



PENGOLAHAN LINDI SEBAGAI PUPUK CAIR UNTUK MENDUKUNG PENGEMBANGAN TPA SAMPAH LESTARI

Nurhasanah (nenganah@mail.ut.ac.id)
Universitas Terbuka

Latifah K. Darusman
Surjono Hadi Sutjahjo
Institut Pertanian Bogor

Bibiana Widiati Lay
Universitas Atmajaya

ABSTRACT

*A laboratory scale research to obtain environmentally safe effluent and liquid fertilizer from leachate from Final Waste Disposal Site in Galuga owned by Regional Government of Bogor City was conducted from July 2006 through to April 2007. The experiment was initiated by aerating the leachate in 4 difference aeration rates (0, 10, 30 and 70 liters/minute) followed by processing the sediment to product the liquid fertilizer. The experiment of production liquid fertilizer was carried out by adding lime with different dosage into sediment generated from processing by aerating at 70 liters/minute followed by centrifugation process or secher. Further, the liquid fertilizer generated from such experiment was applied to chili's planting (*Capsicum annum*). The research found that the processing conducted by aerating at the rate 70 liters/minute was the most effective in reducing pollutant from leachate. The addition of 1000 ppm CaO or Ca(OH)₂ limes in sediment from aeration is the most effective in depositing the dissolved material compared to the addition of limes in other dosage. Liquid fertilizer generated through the addition of 1000 ppm CaO have the content of N = 375,83 ppm, P = 121,44 ppm, K = 948,11 ppm, Ca = 827,20 ppm, Mg = 959,50 ppm, S = 48,53 ppm, Cu = 8,23 ppm, Zn = 30,02 ppm, Mn = 230,57 ppm, Fe = 320,95 ppm, Pb = 10,34 ppm, Cd = 7,46 ppm and Cr = 2,05 ppm. The use of liquid fertilizer generated by adding 1000 ppm CaO was the most effective in enhancing vegetation growth and production of chili. The non essential elements (Pb, Cd and Cr) in fruits from vegetation given liquid fertilizer produced from such treatment did not exceed tolerable threshold.*

Keywords : effluent, leachate, liquid fertilizer

Sejak lama sampah menjadi masalah di kota-kota besar. Masalah muncul karena lahan kosong makin terbatas untuk dijadikan Tempat Pembuangan Akhir (TPA) sampah, sementara sampah terus diproduksi dengan jumlah yang makin meningkat seiring jumlah penduduk yang makin meningkat. Keterbatasan lahan ini yang menyebabkan beberapa kota di Indonesia menempatkan TPA sampah di luar wilayahnya, misalnya TPA sampah Galuga yang dijadikan sebagai TPA sampah bagi masyarakat Kota Bogor berada di wilayah Kabupaten Bogor. TPA sampah ini bersifat *open dumping*, sampah dibiarkan terbuka sehingga selain menimbulkan bau, juga menghasilkan lindi.

Menurut Garnasih (2009), lindi merupakan limbah cair yang dihasilkan dari TPA sampah mengandung komponen organik, anorganik dan logam-logam terlarut. Apabila limbah cair ini masuk ke badan air tanah atau air permukaan dapat berpengaruh buruk bagi kehidupan yang ada di air dan darat.

TPA sampah Galuga berada di wilayah dengan curah hujan yang cukup tinggi sehingga menghasilkan lindi dalam jumlah yang cukup besar. Permasalahan utama yang terjadi di tempat ini adalah pencemaran yang diakibatkan oleh lindi akibat pengelolaan yang kurang memadai sehingga lindi yang masuk ke badan-badan air dan persawahan masih mengandung polutan di atas baku mutu yang mengakibatkan masyarakat mengalami kerugian.

Apabila pencemaran lindi terus dibiarkan, dikhawatirkan timbul keresahan masyarakat sekitar TPA sampah yang berujung pada penolakan masyarakat atas keberadaan TPA sampah di wilayahnya. Untuk menjaga agar TPA sampah ini tetap lestari, maka sistem pengelolaan lindi harus diperbaiki melalui upaya pengolahan untuk menghasilkan efluen sesuai baku mutu dengan memanfaatkan sisa hasil olahannya menjadi bahan pupuk cair. Menurut Lingga dan Marsono (2005), beberapa pupuk cair yang beredar di pasaran diolah melalui proses fermentasi bahan organik. Pupuk ini mengandung hara mikro Cu, Zn, Mn dan Fe. Lindi dari TPA sampah Galuga juga dihasilkan dari proses fermentasi bahan organik dan berdasarkan hasil penelitian Dinas Kebersihan dan Pertamanan (DKP) Kota Bogor (2003), lindi TPA sampah Galuga mengandung hara mikro Cu (0,097 ppm) dan Mn (0,016 ppm) serta hara makro dalam bentuk NO_3^- (0,068 ppm) dan SO_4^{2-} (13,60 ppm). Oleh karena itu, lindi dari TPA sampah Galuga memiliki prospek untuk dijadikan sebagai pupuk cair.

Pupuk cair dari lindi dapat dihasilkan dari proses pembusukan bahan organik dengan menggunakan drum-drum dan dapat digunakan dengan cara disiramkan langsung ke media tanam (Purwendro & Nurhidayat, 2008). Tetapi penggunaan lindi dari TPA sampah yang sebenarnya juga dihasilkan dari proses yang hampir sama, belum banyak diminati. Untuk mendapatkan informasi tentang kelayakan lindi dari TPA sampah sebagai pupuk cair dan daya gunanya dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman, maka dilakukan penelitian dengan memanfaatkan lindi dari TPA sampah Galuga. Penelitian ini dilaksanakan selain untuk mengatasi permasalahan kelangkaan pupuk, juga dapat mengubah sisa hasil olahan dari masalah menjadi sesuatu yang bermanfaat dan menguntungkan bagi masyarakat di sekitar TPA sampah, apabila mereka menjadi pelaku usaha ini. Selanjutnya diharapkan akan timbul dengan sendirinya semacam "rasa memiliki" dari masyarakat sekitar terhadap TPA sampah sehingga mereka akan tetap mempertahankan dan menjaga agar TPA sampah berada di lingkungannya.

