

APLIKASI PEMANFAATAN LIMBAH PADAT IPAL PABRIK KERTAS SEBAGAI KOMPOS UNTUK PERTUMBUHAN TANAMAN

(APPLICATION OF PAPER MILL SOLID WASTE UTILIZATION AS COMPOST FOR
THE PLANT GROWTH)

Rina S Soetopo*); Sri Purwati*); Yusup Setiawan*); Henggar Hardiani*)
*) Balai Besar Pulp dan Kertas

ABSTRAK

Penelitian terhadap produksi dan aplikasi kompos dari limbah padat IPAL pabrik kertas untuk tanaman keras telah dilakukan. Penelitian dilakukan dalam tiga tahap yaitu karakterisasi limbah padat, pembuatan kompos dari limbah padat IPAL, serta uji coba kompos pada tanaman sengon dan jarak pagar. Karakterisasi limbah padat meliputi parameter yang berhubungan dengan indikator pencemaran dan potensi limbah untuk dimanfaatkan. Proses pembuatan kompos berlangsung selama 80 hari dengan penambahan bahan pencampur serbuk kayu 20%v/v. Uji coba aplikasi kompos dilakukan di area lahan terbuka pada dua jenis tanaman yaitu tanaman sengon (*Albizia falcataria*) dan jarak pagar (*Jatropha curcas*) dengan variasi dosis 10; 20; 30 kg/pohon dan kontrol. Pengamatan pengaruh kompos terhadap tanaman dilakukan sampai umur tanam 6 bulan. Parameter pengamatan meliputi pertumbuhan vegetatif yang meliputi tinggi dan diameter batang serta berat batang total pada akhir percobaan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa limbah padat IPAL mengandung bahan organik yang dapat dimanfaatkan sebagai kompos. Kompos yang dihasilkan mengandung unsur-unsur hara makro yang telah memenuhi persyaratan kompos. Kandungan logam berat dalam kompos menunjukkan nilai yang jauh di bawah nilai maksimal dalam persyaratan kompos yang berlaku. Aplikasi kompos sampai 30 kg/pohon pada perlumbuan tanaman sengon dan jarak pagar, menunjukkan pengaruh yang lebih baik dibanding tanpa aplikasi kompos.

Kata kunci : limbah padat IPAL; kompos; pabrik kertas; tanaman sengon dan jarak

ABSTRACT

Research on the production and application of paper mill solid waste from waste water treatment plant (WWTP) as compost for the plant growth has been conducted. Research were conducted at three stages that is solid waste characterization, solid waste composting, and application of compost at plants. Solid waste mixed with 20%v/v wood waste and composted during 80 days. On the farm area, 0;10; 20; 30 kg/plant of compost were applied to two plants species that is *Albizia Falcataria* (sengon) and *Jatropha Curcas* (jarak pagar). The application effect of various compost doses on the vegetatif growth of plants were investigated during 6 month.

Result indicate that the organic material in paper mill solid waste could be used as compost. The compost resulted contain macro elements nutrient fulfilling compost standard. Heavy metals content in compost was below compost standard. The application effect of 30 kg compost to *Albizia Falcataria* and *Jatropha Curcas* plants has indicated better result than without compost.

Keyword : solid waste; compost; paper mill; *Albizia Falcataria*, *Jatropha Curcas*.

PENDAHULUAN

Industri kertas merupakan salah satu industri yang banyak menghasilkan limbah, terutama limbah padat dari Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Jumlah produksi limbah padat IPAL industri kertas sangat besar berkisar antara 3 - 4 % dari kapasitas produksinya. Saat ini, pengelolaan limbah padat IPAL industri kertas di Indonesia, masih belum dilakukan secara baik. Sebagian besar, pengelolaan limbah padat IPAL industri kertas di Indonesia dilakukan secara *open dumping* dan beberapa dengan cara pembakaran serta sebagian kecil dari industri pulp dan kertas di Indonesia yang melakukan pembuangannya dengan cara landfill. Pengelolaan limbah padat industri secara *open dumping*, sangat berpotensi terhadap terjadinya pencemaran lingkungan, terutama terhadap air permukaan maupun air tanah (Ferguson, 1991). Untuk itu, industri kertas perlu melakukan antisipasi terjadinya permasalahan lingkungan dengan cara pengelolaan limbah yang baik dan benar.

Karakteristik limbah padat IPAL dapat dibagi dalam 3 kelompok, tergantung dari proses pengolahan air limbahnya yaitu lumpur primer dari IPAL sistem fisika-kimia, lumpur sekunder dari IPAL biologi dan campuran lumpur primer dan sekunder. Komposisi lumpur primer terutama terdiri dari serat-serat selulosa, sedangkan lumpur biologi terutama terdiri dari biomassa hasil degradasi zat-zat organik dalam air limbah oleh lumpur aktif. Ferguson (1991) menyatakan bahwa limbah padat IPAL industri kertas mengandung unsur-unsur hara makro yang bermanfaat untuk meningkatkan kesuburan tanah. Komposisi bahan organik yang terkandung didalamnya terdiri atas serat selulosa 59-72%, dan hemiselulosa 7-10% (Sosulski, 1993).

