

Aslim Rasyad, Joko Samiaji, Erwan Efendi
2008: (1) 2

Kandungan Logam Berat pada Jagung yang Dipupuk dengan Kompos IPAL Pabrik Pulp dan Kertas serta Kelayakannya untuk Konsumsi

Aslim Rasyad

*Jurusan Agrobisnis, Fakultas Pertanian Universitas Riau
Kampus Binawidya KM 12,5 Panam, Pekanbaru
Email: arasyad@unri.ac.id*

Joko Samiaji

*Dosen Program Studi Ilmu Lingkungan PPS Universitas Riau
Kampus Gobah, Gedung I Jl.Pattimura No.9, Pekanbaru*

Erwan Efendi

*Mahasiswa Program Studi Ilmu Lingkungan PPS Universitas Riau
Kampus Gobah, Gedung I Jl.Pattimura No.9, Pekanbaru*

Abstract

Sludge as the solid waste produced by pulp and paper industry shows appreciable amounts of essential elements for plant nutrients, but the use in agriculture is sometime restricted by its heavy metal content. This study was intended to determine the content of heavy metals in corn plant fertilized by several rates of compost IPAL which was made of sludge obtained from pulp and paper industry. Three levels of compost ie; 10, 20, 30 t.ha⁻¹, and NPK fertilizer were applied to corn as well as control in a randomized block design with four replications. At around 55 days after planting (DAP), two very young husks (baby corn) and at 90 DAP, 50 mature seeds were sampled from each plot. Heavy metals content including Pb, Cd, Cu, and Zn were measured from these samples by atomic absorbtion spectrophotometer Type NOV-AA 300. It was imperative to note from this study that Pb and Cd contents were not detectable both in baby corn and mature corn seed obtained from plants applied by any level of compost. Copper and Zinc contents were significantly increased in baby corn and mature seed of plants applied by compost compared to that applied by NPK fertilizer or control. However, if the heavy metal contents observed from this study were converted to daily tolerable intake for human, the values were lower than the maximum tolerable standard, thus both baby corn and mature seed harvested from corn fertilized by compost IPAL were save for human consumption.

Keywords: sludge, IPAL, heavy metal, pulp and papers industry, corn, fertilizer

Pendahuluan

Salah satu upaya untuk menanggulangi permasalahan limbah organik yang terbentuk pada suatu pabrik kertas dan bubur kertas adalah dengan mengolahnya menjadi kompos dan selanjutnya dimanfaatkan sebagai pupuk untuk tanaman pertanian. Pupuk organik yang digunakan ke tanah

mempunyai kelebihan selain dapat memperbaiki sifat fisik maupun biologi tanah juga dapat menambah berbagai unsur hara kedalam tanah. Namun demikian, penggunaan kompos IPAL pulp dan kertas untuk tanaman pertanian memerlukan pertimbangan yang mendalam karena selain menjadi

nutrisi tanaman, kompos yang berasal dari limbah ini juga mengandung logam berbahaya sehingga akan mengganggu mutu lingkungan dan menurunkan kualitas hasil pertanian.

Berbagai penelitian telah memberikan gambaran tentang potensi penggunaan limbah padat industri pulp dan kertas untuk tanaman pertanian. Limbah padat yang berasal dari industri pulp dan kertas terlebih dahulu dikomposkan sehingga hara yang terdapat didalamnya mudah diserap oleh tanaman (Macyk and Smith, 1991). Hasil analisis kandungan unsur hara tanaman pada kompos IPAL yang dilakukan oleh Matysik *et al* (2001) menunjukkan bahwa sludge mengandung berbagai hara yang bermanfaat bagi tanaman seperti unsur K, Ca, Mg, Zn Cu dan Fe. Bahkan McDonald *et al.*, (1993) dan Bellamy *et al.*, 1995 telah menggunakannya pada berbagai tanaman dan ternyata dapat meningkatkan produktivitas hasil pertanian selain memperbaiki sifat fisik dan biologis tanah.