Upaya mendapatkan efluen sesuai baku mutu dapat dilakukan dengan cara aerasi menggunakan *high speed aerator* untuk memberikan oksigen yang cukup agar bahan organik berkurang yang dilanjutkan dengan menambahkan kapur untuk mengendapkan logam-logam terlarut. Proses pengendapan dapat dipercepat dengan menggunakan alat sentrifugasi (Siregar, 2005).

Layak atau tidak, pupuk cair yang dihasilkan dari lindi, ditentukan oleh kadar hara dan mikroorganisme patogen. Lindi dari TPA sampah dapat dijadikan sebagai pupuk cair, apabila telah memenuhi persyaratan teknis minimal pupuk.

Tujuan penelitian ini adalah pertama, mendapatkan pengolahan aerasi yang paling efektif dalam menurunkan polutan lindi (NH_3 , H_2S , *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), *E. coli*, Cu, Zn, Mn, Fe, Pb, Cd, Cr) dan mengkaji kadar logam mikro (Cu, Zn, Mn, Fe, Pb, Cd, Cr) pada endapannya. Kedua, mendapatkan jenis dan dosis kapur yang menyebabkan nilai *Total Dissolve Solute* (TDS) dan kadar Ca pada cairan sisa paling rendah dan mengkaji kadar

hara makro (N, P, K, Ca, Mg dan S), hara mikro (Cu, Zn, Mn dan Fe) dan logam mikro non esensial (Pb, Cd dan Cr) pada endapannya. Ketiga, mendapatkan pupuk cair berbahan dasar lindi yang paling efektif dalam meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman, serta mengkaji kadar logam berat Pb, Cd dan Cr dalam buah dari tanaman yang diberi pupuk cair berbahan dasar lindi.

METODOLOGI

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di laboratorium dan rumah kaca Biotrop milik SEAMEO BIOTROP yang terletak di Jl. Raya Tajur Km 6 Bogor, dari bulan Juli 2006 sampai April 2007. Lindi yang diteliti, diambil dari bak pengumpul di Instalasi Pengolah Limbah (IPAL) yang ada di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) sampah Galuga milik Pemda Kota Bogor menggunakan kantong plastik berukuran 60 cm x 90 cm.

Tahapan Penelitian

Penelitian diawali dengan melakukan analisis pendahuluan pada lindi yang akan diolah, kemudian baru dilakukan beberapa percobaan. Ada 3 (tiga) tahapan percobaan yang dilakukan, yakni pertama, pengolahan lindi melalui pemberian udara pada beberapa laju aerasi untuk menghasilkan efluen yang aman bagi lingkungan. Kedua, pengolahan endapan hasil olahan aerasi yang mengandung hara mikro esensial (Cu, Zn, Mn dan Fe) paling tinggi untuk dijadikan bahan pupuk cair. Ketiga mengaplikasikan bahan pupuk cair terpilih sebagai pupuk daun pada pertanaman cabai (*Capsicum annum*).

Percobaan Tahap Pertama (Pengolahan Aerasi untuk Menurunkan Polutan dari Lindi)

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam percobaan ini adalah lindi dari TPA sampah Galuga milik Pemda Kota Bogor; sedangkan alat yang digunakan dalam percobaan ini, terdiri dari: drum plastik yang telah diberi 2 buah kran, kompresor (tipe LZU-5114), nozzle, rotameter, TDS meter dan pH meter.

Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan yang digunakan dalam percobaan ini adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) 1 faktor (pemberian udara pada laju yang berbeda), terdiri dari: 0 liter/menit, 10 liter/menit, 30 liter/menit dan 70 liter/menit. Masing-masing diulang 2 kali.

Pelaksanaan

Pada drum plastik dimasukkan lindi sebanyak 160 liter. Kemudian udara yang berasal dari kompresor dialirkan selama 6 jam ke dalam drum tersebut melalui selang yang ujungnya telah diberi 3 buah nozzle (*air stone*) dengan tingkat laju aerasi 0, 10, 30 dan 70 l/menit (sesuai perlakuan). Besarnya laju aerasi yang keluar dari kompresor diukur dengan menggunakan rotameter. Setelah proses aerasi selesai, pada masing-masing efluen diambil sampel untuk dianalisis terhadap beberapa parameter pencemar.

Parameter yang Diukur

Parameter yang diukur pada efluen yang diambil dari kran atas, terdiri dari: *Dissolve Oxygen* (DO), BOD₅, COD, NH₃, H₂S, TDS, E. coli, pH, Cu, Zn, Mn, Fe, Pb, Cd, Cr; sedangkan parameter yang diukur pada efluen yang diambil dari kran bawah, terdiri dari: Cu, Zn, Mn, Fe, Pb, Cd dan Cr. Pengambilan sampel dari kran bawah dilakukan setelah efluen dari kran atas dikeluarkan semua.

Metode Analisis

Metode yang digunakan untuk menganalisis parameter yang diamati dalam percobaan ini seperti yang terdapat pada Tabel 1.

Tabel 1. Metode Analisis

| Parameter | Metode | Parameter | Metode |
|------------------|-------------------|-----------|-------------------|
| Nilai TDS | TDS meter | Pb | AAS |
| pH | pH meter | Cd | AAS |
| BOD ₅ | Winkler inkubasi | Cr | AAS |
| COD | Bikromat refluks | N | Spektrofotometrik |
| DO | DO meter | P | Spektrofotometrik |
| NH ₃ | Spektrofotometrik | K | Flamephotometer |
| Sulfida | Spektrofotometrik | Ca | AAS |
| Cu | AAS | Mg | AAS |
| Zn | AAS | S | Spektrofotometrik |
| Mn | AAS | E. coli | MPN |
| Fe | AAS | | |

Percobaan Tahap Kedua (Pengolahan Lindi menjadi Bahan Pupuk Cair)

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan adalah endapan hasil olahan aerasi pada laju 70 liter/menit (endapan yang mengandung Cu, Zn, Mn dan Fe paling tinggi) yang diambil dari kran bawah dan 4 jenis kapur (CaO, Ca(OH)₂, CaCO₃, Dolomit). Alat yang digunakan dalam percobaan ini terdiri dari: gelas piala, alat pengaduk, sentrifusa (tipe B3.11), botol sentrifusa, botol berpenutup ukuran 1,5 liter, alat kocok (tipe Bill) dan pipet.

