

PENGARUH KOMPOS DARI LIMBAH LUMPUR IPAL INDUSTRI KERTAS TERHADAP TANAMAN DAN AIR PERKOLAT TANAH

Rina S. Soetopo*, Sri Purwati

*Peneliti Lingkungan Balai Besar Pulp dan Kertas

THE INFLUENCE OF COMPOST FROM SLUDGE WASTE OF WASTE WATER TREATMENT PLANT TO VEGETATION AND SOIL PERCOLATE WATER

Abstract

The influence of the sludge waste compost of paper mill wastewater treatment plant (WWTP) to vegetation and soil percolate water has been investigated. Composting process was done for 45 days by using sawdust as mixed material in the amount of 20% v/v. Compost affect was done to corn vegetation with some dose variation, and manure from chicken with the same dose was also done for the comparator. To know the possibilities of the compost substances wash out into soil and carry over into subsoil water, it was done by using two lysimeter apparatus. The first lysimeter was added by compost in the amount of 11.5 ton/ha and the second one was no added compost. Observation of compost effect to vegetation was carried out to corn harvesting result consist of 1000 gram weight of corn, heavy metal content and acute toxicity test.

Results reveal that the compost of sludge waste generally contains total heavy metals are below the quality standard of compost according to SNI and some other state (USA, Europe Union and Australian). Compost had tough pH of 6.5-7.5 and had cation exchange capacity of 33.71 meq/100 g. The compost effect on dose up to 11.5 ton/ha to 1000 grains corn weight was almost the same by using manure in the same dose. The heavy metals content in the corn grain harvested from the land fertilized by sludge waste compost of 11.5 ton/ha was under the Dirjen POM No 03725/B/SK/VII/89 standard. Acute toxicity test on corn grain show that its concentration is higher than 15,884 mg/kg body weight, and it can be classified as non toxic practically.

Keywords : compost, soil, paper mill sludge waste, plant, percolate water, heavy metal.

Inti sari

Percobaan pengaruh kompos dari limbah lumpur IPAL industri kertas terhadap tanaman dan air tanah telah dilakukan. Proses pembuatan kompos dilakukan selama 45 hari dengan bahan pencampur serbuk kayu 20%v/v. Percobaan dilakukan terhadap tanaman jagung dengan beberapa variasi dosis dan sebagai pembanding adalah pupuk kandang dari kotoran ayam pada dosis yang sama. Pengaruh kompos terhadap air tanah diamati melalui percobaan dengan menggunakan 2 buah lisimeter. Lisimeter pertama ditambah kompos 11,5 ton/ha dan lisimeter kedua tanpa ditambah kompos sebagai kontrol. Pengamatan pengaruh kompos terhadap tanaman dilakukan terhadap hasil panen jagung, kandungan logam berat dan uji toksisitas akut.

Hasil percobaan menunjukkan bahwa kompos dari lumpur IPAL, umumnya mengandung logam berat total yang lebih rendah dari baku mutu kompos menurut SNI dan beberapa negara lain (USA, Uni Eropa dan Australia). Kompos mempunyai pH netral (6,5-7,5) dan nilai KTK 33,71meq/100g. Pengaruh dosis kompos lumpur IPAL sampai 11,5 ton/ha terhadap berat 1000 butir jagung relatif sama dengan yang diberi pupuk kandang pada dosis yang sama. Kandungan logam berat dalam biji jagung yang dipanen dari tanah yang dipupuk kompos lumpur IPAL 11,5 ton/ha lebih rendah dari persyaratan maksimum batasan cemaran logam berat dalam makanan untuk kelompok sayur dan hasil olahannya menurut Dirjen POM No. 03725/B/Sk/Vii/89. Hasil uji toksisitas akut jagung lebih besar dari 15884 mg/kg berat badan dan termasuk klasifikasi praktis tidak toksik.

Kata kunci : kompos, tanah, limbah lumpur IPAL pabrik kertas, tanaman, air perkolat, logam berat.

PENDAHULUAN

Dalam mewujudkan kepeduliannya terhadap lingkungan, beberapa 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. Tetapi di dalam penerapannya, industri kertas mempunyai beberapa masalah, di antaranya adalah penanganan dan pengelolaan limbah lumpur Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Adanya permasalahan tersebut menyebabkan masih banyaknya industri kertas yang memperoleh predikat merah dan hitam sebagai hasil penilaian PROPER tahun 2003-2005 dari Kementerian Lingkungan Hidup (KLH). Rendahnya penilaian tersebut, disebabkan oleh karena pengelolaan limbah lumpur IPAL yang umumnya dibuang secara *open dumping*, baik di dalam maupun di luar lokasi pabrik. Pembuangan limbah secara *open dumping* tersebut, berpotensi terhadap terjadinya pencemaran air permukaan dan air tanah (Ferguson, 1991).

