

**PEMANFAATAN LIMBAH PADAT INDUSTRI PULP
UNTUK PUPUK ORGANIK**

(Utilization of Pulp – Mill Sludge for Organic Fertilizer)

Oleh/By :

Sri Komarayati & Gusmailina

ABSTRACT

This experiment examined the use of pulp mill sludge by converting the solid waste into organic fertilizer. A bio-activator was imposed to accelerate the conversion process. Results revealed that the quality of sludge based organic fertilizer were regarded inferior due to its insufficient macro nutrient contents, such as P in the range of 0.47 - 0.65%, K 0.09 – 0.22%, Mg 0.07 – 0.31% and N 0.38 – 0.85%.

Such quality, however can be improved through mixing with other organic ingredients such as manure fertilizer KARYANA, organic fertilizer SUKOIJO and semi organic fertilizers ZEOSUPER and ZEOREA. The mixture between sludge based fertilizer and ZEOREA semi organic fertilizer of 10 : 1, could increase the N, P and K contents to consecutively 4.72%, 2.90% and 4.09% which made it acceptable as commercial organic fertilizer.

Keywords : *Organic fertilizer, sludge, nutrients, NPK, qualities.*

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kualitas pupuk organik dari limbah padat industri pulp, dalam rangka meningkatkan nilai tambah limbah. Penelitian pembuatan pupuk organik dilakukan selama dua bulan. Untuk mempercepat proses pengomposan digunakan aktivator hayati dengan dosis 10%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kualitas pupuk organik limbah padat industri pulp masih rendah terutama unsur hara makro seperti P 0,47 – 0,65% ; Ca 0,34 – 0,45% ; K 0,09 – 0,22% ; Mg 0,07 – 0,31% dan N 0,38 – 0,85%.

Untuk meningkatkan kualitas pupuk organik tersebut telah dilakukan pencampuran dengan bahan organik seperti pupuk kandang merk KARYANA, pupuk

organik merk SUKOIJO, pupuk semi organik ZEOSUPER dan pupuk semi organik ZEOREA. Dari hasil pencampuran dapat diketahui bahwa terjadi peningkatan unsur hara NPK. Perbandingan 10 bagian pupuk organik sludge : 1 bagian ZEOREA, dapat meningkatkan kadar N, P dan K menjadi 4,72% ; 2,90% dan 4,09%.

Kata kunci : Pupuk organik, limbah padat, hara, NPK, kualitas.

1. PENDAHULUAN

Industri kertas di Indonesia telah menerapkan Sistem Manajemen Lingkungan (SML) ISO-14001. Salah satu keuntungan dari penerapan SML ISO-14001 adalah dapat meningkatkan ekspor produk ke negara-negara Eropa dan Amerika (Rina *et al*, 2002). Namun demikian industri ini masih menghasilkan limbah padat (*sludge*) dalam jumlah besar.

Limbah padat dapat dimanfaatkan menjadi beberapa produk seperti kompos, pupuk organik mikoriza, media budidaya jamur merang, vermi kompos, kertas seni, campuran pada pembuatan karton dan lain-lain (Anonim, 2003 ; Roliadi dan Pasaribu, 2004 ; Komarayati dan Pasaribu, 2005 ; Rina *et al*, 2002). Pernah dilakukan pembuatan pupuk organik dari limbah padat industri kertas, tetapi dari hasil yang diperoleh ternyata unsur hara N, P dan K masih di bawah standar. Pupuk organik yang dihasilkan mengandung unsur hara makro (N, P dan K) rendah, sehingga perlu dilakukan peningkatan kandungan unsur hara tersebut dengan mencampurkan bahan organik yang mengandung kadar N, P dan K tinggi. Tulisan ini mengemukakan hasil penelitian pembuatan dan peningkatan kualitas pupuk organik dari limbah padat industri pulp.

II. BAHAN DAN METODE

A. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan untuk membuat pupuk organik adalah limbah padat (*sludge*) industri pulp yang mengolah bahan baku kayu mangium (*Acacia mangium*) yang diperoleh dari Palembang, Sumatera Selatan. Bahan lain yang digunakan yaitu aktivator. Untuk meningkatkan kualitas pupuk organik dari limbah padat, digunakan

pupuk organik Karyana (N 0,8%, P 2,16%, K 2,78%), pupuk organik Sukoijo (N 3%, P 8%, K 3%), pupuk organik Top (N 5%, P 5%, K 5%), pupuk organik Offer (N 4%, P 4%, K 2,5%), pupuk semi organik Zeosuper (N 30%, P 20%) dan pupuk semi organik Zeorea (N 45%, P 25%, K 30%) sebagai bahan pencampur. Peralatan yang digunakan di antaranya sekop, karung, timbangan, pH meter, higrometer, termometer dan lain-lain.