Di pihak lain, kompos yang dibuat dari sludge selain mengandung unsur hara yang bermanfaat bagi tanaman, juga mengandung logam berat yang berbahaya untuk lingkungan dan kesehatan manusia. Menurut Kirchmann dan Lars (2003), sludge yang berasal industri pulp dan kertas mengandung senyawa logam berat seperti Pb, Cd dan Cr. Berdasarkan analisis kimia terhadap kompos sludge yang diambil dari landfill PT IKPP Perawang mengandung logam berat dalam jumlah yang bervariasi antara lain Cu sebanyak 76,9 ppm, Se <0,003 ppm, Pb sebanyak 16,63 ppm, Cr sekitar 20,3 ppm, Cd sebanyak 1,33 ppm, Ni sebanyak 8,63 ppm, As sebanyak 2,00 ppm, dan Hg < 0,01 ppm. Oleh sebab itu pemanfaatan kompos industri pulp dan kertas ini dapat dikatakan sebagai suatu tantangan dan suatu kesempatan untuk meningkatkan produksi pertanian yang berkesinambungan. Logam berat yang terdapat pada kompos IPAL diprediksi berasal dari bahan-bahan kimia yang ditambahkan selama proses pembuatan pulp dan kertas, karena pada proses tersebut tidak semua bubur pulp bisa dijadikan pulp dan kertas, sehingga ada yang tersisa pada saat pengepresan dan terbuang ke parit limbah yang kemudian dialirkan ke unit pengolahan limbah (IKPP, 2002).

Namun demikian, penggunaan bahan ameliorasi seperti kompos IPAL pulp dan kertas yang

mengandung logam berbahaya, tentunya dapat menurunkan kualitas hasil pertanian dan kondisi lingkungan disekitarnya yang pada akhirnya dapat mengganggu kelangsungan hidup manusia dan makhluk hidup lainnya. Oleh karena itu pemanfaatan kompos yang berasal dari lumpur instalasi pengolahan limbah (IPAL) pada lahan pertanian perlu dikaji secara cermat untuk memastikan apakah dalam jaringan tanaman berupa hasil panen terdapat kandungan logam berat yang melebihi batas yang boleh dikonsumsi manusia atas apakah bahan tersebut mencemari lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kandungan logam berat dalam jagung yang dipupuk dengan kompos yang berasal dari IPAL serta peningkatan terhadap kandungan logam di tanah.

Hasil penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah penggunaan kompos yang berasal dari limbah padat pabrik pulp dan kertas akan berpengaruh terhadap kandungan logam berat dalam jaringan tanaman jagung yang akan dikonsumsi manusia. Selanjutnya jika kandungan logam berat tidak mengalami peningkatan dibanding kontrol, hasil penelitian ini dapat memberikan masukan dalam usaha pemanfaatan limbah sludge IPAL untuk dijadikan sebagai pupuk organik tanaman pangan sehingga dapat menjadi alternatif dalam menangani permasalahan lingkungan.

Metode Penelitian

Percobaan lapangan dilakukan di Pangkalan Kerinci yaitu di lahan yang berada di kebun percobaan Dinas Pertanian Kabupaten Pelalawan, Riau. Pemilihan lokasi dengan pertimbangan bahwa lahan berbatasan dengan lahan masyarakat yang banyak membudidayakan jagung dan tanaman pangan lainnya. Analisis kandungan logam berat pada kompos, tanah, dan tanaman jagung dilakukan di Laboratorium Tanah dan Tanaman, Service Laboratory SEAMEO BIOTROP Bogor, Jawa Barat. Penelitian lapangan berlangsung selama 4 bulan yaitu dari bulan April sampai Agustus 2006.