Atas dasar komposisi organik limbah tersebut di atas, pengelolaan limbah padat IPAL industri kertas dengan cara memanfaatkannya sebagai kompos merupakan salah satu alternatif yang dapat dikembangkan (Carter, 1983). Proses pengomposan merupakan salah satu cara pengelolaan limbah organik yang ramah lingkungan, biaya relatif murah serta menghasilkan produk kompos yang bermanfaat. Selain itu, juga berperan dalam mengurangi tingkat pencemaran lingkungan dan membantu melestarikan sumber daya alam (Anonimous,

2001). Kompos yang dihasilkan dapat berfungsi untuk memperbaiki sifat fisik, kimia dan biologi tanah yang dapat menunjang pertumbuhan tanaman yang berkelanjutan.

Pengembangan aplikasi kompos dapat memberi harapan besar dalam upaya mengatasi masalah pengelolaan limbah padat IPAL di industri kertas. Namun dalam pelaksanaannya, masih ada permasalahan dan kendala yang dihadapi. Permasalahan utama yang dihadapi industri adalah belum adanya peraturan pemerintah yang mengatur pengelolaan limbah industri yang tidak termasuk limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3). Permasalahan lain, adalah di Indonesia belum banyak data yang menjelaskan tentang pengaruh aplikasi kompos limbah padat IPAL industri kertas terhadap tanaman.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui potensi limbah padat IPAL industri kertas sebagai kompos serta pengaruhnya terhadap pertumbuhan tanaman. Hasil penelitian ini diharapkan dapat mendorong upaya pemanfaatan limbah padat IPAL di industri kertas yang ramah lingkungan.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan peralatan

Limbah padat yang digunakan dalam penelitian ini merupakan campuran dari limbah lumpur primer-sekunder dari Instalasi Pengolahan air limbah (IPAL) industri kertas yang memproduksi kertas koran. Limbah padat diambil dari IPAL yang hanya mengolah air limbah dari proses pembuatan kertas (tanpa air limbah dari proses *deinking*) dan telah mengalami proses *dewatering* sampai kadar padatan sekitar 25-30%. Serbuk kayu digunakan sebagai bahan pencampur, kotoran sapi sebagai sumber bibit mikroba dan urea untuk mengoptimalkan C/N ratio limbah dalam proses pengomposan. Aplikasi uji coba kompos dilakukan pada 2 jenis tanaman yaitu *Albizia falcataria* (sengon) umur 2 bulan dengan tinggi rata-rata $1,2 \pm 0,2$ m dan diameter rata-rata $1,3 \pm 0,3$ cm, sedang tanaman lainnya adalah *Jatropha curcas* (jarak pagar) yang ditanam dari bibit biji. Biji tanaman jarak disemai, kemudian dipindah ke lokasi tanah percobaan. Tinggi rata-rata batang pada awal tanam adalah 22 ± 2 cm dengan diameter rata-rata $1,2 \pm 0,2$ cm. Bibit

tanaman sengan dan jarak pagar diperoleh dari tempat pembibitan di daerah Mojokerto Jawa Timur.

Peralatan yang digunakan meliputi alat-alat penanaman yang terdiri dari cangkul, sekop, timbangan, slang air. Peralatan yang digunakan untuk memantau proses pengomposan adalah termocouple, kelembaban dan pH meter. Area lahan terbuka diperlukan sebagai tempat uji coba aplikasi kompos pada tanaman.

2. Metoda Penelitian

Penelitian dilakukan dalam tiga tahap yaitu karakterisasi limbah padat, pembuatan kompos, dan uji coba kompos pada tanaman sengan dan jarak pagar. Karakterisasi meliputi parameter unsur-unsur hara untuk mengetahui potensi pemanfaatannya, logam TCLP dan logam total serta toksisitas akut untuk menentukan indikasi pencemaran.

a. Pembuatan Kompos Limbah Padat

Teknik pengomposan yang dilakukan adalah teknik konvensional dengan metode *open air periodically-turned static pile* (Valzano, 2000). Limbah padat dengan kadar air 70 - 75% dicampur dengan serbuk kayu yang berfungsi sebagai *bulking agent*. Tahap-tahap pembuatan kompos dapat dilihat pada Gambar 1.

Komposisi campuran bahan dalam proses pengomposan adalah limbah padat IPAL dan serbuk kayu dengan perbandingan 80% : 20%v/v. Berat total campuran limbah padat dan serbuk kayu dalam satu tumpukan ± 500 kg dengan volume 1,0 x 1,0 x 1,5 m. Ke dalam tumpukan tersebut ditambahkan urea sebanyak 1,22 kg per 100 kg limbah padat (dasar kering), kotoran sapi yang telah difermentasi selama 2 hari sebanyak 0,4 %w/w

(dasar kering), kemudian diaduk secara merata.