Rancangan Percobaan

Rancangan yang digunakan dalam percobaan ini adalah RAL 3 faktor. Faktor 1 (jenis kapur), terdiri dari: CaO, Ca(OH)₂, CaCO₃ dan Dolomit. Faktor 2 (dosis kapur) terdiri dari: 500 ppm, 750 ppm, 1000 ppm, 1250 ppm, 1500 ppm, 1750 ppm, 2000 ppm, 3000 ppm, 4000 ppm, 5000 ppm dan 6000 ppm. Faktor 3 (proses fisik untuk memaksimalkan proses pengendapan logam terlarut), terdiri dari: sentrifugasi dan pengocokan. Masing-masing perlakuan diulang 2 kali.

Pelaksanaan

Sebanyak 2 (liter) endapan hasil olahan aerasi yang dikeluarkan dari kran bawah diberikan kapur dengan jenis dan dosis sesuai perlakuan. Kemudian campuran tersebut diaduk selama ± 1 menit. Setelah itu, bahan tersebut dibagi menjadi 2 bagian untuk diberikan perlakuan yang berbeda. Sebagian disentrifugasi dan sebagian lagi dikocok dengan alat kocok agar flok-flok yang terbentuk mengendap. Setiap kali melakukan sentrifugasi, endapannya dibiarkan tetap di dalam

botol sentrifusa, sedangkan cairan yang berada di atas endapan (cairan sisa) dikeluarkan sebelum bahan berikutnya dimasukkan ke dalam botol sentrifusa untuk dilakukan proses sentrifugasi pada tahap berikutnya. Dengan demikian, endapan yang ada dalam botol sentrifusa adalah akumulasi dari endapan yang berasal dari 1 liter bahan yang disentrifugasi. Pada perlakuan yang dikocok, proses pengocokan dilakukan selama 1 jam dengan menggunakan botol berpenutup berukuran 1½ liter. Setelah proses pengocokan selesai, botol dibiarkan selama ½ jam agar flok-flok yang telah terbentuk mengendap. Setelah itu, cairan yang berada di atasnya dikeluarkan melalui pipet hingga jumlah cairan yang ada di dalam botol sama dengan volume endapan hasil proses sentrifugasi yakni sebesar 15 ml untuk setiap liter lindi yang diolah.

Parameter yang diukur

Parameter yang diukur pada cairan sisa (cairan di atas endapan), terdiri dari: nilai TDS, pH dan Ca; sedangkan parameter yang diukur pada endapan, terdiri dari: Cu, Zn, Mn, Fe, Pb, Cd, Cr, N, P, K, Ca, Mg dan S.

Metode Analisis

Metode yang digunakan untuk menganalisis parameter yang diamati dalam percobaan ini seperti yang terdapat pada Tabel 1.

Percobaan Tahap Ketiga (Percobaan Rumah Kaca)

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam percobaan ini, terdiri dari: pupuk cair berbahan dasar lindi (dengan atau tanpa penambahan 1000 ppm CaO), 4 macam pupuk cair komersial sebagai pembanding (Alami®, Lauxin®, Petrovita® dan Kontanik®), pupuk makro (urea, TSP dan KCl) untuk memperkaya bahan pupuk cair dari lindi, bibit cabai merah, tanah ultisol dan Dithane M45; sedangkan alat yang digunakan, terdiri dari: polibag, media tanam, alat semprot, penggaris dan alat untuk penyiraman.

Rancangan Percobaan

Rancangan yang digunakan dalam percobaan ini adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) 1 faktor dengan 2 ulangan. Perlakuan yang diujicobakan dalam percobaan rumah kaca seperti yang disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Perlakuan dari Percobaan Rumah Kaca

| Perlakuan | Perlakuan |
|------------------------------|------------------------------|
| Kontrol | Lindi + CaO 1000 ppm – NPK P |
| + NPK | Lindi + CaO 1000 ppm + NPK S |
| Lindi - NPK S | Lindi + CaO 1000 ppm + NPK P |
| Lindi - NPK P | Alami® |
| Lindi + NPK S | Lauxin® |
| Lindi + NPK P | Petrovita® |
| Lindi + CaO 1000 ppm – NPK S | Kontanik® |

Catatan : - NPK = pada pupuk cair berbahan dasar lindi tidak ditambahkan NPK.

+ NPK = pada pupuk cair berbahan dasar lindi diperkaya dengan 10% N, 10% P₂O₅ dan 10% K₂O.

S = disentrifugasi dan P = dikocok

Pelaksanaan

Bibit cabai merah disemaikan pada media persemaian. Setelah berumur 1 bulan, bibit yang telah tumbuh dipindahkan ke dalam polibag yang berisi 5 kg tanah. Pemberian pupuk daun diberikan setiap minggu dimulai setelah bibit dipindahkan ke polibag. Dosis pupuk cair yang diberikan adalah 4 ml/liter. Pupuk diberikan dengan cara disemprotkan ke daun 20 semprot per tanaman yang dilakukan setiap minggu. Pemeliharaan tanaman dilakukan apabila diperlukan dengan menggunakan obat pembasmi hama dan penyakit (Dithane M45). Setiap minggu dilakukan pengamatan terhadap tinggi tanaman. Pada akhir pertanaman (tanaman berumur 15 minggu) dilakukan pengamatan terhadap pertumbuhan tanaman (tinggi dan bobot brangkasan) dan produksi tanaman (jumlah buah dan bobot buah).