Sludge yang digunakan berasal dari IPAL PT. IKPP Perawang sedangkan pengomposannya dilaksanakan di areal pembibitan tanaman hutan PT Arara Abadi. Benih jagung varietas harapan dipakai dalam percobaan berasal dari penjual benih bersertifikat untuk menjamin kemurnian benih

jagung tersebut. Untuk menentukan kandungan logam berat pada hasil panen digunakan tongkol jagung semi (*baby corn*) dan biji jagung yang telah masak panen. Sementara untuk melihat dampak penggunaan kompos IPAL pada lingkungan digunakan sampel tanah tempat percobaan yang telah diperlakukan. Pengukuran kandungan logam dalam organ tanaman dan pada sampel tanah sebelum dan sesudah perlakuan menggunakan atomic absorption spectrophotometer (AAS) Type NOV-AA 300.

Benih jagung ditanam pada plot percobaan berukuran 3 x 4 m dimana setiap unit percobaan diulang sebanyak 4 kali dan peletakan perlakuan menurut rancangan acak kelompok. Jenis dan dosis pupuk yang digunakan sebagai perlakuan terdiri dari kontrol yang tidak diberi pupuk, pemberian pupuk buatan NPK, pemberian kompos IPAL dengan takaran 10 t/ha, 20 t/ha, dan 30 t/ha. Kompos IPAL diberikan dengan cara menyebarkan rata di permukaan plot dan selanjutnya diinkubasikan selama seminggu sebelum benih ditanam. Pemberian pupuk buatan dilakukan bersamaan pada saat tanam secara larikan diantara barisan tanaman.

Sampel tanah diambil secara komposit dengan kedalaman 0-20 cm sebelum aplikasi kompos dan 21 hari setelah aplikasi kompos. Pada saat tanaman jagung berbuah muda (jagung semi) yaitu umur 50 hari setelah tanam, diambil beberapa contoh tongkol muda dengan menggunakan gunting kemudian dimasukkan ke dalam kantong kertas. Sampel berikutnya diambil pada saat panen yaitu saat tanaman berumur 70 hari. Biji jagung diambil sebanyak 50 g dari beberapa tongkol sampel dan disimpan dalam kantong kertas.

Penentuan kandungan timbal dilakukan setelah terlebih dahulu dibuat larutan standar dengan konsentrasi 0,0; 1,0; 5,0; 10,0; 15,0 dan 20,0 ppm. Konsentrasi Pb dari sampel tanah, pada jagung semi dan biji jagung diukur dengan panjang gelombang 283,8 nm dengan AAS. Untuk penentuan kandungan kadmium disiapkan larutan standar kadmium dengan konsentrasi 0,0; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; dan 2,0 ppm. Konsentrasi Cd pada sampel tanah, jagung semi dan biji jagung diukur dengan panjang gelombang 228,8 nm dengan AAS. Selanjutnya untuk menentukan kandungan Cu, terlebih dahulu disiapkan larutan standar dengan konsentrasi 0,0; 0,5; 1,0; 2,0; 4,0 dan 5,0 ppm. Konsentrasi Pb pada

sampel tanah, jagung semi dan biji jagung diukur dengan panjang gelombang 324,8 nm pada AAS. Untuk penentuan kandungan Zn disiapkan larutan standar kadmium dengan konsentrasi 0,0; 0,5; 1,0; 2,0; 4,0 dan 5,0 ppm. Konsentrasi Zn pada sampel tanah, jagung semi dan biji jagung diukur dengan panjang gelombang 213,9 nm pada AAS.

Kelayakan konsumsi jagung ditentukan berdasarkan kandungan logam berat pada setiap bagian tanaman yang diuji dengan menggunakan rumus berikut:

$$\text{Asupan logam (mg/hari)} = \frac{a \times b}{c \times 1000}$$

dimana,

a = Kandungan logam dalam jagung (ppm= mg/kg)

b = Konsumsi bahan makanan per hari (gr/hari)

c = Berat badan orang dewasa (rata-rata 60 kg)

Setelah didapatkan angka asupan, selanjutnya dibandingkan dengan nilai asupan logam berat yang direkomendasikan oleh badan kesehatan dan pangan dunia (WHO/FAO).