Selama proses pengomposan, tumpukan ditutup dengan plastik. Pengadukan tumpukan dilakukan secara periodik 1 minggu sekali. Proses pengomposan dilakukan sampai mencapai persyaratan kompos matang selama 80 hari. Pengamatan dilakukan terhadap suhu, pH dan kelembaban setiap hari. Pada akhir proses pengomposan dilakukan analisis kualitas kompos yang meliputi parameter unsur-unsur hara makro. Analisis unsur-unsur hara makro dilakukan di Balai Litbang Pertanian – Lembang.

b. Uji Coba Aplikasi Kompos Pada Tanaman

Uji coba aplikasi kompos pada tanaman dilakukan di area lahan terbuka. Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan acak kelompok (RAK) dengan 3 blok dan 4 variasi dosis kompos yaitu 10; 20 dan 30 kg/pohon dan kontrol sebagai pembandingan dengan masing-masing variasi terdiri dari 6 tanaman. Tata cara penanaman sengan dan jarak pagar dilakukan sesuai dengan petunjuk operasional penanaman. Selama percobaan tidak dilakukan penambahan pupuk sintetis. Parameter pengamatan dilakukan terhadap pertumbuhan vegetatif yang meliputi tinggi batang, diameter batang dan berat batang total. Penimbangan hanya dilakukan terhadap batang dan ranting. Frekwensi pengamatan tinggi dan diameter batang dilakukan satu bulan sekali, sedangkan berat batang ditimbang setelah 6 bulan umur tanam.

c. Evaluasi Data

Evaluasi data karakteristik limbah dilakukan dengan cara membandingkannya dengan baku mutu limbah B3 menurut PP 19 Jo. 85, 1999, ECDG, 2001. Evaluasi data suhu selama proses pengomposan dilakukan dengan cara



Gambar 1. Tahap-Tahap Proses Pengkomposan Limbah padat Industri Kertas

menghitung perioda suhu termofilik dan suhu mesofilik. Evaluasi data kualitas kompos dilakukan dengan cara membandingkan dengan baku mutu persyaratan kompos menurut SNI, US-EPA, EU dan Australia. Data pertumbuhan vegetatif, diolah dengan menggunakan statistik parametrik univariate. Terhadap data hasil analisis statistik yang menunjukkan adanya perbedaan yang nyata antar perlakuan dosis, analisis dilanjutkan dengan uji *post hoc comparison* menurut Duncan pada selang kepercayaan 95% (Santoso.S, 2004). Evaluasi statistik dilakukan dengan software program Statistical Product and Service Solutions (SPSS) series 12.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Karakteristik Limbah padat IPAL industri kertas

Hasil analisis logam berat TCLP limbah padat IPAL industri kertas menunjukkan nilai-nilai sebagai berikut As < 0,004 mg/L; Cd < 0,005 mg/L; Cr < 0,02 mg/L; Cu < 0,02 mg/L; Pb < 0,06 mg/L; Hg < 0,5 – 0,11 µg/L; Ag < 0,004 mg/L, yang seluruhnya berada pada konsentrasi sangat rendah jauh di bawah konsentrasi maksimum kontaminan menurut PP No.18 dan 85 Tahun 1999 tentang Pengelolaan Limbah B3. Demikian pula, hasil uji toksisitas akut memberikan nilai LD₅₀ sangat tinggi yaitu 16.665 mg/kg b.b yang termasuk dalam klasifikasi "Praktis Tidak Toksik" menurut Lu, 1999 dan PP No. 74 Tahun 2001. Berdasarkan hasil analisis TCLP dan toksisitas tersebut, limbah padat IPAL industri kertas dapat diklasifikasi dalam kategori bukan limbah B3 sehingga aman untuk dimanfaatkan.

Hasil analisis kandungan unsur-unsur hara pada limbah padat dapat dilihat pada Tabel 1. Limbah padat IPAL industri kertas masih banyak mengandung air (72 – 76%). Hal tersebut menyebabkan limbah belum dapat dimanfaatkan langsung sebagai kompos.

Limbah padat IPAL industri kertas dengan pH sekitar 7,2 - 7,3, sangat sesuai untuk kehidupan mikroba dalam proses pengomposan. C-organik (24,15– 28,49 %) dalam limbah, berasal dari bahan baku proses industri kertas yang tersuspensi dalam air limbah. C/N ratio (91 – 100) limbah padat IPAL termasuk tinggi, hal ini lebih disebabkan oleh kandungan nitrogen yang sangat rendah. Unsur-

Tabel 1. Data Hasil Analisis Unsur Hara

Parameter Unit Satuan	Kandungan unsur hara (mg/kg)	
	Hasil uji	Literatur ¹⁾
pH	-	7,2 - 7,32
Organik C	%	24,15 – 28,49
Nitrogen (N)	%	0,24 – 0,31
C/N ratio	-	91 - 100
Posfor (P)	%	0,05 – 0,65
Kalium (K)	%	0,17 – 0,77
Kalsium (CaO)	%	14,34 - 16,18
Kadar air	%	72 - 76

Sumber: ¹⁾ ECDG 2001;

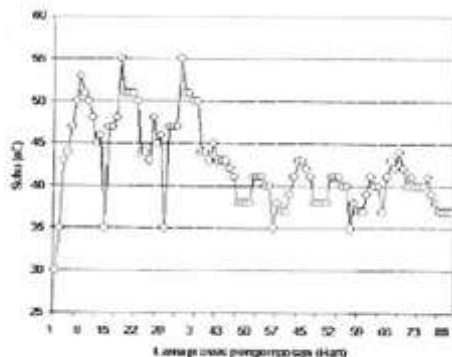
unsur lain yang terkandung dalam limbah padat yaitu posfor dan kalium, namun kadarnya relatif kecil. Berdasarkan data analisis pada Tabel 1 tersebut, menunjukkan bahwa limbah padat IPAL berpotensi untuk dikomposkan.