Di dalam menentukan model pengelolaan limbah lumpur IPAL yang efektif dan efisien, beberapa industri kertas mengalami kesulitan. Hal tersebut disebabkan karena jumlah produksi limbah lumpur per hari sangat besar berkisar antara 3 - 4 % dari kapasitas produksinya. Komponen utama limbah lumpur IPAL tersebut adalah bahan organik yang telah diketahui mengandung unsur hara makro yang bermanfaat untuk meningkatkan kesuburan tanah (Ferguson, 1991). Oleh karena itu, produksi kompos merupakan salah satu alternatif penanganan dan pengelolaan limbah lumpur IPAL industri kertas (Carter, 1983).

Limbah lumpur IPAL industri kertas memiliki sifat fisik yang terdiri atas partikel-partikel halus dan mengandung kadar air yang cukup tinggi. Selain itu, juga memiliki bahan organik yang cukup tinggi, dengan nilai rata-rata 32% (ECDG, 2001). Komposisi bahan organik yang terkandung didalamnya terdiri atas serat selulosa 59-72%, lignin 6-16% dan hemiselulosa 7-10% (Sosulski, 1993). Berdasarkan sifat fisik dan komposisi bahan organik tersebut, maka untuk memanfaatkannya sebagai kompos, diperlukan teknik-teknik pengomposan yang spesifik. Teknik pengomposan yang banyak dilakukan adalah teknik konvensional dengan metode *open air periodically-turned static pile* (Valzano, 2000). Prinsip dari metode ini adalah proses dekomposisi senyawa organik secara alami oleh kegiatan mikroorganisme yang bekerja secara serentak dan

simultan. Tahap-tahap pembuatan kompos, diawali dengan membuat tumpukan limbah lumpur yang dicampur dengan sedikit bahan penyerap air, seperti serbuk kayu, jerami atau bahan lainnya. Penambahan bahan pencampur, umumnya berkisar antara 20-25% volume (Rina, 1992). Untuk mempercepat proses dekomposisi bahan organik, umumnya ditambah kotoran ternak (ayam, sapi) sebagai sumber bibit mikroba. Jika ratio C/N lebih besar dari 30 perlu ditambahkan urea sebagai sumber nitrogen. Tumpukan dikondisikan sesuai dengan kondisi optimum aktivitas mikroba yang meliputi pH 6-8, kadar air 60-70% dan cukup oksigen. Proses pengomposan, umumnya dilakukan selama 1-3 bulan tergantung pada komposisi bahan organik dan kondisi lingkungan dalam tumpukan bahan (Valzano, 2000).

Beberapa industri kertas di Indonesia maupun di beberapa negara lain, telah melakukan pengelolaan limbah lumpur dengan cara memanfaatkannya sebagai kompos baik dalam skala kecil maupun skala besar dengan menghasilkan kompos yang kualitasnya telah memenuhi syarat (Carter, 1983). Penambahan limbah lumpur IPAL industri kertas terhadap lahan pertanian dan kehutanan banyak memberikan dampak positif, seperti diperlihatkan oleh banyak hasil penelitian (Brockway and Urie, 1983; Bellamy *et al*, 1995). Beberapa jenis tanaman hortikultur maupun tanaman keras yang diaplikasi kompos limbah lumpur IPAL industri kertas, umumnya menunjukkan pertumbuhan vegetatif dan generatif yang positif (Brockway and Urie, 1983). Namun di Indonesia, aplikasi kompos di atas tanah secara luas masih mendapat kendala dalam perizinannya. Hal tersebut, disebabkan oleh karena informasi mengenai dampak kompos terhadap beberapa aspek komponen lingkungan masih kurang, sehingga dianggap belum dapat menjamin keamanan terhadap lingkungan dalam jangka panjang.

Tulisan ini melaporkan hasil percobaan tentang pengaruh kompos limbah lumpur IPAL pabrik kertas terhadap tanaman dan kualitas air percolat tanah yang berhubungan dengan terjadinya kontaminasi terhadap air tanah dan air permukaan.

METODOLOGI

Bahan

Kompos yang digunakan dalam penelitian ini adalah kompos dari limbah lumpur IPAL yang berasal dari pabrik kertas yang memproduksi kertas industri dari bahan baku campuran *virgin pulp* dan kertas bekas yang telah mengalami proses *deinking*. Pembuatan kompos telah dilakukan di lokasi pabrik dalam skala semi pilot, dengan cara membuat tumpukan limbah lumpur IPAL dicampur dengan

serbuk kayu 20% v/v dan ditambah kotoran ayam dan sedikit urea. Tumpukan dikondisikan sesuai dengan kondisi optimum aktivitas mikro-organisme yang meliputi pH 6-8, kadar air 60-70% dan cukup oksigen. Proses pengomposan terjadi selama 45 hari.

Untuk uji coba kompos terhadap tanaman, diperlukan tanah sebagai media tanam. Tanah yang digunakan dalam percobaan ini diperoleh dari lokasi sekitar pabrik kertas. Secara fisik, warna tanah agak kemerah-merahan. Sedangkan, tanaman yang digunakan untuk uji coba kompos adalah tanaman jagung hibrida dari biji. Tanaman jagung merupakan salah satu tanaman yang umum digunakan sebagai tanaman uji potensi kompos dan bahan pestisida lain (OECD, 2003).