Hasil dan Pembahasan

Sumber logam berat yang ada dalam jaringan tanaman dapat berasal dari tanah atau dari pupuk yang diberikan pada tanah tersebut. Jenis dan logam berat yang terkandung di dalam tanah dan kompos IPAL yang digunakan diidentifikasi terlebih dahulu agar diketahui pengaruh dan potensi akumulasi pada tanaman. Hasil analisis awal kandungan logam berat pada kompos IPAL dan tanah tempat percobaan disajikan pada Tabel 1.

Hasil analisis kandungan logam berat yang dilakukan terhadap sampel kompos IPAL menunjukkan bahwa kandungan Pb, Cd, Cu, dan Zn cukup signifikan, sedangkan pada sampel tanah tempat percobaan yang diambil sebelum dilakukan pemupukan dengan kompos IPAL hanya terdapat Pb, Cu dan Zn, tapi Cd tidak terdeteksi oleh alat. Pemberian kompos IPAL menunjukkan kecenderungan meningkatkan pH tanah dari 5,6 sebelum diberi kompos menjadi 6,5 setelah 21 hari pemberian kompos.

Kandungan Pb dan Cd pada tanaman.

Jagung semi sebagai salah satu bentuk hasil

tanaman jagung adalah bagian dalam tongkol yang masih sangat muda yang dikonsumsi sebagai sayur dalam diet manusia sementara biji dikonsumsi dalam bentuk jagung rebus atau bentuk makanan lainnya. Analisis kandungan logam berat dengan menggunakan AAS pada jagung semi dan biji jagung ternyata logam Pb dan Cd tidak terdeteksi karena berada dibawah kemampuan deteksi alat (0,004 ppm untuk Cd dan 0,009 untuk Pb). Ada dua kemungkinan dari hasil penelitian ini; pertama kandungan kedua jenis logam ini sangat rendah yaitu kurang dari 0,004 ppm untuk Cd dan kurang dari 0,009 ppm untuk Pb. Kedua mungkin saja Pb dan Cd tidak terdapat dalam jaringan tongkol muda atau biji jagung tua karena tidak ditranslokasikan dari akar walaupun dapat diserap oleh akar tanaman jagung.

Meskipun Pb terdapat dalam pupuk kompos IPAL sebesar 70,55 ppm dan tanah sebesar 5,31 ppm, namun pada jagung semi dan biji jagung yang dipupuk dengan menggunakan pupuk kompos IPAL tidak menunjukkan adanya logam Pb dan Cd. Logam Pb termasuk unsur yang tidak dibutuhkan oleh tanaman, sehingga cenderung ditahan di dalam akar (Forbes dan Watson, 1992). Ross (1994) menyatakan bahwa Pb dalam jumlah yang kecil dapat diserap oleh akar tanaman, namun translokasinya dari akar dihalangi oleh proses fisik kimia yang terlibat dalam pengikatan Pb sehingga cenderung ditimbun di dalam dinding sel akar. Dengan demikian tidak ditemukannya logam Pb pada jagung semi dan biji jagung dapat disebabkan salah satunya karena transportasinya ke bahagian tongkol muda dan biji terhalang.

Kandungan cadmium tidak terdeteksi pada tanah akan tetapi terdapat sebanyak 8,32 ppm dalam kompos IPAL. Namun setelah dilakukan analisis kandungan Cd pada jagung semi dan biji jagung ternyata logam ini tidak ditemukan atau berada dibawah kemampuan deteksi alat. Cadmium biasanya jika terdapat dalam larutan tanah, akan diserap oleh akar tanaman kemudian ditranslokasikan ke batang, daun bahkan ke buah. Suzuki and Iwao (1982), yang menganalisis kandungan Cd di dalam jaringan tanaman padi menemukan konsentrasi Cd paling banyak pada daun dan batang namun jumlahnya pada bahagian biji sangat kecil. Selain itu adanya pengaruh dari logam lain seperti Zn yang terdapat dalam tanah

dapat mengganggu penyerapan Cd oleh tumbuhan seperti yang dikemukakan oleh Ross (1994).