2. Pembuatan Kompos Limbah Padat IPAL Industri Kertas

a. Proses pengomposan

Proses pengomposan limbah padat IPAL berlangsung selama 80 hari. Selama rentang waktu tersebut, terjadi peningkatan suhu secara bertahap sampai mencapai suhu termofilik yang kemudian menurun kembali pada kisaran suhu mesofilik hingga mencapai suhu lingkungan. Adanya peningkatan suhu sampai mencapai suhu termofilik tersebut, merupakan salah satu indikator keberhasilan proses pengomposan. Pada kisaran suhu tersebut, degradasi organik kompleks terjadi secara efektif. Hasil pengamatan suhu selama proses pengomposan dapat dilihat pada Gambar 2.

Terjadinya peningkatan suhu sampai di atas 45°C, menunjukkan adanya aktivitas



Gambar 2. Fluktuasi suhu selama proses pengomposan

mikroba termofilik. Aktivitas mikroba termofilik sangat berpotensi dalam penguraian bahan-bahan organik kompleks, oleh sebab itu tercapainya suhu termofilik merupakan salah satu persyaratan dalam proses pengomposan bahan organik (Briston, 2000). Pada penelitian ini, kadar air selama terjadi proses pengomposan menunjukkan kisaran 58% -74% dan pH 6,61-8,03. Kisaran kadar air tersebut sedikit lebih tinggi dari kisaran optimum. Sedangkan kisaran pH sudah memenuhi syarat proses pengomposan. Kadar air dan pH optimum pada proses pengomposan masing-masing 55% -70% dan 6 - 8 (Briston, 2000).

b. Kualitas kompos

Proses pengomposan limbah padat IPAL pabrik kertas yang dilakukan pada penelitian ini memerlukan waktu selama 80 hari untuk mencapai persyaratan kompos matang. Data hasil analisis kualitas kompos dapat dilihat pada Tabel 2. pH kompos sangat menentukan mudah tidaknya unsur-unsur hara diserap tanaman. pH

kompos yang dihasilkan pada penelitian ini bersifat netral cenderung basa yaitu 8 dan masuk dalam persyaratan kompos menurut Perhutani. Kandungan unsur-unsur hara makro dalam kompos limbah menunjukkan nilai yang cukup tersedia. Kandungan Karbon (C-total) dan Nitrogen (N-total) dalam kompos menunjukkan nilai yang telah memenuhi persyaratan kompos. Tetapi bila ditinjau dari C/N rasio menunjukkan nilai yang sedikit lebih tinggi dari persyaratan. Kandungan fosfat dan kalium dalam kompos cukup untuk menunjang pertumbuhan tanaman.

Selain mengandung unsur-unsur hara yang berpotensi untuk kesuburan tanaman, kompos juga mengandung beberapa logam berat total. Mengingat bahwa sifat logam berat tidak dapat terurai oleh mikroba selama proses pengomposan, maka kadar logam dalam limbah harus dikontrol dan tidak boleh melebihi ambang batas dari peraturan yang berlaku. Hasil analisis logam berat total yang terkandung dalam limbah padat dan kompos yang dihasilkan dilihat pada Tabel 3.

Tabel 2. Data Analisis Kualitas Kompos dari limbah padat IPAL Industri kertas

Parameter	Satuan	Hasil analisis	Persyaratan kompos		
			SNI*	Perhutani	WHO**
H ₂ O	%	41,36	-	24,9 – 52,6	-
Berat Jenis	g/L	0,726	-	0,413 – 0,9	-
pH	-	8	6,8 - 7,49	6,6 - 8,2	6,5 - 7,5
Organik C	%	12,94	9,8 - 32	14,5 – 27,1	8-5
Nitrogen (N) total	%	0,55	0,4	0,6 - 2,1	0,4 - 3,5
C/N ratio	-	24	10-20	10 - 20	10-20
P sebagai P ₂ O ₅	%	0,52	0,1	0,3 - 1,8	0,3 - 3,5
K sebagai K ₂ O	%	0,44	0,2	0,2 - 1,4	0,5 - 1,8

* SNI 19-7030-2004: Spesifikasi kompos dari sampah organik domestik; ** WHO, 1980

Tabel 3. Kandungan Logam Berat Dalam Limbah dan Kompos

Logam Berat	Limbah padat (mg/kg)	Kompos (mg/kg)	Literatur (mg/kg) ¹⁾	Standar Kompos, mg/kg			
				SNI ²⁾	EPA ³⁾	Uni Eropa ⁴⁾	Australia ⁵⁾
Arsen (As)	0,63	1,24	<0,01 - 1,4	13	41	-	20
Kadmium (Cd)	0,01	< 0,01	<0,003 - 2,1	3	39	2,0	3
Kromium (Cr)	0,66	6,3	12,7 – 168	210	1200	100	100
Tembaga (Cu)	33,8	79,5	-	100	1500	100	100
Kobalt (Co)	-	2,83	-	34	-	-	-
Timbal (Pb)	4,15	6,96	3,0 – 294	150	300	150	150
Nikel (Ni)	4,58	4,21	6,4 - 33,8	62	420	50	60
Merkuri (Hg)	<0,06	< 0,06	0,02 - 1,9	0,8	17	0,5	1
Zink (Zn)	82,0	-	43 – 460	500	2800	400	200

¹⁾ Ferguson, 1991

²⁾ SNI 19-7030-2004: Spesifikasi kompos dari sampah organik domestik;

³⁾ Journal of the Woods End Research Laboratory, 2005 Vol 2 No.1

⁴⁾ Australian standard for compost, soil conditioner, 1990;