B. Metode

Sebelum dibuat pupuk organik, limbah padat yang akan digunakan dianalisis kandungannya, dengan tujuan untuk mengetahui bahan-bahan yang dapat mempengaruhi proses pengomposan. Pada proses pembuatan pupuk organik, faktor-faktor yang berpengaruh antara lain : ketersediaan mikroorganisme, karakteristik bahan baku, pH, suhu dan kelembaban. Untuk mempercepat proses dan ketersediaan mikroorganisme, dilakukan penambahan aktivator yang terdiri dari bakteri *Cytophaga sp* dan *Trichoderma pseudokoningii*.

Limbah padat ditimbang dan ditambahkan aktivator sebesar 10% (b/v), ditambah air secukupnya, kemudian diaduk sampai homogen. Selanjutnya dimasukkan ke dalam bak terbuat dari semen, ditumpuk tidak terlalu padat, bagian atas tumpukan di tutup lembaran plastik warna hitam. Tujuannya untuk menjaga kelembaban. Proses berlangsung selama dua bulan dengan kondisi suhu 27 - 32°C ; pH 6,10 - 7,50 dan kelembaban 56 - 85%. Pengamatan suhu, pH dan kelembaban dilakukan setiap hari. Tiap 1 atau 2 minggu (tergantung kondisi) dilakukan pembongkaran, pengadukan, penumpukan kembali agar proses pengomposan berjalan dengan sempurna.

Untuk mengetahui kualitas pupuk organik dilakukan analisis kadar air, pH, unsur hara makro, nisbah C/N, kandungan logam berat dan kapasitas tukar kation (KTK). Untuk mengetahui peningkatan kadar N,P dan K dilakukan pencampuran dengan bahan organik dengan perbandingan tertentu (lihat Tabel 4), setelah tercampur rata kemudian dilakukan analisis unsur hara N, P dan K. Hasil analisis dibandingkan dengan standar yang dikeluarkan oleh BIOTROP (Anonim, 2000) dan Radiansyah (2004).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pupuk Organik

Pada Tabel 1 dapat diketahui kandungan unsur hara dan logam berat yang terdapat dalam limbah padat yang digunakan sebagai bahan untuk pembuatan pupuk organik.

Tabel 1. Kandungan unsur hara dan logam berat limbah padat industri pulp
Table 1. Nutrient and heavy metal contents in sludge from pulp and paper mill

No.	Parameter (Parameters)	Hasil (Results)	Keterangan (Remarks)
1	pH (1 : 1)	7,30	Sedang (Medium)
2	Kadar air (<i>Moisture content</i>), %	35,75	Sedang (Medium)
3	C organik (<i>C organic</i>), %	20,83	Sedang (Medium)
4	N total, %	1,38	Sedang (Medium)
5	Nisbah C/N (<i>C/N ratio</i>)	16	Sedang (Medium)
6	P ₂ O ₅ total, %	0,18	Rendah (Low)
7	CaO total, %	1,74	Rendah (Low)
8	MgO total, %	0,36	Rendah (Low)
9	K ₂ O total, %	0,16	Rendah (Low)
10	Pb, ppm	12,95	Tinggi (High)
11	Cd, ppm	0,13	Rendah (Low)

Bila dilihat dari nisbah C/N limbah padat sebesar 16 (rendah), akan mempengaruhi proses pengomposan karena C/N bahan yang optimal adalah 25-40 (Gaur, 1982). Bila C/N terlalu rendah maupun terlalu tinggi, akan berpengaruh terhadap proses pengomposan. Selanjutnya pada Tabel 2 dapat diketahui hasil analisis pupuk organik dari limbah padat.

Proses pengomposan berlangsung secara mesophilik, kemungkinan disebabkan tumpukan bahan terlalu sedikit atau aktivator yang digunakan tidak cocok sehingga kerja mikroorganisme tidak maksimal, yang mengakibatkan panas yang dihasilkan tidak terlalu tinggi. Berarti proses pengomposan tidak berjalan secara sempurna. Banyak faktor yang turut berperan antara lain kelembaban dan kadar air bahan. Seperti diketahui bahwa kadar air limbah padat 35,75%, sedangkan

kadar air optimum bahan untuk pengomposan seharusnya 50-60% (Dalzell *et al.*, 1987). Tetapi hal ini dapat diatasi dengan penambahan air pada saat proses pengomposan.