Parameter yang Diukur

Parameter yang diukur pada percobaan rumah kaca adalah: tinggi tanaman, bobot brangkasan, jumlah buah, bobot buah, kadar Pb, Cd dan Cr dalam buah cabai.

Metode Analisis

Metode yang digunakan untuk menganalisis Pb, Cd dan Cr dalam buah cabai, seperti yang terdapat pada Tabel 1.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengolahan Aerasi untuk Menurunkan Polutan dari Lindi

Hasil penelitian menunjukkan pengolahan aerasi baik melalui pemberian udara pada laju 10, 30 atau 70 liter/menit mampu menurunkan polutan dari lindi. Efektivitas penurunan polutan tertinggi terdapat pada perlakuan pemberian udara pada laju 70 liter/menit. Efektivitas menurunkan polutan lindi dari masing-masing laju aerasi seperti yang disajikan pada Tabel 3 dan 4.

Tabel 3. Efektivitas Penurunan Beberapa Polutan dari Lindi pada Masing-masing Laju Aerasi

| Polutan | Efektivitas Penurunan Polutan (%) | | | |
|---------------------------|-----------------------------------|----------|----------|----------|
| | 0 l/mnt | 10 l/mnt | 30 l/mnt | 70 l/mnt |
| BOD ₅ (ppm) ** | 3,87a | 29,98b | 70,32c | 74,63c |
| COD (ppm) ** | 2,11a | 14,63a | 50,71b | 74,53c |
| NH ₃ (ppm) ** | -1,67a | 24,38b | 60,93c | 66,60c |
| H ₂ S (ppm) ** | -2,20a | 23,24b | 55,51c | 74,67c |
| TDS (ppm) ** | -0,31a | 3,82b | 6,25b | 12,83c |
| E. coli (MPN/100 ml) * | -7,29a | 14,59b | 42,02c | 66,49d |

Ket. : ** Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada satu baris, tidak berbeda nyata pada taraf 1%.

* Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada satu baris, tidak berbeda nyata pada taraf 5%.

Tabel 4. Efektivitas Penurunan Logam Terlarut dari Lindi pada Masing-masing Laju Aerasi

| Polutan | Efektivitas Penurunan Logam Terlarut (%) | | | |
|----------|--|----------|----------|----------|
| | 0 l/mnt | 10 l/mnt | 30 l/mnt | 70 l/mnt |
| Cu (ppm) | 2,38a | 9,76b | 29,27c | 48,78d |
| Zn (ppm) | 1,12a | 10,23b | 17,05c | 20,45c |
| Mn (ppm) | 0,13a | 14,07b | 28,39c | 70,22d |
| Fe (ppm) | 0,03a | 11,07b | 26,00c | 38,74d |
| Pb (ppm) | 1,87a | 3,62b | 3,85b | 15,38c |
| Cd (ppm) | 0,76a | 20,00b | 40,00c | 53,85c |
| Cr (ppm) | 0,56a | 19,10b | 38,20c | 53,93d |

Ket. : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada satu baris, tidak berbeda nyata pada taraf 1%.

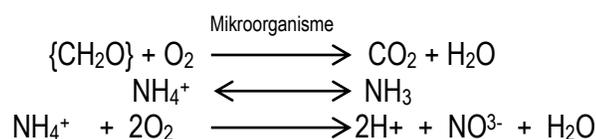
Efektivitas tertinggi dari pengolahan aerasi dengan memberikan udara pada laju 70 liter/menit berkaitan dengan suplai oksigen ke dalam lindi tertinggi. Pada 2 jam pertama proses aerasi, pemberian udara pada laju 70 liter/menit menyebabkan kadar oksigen terlarut (DO) dalam lindi yang diolah menjadi 8,65 ppm, mendekati kondisi jenuh pada suhu kamar dan lebih tinggi dibanding kadar oksigen terlarut (DO) dari perlakuan pemberian udara dengan laju 10 dan 30 liter/menit (Tabel 5). Hal ini juga yang menyebabkan nilai TDS tiap jam dari perlakuan pemberian udara pada laju 70 liter/menit sebagai indikator keberadaan bahan polutan dalam lindi selalu lebih rendah dibanding pemberian udara pada laju 0, 10 dan 30 liter/menit (Tabel 5).

Tabel 5. Nilai DO dan Nilai TDS Tiap Jam

| Lama Aerasi | Nilai DO (ppm) | | | | Nilai TDS | | | |
|-------------|----------------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|
| | 0 l/mnt | 10 l/mnt | 30 l/mnt | 70 l/mnt | 0 l/mnt | 10 l/mnt | 30 l/mnt | 70 l/mnt |
| 1 jam | 0,4a | 2,35ab | 3,7b | 6c | 3265a | 3250a | 3230a | 3175a |
| 2 jam | 0,35a | 4,7b | 5,45b | 8,65c | 3265a | 3220a | 3195a | 3130a |
| 3 jam | 0,3a | 6,55b | 7,65bc | 9,15c | 3275a | 3195a | 3160a | 3070a |
| 4 jam | 0,2a | 7,15b | 8,45b | 9,4b | 3275a | 3190a | 3135a | 2985a |
| 5 jam | 0,1a | 8,45b | 9,15b | 9,65b | 3275a | 3175a | 3095ab | 2905b |
| 6 jam | 0,1a | 9,15b | 9,5b | 10,05b | 3275a | 3145a | 3070a | 2850b |

Ket : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada satu baris, tidak berbeda nyata pada taraf 1%.

Suplai oksigen yang tinggi ke dalam limbah cair (dalam hal ini lindi) dapat menyebabkan oksidasi langsung senyawa racun NH₃ atau H₂S menjadi NO₃⁻, SO₄²⁻ maupun bahan organik (BOD dan COD) menjadi senyawa yang relatif aman bagi lingkungan (CO₂, H₂O, NO₃⁻, SO₄²⁻ dan PO₄³⁻) seperti yang digambarkan Achmad (2004) sebagai berikut.



