 29,34 – 32,44 meq/g (Tabel 2) termasuk kategori tinggi (Anonim, 2000) sehingga dapat meningkatkan daya simpan dan ketersediaan unsur-unsur hara yang diperlukan oleh tanaman. KTK merupakan sifat kimia yang erat hubungannya dengan kesuburan. Pupuk organik dengan KTK tinggi mampu menyerap dan menyediakan unsur hara lebih besar dari pada pupuk organik dengan nilai KTK rendah (Saifudin, 1989).

Unsur hara makro yang terdapat dalam pupuk organik dari limbah padat industri pulp adalah P 0,53-0,63%; Ca 0,27-0,34%; Mg 0,26-0,27% (Tabel 2) termasuk kategori rendah, sedangkan K₂O 0,63-0,68% termasuk kategori sedang (Anonim, 2000). Umumnya kandungan hara kompos/pupuk organik sangat tergantung dari jenis dan kualitas bahan baku yang digunakan. Apabila pupuk organik ini akan di uji coba pada tanaman, sebaiknya kandungan unsur hara ditingkatkan terlebih dahulu dengan cara menambahkan bahan-bahan organik lainnya. Hal ini disebabkan karena unsur hara makro seperti di atas sangat diperlukan oleh tanaman, dimana masing-masing unsur hara akan memberikan dampak yang berbeda pada tanaman.

Logam berat Pb 0,07-0,09 ppm (Tabel 2) termasuk kategori rendah karena nilainya di bawah baku mutu yang ditetapkan sebesar 5 ppm. Begitu pula Cd hanya 0,02 ppm, berarti lebih rendah dari yang ditetapkan sebesar 1 ppm. Setelah diketahui kandungan logam berat dalam pupuk organik plus arang nilainya rendah, berarti apabila pupuk organik plus arang di uji coba pada tanaman tidak perlu khawatir akan terjadi akumulasi logam berat pada tanah.

Salah satu cara untuk meningkatkan kualitas pupuk organik dari sludge ini, yaitu dengan adanya penambahan arang karena diketahui dan telah dibuktikan bahwa arang dapat memberikan pengaruh yang positif terhadap kesuburan tanaman. Penambahan arang dapat meningkatkan kapasitas tukar kation, hal ini disebabkan karena struktur arang memiliki gugus fungsional $-COOH$ dan $-OH$ pada permukaannya (Miyakuni, 2003 *dalam* Hesti dan Prameswari, 2003). Ogawa (1989) menyatakan bahwa arang memiliki banyak pori yang dapat meningkatkan sirkulasi air dan udara dalam tanah, sehingga dapat lebih mengintensifkan sistem perakaran tanaman. Kombinasi penambahan spora mikoriza dan arang dapat merangsang pertumbuhan tanaman, karena arang dapat meningkatkan porositas tanah (media tumbuh), sehingga miselia cendawan ektomikoriza dapat berkembang dan meningkatkan koherensi tanah dan perakaran lebih mudah menyerap hara dan air dari tanah (Hesti dan Prameswari, 2003).

Selanjutnya perbandingan kualitas dan unsur hara pupuk organik dari limbah padat industri pulp dan kertas dari beberapa hasil percobaan disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan kualitas dan unsur hara pupuk organik dari limbah padat industri pulp dan kertas dari beberapa hasil penelitian

Table 3. *The comparison of quality and nutrient content of the organic fertilizer from pulp and paper mill sludge resulted from several experiments*

No.	Parameter (<i>Parameters</i>)	1)	2)	3)
1.	Kadar air (<i>Moisture content</i>), %	29,47	26,00	40,09-51,22
2.	pH	6,70	7,15	6,75-7,0
3.	C organik (<i>Organic C</i>), %	23,58	12,52	5,33-7,69
4.	N total (<i>Total N</i>), %	0,86	0,69	0,38-0,85
5.	Nisbah C/N (<i>C/N ratio</i>)	32,00	18,15	9,00-14,00
6.	P ₂ O ₅ total, %	0,37	0,58	0,47-0,65
7.	CaO total, %	1,90	0,28	0,34-0,45
8.	MgO total, %	0,64	0,19	0,07-0,31
9.	K ₂ O total, %	0,48	1,42	0,09-0,22
10.	Kapasitas Tukar Kation (CEC), meq/100 g	31,74	25,33	26,22-35,89
	<u>Logam berat (<i>Heavy metal</i>)</u>			
11.	Pb, ppm	27,36	0,03	0,01-0,06
12.	Cd, ppm	0,06	0,01	0,03
13.	Zn, ppm	4,69	0,15	-

Sumber (*Source*): 1) Komarayati dan Pasaribu (2005)

2) Komarayati (2007)

3) Komarayati dan Gusmailina (2007)