Hasil analisis kualitas pupuk organik disajikan pada Tabel 2. Ditinjau dari sifat kimia, pupuk organik ini mempunyai kondisi pH 6,75 - 7,00 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, unsur hara mudah larut dalam air.

Tabel 2. Kandungan unsur hara dan logam berat pupuk organik
Table 2. Nutrient and heavy-metal contents in organic fertilizer

No.	Parameter (<i>Parameters</i>)	H a s i l (<i>Result</i>)	
		1 bulan (<i>One month</i>)	2 bulan (<i>Two months</i>)
1	pH (1 : 1)	6,75	7,00
2	Kadar air (<i>Moisture content</i>), %	51,22	40,09
3	C organik (<i>C organic</i>), %	5,33	7,69
4	N total, %	0,38	0,85
5	Nisbah C/N (<i>C/N ratio</i>)	14,00	9,00
6	P ₂ O ₅ total, %	0,47	0,65
7	CaO total, %	0,34	0,45
8	MgO total, %	0,07	0,31
9	K ₂ O total, %	0,09	0,22
10	Pb, ppm	0,01	0,06
11	Cd, ppm	-	0,03
12	Kapasitas Tukar Kation (<i>Cation exchange capacity</i>), meq/100g	26,22	35,89

Nisbah C/N pupuk organik yang dihasilkan adalah 9,00 - 14,00 telah memenuhi standar WHO tahun 1980 dalam Rina *et al.*, 2002 ; PERHUTANI tahun 1977 dalam Mindawati *et al.*, 1998 dan Anonim, 2004. Nilai Kapasitas Tukar Kation (KTK) 26,22 - 35,89 meq/g termasuk kategori tinggi (Anonim, 2000), dengan KTK tinggi akan 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 KTK rendah (Saifudin, 1989), sehingga mengakibatkan pertumbuhan tanaman akan menjadi lebih baik.

Unsur hara makro yang terdapat dalam pupuk organik limbah padat yaitu P 0,47-0,65% ; Ca 0,34-0,45% ; K 0,09-0,22% dan Mg 0,07-0,31% termasuk kategori rendah (Anonim, 2000). Unsur hara makro sangat diperlukan oleh tanaman, dimana masing-masing unsur hara akan memberikan dampak yang berbeda pada tanaman. Apabila tanaman kekurangan unsur hara P, maka tanaman tidak mampu menyerap unsur hara lain dalam jumlah cukup, karena keseimbangan hara dalam tanah akan terganggu. Unsur hara P berperan dalam mengendalikan proses-proses fisiologi tanaman (Komarayati *et al.*, 2002). Begitu juga bila kekurangan unsur hara K, metabolisme air dalam tanaman akan terganggu, sehingga berpengaruh terhadap fotosintesa dan pernafasan (Sunarlim *et al.*, 1991). Selanjutnya bila kekurangan unsur hara Ca, maka tangkai tanaman menjadi lemah, perkembangan akar terganggu dan pucuk tanaman akan mati. Selain unsur hara P, K dan Ca, ternyata unsur Mg sangat berperan dalam metabolisme fosfor (Sutarto dan Pasaribu, 1987). Oleh karena itu apabila pupuk organik ini akan di uji coba pada tanaman, sebaiknya kandungan unsur hara ditingkatkan terlebih dahulu dengan cara menambahkan bahan-bahan organik lainnya.

Logam berat Pb 0,01-0,06 ppm termasuk rendah karena nilainya di bawah baku mutu yang telah ditetapkan sebesar 5 ppm. Begitu pula Cd hanya 0,03 ppm, lebih rendah dari yang ditetapkan sebesar 1 ppm (Anonim, 1999). Berarti apabila pupuk organik ini diaplikasikan pada tanaman, tidak akan menyebabkan akumulasi logam berat pada tanah, juga tidak akan mempengaruhi pertumbuhan tanaman.