Metode

Karakterisasi Kompos Limbah Lumpur IPAL

Karakterisasi kompos limbah lumpur IPAL meliputi analisis unsur hara makro dan mikro serta logam berat total. Analisis kandungan unsur hara dilakukan di Laboratorium tanah Balai Penelitian dan Pengembangan Tanaman Hortikultur-Lembang - Bandung. Sedangkan analisis logam berat total dilakukan di Laboratorium Lingkungan BBPK-Bandung. Parameter logam yang dianalisis meliputi arsen (As); kadmium (Cd); kobalt (Co); merkuri (Hg); nikel (Ni); timbal (Pb); seng (Zn); tembaga (Cu); khromium (Cr); selenium (Se) dengan metode AAS.

Uji Potensi Kompos Terhadap Tanaman Jagung

Kompos limbah lumpur IPAL yang telah dinyatakan matang dan telah dianalisis kualitasnya, kemudian diuji potensinya terhadap tanaman jagung hibrida. Penanaman dilakukan dalam pot besar ukuran diameter 80 cm dan tinggi 80 cm yang di tempatkan di areal dalam pabrik. Percobaan dilakukan atas dasar rancangan acak kelompok faktorial dengan masing-masing 3 replikasi. Masing-masing faktor adalah jenis kompos dengan 2 taraf dan dosis pemupukan 4 taraf termasuk kontrol. Jenis kompos yang digunakan adalah kompos limbah lumpur IPAL dan kompos pupuk kandang (kotoran ayam) sebagai pembanding. Variasi dosis pemupukan terdiri atas 20%, 40%, 60% v/v yang masing-masing ekuivalen dengan 3,8 ton/ha, 7,6 ton/ha, 11,5 ton/ha dan perlakuan kontrol dilakukan tanpa penambahan kompos limbah maupun pupuk kandang.

Pupuk kandang diperoleh dari petani di daerah pertanian Banjaran-Bandung Selatan. Pengamatan pengaruh kompos dilakukan terhadap beberapa parameter hasil panen yaitu berat 1000 butir jagung, kandungan logam berat dan uji toksisitas akut. Uji toksisitas akut hasil panen tanaman jagung dilakukan di Departemen Biologi-ITB-Bandung.



Gambar 1. Uji coba kompos terhadap tanaman jagung.

Percobaan Pengaruh Kompos Limbah Terhadap Air Perkolat Tanah

Pada percobaan ini digunakan alat lisimeter untuk mengetahui pengaruh kompos terhadap kemungkinan adanya unsur-unsur kompos yang tercuci kedalam tanah dan dapat menyebabkan kontaminasi terhadap air permukaan dan air tanah. Percobaan menggunakan 2 buah lisimeter yang berukuran sama yaitu tinggi 2,25m dan diameter 0,4m. Pada masing-masing lisimeter dilengkapi 3 lubang keluaran yaitu pada ketinggian 25 cm, 100 cm dan 200 cm dari permukaan tanah.

Terhadap kedua lisimeter tersebut, diisi tanah sampai ketinggian 2m, susunan pengisian tanah disesuaikan dengan keadaan di lapangan atas dasar *bulk density* tanah pada setiap kedalaman tanah. Pengukuran *bulk density* tanah dilakukan menurut Sarwono Hardjowigeno, 1995. Pada permukaan tanah dalam lisimeter I ditambah kompos 1 kg (kadar air $\pm 10\%$) atau ekuivalen dengan 7,2 kg (kadar air $\pm 70\%$) atau 11,5 ton/ha (dasar jarak tanam 0,5 m), sedangkan pada lisimeter II tidak di ditambah kompos (sebagai kontrol). Penyiraman air dilakukan setiap hari selama 14 hari pertama, kemudian 3 hari sekali sampai hari ke 100. Jumlah penyiraman dilakukan berdasarkan kebutuhan air bagi tanaman jagung. Air perkolat tanah yang keluar dari masing-masing keluaran lisimeter ditampung setiap hari dan dianalisis kandungan logam beratnya dari contoh komposit setelah 14 hari, 40 hari dan 100 hari.



Gambar 2. Alat lisimeter

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Kompos Limbah Lumpur IPAL

Kandungan Unsur Hara

Kandungan unsur hara dalam kompos sangat bermanfaat untuk memperbaiki sifat fisik tanah seperti permeabilitas, porositas, struktur tanah dan meningkatkan daya tangkap air serta kation-kation tanah (Hardjowigeno, 1995). Kualitas kompos limbah lumpur IPAL setelah mengalami proses pengomposan selama 45 hari dapat dilihat pada Tabel 1.