Suplai oksigen yang tinggi dapat menyebabkan bakteri patogen yang bersifat anaerobik (dalam hal ini diindikasikan oleh nilai E. coli) berkurang (Tabel 3). Hal ini menurut Waluyo (2005) diakibatkan keberadaan oksigen dalam lindi sebagai akibat pemberian udara dapat menjadi racun bagi bakteri patogen yang bersifat anaerobik.

Penurunan NH₃, H₂S dan bahan organik (BOD) juga dapat terjadi sebagai akibat aktivitas mikroorganisme (aerobik atau fakultatif) dalam mendegradasi senyawa-senyawa tersebut menjadi sel-sel tubuhnya menjadi meningkat karena ada suplai oksigen ke dalam lindi seperti yang digambarkan Fardiaz (1992) sebagai berikut.



Hal-hal tersebut yang menyebabkan kadar polutan pada lindi berkurang setelah diaerasi selama 6 jam dengan tingkat pengurangan polutan yang lebih besar bila lindi diolah melalui pemberian udara pada laju 70 liter/menit. Kadar polutan yang masih tersisa dalam efluen pada masing-masing laju aerasi disajikan pada Tabel 6, sedangkan kadar NO₃⁻, SO₄²⁻ dan PO₄³⁻ dalam efluen sebagai produk hasil oksidasi dari NH₃, H₂S dan bahan organik terlarut pada masing-masing laju aerasi disajikan pada Tabel 7.

Tabel 6. Kadar Polutan yang Tersisa pada Efluen dari Masing-masing Laju Aerasi

| Polutan | Kadar Polutan Tersisa pada Efluen | | | |
|---------------------------|-----------------------------------|----------|----------|----------|
| | 0 l/mnt | 10 l/mnt | 30 l/mnt | 70 l/mnt |
| BOD ₅ (ppm) ** | 294,79a | 217,89b | 90,11c | 80,76c |
| COD (ppm) ** | 616,03a | 548,71ab | 332,22b | 166,15c |
| NH ₃ (ppm) ** | 6,43a | 4,72b | 2,72c | 2,33c |
| H ₂ S (ppm) ** | 4,26a | 3,32abab | 2,12b | 1,17c |
| TDS (ppm) ** | 3275a | 3145a | 3070a | 2850b |
| E. coli (MPN/100 ml) * | 1500a | 1200ab | 900b | 450c |

Ket. : ** Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada satu baris, tidak berbeda nyata pada taraf 1%.

* Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada satu baris, tidak berbeda nyata pada taraf 5%.

Tabel 7. Kadar NO₃⁻, SO₄²⁻ dan PO₄³⁻ dalam Efluen pada t = 6 jam dari Masing-masing Laju Aerasi

| Parameter | Laju Aerasi | | | |
|---------------------------------------|---------------|----------------|----------------|----------------|
| | 0 liter/menit | 10 liter/menit | 30 liter/menit | 70 liter/menit |
| NO ₃ ⁻ (ppm) ** | 1,41a | 1,56a | 3,15b | 4,21b |
| SO ₄ ²⁻ (ppm) * | 65,92a | 74,50ab | 88,18b | 101,63c |
| PO ₄ ³⁻ (ppm) * | 0,88a | 0,99a | 1,10b | 1,20b |

Ket. : ** Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada satu baris, tidak berbeda nyata pada taraf 1%.

* Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada satu baris, tidak berbeda nyata pada taraf 5%.

Pengolahan lindi melalui pemberian udara selama 6 jam menyebabkan logam terlarut mengalami pengendapan. Hal ini ditunjukkan oleh kadar logam mikro (Cu, Zn, Mn, Fe, Pb, Cd dan Cr) pada efluen yang dikeluarkan dari kran atas lebih rendah dibanding kadar logam tersebut yang terdapat pada efluen yang dikeluarkan dari kran bawah (Tabel 8). Perbedaan kadar logam tersebut antara efluen yang dikeluarkan dari kran atas dan bawah semakin besar bila lindi diolah dengan laju aerasi yang semakin tinggi dan efektivitas tertinggi dalam mengendapkan logam terlarut juga terdapat pada perlakuan pemberian udara pada laju 70 liter/menit (Tabel 9). Peningkatan kadar logam besi (Fe) di bagian bawah sebagai akibat terjadi proses oksidasi logam seperti yang digambarkan Achmad (2004) sebagai berikut.



Tabel 8. Kadar Logam Terlarut (ppm) dari Efluen yang Diambil dari Kran Atas dan Bawah pada t = 6 Jam pada Keempat Laju Aerasi

| Jenis Logam | 0 liter/menit | | 10 liter/menit | | 30 liter/menit | | 70 liter/menit | |
|-------------|---------------|--------|----------------|--------|----------------|--------|----------------|---------|
| | Atas | Bawah | Atas | Bawah | Atas | Bawah | Atas | Bawah |
| Cu | 0,041a | 0,046a | 0,037a | 0,055a | 0,029a | 0,068b | 0,021a | 0,125b |
| Zn | 0,088a | 0,093a | 0,079a | 0,095a | 0,073a | 0,115a | 0,070a | 0,450b |
| Mn | 0,789a | 0,862a | 0,678a | 1,640b | 0,565a | 2,785b | 0,235a | 4,905b |
| Fe | 3,885a | 5,100b | 3,455a | 6,685b | 2,875a | 9,010b | 2,380a | 10,995b |
| Pb | 0,027a | 0,028a | 0,026a | 0,029b | 0,025a | 0,030b | 0,022a | 0,031b |
| Cd | 0,065a | 0,071a | 0,052a | 0,074b | 0,039a | 0,087b | 0,030a | 0,110b |
| Cr | 0,089a | 0,105a | 0,072a | 0,135b | 0,055a | 0,175b | 0,041a | 0,275b |

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada satu baris antara atas dan bawah dari masing-masing laju aerasi (0, 10, 30 dan 70 liter/menit) tidak berbeda nyata pada taraf 1%.