B. Peningkatan Kualitas Pupuk Organik

Berdasarkan analisis kandungan unsur hara PO (Pupuk Organik) yang telah dilakukan ternyata hasilnya belum termasuk kriteria pupuk organik, bahkan belum termasuk kompos, bila mengikuti Standar Kualitas Kompos menurut Bank Dunia, maupun Standar Kualitas PT PUSRI dan Standar Kualitas Pasar Khusus yang terinci pada Tabel 5 (Radiansyah, 2004). Bila dilihat dari kandungan N pupuk organik limbah padat sebesar 0,38 - 0,85%, sedangkan persyaratan kandungan N dalam pupuk organik minimum 7%, maka pupuk organik limbah padat hanya tergolong sebagai "*soil conditioner*" (Prihatini, 2001). Oleh sebab itu untuk mencapai kriteria

kualitas pupuk organik, maka perlu dilakukan pengayaan kandungan unsur hara melalui penambahan berbagai bahan organik lainnya.

Setelah dilakukan pencampuran antara pupuk organik limbah padat dengan beberapa bahan organik (Tabel 3) ternyata tidak semua bahan organik dapat meningkatkan kandungan N, P dan K sesuai kriteria yang ditetapkan. Hanya ada satu yaitu pupuk semi organik zeorea yang mengandung kadar N 45%, P 25% dan K 30% dapat meningkatkan kadar N,P dan K pupuk organik limbah padat secara nyata yaitu melalui perbandingan 10 bagian pupuk organik dan 1 bagian zeorea (Tabel 4). Dari hasil analisis diperoleh kadar N 4,72% ; P 2,90% dan K 4,09%, yang ternyata melebihi standar yang ditetapkan yaitu N > 2,12% ; P > 1,30% dan K > 2,00% (Radiansyah, 2004). Artinya bahwa setelah dilakukan pencampuran dengan zeorea, pupuk organik limbah padat yang semula hanya sebagai "soil conditioner" dapat ditingkatkan menjadi pupuk organik.

Tabel 3. Peningkatan kualitas unsur hara pupuk organik melalui pengayaan
Table 3. Quality enhancement of organic fertilizer by nutrient enrichment

No.	Parameter (Parameters)	Jenis bahan asal (Initial materials) (A)		Bahan pengayaan (Enrichment agents) (B)					
		PO	POA	1	2	3	4	5	6
1	N total, %	0,7	0,68	5	4	0,8	3	30	45
2	P ₂ O ₅ total, %	0,7	0,51	5	4	2,16	8	20	25
3	K ₂ O total, %	1,5	1,2	5	2,5	2,78	3	-	30

Keterangan (Remarks) : PO = Pupuk organik (*Organic fertilizer*); POA = Pupuk organik plus arang (*Organic fertilizer plus charcoal*); B1 = Pupuk organik pasaran merek TOP (*Organic fertilizer with brand mark TOP*); B2 = Pupuk organik pasaran merek OFFER (*Organic fertilizer with brand mark OFFER*); B3 = Pupuk kandang KARYANA (*Manure fertilizer with brand mark KARYANA*); B4 = Pupuk organik SUKO IJO (*Organic fertilizer with brand mark SUKO IJO*); B5 = Pupuk semi organik ZEO SUPER (*Semi organic fertilizer with brand mark ZEO SUPER*); dan B6 = Pupuk semi organik ZEOREA (*Semi organic fertilizer with brand mark ZEOREA*).

Pada Tabel 4 dapat diketahui kombinasi campuran antara pupuk organik dengan bahan-bahan organik lainnya. Mulai dari kombinasi dengan dosis terendah sampai tertinggi. Dari hasil campuran tersebut, dapat diketahui kombinasi campuran yang dapat meningkatkan unsur hara N, P dan K.

Tabel 4. Hasil analisis unsur hara N, P, K pupuk organik hasil pengayaan
 Table 4. *N, P, and K nutrients of the enriched organic fertilizer*