Dari Tabel 3 dapat diketahui bahwa pupuk organik yang bahan bakunya dari limbah padat industri kertas dengan bahan kertas dari daur ulang kertas bekas (kolom no 1), kandungan logam berat Pb sangat tinggi, melebihi standar baku mutu yang ditetapkan. Begitu pula nisbah C/N lebih besar dari 20. Keadaan ini disebabkan adanya kandungan tinta dari kertas bekas (Komarayati dan Pasaribu, 2005). Sedangkan pupuk organik dari limbah padat industri pulp dengan bahan baku pulp kayu mangium (kolom no 2 dan 3), logam Pb dan nisbah C/N rendah atau di bawah standar yang ditetapkan (Komarayati dan Gusmailina, 2007; Komarayati, 2007). Sementara itu pupuk organik plus arang dari limbah padat industri pulp pada hasil percobaan ini (Tabel 2), kandungan logam Pb rendah, akan tetapi nisbah C/N tinggi (lebih besar dari 20). Tingginya nisbah C/N disebabkan adanya tambahan arang serbuk gergaji, yang diketahui bahwa arang mengandung karbon (C).

Rina *et al*, 2002 telah melakukan penelitian pembuatan kompos dari limbah padat industri kertas dengan bahan baku kertas bekas, kandungan unsur hara dan logam berat kompos tersebut dapat dilihat pada Tabel 4. Bila dibandingkan dengan penelitian Komarayati dan Pasaribu (2005), dari hasil analisis dapat diketahui ada beberapa persamaan hasil seperti nisbah C/N (tinggi), unsur hara makro P, K, Ca dan K (rendah), logam berat Pb, Cd dan Zn (jauh lebih rendah dari baku mutu yang ditetapkan menurut Peraturan Pemerintah No. 85 tahun 1999).

Tabel 4. Kandungan unsur hara dan logam berat dalam kompos dari limbah padat industri kertas

Table 4. Nutrient content and heavy metal of compost made from paper-mill sludge

No.	Parameter (<i>Parameters</i>)	Nilai (<i>Value</i>)
1.	pH	7,70
2.	C total (<i>Total C</i>), %	28,44
3.	N total (<i>Total N</i>), %	1,06
4.	Nisbah C/N (<i>C/N ratio</i>)	20,25
5.	P sebagai P_2O_5 , %	0,06
6.	K sebagai K_2O , %	0,10
7.	Ca, meq/100 g	25,05
8.	Mg, meq/100 g	2,30
9.	K, meq/100 g	3,06
10.	Na, meq/100 g	1,40
11.	KTK (CEC), meq/100 g	33,71
	<u>Logam berat (<i>Heavy metal</i>)</u>	
12.	Pb, mg/l	< 0,001
13.	Cd, mg/l	< 0,050
14.	Zn, mg/l	< 0,410

Sumber (*Source*) : Rina *et al*, (2002)

Walaupun nisbah C/N tinggi, unsur hara makro rendah ternyata pada saat kompos diaplikasikan pada tanaman jagung dengan dosis kompos sebesar 11,5 ton/ha, tidak menimbulkan masalah baik pada produksi maupun terhadap kehidupan populasi mikroba tanah seperti jamur, *actinomycetes* dan *rhizobium* (Rina *et al*, 2002).

Mikoriza merupakan salah satu bentuk asosiasi antara mikroba tanah dengan akar tanaman tingkat tinggi. Mikoriza berperan dalam penyerapan unsur

hara, penyedia karbohidrat, pertumbuhan tanaman, dan mempertinggi ketahanan terhadap patogen dan lingkungan (Santoso, 1997).

Arang merupakan hasil pembakaran pada keadaan tanpa oksigen (oksigen terbatas) dari bahan lignoselulosa yang mengandung karbon yang berbentuk padat dan berpori, seperti kayu atau bahan biomaterial lainnya. Dari beberapa hasil penelitian, diketahui bahwa arang dapat meningkatkan pH tanah dan juga dapat memudahkan terjadinya pembentukan dan peningkatan jumlah spora ektomikoriza dan endomikoriza. Kombinasi antara spora mikoriza dengan arang dapat merangsang pertumbuhan tanaman, karena arang dapat meningkatkan porositas tanah sebagai media tumbuh, sehingga miselia cendawan ektomikoriza dapat berkembang dan meningkatkan koherensi tanah dan sistem perakaran lebih mudah menyerap hara dan air tanah. Kombinasi penambahan arang dan mikoriza merupakan salah satu cara untuk meningkatkan kualitas pupuk organik plus arang dari limbah padat industri pulp dan kertas, dimana pupuk organik plus arang berfungsi sebagai *carier* mikoriza. Pada penelitian ini pupuk organik plus arang dicampur dengan spora ektomikoriza dan tanah liat dengan perbandingan tertentu, kemudian dicetak berbentuk tablet. Tablet tersebut dinamakan *tablet pupuk organik mikoriza plus arang*.