Tabel 9. Efektivitas Penurunan Logam Terlarut pada Keempat Laju Aerasi

| Jenis Logam | Efektivitas Penurunan Logam Terlarut pada Masing-Masing Laju Aerasi (%) | | | |
|-------------|---|----------------|----------------|----------------|
| | 0 liter/menit | 10 liter/menit | 30 liter/menit | 70 liter/menit |
| Cu * | 2,38a | 9,76b | 29,27c | 48,78d |
| Zn * | 1,12a | 10,23b | 17,05c | 20,45c |
| Mn * | 0,13a | 14,07b | 28,39c | 70,22d |
| Fe ** | 0,03a | 11,07b | 26,00c | 38,74d |
| Pb | 1,87a | 3,62b | 3,85b | 15,38c |
| Cd ** | 0,76a | 20,00b | 40,00c | 53,85c |
| Cr ** | 0,56a | 19,10b | 38,20c | 53,93d |

Ket. : ** Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada satu baris, tidak berbeda nyata pada taraf 1%.

* Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada satu baris, tidak berbeda nyata pada taraf 5%.

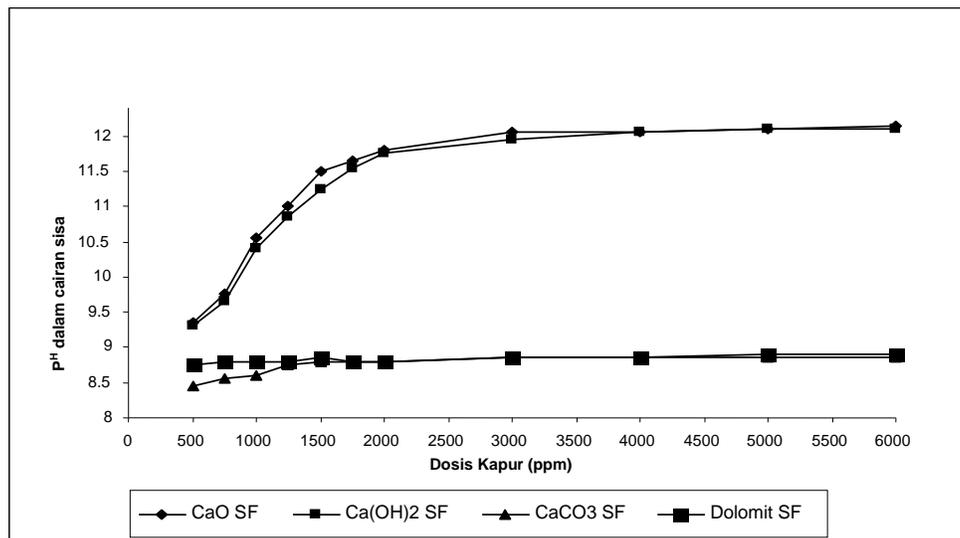
Dari hasil proses aerasi yang dilakukan selama 6 jam, pemberian udara pada laju 70 liter/menit memiliki efektivitas tertinggi dalam menurunkan polutan lindi. Pengolahan dengan cara ini menyebabkan nilai TDS, kadar Zn dan Pb serta nilai E. coli dapat diturunkan hingga di bawah baku mutu; sedangkan beberapa parameter pencemar lainnya, yakni BOD, COD, NH₃, H₂S, Mn, Fe, Cd dan Cr masih berada di atas baku mutu. Hal ini dapat disebabkan jumlah oksigen (O₂) yang dibutuhkan baik oleh mikroorganisme untuk menguraikan bahan-bahan polutan seperti BOD, COD, NH₃ dan H₂S menjadi komponen sel maupun bahan lain yang relatif stabil dan tidak berbahaya bagi lingkungan maupun untuk proses oksidasi logam-logam terlarut menjadi logam hidroksida yang mudah mengendap hingga menyebabkan kadar logam (Mn, Fe, Cd dan Cr) menjadi di bawah baku mutu belum terpenuhi.

Pengolahan Lindi menjadi Bahan Pupuk Cair

Pengaruh Penambahan Kapur

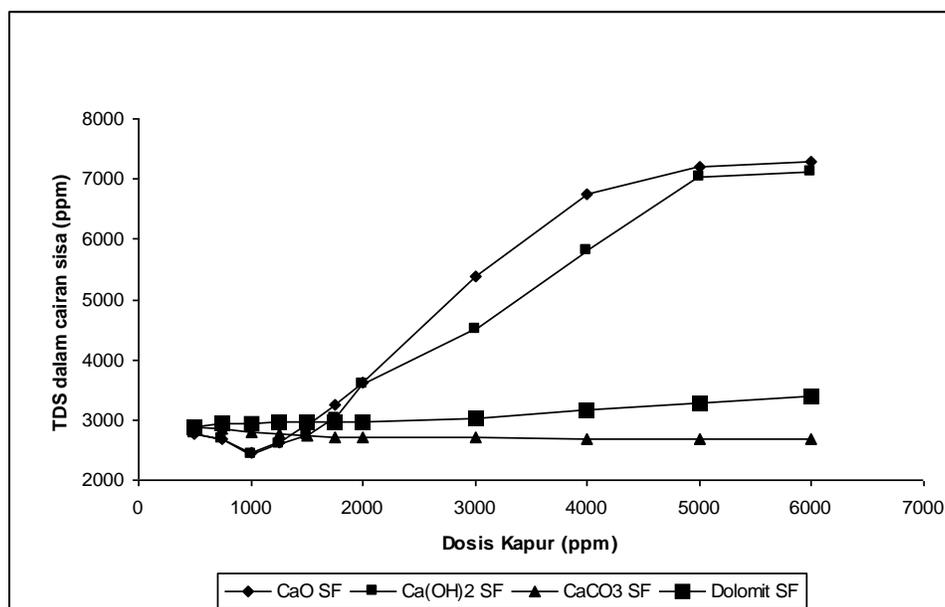
Penambahan jenis kapur yang berbeda pada dosis yang berbeda ke dalam endapan hasil aerasi memberikan pengaruh yang berbeda terhadap pola perubahan pH, nilai TDS dan kadar Ca dalam cairan sisa. Gambaran tentang ketiga hal tersebut seperti Gambar 1, 2 dan 3.