Kandungan Tembaga dan zink pada tanaman

Analisis ragam terhadap kandungan Cu dan Zn menunjukkan adanya perbedaan yang nyata antar perlakuan pemberian pupuk. Rata-rata kandungan Cu dan Zn pada jagung semi dan biji jagung pada tanaman yang diberi pupuk buatan dan kompos IPAL dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 4 menunjukkan bahwa pemberian kompos IPAL akan meningkatkan kandungan Cu pada jagung semi dibanding kontrol atau yang diberi pupuk buatan. Pemberian pupuk kompos IPAL sebesar 20 t/ha menyebabkan peningkatan kandungan Cu yang paling tinggi pada jagung semi. Pada biji jagung kandungan Cu juga meningkat pada tanaman yang diberi pupuk kompos IPAL jika dibandingkan dengan yang tidak dipupuk. Jika dibandingkan antara jagung semi dengan biji jagung, terlihat bahwa kandungan Cu pada jagung semi lebih tinggi sekitar 20% dibanding dalam biji jagung. Hal ini memberikan indikasi bahwa penumpukan Cu pada jaringan muda lebih banyak dibanding pada jaringan yang lebih tua.

Berbagai penelitian menyatakan bahwa penyerapan Cu oleh tanaman akan lebih optimal pada pH antara 5,5 sampai 7,0 dan pemberian kompos IPAL ternyata meningkatkan pH tanah sampai 6,6 setelah diukur 21 hari setelah aplikasinya. Menurut Foth (1998), logam Cu berfungsi sebagai katalisator untuk respirasi dan penyusun enzim. Data kandungan logam Cu dalam jagung semi dalam penelitian ini masih berada di bawah batas kritis yang boleh terdapat dalam tanaman yaitu 15 ppm (Zachaus, 1995). Pada keadaan Cu yang berlebihan dalam tanah, jenis tanaman tertentu mengakumulasi Cu dalam jumlah yang tinggi tanpa menunjukkan gejala keracunan pada tanaman.

Hasil analisis data memperlihatkan bahwa pemberian kompos IPAL berpengaruh nyata terhadap kandungan logam Zn di dalam jagung semi maupun pada biji jagung. Pemberian kompos IPAL cenderung meningkatkan kadar Zn pada jagung semi dan biji jagung, dimana semakin tinggi penggunaan kompos IPAL semakin tinggi pula kandungan Zn pada kedua bagian tanaman tersebut. Peningkatan pH sampai 6,0 sampai 7 dapat

meningkatkan ketersediaan Zn dalam tanah dan menyebabkan serapan hara Zn akan menjadi maksimal oleh tanaman seperti dilaporkan oleh Fergusson (1991) dan Foth (1998).

Selanjutnya terlihat bahwa dengan penambahan dosis kompos IPAL dari 10 t/ha sampai 30 t/ha terjadi peningkatan kandungan logam Zn secara signifikan pada jagung semi dan biji jagung. Hal ini disebabkan setiap kenaikan dosis kompos IPAL berpotensi menambah jumlah logam Zn dalam tanah sehingga penyerapannya oleh tanaman akan semakin banyak pula. Data ini sesuai dengan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Suzuki and Iwao (1982), dimana tanaman yang diberikan Zn berlebihan akan mengakumulasi Zn pada akar, daun dan buah. Namun begitu kandungan Zn pada kedua bagian jaringan tanaman ini masih berada pada batas kritis yaitu antara 12 – 30 ppm seperti yang dikemukakan oleh Watson dan Ramstad (1994).

Selanjutnya terlihat bahwa dengan penambahan dosis kompos IPAL dari 10 t/ha sampai 30 t/ha terjadi peningkatan kandungan logam Zn secara signifikan pada jagung semi dan biji jagung. Hal ini disebabkan setiap kenaikan dosis kompos IPAL berpotensi menambah jumlah logam Zn dalam tanah sehingga penyerapannya oleh tanaman akan semakin banyak pula. Data ini sesuai dengan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Suzuki and Iwao (1982), dimana tanaman yang diberikan Zn berlebihan akan mengakumulasi Zn pada akar, daun dan buah. Namun begitu kandungan Zn pada kedua bagian jaringan tanaman ini masih berada pada batas kritis yaitu antara 12 – 30 ppm seperti yang dikemukakan oleh Watson dan Ramstad (1994).