Kadar logam berat dalam limbah padat IPAL industri kertas, masuk dalam kisaran kadar logam berat dalam limbah padat IPAL industri kertas yang dikemukakan oleh Ferguson(1991). Setelah proses pengomposan, hampir semua kadar logam berat menunjukkan peningkatan. Peningkatan tersebut, disebabkan oleh terjadinya penyusutan berat limbah yang dikomposkan sebagai akibat dari proses pengomposan. Namun demikian, semua parameter logam berat dalam kompos menunjukkan nilai yang jauh di bawah nilai maksimal dalam persyaratan kompos menurut SNI-19-7030-2004 maupun persyaratan dari beberapa Negara lain seperti USA, Uni Eropa, Australia (Tabel 3). Berdasarkan hasil perbandingan tersebut, maka dapat dinyatakan bahwa logam berat yang terkandung dalam kompos limbah padat aman terhadap lingkungan.

Aplikasi Kompos Terhadap Tanaman

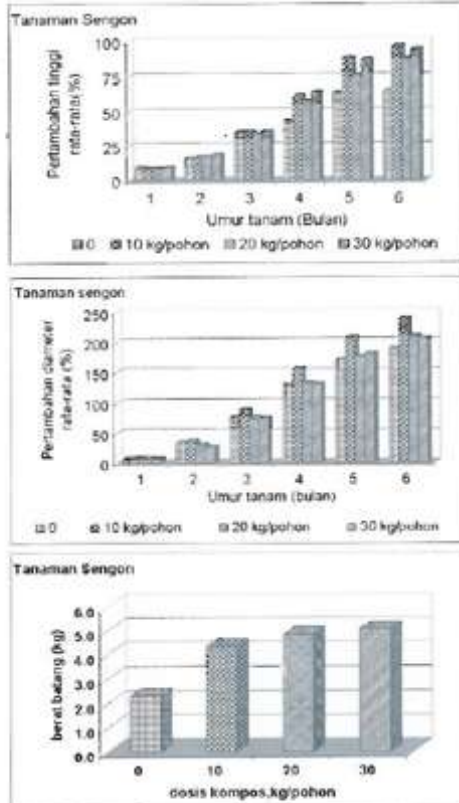
a. Karakteristik Tanah Uji Coba

Tanah uji coba yang digunakan pada penelitian ini termasuk tanah yang tidak subur. Hal tersebut dapat diketahui dari hasil analisis sifat fisik dan kandungan unsur hara makro tanah. Berdasarkan analisis sifat fisik, tanah termasuk kelompok lempung berpasir, dengan komposisi fraksi pasir 80-84%, fraksi debu 7-10 %, dan fraksi liat 9-11%. Kondisi tanah

lempung berpasir tersebut tidak sesuai untuk tanaman, karena tidak dapat menyimpan unsur hara. Berdasarkan analisis unsur hara makro, pH tanah berkisar antara 8,2 - 8,4, dengan kandungan C-organik (0,19 - 0,37%) dan N-total (0,01 - 0,02%) sangat rendah. Demikian juga unsur-unsur kation yang dapat dipertukarkan, seperti Ca (2,61 - 4,14 me/100g), Mg (0,49 - 0,79 me/100g) umumnya tergolong rendah. Kandungan KTK (2,25 - 3,75 me/100g) tergolong sangat rendah.

Dengan memberi perlakuan kompos pada tanah tersebut, diharapkan dapat meningkatkan kemampuan menyimpan unsur hara sehingga kapasitas tukar kation tanah juga meningkat. Dengan demikian tanah mampu menyediakan unsur-unsur hara yang diperlukan untuk pertumbuhan tanaman.

Hasil analisis logam berat dalam tanah uji coba menunjukkan nilai-nilai sebagai berikut Hg < 0,06 $\mu\text{g/g}$; Cd < 0,01 $\mu\text{g/g}$; Pb < 0,07 $\mu\text{g/g}$; Cu 18,1 - 24,8 $\mu\text{g/g}$; Ni 1,82 - 2,45 $\mu\text{g/g}$; As 1,59 - 2,58 $\mu\text{g/g}$; Co 3,38 - 4,50 $\mu\text{g/g}$; Cr



Gambar 3. Data pertumbuhan rata-rata tanaman sengon dengan perlakuan dosis kompos selama 6 bulan umur tanam

0,24 - 0,68 $\mu\text{g/g}$, yang tergolong rendah dan masuk dalam kisaran logam dalam tanah menurut Alloway, 1995. Kisaran logam dalam tanah menurut Alloway 1995, adalah Hg 0,01 - 0,5 $\mu\text{g/g}$; Cd 0,01 - 2,0 $\mu\text{g/g}$; Pb 2 - 300 $\mu\text{g/g}$; Cu 2 - 250 $\mu\text{g/g}$; Ni 2 - 750 $\mu\text{g/g}$; As 0,1 - 40 $\mu\text{g/g}$; Co 0,5 - 65 $\mu\text{g/g}$; dan Cr 5 - 1500 $\mu\text{g/g}$.

b. Pengaruh Kompos Terhadap tanaman

• Tanaman sengon (*Albizia falcataria*)

Sengon merupakan tanaman dari kelompok *leguminosaceae* yang tumbuh di daerah tropis. Tanaman ini banyak dibudidayakan untuk tanaman pelindung dan kayunya banyak digunakan sebagai bahan bangunan dan juga sebagai bahan baku industri pulp

dan kertas. Pengaruh kompos terhadap pertumbuhan tanaman sengon di tanah uji coba pada area lahan terbuka dapat dilihat pada Gambar 3. Secara visual, pengaruh kompos terhadap pertumbuhan tinggi batang sengon mulai tampak setelah 3 bulan umur tanam. Berdasarkan pertumbuhan tinggi dan diameter batang per bulan serta berat batang total setelah 6 bulan, menunjukkan bahwa kompos limbah padat IPAL industri kertas berpengaruh positif terhadap pertumbuhan vegetatif tanaman sengon.