Gambar 1 menunjukkan bahwa pemberian CaO dan Ca(OH)_2 pada dosis 500 ppm hingga 1500 ppm menyebabkan peningkatan pH secara drastis. Tetapi pemberian CaCO_3 dan Dolomit pada dosis yang makin meningkat dari 500 ppm hingga dosis 6000 ppm hanya menyebabkan sedikit peningkatan pH.



Gambar 1. Pola perubahan pH pada cairan sisa

Perbedaan perilaku perubahan pH dari keempat jenis kapur ini berakibat pula terhadap pola perubahan nilai TDS dalam cairan sisa. Nilai TDS mencerminkan kadar bahan-bahan terlarut baik berupa logam maupun koloid yang terlarut. Nilai TDS pada perlakuan pemberian 1000 ppm CaO atau Ca(OH)_2 mencapai nilai yang terendah (Gambar 2). Nilai TDS terendah mencerminkan kadar polutan yang ada dalam larutan mencapai nilai yang paling rendah sebagai akibat terbentuk senyawa kompleks antara logam dengan koloid atau antara logam dengan OH^- yang berasal dari kapur membentuk flok yang mudah diendapkan (Hardjowigeno, 1995). Nilai TDS pada cairan sisa terendah mengindikasikan kadar logam mikro esensial dalam endapan berada dalam jumlah maksimal.

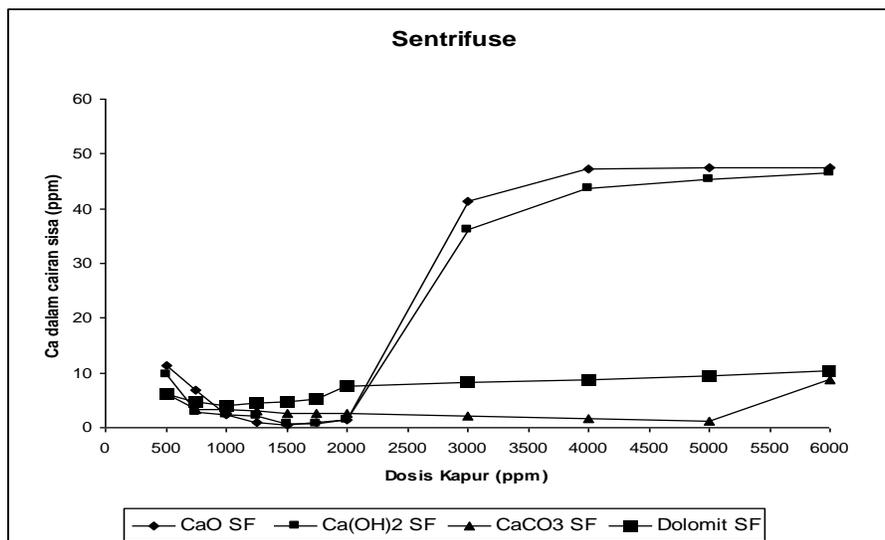


Gambar 2. Pola perubahan nilai TDS pada cairan sisa

Penurunan nilai TDS dari perlakuan CaO dan Ca(OH)₂ menunjukkan pola yang berbeda dengan penurunan nilai TDS dari perlakuan CaCO₃ dan Dolomit. Hal ini erat kaitannya dengan kemampuan meningkatkan pH dari CaO dan Ca(OH)₂ berbeda dengan CaCO₃ dan Dolomit. Kemampuan meningkatkan pH dari CaO dan Ca(OH)₂ lebih tinggi dibanding CaCO₃ dan Dolomit (Gambar 1). Menurut Hardjowigeno (1995), pada pH yang tinggi akan terjadi peningkatan muatan, bergantung pH dari koloid organik maupun koloid mineral sebagai akibat terjadi disosiasi H dari gugus phenol atau karboksil dari koloid organik maupun disosiasi H dari gugus OH pada ujung atau tepi kristal dari koloid mineral yang ada dalam lindi. Disosiasi H akan menyebabkan peningkatan muatan negatif hingga mampu mengikat logam terlarut yang bermuatan positif membentuk senyawa kompleks yang mudah mengendap. Pengendapan logam ini mengakibatkan kadar bahan-bahan terlarut yang diindikasikan oleh nilai TDS menjadi menurun.

Pemberian CaO atau Ca(OH)₂ pada dosis lebih tinggi dari 1000 ppm justru menyebabkan nilai TDS meningkat secara drastis (Gambar 3). Hal ini ternyata erat kaitannya dengan perubahan kadar Ca dalam cairan sisa yang ditunjukkan oleh pola perubahan kadar Ca dalam cairan sisa yang menyerupai pola perubahan nilai TDS (Gambar 2 dan 3). Pada pemberian CaO atau Ca(OH)₂ di atas 1000 ppm terjadi peningkatan pH yang mengakibatkan terjadi peningkatan jumlah muatan negatif dari koloid dalam jumlah yang dibutuhkan untuk mengikat logam terlarut termasuk Ca baik yang berasal dari lindi maupun Ca yang berasal dari kapur. Namun demikian, peningkatan jumlah muatan negatif yang terjadi sebagai akibat pemberian CaO atau Ca(OH)₂ dengan dosis di atas 1000 ppm tidak sebanding dengan peningkatan jumlah Ca yang ada dalam larutan. Hal ini yang menyebabkan akan banyak Ca dalam larutan dan Ca ini merupakan salah satu penyebab nilai TDS dalam cairan sisa.