No.	Kombinasi pengayaan bahan (<i>Combination of enrichment substance</i>)	N (%)	P (%)	K (%)
1	1 A1 + 1 B1	2,80	2,80	3,20
	1A2 + 1 B 1	2,80	2,70	3,00
2	1 A1 + 1 B 2	2,20	2,10	1,30
	1 A 2 + 1 B 2	2,34	2,26	1,86
	1 A 2 + 1,5 B 2	2,67	2,60	2,09
3	1 A 1 + 1 B 3	0,75	1,43	2,14
	2 A 1 + 1 B 3	0,73	1,18	1,92
	1 A 1 + 2 B 3	0,76	1,67	2,35
4	1 A 2 + 1 B 3	0,74	1,34	1,99
	1 A 2 + 2 B 3	0,76	1,95	2,25
	1 A 2 + 3 B 3	0,77	1,75	2,40
	1 A 2 + 1 B 3	0,71	0,92	1,60
5	1 A 1 + 1 B 4	1,85	4,35	2,25
	2 A 1 + 1 B 4	1,46	3,13	2,00
	3 A 1 + 1 B 4	1,28	2,58	1,88
	1 A 1 + 0,5 B 4	1,47	3,13	2,00
6	1 A 2 + 1 B 4	1,84	4,30	2,10
	2 A2 + 1 B 4	1,45	3,00	1,80
	2 A 2 + 0,5 B 4	1,14	2,00	1,56
7	1 A 1 + 0,1 B 5	3,36	2,45	1,36
	10 A 1 + 1 B 5	3,36	2,45	1,36
8	10 A 2 + 1 B 5	3,35	2,28	1,09
	10 A 1 + 1 B 6	4,72	2,90	4,09
	10 A 2 + 1 B 6	4,70	2,70	3,82
9	15 A 1 + 1 B 6	3,45	2,22	4,80
	15 A 2 + 1 B 6	3,45	2,00	3,00

Keterangan (*Remarks*): A1 = Pupuk organik (*Organic fertilizer*); A2 = Pupuk organik plus arang (*Organic fertilizer added with charcoal*); B1 = Pupuk organik merk TOP (*Organic fertilizer with brand mark TOP*); B 2 = Pupuk organik merk OFFER (*Organic fertilizer with brand mark OFFER*); B 3 = Pupuk kandang merk KARYANA (*Manure fertilizer with brand mark KARYANA*); B 4 = Pupuk organik merk SUKOIJO (*Organic fertilizer with brand mark SUKO IJO*); B 5 = Pupuk semi organik merk ZEOSUPER (*Semi organic fertilizer with brand mark ZEO SUPER*); dan B 6 = Pupuk semi organik merk ZEOREA (*Semi organic fertilizer with brand mark ZEOREA*).

Tabel 5. Standar kualitas kompos menurut Bank Dunia (Persyaratan Optional sesuai permintaan pasar)

Table 5. Quality standard of compost according to the World Bank (Optional Qualities are based on market demand)

Parameter (Parameters)	Satuan (Units)	Kualitas (Qualities)	
		Standar kualitas (Quality standard of PT PUSRI)	Standar kualitas pasar khusus (Quality standard in special market)
1	Kualitas fisik (Physical qualities)		
A	Kadar air (Moisture content)	%	≤ 20
B	Kandungan humus (Humus content)	% berat kering (% based on dry weight)	
C	pH (pH)		7
D	Bau (Smell)		Berbau tanah (Soil-like smell)
2	Kualitas kimia (kadar zat hara) (Chemical qualities) (Nutrient content)		
A	N	% berat kering (% based on dry weight)	≥ 2, 12
B	P	% berat kering (% based on dry weight)	≥ 1, 30
C	K	% berat kering (% based on dry weight)	≥ 2,00
D	Mg	% berat kering (% based on dry weight)	≥ 3,19
E	S	% berat kering (% based on dry weight)	≥ 0,01
F	Mo	% berat kering (% based on dry weight)	≥ 0,05
G	B	% berat kering (% based on dry weight)	≥ 0,09
H	Ca	% berat kering (% based on dry weight)	≥ 0,97
I	C/N	Tanpa satuan (Dimensionless)	≥ 15
3	Kualitas kimia (kadar logam berat) (Chemical qualities) (Heavy-metal content)		
A	As	Mg/kg berat kering (mg/kg based on dry weight)	< 10
B	Cd	Mg/kg berat kering (mg/kg based on dry weight)	< 3
C	Cr	Mg/kg berat kering (mg/kg based on dry weight)	< 45
D	Cu	Mg/kg berat kering (mg/kg based on dry weight)	< 150
E	Hg	Mg/kg berat kering (mg/kg based on dry weight)	< 1

	F	Ni	Mg/kg berat kering (mg/kg based on dry weight)		< 50
	G	Pb	Mg/kg berat kering (mg/kg based on dry weight)		< 150
	H	Zn	Mg/kg berat kering (mg/kg based on dry weight)		< 400
4	Kualitas biologis (<i>Biological qualities</i>)				<
	A	Coliform	MPN/g kompos (<i>MPN/g compost</i>)		< 1,00
	B	Salmonella sp	MPN/g kompos (<i>MPN/g compost</i>)		< 3

Sumber (*Source*) : Radiansyah (2004).