Ditinjau dari sifat kimianya, kualitas kompos mempunyai pH netral cenderung basa yaitu 7,7. hal ini perlu dijaga agar tidak melebihi pH 8,5 sesuai persyaratan kompos menurut OME, 2004. Namun menurut Arthur (1986), kisaran pH optimum untuk pertumbuhan tanaman berkisar pada 5,5 – 7,5. pH kompos sangat menentukan mudah tidaknya unsur-unsur hara diserap tanaman dan pada pH 5,5 – 7,5, ion-ion unsur hara mudah diserap akar tanaman dan mikroorganisme tanah.

Kompos yang dihasilkan pada percobaan ini menunjukkan pH yang sedikit berada di atas ambang batas. pH kompos yang terlalu basa dapat menghambat pergerakan ion-ion unsur hara tanaman, sehingga menghambat pertumbuhan tanaman dan mikroorganisme tanah (Hardjowigeno, 1991). Pada pH basa, ion fosfat (P_2O_5) tidak dapat diserap akar tanaman, tetapi akan terfiksasi oleh ion Ca. Selain itu, pada pH basa unsur hara mikro molibdenum (Mo) dapat berubah menjadi racun.

Rasio C/N kompos, mendekati nilai maksimal persyaratan kompos. Usaha yang perlu dilakukan untuk memperoleh C/N ratio yang dapat memenuhi persyaratan kompos adalah dengan cara menambah urea atau memperpanjang waktu pengkomposan. Tanaman tidak dapat menyerap nitrogen dalam bentuk organik, tetapi menyerap dalam bentuk anorganik (nitrat). Nitrat sangat mudah larut dalam air dan bila berlebihan atau tidak diserap tanaman akan hilang tercuci. Nitrogen merupakan unsur hara makro yang sangat dibutuhkan oleh tanaman untuk proses fotosintesa. Tanaman yang kekurangan nitrogen, dapat menyebabkan pertumbuhan yang kurang baik dan menyebabkan warna daun akan kekuning-kuningan. Selain untuk tanaman, nitrogen juga dibutuhkan oleh mikroorganisme tanah untuk sintesa protein.

Kandungan unsur fosfat (P_2O_5) dan kalium (K_2O) dalam kompos masih jauh di bawah nilai yang dipersyaratkan dalam kompos, sehingga di dalam aplikasinya untuk tanaman, unsur P dan K dapat di tambahkan dari pupuk sintetis dalam jumlah yang sesuai untuk pemupukan. Fosfat bagi tanaman berfungsi dalam proses metabolisme dan reproduksi seperti pembentukan bunga, buah dan biji serta memperkuat batang agar tidak mudah roboh, sedangkan kalium berfungsi untuk sintesa protein, mengaktifkan enzim dan mempercepat proses metabolisme sel.

Kelarutan natrium dalam kompos dapat diketahui berdasarkan nilai SAR (*Sodium Absorption Rate*) yang dihitung atas dasar konsentrasi Na^+ , Ca^{+2} dan Mg^{+2} dalam satuan miliequivalen. Tanah atau kompos yang memiliki nilai SAR di atas 13 dapat merubah struktur tanah dan menghambat permeabilitas tanah. Kompos yang digunakan dalam penelitian ini memiliki SAR 0,038 yang termasuk dalam klasifikasi normal (Saifuddin, 1989).

Nilai Kapasitas Tukar Kation (KTK) kompos cukup tinggi, sehingga dapat meningkatkan daya simpan dan ketersediaan unsur-unsur hara yang diperlukan oleh tanaman. KTK merupakan sifat kimia yang sangat erat hubungannya dengan kesuburan. Kompos dengan nilai KTK tinggi mampu menyerap dan menyediakan unsur hara lebih baik daripada kompos dengan nilai KTK rendah.

Kandungan Logam Berat

Hasil analisis kandungan logam total dalam kompos limbah lumpur IPAL industri kertas dapat dilihat pada Tabel 2. Karena Indonesia belum memiliki standar batas maksimum kadar logam berat dalam kompos yang berasal dari limbah industri, maka pembahasan kandungan logam dalam kompos

Tabel 1. Kualitas Kompos Limbah Lumpur IPAL Pabrik Kertas

Parameter	Satuan	Nilai rata-rata	Persyaratan kompos			
			SNI ¹⁾	Perhutani ²⁾	WHO ³⁾	OME ⁴⁾
pH	-	7,7	6,8 – 7,49	6,6 – 8,2	6,5–7,5	5,5 – 8,5
C-total	%	28,44	9,8 – 32	14,5 – 27,1	8–50	> 30
N-total	%	1,06	≥ 0,4	0,6 – 2,1	0,4–3,5	≥ 0,6
Rasio C/N	-	20,35	10 – 20	10 – 20	10–20	22
P sebagai P ₂ O ₅	%	0,06	≥ 0,10	0,3 – 1,8	0,3–3,5	≥ 0,25
K sebagai K ₂ O	%	0,10	≥ 0,20	0,2 – 1,4	0,5–1,8	≥ 0,2
SAR	-	0,038	-	-	-	< 5
KTK	meq/100g	33,71	-	20 - 45	-	-

Cat : ¹⁾ SNI-19-7030-2004 Spesifikasi Kompos dari Sampah Organic Domestik; ²⁾ Perhutani, 1999; ³⁾ WHO, 1980;

⁴⁾ OME : Ontario Ministry of The Environment, 2004;

yang digunakan dalam penelitian ini dibandingkan dengan standar batas maksimum kadar logam berat dalam kompos dari sampah organik domestik menurut SNI-19-7030-2004 . Selain itu, juga akan dibandingkan dengan beberapa standar dari beberapa negara lain yang dalam hal ini adalah standar dari negara-negara Uni Eropa, Amerika dan Australia.