Keunggulan lain dari mikoriza yaitu mikoriza dapat menurunkan kandungan logam berat Pb karena mikoriza dapat mengikat logam berat pada gugus karboksil dalam senyawa pektat (hemiselulosa) pada matriks antar permukaan kontak mikoriza dan tanaman inang, pada selubung polisakarida dan dinding sel hifa (Pujawati *et al.*, 2003). Dari pernyataan di atas dapat diambil kesimpulan bahwa pupuk organik plus arang dari limbah padat industri plup sangat cocok bila dikombinasi dengan campuran spora ektomikoriza dan tanah liat.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

1. Limbah padat industri pulp (sludge) yang menggunakan pulp kayu mangium (*Acacia mangium*) berindikasi dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan pupuk organik, melalui proses pengomposan dengan waktu minimal 2 bulan.
2. Pupuk organik plus arang dari limbah padat industri pulp yang dicampur dengan tanah liat dan spora mikoriza dapat digunakan sebagai *carier* ektomikoriza.
3. Tablet pupuk organik mikoriza plus arang tersebut dapat digunakan pada media tanam dan hanya diberikan 1 kali pada saat di persemaian.
4. Pemberian tablet pupuk organik mikoriza plus arang pada tanaman dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman, menghemat pemakaian pupuk anorganik, lebih praktis dalam pengangkutan juga ramah lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2000. Pedoman pengharkatan hara kompos. Laboratorium Natural Products, SEAMEO - BIOTROP. Bogor.
- , 2003. Potensi dan kesesuaian pemanfaatan limbah padat. Berita Industri Pulp dan Kertas Indonesia. Edisi September 2003, No : 197/BIPKI/IX/2003. Hlm. 13-15. Penerbit : Asosiasi Pulp & Kertas Indonesia.
- Dalzell, H.W., A.J. Biddlestone, K. R. Gray and K. Thurairajan. 1987. Soil management compost production and use in tropical and subtropical environment. Soil Bulletin. Vol. 56. FAO. Rome.
- Gaur, A.C. 1982. A Manual of Rural Composting. Food Agriculture Organization of United Nations. Rome.
- Hesti, L. T. dan D. Prameswari. 2003. Pengaruh inokulasi tablet spora ektomikoriza *Scleroderma columnare* terhadap pertumbuhan *Shorea seminis* dan efektivitasnya pada berbagai dosis arang. Makalah disajikan pada Seminar Mikorioza. Tanggal 16 September 2003 di Bandung, hal 163-170. Prosiding Teknologi Produksi dan Pemanfaatan Inokulan Endo-Ektomikoriza untuk Pertanian, Perkebunan dan Kehutanan. Penerbit : Asosiasi Mikoriza Indonesia-Jawa Barat.

- Komarayati, S., Gusmailina dan E. Santoso. 2005. Teknologi produksi skala kecil pupuk organik mikoriza (POM) dari sludge industri kertas untuk tanaman HTI. Laporan Hasil Penelitian. Sumber Dana DIK-S Dana Reboisasi, Tahun 2004. Pusat Litbang Hasil Hutan, Bogor.
- 2006. Teknologi produksi skala kecil pupuk organik mikoriza (POM) dari sludge industri kertas untuk tanaman HTI. Laporan Hasil Penelitian. Sumber Dana DIPA, Tahun 2005. Pusat Litbang Hasil Hutan, Bogor.
- dan Ridwan A. Pasaribu. 2005. Pembuatan pupuk organik dari limbah padat industri kertas. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 23 (1) : 35 - 41, Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan. Bogor.
- dan Gusmailina. 2007. Pemanfaatan limbah padat industri pulp untuk pupuk organik. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan* 25 (2) : 137 - 146. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan. Bogor.
- 2007. Kualitas pupuk organik dari limbah padat industri kertas. *Info Hasil Hutan* 13 (2) : 165 – 173. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan. Bogor.
- Ogawa, M. 1989. Mycorrhizza and their utilization in forestry. Report on Short-termed Research Cooperation. The Tropical Rain Forest Research Project JTA (137). JICA. Japan.
- Pujawati, S., M.R. Setiawati dan Rataseca. 2003. Peranan mikoriza mikofer dan bahan organik kascing dalam translokasi PB, serapan fosfor dan hasil tanaman cabai pada tanah tercemar logam berat. Prosiding Seminar Mikoriza, 16 September 2003, Bandung. Halaman 103 – 113. Asosiasi Mikoriza Indonesia. Jawa Barat.
- Rina S. Soetopo, S. Purwati, H. Hardiani dan A. Surachman. 2002. Pengaruh kompos dari limbah lumpur IPAL industri kertas terhadap tanaman dan tanah. Prosiding Seminar Teknologi Selulosa. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Industri Selulosa. Bandung.
- Saifudin, S. 1989. Fisika Kimia Tanah. Pustaka Buana. Jakarta.
- Santoso, E. 1997. Hubungan perkembangan ektomikoriza dengan populasi jasad renik dalam rizosfer dan pengaruhnya terhadap pertumbuhan *Eucalyptus pellita* dan *Eucalyptus urophylla*. Disertasi Doktor. Program Pasca Sarjana, IPB. Bogor. (Sirkulasi Terbatas).