Tabel 1. Kandungan logam timbal (Pb), cadmium (Cd), tembaga (Cu) dan seng (Zn) pada Kompos dan Tanah di lokasi percobaan.

Jenis sampel	pH	Kandungan logam (ppm)			
		Pb	Cd	Cu	Zn
Kompos	6,8	70,55	8,32	19,52	197,85
Tanah sebelum dipupuk	5,6	5,31	<0,004	10,98	25,99
Tanah setelah percobaan	6,5	<0,009	<0,004	11,08	30,21

Keterangan: batas deteksi alat Untuk Pb = 0,009; untuk Cd = 0,004

Tabel 2. Kandungan logam Cu dan Zn pada jagung semi dan biji jagung yang dipupuk dengan kompos dan pupuk buatan.

Perlakuan	Kandungan Cu (ppm)		Kandungan Zn (ppm)	
	Jagung Semi	Biji Jagung	Jagung Semi	Biji Jagung
Kompos 10 ton/ha	12,28 b	10,84 a	13,69 b	13,91 b
Kompos 20 ton/ha	13,43 b	11,64 a	18,21 a	14,85 a
Kompos 30 ton/ha	13,20 b	12,00 a	17,37 a	15,57 a
Pupuk buatan	9,79 c	10,21 a	9,84 c	8,97 b
kontrol	9,47 c	7,31 b	9,17 c	11,62 b

Angka-angka pada kolom yang diikuti oleh huruf kecil yang sama adalah tidak berbeda nyata menurut uji BNT pada taraf 5%.

Setiap logam mempunyai kemampuan berbeda dalam keterikatan oleh mineral liat, sehingga sangat mempengaruhi kemampuan tanaman dalam penyerapan logam. Penyerapan Cu oleh mineral liat dan adanya penambahan bahan organik, lebih kuat dari logam-logam lainnya sehingga kandungan logam Cu dalam tanaman selalu lebih rendah jika dibandingkan dengan logam Zn (Ross, 1994).

Keamanan Konsumsi

Jagung semi dan biji jagung merupakan bagian tanaman jagung yang biasa dikonsumsi oleh masyarakat. Oleh sebab itu kandungan logam berat yang terdapat dalam bahan makanan harus dipertimbangkan agar tidak memberi efek yang negatif bagi kesehatan masyarakat.

Beberapa logam berat dalam jumlah tertentu di tubuh manusia dimanfaatkan untuk system metabolisme tubuh dan mampu diekskresikan dari dalam tubuh, sehingga tidak bersifat toksik. Logam berat yang dikonsumsi oleh manusia dalam jumlah lebih dari batas toleransinya akan menimbulkan toksisitas dalam tubuh, dengan jalur toksisitas yang berbeda sesuai dengan karakteristik setiap logam. Standar konsumsi jagung semi dan biji jagung dipakai kelayakan konsumsi, berdasarkan asupan kandungan logam berat yang direkomendasikan oleh badan kesehatan dan pangan dunia (WHO).

Jagung semi yang terdiri dari bakal buah dan tongkol muda, biasanya dikonsumsi untuk dijadikan sayur, sehingga dikelompokkan kepada kelompok sayur dan buah dalam daftar konsumsi manusia.

Berdasarkan pola pangan harapan (PPH) nasional dan angka kecukupan energi yang dianjurkan untuk orang dewasa yaitu sebesar 132 kal per hari, maka untuk mencukupi angka tersebut dibutuhkan konsumsi jagung semi sebesar 250 gr/hari.