. Hasil uji kandungan logam berat seperti terlihat pada Tabel 2 menunjukkan bahwa kandungan logam berat dalam kompos limbah lumpur IPAL umumnya lebih rendah dari pupuk kandang kecuali nikel dan kromium. Namun bila dibandingkan dengan standar kompos (SNI) dan beberapa negara lain, menunjukkan bahwa hanya nikel yang menunjukkan nilai lebih tinggi, kecuali standard USA.

Kandungan logam Ni dan Cr dalam kompos yang lebih tinggi daripada pupuk kandang, berasal dari limbah lumpur proses *deinking*. Limbah lumpur proses *deinking* mengandung beberapa logam berat yang berasal dari tinta dan pigmen-pigmen yang terdapat dalam kertas bekas

yang digunakan sebagai bahan baku (Usherson, 1992 dan Richardson, 1992).

Karakteristik tanah percobaan

Sifat fisik dan kimia tanah yang digunakan untuk uji coba kompos terhadap tanaman dan juga untuk percobaan lisimeter dapat dilihat pada Tabel 3. Tanah ini memiliki tekstur liat berat (kandungan liat 76–77%) baik untuk lapisan atas (0-30 cm) maupun lapisan bawah (30-150 cm). Tanah yang mempunyai sifat tekstur demikian umumnya memberikan *drainase* kurang baik.

Sifat kimia tanah lapisan atas dan bawah berpotensi agak asam. Kandungan C organik tanah pada kedua lapisan tersebut sangat rendah terlebih di lapisan bawah (0,26%). Kandungan basa tanah ditinjau dari ketersediaan kalsium dan magnesium cukup baik dan kejenuhan basa sedang (KB = 56–59%) namun kemampuan tanah menukar kation sangat rendah (KTK = 19,69 meq/100g).

Tabel 2. Kandungan Logam Berat Total dalam Kompos Limbah Lumpur IPAL

Jenis logam	Hasil uji (mg/kg)		Standar batas maksimum logam dalam kompos, mg/kg			
	Kompos limbah	Pupuk kandang	SNI ^{a)}	Uni Eropa ^{b)}	USA ^{b)}	Australia ^{c)}
Arsen (As)	< 0,005	-	13	-	-	20
Kadmium (Cd)	0,939	2,629	3	0,7 - 10	39	3
Kobalt (Co)	3,314	9,856	34	-	-	-
Merkuri (Hg)	< 0,0002	0,009	0,8	0,7 - 10	17	1
Nikel (Ni)	292,5	9,605	62	20 - 200	420	60
Timbal (Pb)	14,963	195,0	150	70 - 1000	300	150
Seng (Zn)	30,156	266,4	500	210 - 4000	2800	200
Tembaga (Cu)	10,920	322,3	100	70 - 600	1500	100
Khromium (Cr)	6,227	3,984	210	70 - 200	1200	100
Selenium (Se)	< 0,001	< 0,001	2	-	-	5

Sumber : ^{a)} SNI-19-7030-2004 Spesifikasi Kompos dari Sampah Organic Domestik; ^{b)} Briston, 2000;

^{c)} Australian Standard for Compost, Soil Conditioner, 1999.

Tabel 3. Sifat Fisik dan Kimia tanah

Parameter	Satuan	Lapisan tanah	
		Lapisan atas (0–30 cm)	Lapisan bawah (30–160 cm)
Komposisi fisik :			
Pasir	%	5	4
Debu	%	18	21
Liat	%	77	75
Sifat kimia:			
pH (H ₂ O)	-	5,6	4,9
pH (KCl)	-	5,0	3,9
C-total	%	0,73	0,26
N-total	%	0,13	0,04
Rasio C/N	-	6	7
P (P ₂ O ₅)	mg/l	7,0	5,3
K (K ₂ O)	mg/l	378,6	342,7
Ca ²⁺	meq/100g	9,22	6,95
Mg ²⁺	meq/100g	254	2,85
K ⁺	meq/100g	1,09	1,01
Na ⁺	meq/100g	0,58	0,81
Fe	mg/100g	2,0	1,8
Mn	mg/100g	2,1	14,0
Cu	mg/100g	0,2	0,4
Zn	mg/100g	0,8	0,6
S	mg/100g	194	294
Al	mg/100g	36,6	54,8
Bo	mg/100g	0,34	0,15
KTK	meq/100g	23,86	19,69
KB	%	56	59

Catatan : KTK : Kapasitas Tukar Kation; KB : Kejenuhan Basa

Kandungan unsur hara makro (N dan P) rendah, kecuali kandungan K tanah sedang, sehingga pemupukan unsur N dan P relatif banyak dibutuhkan. Selanjutnya kadar unsur mikro esensial (Cu, Zn dan B) sangat rendah dan perlu ditambah apabila memungkinkan.