Setelah umur tanam 6 bulan, pertumbuhan tinggi rata-rata batang sengon adalah 97% untuk sengon yang diberi 10 kg/pohon, 87% untuk sengon yang diberi 20 kg/pohon dan 94% untuk sengon yang diberi 30 kg/pohon serta 64% untuk sengon yang tidak diberi kompos. Evaluasi statistik terhadap data persentase pertumbuhan tinggi batang sengon menunjukkan bahwa pemberian kompos sampai 30 kg/pohon menunjukkan hasil lebih baik dan berbeda nyata terhadap perlakuan tanpa kompos.

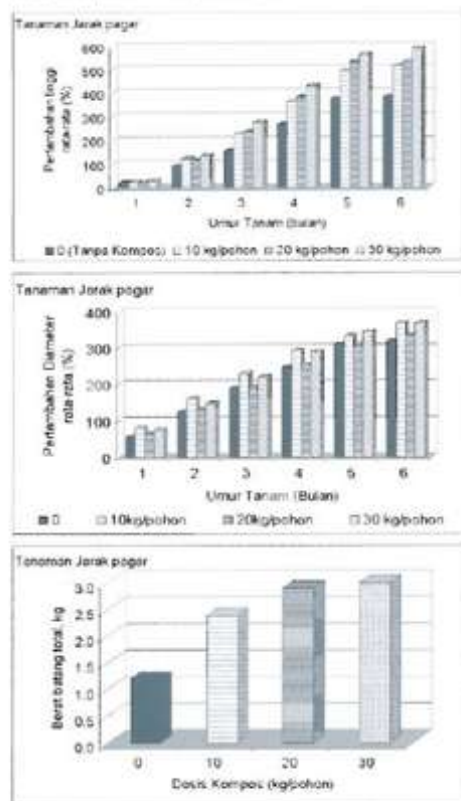
Demikian pula, terhadap pembesaran diameter tanaman sengon yang menunjukkan hal yang sama dengan tinggi batang sengon, yaitu berpengaruh positif. Pengaruh kompos terhadap pembesaran diameter batang sengon mulai tampak setelah 2 bulan umur tanam dan setelah 6 bulan umur tanam, pembesaran diameter rata-rata batang sengon adalah 239% untuk sengon yang diberi 10 kg/pohon, 208% untuk sengon yang diberi 20 kg/pohon dan 207% untuk sengon yang diberi 30 kg/pohon serta 189% untuk sengon yang tidak diberi kompos. Hasil evaluasi statistik menunjukkan bahwa penambahan kompos 10 kg/pohon menunjukkan hasil tertinggi dan berbeda nyata terhadap perlakuan tanpa kompos. Sedangkan penambahan kompos 20 kg/pohon dan 30 kg/pohon tidak menunjukkan perbedaan yang nyata terhadap perlakuan tanpa kompos.

Berat rata-rata batang tanaman sengon pada perlakuan yang diberi kompos 10 kg/pohon, 20 kg/pohon, 30 kg/pohon dan tanpa pemberian kompos masing-masing berturut-turut adalah 4,4 kg, 4,9 kg dan 5,1 kg dan 2,3 kg. Hasil evaluasi statistik, menunjukkan bahwa perlakuan dosis kompos berpengaruh nyata terhadap berat rata-rata tanaman sengon. Penambahan kompos sampai 30 kg/pohon

menunjukkan hasil lebih besar dan berbeda nyata terhadap perlakuan tanpa kompos

• Tanaman jarak pagar (*Jatropha curcas*).

Tanaman jarak pagar merupakan tanaman dari famili *Euphorbiaceae*, berupa perdu dengan tinggi 1 – 7 m, bercabang tidak teratur, batangnya berkayu, silindris. Tanaman ini banyak dibudidayakan untuk memperoleh bijinya. Biji ini banyak mengandung minyak dengan rendemen sekitar 35 – 45%. Minyak yang dihasilkan sangat potensial untuk dimanfaatkan sebagai bahan bakar alternatif. Hasil pengamatan pertumbuhan tanaman jarak pagar dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Data pertumbuhan rata-rata tanaman jarak pagar dengan perlakuan dosis kompos selama 6 bulan umur tanam

Pengaruh kompos terhadap pertumbuhan tinggi batang jarak mulai tampak setelah 1 bulan umur tanam. Secara visual, tanaman jarak pagar yang diberi kompos 10 kg/pohon, 20 kg/pohon dan 30 kg/ton menunjukkan pertumbuhan yang lebih tinggi dari yang tidak diberi kompos dan setelah 6 bulan umur tanam, tinggi rata-rata tanaman yang diberi kompos 10 kg/pohon, 20 kg/pohon dan 30 kg/pohon masing-masing berturut-turut meningkat 516%, 530% dan 589% sedangkan tinggi batang yang tanpa diberi kompos menunjukkan peningkatan 384%. Hasil evaluasi statistik, menunjukkan bahwa perlakuan dosis kompos berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan tinggi rata-rata. Penambahan kompos sampai 30 kg/pohon menunjukkan hasil yang lebih besar dan berbeda nyata dari perlakuan tanpa kompos.