Dengan memprediksi logam berat yang dikonsumsi dari jagung semi setiap harinya berdasarkan PPH, maka didapatkan nilai untuk setiap perlakuan pemberian kompos IPAL seperti Tabel 3. Berdasarkan ketentuan oleh WHO, bahwa untuk logam Cd dan Pb merupakan logam yang toksisitasnya tinggi, sehingga tidak diperkenankan berada dalam makanan. Berdasarkan hasil penelitian ini, kandungan logam Cd dan Pb pada jagung semi (Tabel 3) dan pada biji jagung (Tabel 4) berada dibawah kemampuan deteksi alat sehingga dianggap berada dibawah standar toleransi asupan logam yang diperbolehkan.

Untuk logam yang kurang beracun atau toksisitas rendah seperti Cu dan Zn rata-rata berada dibawah standar toleransi asupan logam. Merujuk pada PPH dan kecukupan energi rata-rata per orang per hari, yang distandarkan, toleransi asupan logam untuk kategori bahan yang bersifat esensial, tetapi dapat menjadi toksik untuk logam berat, maka jagung semi yang dipupuk dengan kompos IPAL tergolong aman untuk dikonsumsi.

Tabel 3. Prediksi Logam Berat Yang Terkonsumsi Dari Konsumsi Jagung Semi*) Setiap Harinya dihitung berdasarkan standard WHO.

Uraian / Perlakuan	Konsumsi logam per hari (g/hari)			
	Pb	Cd	Cu	Zn
Kontrol	dkd	dkd	0,0395	0,0799
Pupuk buatan	dkd	dkd	0,0408	0,0410
Kompos 10 t/ha	dkd	dkd	0,0678	0,0570
Kompos 20 t/ha	dkd	dkd	0,0559	0,0759
Kompos 30 t/ha	dkd	dkd	0,0550	0,0640
Standar toleransi asupan logam **	0,015-0,1	0,01-0,1	0,9-2,2	15-20

Keterangan:

dkd= dibawah kemampuan deteksi alat (Pb <0,009 ppm, Cd <0,004 ppm)

* Estimasi dari asupan logam per kg berat badan untuk 60 kg per orang

** Standar WHO (FSANZ, 2002)

Adapun prediksi logam berat yang dikonsumsi dari biji jagung setiap harinya di sajikan pada Tabel 4. Berdasarkan PPH nasional, untuk makanan pokok seperti jagung, angka kecukupan energi yang dianjurkan rata-rata per orang dewasa per hari sebesar 2200 kal dan jika 50% berasal dari jagung, maka diperoleh angka kecukupan energi sebesar 1100 kal per hari. Untuk memperoleh 1100 kal per hari dibutuhkan konsumsi biji jagung sebesar 300 gr/hari. Dari Tabel 4 terlihat bahwa logam yang kurang beracun (toksisitas rendah) yaitu Cu dan Zn yang dikonsumsi rata-rata masih berada dibawah standar toleransi asupan logam. Merujuk pada Pola Pangan Harapan (PPH) dan kecukupan energi rata-rata per orang per hari, yang distandarkan, toleransi asupan logam harian untuk kategori bahan yang bersifat esensial, tetapi dapat menjadi toksik untuk logam berat, maka biji jagung yang dipupuk dengan kompos IPAL dapat dikategorikan aman untuk dikonsumsi.

Kesimpulan dan Saran

1. Pemakaian pupuk kompos IPAL pada tanaman jagung tidak menunjukkan adanya logam berat yang toksisitas tinggi yaitu Cd dan Pb, namun dapat meningkatkan kandungan logam Cu dan Zn di dalam jagung semi dan biji jagung.
2. Logam berat yang terakumulasi di dalam jagung semi dan dalam biji jagung yang dipupuk dengan kompos IPAL 10 ton/ha sampai 30 ton/ha lebih rendah dari batas toleransi asupan logam oleh manusia, sehingga jagung dikategorikan aman untuk dikonsumsi.

Pemanfaatan kompos IPAL sebagai pupuk di lahan yang ditanami jagung dapat dijadikan sebagai alternatif penanggulangan dampak lingkungan Sude IPAL yang dihasilkan dari pabrik kertas dan bubur kertas. Namun pemakaian kompos IPAL ini secara terus menerus memungkinkan terjadinya penumpukan logam Cu dan Zn yang berlebihan sehingga pada batas tertentu dapat mencemari tanah.