Berdasarkan uraian sifat-sifat kimia tanah tersebut diatas, terutama kandungan C-organik, P, K, dan KTK, maka tanah yang digunakan dalam percobaan ini mempunyai kesuburan tanah yang rendah. Oleh sebab itu, penambahan kompos limbah lumpur IPAL yang memiliki nilai KTK tinggi dan unsur makro C yang cukup tinggi, diharapkan dapat memperbaiki sifat tanah menjadi lebih baik dan dapat meningkatkan produktivitas tanaman.

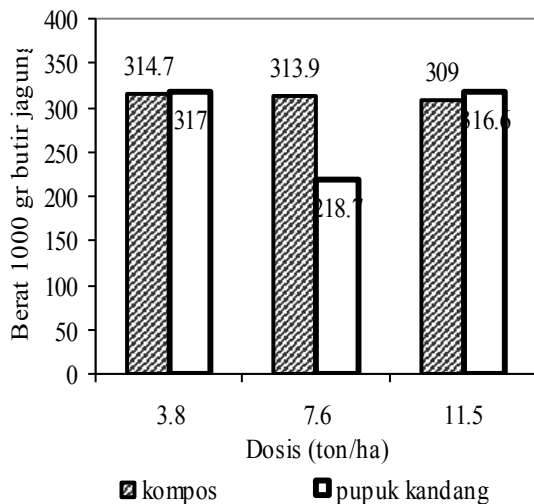
Pengaruh kompos terhadap tanaman jagung

Berat hasil panen

Pengaruh kompos limbah lumpur IPAL terhadap berat 1000 butir jagung dapat dilihat pada Gambar 3. Hasil analisis ANOVA menunjukkan

bahwa rata-rata berat 1000 butir jagung yang dipanen dari tanah yang diberi perlakuan kompos limbah lumpur IPAL dosis 11,5 ton/ha tidak menunjukkan perbedaan yang nyata terhadap kontrol (pupuk kandang). Hal tersebut diketahui dari hasil uji jarak berganda Duncan yang menunjukkan bahwa pemberian kompos dari 3,8 ton/ha sampai 11,5 ton/ha tidak menunjukkan perbedaan yang nyata terhadap berat 1000 butir jagung dan juga tidak berbeda nyata dengan yang diberi pupuk kandang (kotoran ayam) 11,5 ton/ha. Menurut *Warisno, 1998*, berat 1000 butir jagung hibrida C1 adalah ± 317 gram, jagung hibrida CPI-1 ± 280 gram, jagung hibrida IPB-4 ± 227 gram dan jagung hibrida *pioneer 1* adalah ± 300 gram. Berat tersebut tidak berbeda dengan hasil panen yang diperoleh dari perlakuan kompos 11,5 ton/ha yaitu 309 gram dan kontrolnya yang diberi pupuk kandang 11,5 ton/ha adalah 316,6 gram.

Dalam percobaan ini, hanya perlakuan penam-bahan pupuk kandang 7,6 ton/ha yang menunjukkan perbedaan yang nyata terhadap perlakuan lainnya. Pengamatan secara visual di lapangan menunjukkan bahwa pertumbuhan vegetatif (tinggi batang) tanaman jagung pada perlakuan tersebut tampak



Gambar 3. Pengaruh kompos terhadap berat panen 100 butir jagung

normal dan tidak menunjukkan adanya kelainan, namun hasil panen lebih rendah. Hal tersebut tidak sejalan dengan kecenderungan dari pengaruh kompos sludge dan kompos pupuk kandang secara umum. Keadaan tersebut terjadi, kemungkinan disebabkan oleh beberapa faktor seperti hama tanaman, angin saat penyerbukan dan faktor-faktor alami lainnya yang tidak dapat dikendalikan.

Kandungan logam berat dan nilai LD₅₀

Pelaksanaan analisis logam berat dan uji toksisitas akut hanya dilakukan terhadap jagung yang dipanen dari perlakuan dosis kompos tertinggi yaitu 11,5 ton/ha (Tabel 4).

Kandungan logam berat dalam biji jagung yang dipanen dari tanah yang dipupuk oleh kompos limbah lumpur IPAL lebih rendah dari persyaratan maksimum batasan cemaran logam berat menurut Dirjen POM No. 03725/B/SK/VII/89. Bila dibandingkan dengan jagung yang ditanam pada perlakuan kontrol menunjukkan bahwa kadar logam Cd, Cu, Ni dan Zn pada perlakuan yang ditambah kompos 11,5 ton/ha lebih tinggi, namun bila dibandingkan dengan SK Dirjen POM No 03725/SK/VII/89 semua logam menunjukkan nilai yang jauh di bawah standar tersebut.