Setelah 6 bulan umur tanam, diameter rata-rata batang jarak yang diberi kompos 10 kg/pohon, 20 kg/pohon dan 30 kg/pohon masing-masing berturut-turut meningkat 369%, 333% dan 370%. Sedangkan diameter batang yang tanpa diberi kompos menunjukkan peningkatan 319%. Hasil evaluasi statistik, menunjukkan pemberian kompos sampai 30 kg/pohon menunjukkan hasil yang lebih besar dan berbeda nyata dengan perlakuan tanpa kompos.

Berat rata-rata batang tanaman jarak pada perlakuan yang diberi kompos 10 kg/pohon, 20 kg/pohon dan 30 kg/pohon masing-masing berturut-turut adalah 2,4 kg, 2,9 kg dan 3,3 kg. Sedangkan berat tanaman tanpa pemberian kompos adalah 1,2 kg. Hasil evaluasi statistik, menunjukkan bahwa perlakuan dosis kompos berpengaruh nyata terhadap berat rata-rata tanaman jarak setelah umur tanam 6 bulan. Penambahan kompos sampai 30 kg/pohon menunjukkan hasil yang lebih besar dan berbeda nyata dengan perlakuan tanpa kompos.

Aspek Ekonomis

Analisis unit usaha kompos dapat dilihat pada Tabel 4. Ternyata hasil analisis finansial produksi kompos dari limbah padat IPAL industri kertas menunjukkan bahwa dengan biaya investasi total Rp 173.000.000,- dan kapasitas produksi kompos 300 ton limbah padat IPAL per 3 bulan, dengan harga jual kompos Rp 500,- per kg, diperoleh keuntungan bersih selama 1 tahun sebesar

Rp. 80.028.000,- dan pengembalian modal selama 2,16 tahun atau sekitar 26 bulan.

KESIMPULAN

Kesimpulan

Limbah padat IPAL pabrik kertas mengandung bahan organik yang cukup tinggi dengan kadar logam berat jauh lebih kecil dari nilai baku mutu menurut PP 18 jo 85/1999 tentang pengelolaan limbah B3, sehingga dapat dikelola melalui proses pengomposan. Dengan proses pengomposan selama 80 hari, limbah padat IPAL industri kertas dapat menghasilkan kompos dengan kualitas yang telah memenuhi persyaratan kompos. Kandungan logam berat dalam kompos menunjukkan nilai yang jauh di bawah nilai maksimal dalam persyaratan kompos menurut SNI-19-7030-2004 maupun persyaratan dari beberapa Negara lain (USA, Uni Eropa,

Tabel 4. Analisis Unit Usaha Kompos

	Isi barang	Nilai Rp
A. BIAYA TETAP		
1. Tanah 600 m ² @ Rp 200.000,-		120.000.000,-
2. Bangunan 150 m ² @ Rp 200.000,-		45.000.000,-
3. Peralatan		
a. Cangkul dan sekop, total 20 buah @ Rp 25.000,-		500.000,-
b. Traktor 2 buah @ Rp 500.000,-		1.000.000,-
c. Plastik penutup 1200 m ² @ Rp 300,-		360.000,-
d. Sengaja kompos 2 buah @ Rp 250.000,-		500.000,-
Jumlah Biaya Tetap (A)		173.000.000,-
B. BIAYA KERJA		
1. Biaya tetap		
a. Gaji pengemudi traktor 2 orang @ 12 bulan @ Rp 1.500.000,-		36.000.000,-
b. Perawatan traktor 4% @ Rp 1.250.000,-		5.000.000,-
Jumlah Biaya Tetap		41.000.000,-
2. Biaya variabel		
a. Buruh kasar		
i. Ura: 120 bulan @ 1200 kg @ Rp 300,-		3.600.000,-
ii. Pakan sapi: 120 bulan @ 12.000 kg @ Rp 500,-		7.200.000,-
iii. Pakan ayam: 120 bulan @ 12.000 kg @ Rp 500,-		7.200.000,-
iv. Asupan sapi: 200.000 kg @ Rp 1000,- (akumulasi)		200.000.000,-
v. Pakan ayam: 120.000 kg @ Rp 500,-		60.000.000,-
b. Biaya listrik 12 bulan @ Rp 100.000,-		1.200.000,-
c. Biaya sewa mobilisasi 120 km @ Rp 100.000,-		12.000.000,-
d. Biaya tenaga kerja 4 orang @ Rp 40.000 @ 12 bulan		16.800.000,-
e. Biaya kompos 120 bulan @ Rp 2.500.000,-		300.000.000,-
f. Depresiasi bangunan 5% @ Rp 175.000.000,-		87.500.000,-
g. Bunga Bank 12% @ Rp 173.000.000,-		20.760.000,-
Jumlah Biaya Variabel		488.560.000,-
C. Perhitungan Penghasilan (Kompos jual: 50% dari setiap ton dan 50% dari hasil penjualan)		
a. Penjualan kompos 120 bulan @ Rp 125.000 kg @ Rp 250,-		30.000.000,-
b. Biaya produksi kompos tetap + biaya variabel		528.560.000,-
c. Penghasilan kotor		29.440.000,-
d. Pajak penghasilan 10% @ Rp 29.440.000,-		2.944.000,-
e. Penghasilan bersih		26.496.000,-
f. Pengembalian Modal investasi		2,16 tahun = 26 bulan

Australia). Aplikasi kompos sampai 30 kg/pohon menunjukkan pengaruh yang positif terhadap pertumbuhan vegetatif tanaman sengon dan jarak pagar.