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kualitas pupuk organik yang dihasilkan dari limbah padat industri pulp antara lain : unsur hara makro N, P dan K masih rendah yaitu 0,38 – 0,85% ; 0,47 – 0,65% dan 0,09 – 0,22%. Nisbah C/N 9,00 – 14,00 dan KTK 25,22 – 35,89 meq/100 g telah memenuhi standar. Logam berat Pb 0,01 – 0,06 ppm dan Cd 0,03 ppm termasuk rendah dan telah memenuhi persyaratan baku mutu.
2. Peningkatan unsur hara N, P dan K pupuk organik limbah padat industri pulp dengan mencampur 10 bagian PO dan 1 bagian ZEOREA menunjukkan terjadi peningkatan N menjadi 4,72% ; P 2,90% dan K 4,09%. Kadar N,P dan K ini telah melebihi standar pupuk organik yang ditetapkan.
3. Untuk mengetahui efektivitas pupuk organik yang telah ditingkatkan kualitasnya, perlu dilakukan di uji coba pada tanaman.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1999. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 18 tahun 1999 dan perubahannya No. 85 tahun 1999 Tentang Pengelolaan Limbah B3, Bapedal. Jakarta.
- _____. 2000. Pedoman pengharkatan hara kompos. Laboratorium Natural Products, SEAMEO – BIOTROP. Bogor.
- _____. 2003. Study on utilization of economic instruments to encourage the sustainable use of natural resources and internalize environmental impacts resulting from trade liberalization and expose growth in the industrial sector. By prepared. Ministry for Environment Republic of Indonesia. Jakarta. (Unpublished).
- _____. 2004. Spesifikasi Kompos Dari Sampah Organik Domestik. SNI 19-7030-2004. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- 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.
- Komarayati, S., Gusmailina dan G. Pari. 2002. Pembuatan kompos dan arang kompos dari serasah dan kulit kayu tusam. Buletin Penelitian Hasil Hutan (20) 3 : 231 - 242. Pusat Litbang Teknologi Hasil Hutan. Bogor.
- Komarayati, S dan R.A. Pasaribu. 2005. Pembuatan pupuk organik dari limbah padat industri kertas. Jurnal Penelitian Hasil Hutan (23) 1 : 35 - 41. Pusat Litbang Hasil Hutan. Bogor.
- Mindawati, N., N.H.L. Tata, Y. Sumarna dan A.S. Kosasih. 1998. Pengaruh beberapa macam limbah organik terhadap mutu dan proses pengomposan dengan bantuan efektif mikroorganisme 4 (EM4). Buletin Penelitian Hutan Bogor. 614 : 29 - 40.
- Prihatini, T. 2001. Menuju Quality Control Pupuk Organik. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Departemen Pertanian. Jakarta.
- Radiansyah, A. D. 2004. Pemanfaatan Sampah Organik menjadi Kompos. Makalah pada Stadium Generale Fakultas Kehutanan IPB, Bogor. Kementrian Lingkungan Hidup. Jakarta.
- 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, tanggal 24 Oktober 2002 di Bandung. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Industri Selulosa. Bandung.

- Roliadi, H. dan R.A. Pasaribu. 2004. Teknologi pembuatan dan peningkatan kualitas karton dari sludge industri pulp dan kertas serta tandan kosong kelapa sawit (TKKS) pada skala kecil. Laporan Hasil Penelitian. Pusat Litbang Hasil Hutan. Bogor.
- Saifudin, S. 1989. Fisika Kimia Tanah Pertanian. Pustaka Buana. Jakarta.
- Sunarlim, N., T. Sudaryanto dan H. Anwarhan. 1991. Pengaruh pemupukan P dan K pada kedelai di lahan tadah hujan Wonogiri. *Pertimbangan Teknik dan Ekonomik Penelitian Pertanian. Penelitian Pertanian*, 11 (1) : 33-37. Balai Penelitian Tanaman Pangan, Bogor. Badan Litbang Pertanian.
- Sutarto, Ig.V. dan D. Pasaribu. 1987. Fosfat dan kapur sebagai amelioran bagi pertumbuhan dan hasil kacang tanah pada tanah bereaksi masam di Way Abung, Lampung Utara. Seminar Balittan, 13 Juni 1987 di Bogor. Balai Penelitian Tanaman Pangan. Bogor. Badan Litbang Pertanian.