Hasil uji toksisitas akut jagung yang dipanen dari tanaman yang diberi kompos 11,5 ton/ha menunjukkan bahwa sampai dosis ekstrak jagung 15.884 mg/kg berat badan tidak menunjukkan adanya kematian hewan uji (*Mus musculus*). Hal tersebut dapat diartikan bahwa hasil panen jagung tersebut, termasuk dalam klasifikasi kategori “praktis tidak toksik” (Lu, 1995).

Tabel 4 Kandungan logam berat dan nilai LD₅₀ biji jagung

Parameter	Nilai analisis		Batasan maksimal ¹⁾
	Kompos limbah	Kontrol	
Logam, mg/kg			
Arsen (As)	< 0,005	< 0,005	1,0
Barium (Ba)	< 0,002	< 0,002	-
Kadmium (Cd)	0,058	0,008	-
Khromium (Cr)	< 0,050	< 0,050	-
Tembaga (Cu)	1,212	0,065	5,0
kobalt (Co)	< 0,010	0,176	-
Timbal (Pb)	< 0,010	0,170	2,0
Molibdenum (Mo)	< 0,010	< 0,010	-
Nikel (Ni)	< 0,010	< 0,010	40,0
Tin (Sn)	< 0,0002	< 0,0002	0,03
Merkuri (Hg)	< 0,001	< 0,001	-
Selenium (Se)	< 0,005	< 0,005	-
Perak (Ag)	9,368	0,512	40,0
Seng (Zn)			
Toksistas akut			
LD ₅₀ , mg/kg bb ²⁾	15884	-	

¹⁾ menurut SK Dirjen POM No 03725/SK/VII/89;

²⁾ bb : berat badan hewan uji

Pengaruh kompos terhadap air perkolat tanah

Dari hasil percobaan lisimeter, diperoleh data analisis air perkolat tanah sebelum dan setelah percobaan (Tabel 5). Kualitas air perkolat tanah dipengaruhi oleh karakteristik tanah, kompos yang diaplikasikan dan air yang disiramkan (Xiao,1999). Di dalam percobaan lisimeter ini, terdapat tiga media yang mengandung logam berat yaitu media tanah dengan pH cenderung asam (5,6), kompos limbah dengan pH 7,7 dan air untuk menyiram dengan pH 7,1.

Kandungan logam berat dalam tanah termasuk klasifikasi tidak tercemar secara alamiah (Peterson,1979). Kandungan logam berat total dalam air siraman, umumnya lebih rendah dari kandungan logam dalam kompos (Tabel 2).

Secara umum konsentrasi logam berat dalam air perkolat lisimeter (Tabel 5) baik dari kedalaman 100 cm maupun 200 cm lebih rendah dari yang terkandung dalam kompos dan air siraman. Data analisis menunjukkan bahwa konsentrasi logam berat dalam air perkolat tanah lebih rendah dibandingkan dengan PerMen Kes No 416/MenKes/Per/IX/1990.

Berdasarkan uraian diatas, dapat disimpulkan bahwa kandungan logam dalam kompos tidak menyebabkan air perkolat tanah tercemar. Aplikasi kompos sampai 11,5 ton/ha, aman terhadap kualitas air perkolat tanah sampai kedalaman 200 cm. Selain itu, juga mendukung pertumbuhan tanaman jagung yang baik dan normal (Gambar 3).

Tabel 5. Nilai rata-rata logam berat dalam air perkolat lisimeter, mg/L

Jenis logam	Air yang Disiramkan (mg/L)	Air perkolat tanah (mg/L)								Baku mutu * (mg/L)
		Lisimeter I (+kompos)				Lisimeter II (kontrol)				
		T : 100 cm (hari)		T : 200 cm (hari)		T : 100 cm (hari)		T : 200 cm (hari)		
		1-14	15-40	1-14	15-40	1-14	15-40	1-14	15-40	
Zn	1,232 ± 0,115	0,056	0,056	0,117	0,072	0,062	0,052	0,020	0,052	15
Pb	0,042 ± 0,012	0,027	<0,001	<0,001	<0,001	0,026	0,0152	<0,001	0,285	0,05
Co	0,062 ± 0,001	0,508	0,039	<0,05	0,167	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	-
Cd	0,015 ± 0,006	<0,05	0,059	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,005
Hg	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	0,001

Catatan : Jumlah air yang disiramkan pada perioda : 0-14 hari : 60 lt (perkolat 20%-27%); 15-40 hari: 45 lt (perkolat 27%)

* : Baku mutu air bersih Per Men Kes No 416/MenKes/IX/1990

KESIMPULAN

Kompos dari limbah lumpur IPAL pabrik kertas yang memproduksi kertas industri dari bahan baku kertas bekas menunjukkan kandungan logam berat total yang jauh lebih rendah dari persyaratan baku mutu kompos menurut SNI – 19 – 7030 – 2004 dan beberapa negara (USA, Uni Eropa dan Australia), kecuali Ni. Ditinjau dari sifat kimianya, kompos memiliki pH netral (7,7) dan nilai KTK yang tinggi (33,71 meq/100g), sehingga dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan kesuburan tanah kritis.