Analisis teknoeкономи menunjukkan bahwa dengan kapasitas produksi kompos sebesar 300 ton per 3 bulan dengan harga jual kompos Rp 500,-/kg akan mendapat penghasilan bersih Rp.80.028.000,- dan dapat mengembalikan modal dalam 26 bulan.

Saran

Untuk dapat diimplementasikan oleh industri kertas dan masyarakat, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut, dengan mengembangkan kultur mikroba yang spesifik pendegradasi selulosa dalam proses pengomposan yang lebih singkat. Selain itu, perlunya peraturan pemerintah yang mengatur pemanfaatan limbah industri non B3.

DAFTAR PUSTAKA

1. _____ : Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 18 tahun 1999 dan Perubahannya Nomor 85 tahun 1999 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B-3). Bapedal – Jakarta.
2. _____ .2006. *Fact Sheet: Land Application*. Tersedia online di <http://web.ead.anl.gov/dwmtchdesc/land/ncj-ex.cfm>.
3. _____ , 2006. *Land Application of Organic Waste*. Tersedia online di <http://www.dec.state.ny.us/web/site/dshw/mxdr-ecvfa2.htm>.
4. _____ , 2006. *New Innovations in Biosolids Land Application equipment Technology*. <http://www.caba.on.ca/pdf>.
5. Alloway, B.J., 1995. *Heavy Metal in Soils*, 2nd ed. Blackie Academic & Professional, London.
6. Brinton, W.F., 2000. *Compost Quality Standards & Guidelines*.
7. _____ .2005. Laporan Kajian Aplikasi Sludge dan Kompos Sludge Pabrik Pulp dan Kertas Pada Lahan Pertanian. BIOTROP, Bogor.
8. _____ .2002. Laporan Hasil Penelitian Pemanfaatan Limbah padat PT IKPP-Sorang. BBPK. 2002. Bandung.
9. Carter, C.N. 1983. *Composting Disposes of Sludge Yields by Product at Giffeller, Pulp and Paper*. Canada, 102-104.
10. Evanylo, G.L., Daniels, W.L., Sheng, R., *Papemill Sludge Composting and Compost Utilization*. Virginia Polytechnic Institute & State University, Blacksburg.
11. Ferguson, K., 1991. *Environmental Solutions for The Pulp and Paper Industry*. Miller Freeman, San Francisco, USA.
12. Hacket, G.A.R., Easton C.A. and Duff S.J.B., 1999. *Composting of pulp and paper mill fly ash with wastewater treatment sludge*. *Bioresource Technology* 70:217-224.
13. _____ .2002. Aplikasi Fly ash dan Kompos Sludge pada lahan Hutan Industri Di Distrik Minas, Kabupaten Siak Propinsi Riau. IPB, Bogor, 2002.
14. Jackson, M.J., Line, S., Wilson and Hetherington S.J. 2000. *Application of Composted pulp and Paper Mill Sludge to a Young Pine Plantation*. *J. Environ. Qual.* 29: 407 – 414.
15. Larsen, K.L., Mc Carney, M. *The Effect of Carbon to Nitrogen (C:N) Ratio on Bench-Scale Composting of Pulp & Paper Biosolids*. Departement of Civil & Geological Engineering University of Manitoba Winnipeg, Manitoba.
16. Lu, Frank, C. 1995. *Toksikologi Dasar: Asas, Organ Sasaran, dan Penilaian Risiko*. Edisi Kedua. Jakarta: Penerbit UI Press.
17. Ontario Ministry of the Environment (OME). 2004. *Interim Guidelines for The Production and Use of Aerobic Compost in Ontario*. PIBS 1749e-01. Queen's printer for Ontario, Ontario.
18. Richardson et al., 1992. *The Environmental Impact of De-inking: a Pilot Study*, APPITA Vol. 45 No 5, 314-318.
19. Rina, S. Purwati, S., Honggar, H. 2006. *Berita Selulosa*, Vol 41 No 1.
20. Santoso, S., *SPSS Statistik Parametrik*. PT Elex Media Komputindo. Edisi ke-4, 2004.
21. Usherson, J.L. 1992. *Recycled Paper and Sludge*. *Resource Recycling*, 95-100.
22. Valzano, F. & M. Jackson. 2000. *Laboratory Test Results and Site Inspection Report from the Composite Wood Composting Trial*. *Waste Boards*. The University of New South Wales, Sydney, Australia, 6-7.
23. Wo, L., & Ma, Q., 2001. *Effects of Sample Storage on Biosolids Compost Stability and Maturity Evaluation*. *Journal Environ. Qual.* 30: 222-228.
24. Wood End Research Laboratory. 2000.
25. *Interpretation of Waste & Compost Tests*. Available at www.woodend.org