Tabel 4. Prediksi logam berat yang dikonsumsi dari konsumsi biji jagung setiap harinya dihitung berdasarkan standar WHO

Uraian / Perlakuan	Komsumsi logam per hari (g/hari)			
	Pb	Cd	Cu	Zn
Kontrol	dkd	dkd	0,0366	0,0531
Pupuk buatan	dkd	dkd	0,0511	0,0603
Kompos 10 t/ha	dkd	dkd	0,0542	0,0696
Kompos 20 t/ha	dkd	dkd	0,0582	0,0743
Kompos 30 t/ha	dkd	dkd	0,0600	0,0779
Standar toleransi asupan logam **	0,015-0,1	0,01-0,1	0,9-2,2	15-20

Keterangan:

dkd= dibawah kemampuan deteksi alat (Pb <0,009 ppm, Cd <0,004 ppm)

* Estimasi dari asupan logam per kg berat badan untuk 60 kg per orang

** Standar WHO (FSANZ, 2002)

Daftar Pustaka

- Bellamy, K.L., C. Chong, and R. A. Cline. 1995. Paper Sludge Utilization In Agriculture and Container Nursery Culture. *J. Environ. Qual.* 24: 1074-1082.
- Fergusson, J. E. 1991. *The Heavy Element: Chemistry, Environmental Impact, and Health Effects.* Pergamon Press, Oxford. 614 p.
- Forbes, J. C. dan R. D. Watson. 1992. *Plant in Agriculture.* Cambridge University Press. 248 p.
- Forth, H. D. 1998. *Dasar-Dasar Ilmu Tanah.* Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- SANZ. 2002. *Food Standards Australia New Zealand. The Copyright Act 1968.* Canberra BC.
- IKPP. 2002. *Penelitian Aplikasi Kompos Dari Lumpur IPAL (Sludge) dan Kulit Kayu PT. Indah Kiat. Indah Kiat Pulp dan Paper, Perawang.* 52 hal.
- Kirchmann, H dan B. Lars. 2003. Use of Paper-mill Waste on Agriculture Soil. *Journal Swedish University of Agricultural Sciences Department of Soil Sciences SE-75007.* Vol 53, no 2, hal 56-63.
- Macyk, T. M. and G. Smith. 1991. *Composting Pulp Mill Sludge for Development of Horticultural Products.* Alberta Research Council Edmonton, Alberta.
- Matysik, A. A., D. W. Gilmore, M. Mozaffari, C. J. Rosen, and T. R. Halbach. 2001. *Application of Wood Ash, Biosoild, and Paperill Residuals to Forest Soils.* College of Natural Resources and Minnesota Agricultural Experiment Station University of Minnesota. 18 p.
- McDonald, M. A., B. J. Hawkins, C. R. Prescott, and J. P. Kimmins. 1994. *Growth and Foliar Nutrition of Western Red Cedar Fertilizer With Sewage Sludge, Pulp Sludge, Fish Silage, and Wood Ash On Nothern Vancouver Island.* *Can. J. For. Res.* 24:294-301.
- Ross, S. M. 1994. *Toxic Metals in Soil-Plant System.* Jhon Wiley and Sons Ltd., Chichester, England. 469 p.
- Suzuki, S. and S. Iwao. 1982. Cadmium, copper and zinc levels in the rice and rice field soil of Houston, Texas. *Biol. Trace Element Res.* 4 : 21 - 28.
- Watson, S. A. and P. E. Ramstad. 1994. *Corn chemistry and Technology.* American Association of Cereal Chemists, Inc. St. Paul, Minnesota, USA. 605 p.
- Zachaus, D. 1995. *Grundlagen des aeroben Stoffwechsels.* 316. Dalam Hanifah. *Analisis Kandungan Logam Berat Dalam Ubi Kayu Yang Dipupuk Dengan Sampah Kota Di Desa Kulim, Pekanbaru.* Tesis. Program Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor. 75 hal.