Pengaruh kompos dari limbah lumpur IPAL pabrik kertas sampai dosis 11,5 ton/ha terhadap hasil panen (berat 1000 butir jagung) relatif sama dengan yang diberi pupuk kandang pada dosis yang sama. Kandungan logam berat dalam biji jagung yang dipanen, lebih rendah dari persyaratan maksimum batasan cemaran logam berat dalam makanan menurut *Dirjen. POM No. 03725/B/SK/VII/89*. Demikian pula hasil uji toksisitas akut jagung yang memberikan nilai LD₅₀ 15884 mg/kg berat badan, termasuk dalam klasifikasi “praktis tidak toksik”.

Aplikasi kompos limbah lumpur IPAL (pH 7,7) sampai dosis 11,5 ton/ha (dasar kadar air 70%) di atas tanah bertekstur liat dengan pH 5,6 masih dalam batasan aman terhadap air tanah.

DAFTAR PUSTAKA

- Alton, G. *et al*, 1991. *Composting a Combined RMP/CMP Pulp and Paper*. **TAPPI Journal**, September 183-190
- Arthur, *et al*, 1986. “*Municipal Sludge Composting Technology Evaluation*”, **PCF journal**, April, 279- 280
- Bellamy, K.L *et al*. 1995. *Paper Sludge Utilization in Agriculture and container nursery culture*. **J. Environ. Qual.** 24: 1074-1082.
- Brockway, D.G. and Urie, D.R. 1983. *Determining fertilizer rate for forests from nitrate-N leachate and groundwater*. **J. Environ. Qual.** 12: 487-492.
- _____. 2005. “*Kajian Aplikasi Sludge dan Kompos Sludge Pulp dan Kertas pada Lahan Pertanian*”. **Laporan. BIOTROP-Bogor**
- Brinton, W.F., 2000. *Compost Quality Standards & Guidelines*. Woods End Research Laboratory, Inc. 10 – 20.
- Carter, C.N. 1983. *Composting Disposes of Sludge Yields by Product at Glatfeller*. **Pulp and Paper**. Canada. 102-104
- Chong, C., and R.A.Cline. 1991. *Compost from Paper Mill Waste*. *Landscape Trades*. 13; 8-11.
- Darmono, 1995. “*Logam dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*”, Penerbit Universitas Indonesia, UI-Press.
- _____. 2001. European Commission Directorate- General for Environment (ECDG).
- Ferguson, K. 1991. *Environmental Solution for the Pulp and Paper Industry*. Miller Freeman. San Fransisco. 171-176.
- Hardjowigeno, S., 1995. “*Ilmu Tanah*”, Penerbit Akademika Pressindo, Jakarta.
- Lu, F.C. 1995. *Basic Toxicology, Fundamentals, Target Organs and Risk Assesment*. Hemisphere publishing corporation. 346-370.
- _____. 2003. *Guideline for the Testing of Chemicals: Seedling Emergence and Seedling Growth Test*. OECD

15. Saifuddin Syarief, 1989. "*Fisika Kimia Tanah Pertanian*", Pustaka Buana.
 16. Richardson, *et al.*, 1992. *The Environmental Impact of Deinking : a Pilot Study*. **APPITA**. Vol. 45 No. 5, 314 – 318.
 17. Rina, S.S., *et al*, 1992. "Pemanfaatan Limbah lumpur Industri Pulp dan Kertas sebagai Kompos", **Berita Selulosa**, Vol. XXVIII, No 2. BBS-Bandung.
 18. Rina, S.S., *et al*, 1995. "Pengaruh kompos limbah padat industri pulp dan kertas terhadap produktivitas tanaman hortikultur", **Berita Selulosa**, Vol. XXXI, No 3. BBS-Bandung.
 19. Rina, S.S., *et al*, 2005. Toksisitas subkronis timbal (Pb) dalam limbah padat IPAL industri Kertas terhadap karakteristik darah tikus *Rattus norvegicus*. **Berita Selulosa**, Vol 40, No 1. BBS-Bandung
 20. Sosulski, K., E. Swerhone., 1993. *Study of Newsprint and other Paper Waste as a Substrate for Ethanol Production*. SRC Report No. R-1680-IE-93
 21. Usherson, Y. 1992. *Recycled Paper and Sludge*. Resource Recycling. CERMA.
 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. World Health Organization, United Nations, 1980. "*Composting, Sanitary Disposal and Reclamation of Organic Wastes*", WHO Monograph,
 24. _____. 2002, *Penelitian Pemanfaatan Limbah Padat PT Indah Kiat Pulp dan Kertas-Serang*. Laporan Penelitian- BBPK.
 25. Xiao, C, Lena, Q.M, Terry, S. 1999. *Effects of Soil on Trace Metal Leachability from Paper Mill Ashes and Sludge*. **Journal Environ. Qual.** 28. 321-333.
-