Pada pH yang tinggi, peningkatan nilai TDS dalam cairan sisa juga didukung (meskipun tidak menjadi sesuatu yang dominan) oleh peningkatan kadar Cu, Zn, Pb dan Cd dalam cairan sisa. Hal ini ditunjukkan oleh kadar Cu, Zn, Pb, Cd dalam endapan pada perlakuan pemberian 6000 ppm CaO atau Ca(OH)₂ lebih rendah dibanding kadar logam tersebut akibat pemberian 500 ppm atau 1000 ppm CaO maupun Ca(OH)₂. Menurut Davis dan Masten (2004), pada pH di atas 9, logam-logam tersebut membentuk senyawa kompleks yang memiliki kelarutan yang tinggi.



Gambar 3. Pola perubahan kadar Ca pada cairan sisa

Pada perlakuan pemberian 1000 ppm CaO atau Ca(OH)₂, kedua perlakuan ini sama-sama menyebabkan nilai TDS dan kadar Ca pada cairan sisa terendah, namun pada endapan dari perlakuan pemberian 1000 ppm Ca(OH)₂ mengandung logam mikro non essensial Pb dan Cd lebih tinggi dibanding perlakuan pemberian 1000 ppm CaO. Pb dan Cd termasuk logam berat yang dapat mengganggu kesehatan manusia. Oleh karena itu, maka bahan pupuk cair yang dipilih untuk diujicobakan pada percobaan rumah kaca adalah yang dihasilkan dari perlakuan pemberian 1000 ppm CaO.

Pengaruh Proses Fisik

Proses fisik baik sentrifugasi maupun pengocokan ternyata mampu menyebabkan kadar hara makro N, P, K, Ca, Mg, S dan hara mikro essensial Cu, Zn, Mn, Fe dalam endapan lebih tinggi dibanding tanpa perlakuan tersebut (Tabel 10 dan 11). Menurut Siregar (2005), hal ini dapat terjadi akibat gaya sentrifugasi maupun proses pengocokan dapat menyebabkan peluang terjadinya proses pengadukan hingga terbentuknya flok yang mudah diendapkan menjadi semakin besar.

Berdasarkan data pada Tabel 10 dan 11 dapat dikatakan bahan pupuk cair dari lindi yang diperoleh dari endapan hasil aerasi yang diproses secara fisik lebih layak untuk dijadikan pupuk cair. Endapan hasil olahan aerasi akan lebih layak lagi sebagai pupuk cair dan mengandung kadar hara makro dan hara mikro yang lebih tinggi bila sebelum endapan tersebut diproses secara fisik baik melalui proses sentrifugasi maupun pengocokan, endapan diberi perlakuan penambahan 1000 ppm CaO.

Kadar Ca pada pupuk cair berbahan dasar lindi yang diperoleh melalui penambahan 1000 ppm CaO lebih tinggi dibanding kadar Ca pada ke 4 pupuk cair komersial. Namun demikian, kadar hara makro N, P dan K dari pupuk cair berbahan dasar lindi memang masih lebih rendah dibanding kadar N, P dan K dari pupuk cair komersial.

Tabel 10. Kadar Hara Makro yang Terdapat pada Pupuk Cair Berbahan Dasar Lindi dan Pupuk Cair Komersial

| Sumber | Kadar hara (ppm) | | | | | |
|------------------------------|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | N | P | K | Ca | Mg | S |
| Endapan hasil aerasi (lindi) | 6,234 | 12,32 | 87,33 | 97,46 | 91,06 | 8,42 |
| Lindi * | 121,42 | 31,43 | 845,68 | 393,60 | 264,50 | 16,80 |
| Lindi ** | 98,26 | 26,75 | 731,65 | 326,41 | 234,43 | 12,39 |
| Lindi + 1000 ppm CaO * | 375,83 | 121,44 | 948,11 | 8300 | 959,50 | 48,53 |
| Lindi + 1000 ppm CaO ** | 324,54 | 97,76 | 827,68 | 7970 | 873,98 | 37,52 |
| Lauxin® | 6500 | 5100 | 9100 | 3300 | 2100 | - |
| Alami® | 88000 | 10000 | 21700 | - | 1000 | - |
| Kontanik® | 158100 | 63500 | 61700 | - | 1100 | 116300 |
| Petrovita® | 88200 | 62100 | 64700 | 4,66 | 3000 | 189000 |

Ket: angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada satu baris tidak berbeda nyata pada taraf 1%.

* = disentrifugasi

** = dikocok

Kadar Cu dari pupuk cair berbahan dasar lindi melebihi kadar Cu yang terdapat dalam pupuk cair komersial Kontanik® (Tabel 11). Kadar Mn pada pupuk cair berbahan dasar lindi juga lebih tinggi dibanding kadar Mn pada ke 4 pupuk cair komersial (Lauxin®, Alami®, Kontanik® dan Petrovita®). Jika ditinjau dari persyaratan teknis minimal pupuk cair yang dikeluarkan Menteri Pertanian tahun 2003, yakni Pb kurang dari 50 ppm dan Cd kurang dari 10 ppm, maka pupuk cair berbahan dasar lindi yang dihasilkan dari percobaan ini layak untuk digunakan pada pertanaman.

Tabel 11. Kadar Hara Mikro Essensial dan Logam Mikro Non Essensial yang Terdapat pada Pupuk Cair Berbahan Dasar Lindi dan Pupuk Cair Komersial

| Sumber | Kadar Logam Mikro (ppm) | | | | | | |
|------------------------------|-------------------------|--------|--------|--------|---------------------------|------|------|
| | Hara Mikro Essensial | | | | Logam Mikro Non Essensial | | |
| | Cu | Zn | Mn | Fe | Pb | Cd | Cr |
| Endapan hasil aerasi (lindi) | 0,13 | 0,45 | 4,91 | 11,00 | 0,03 | 0,11 | 0,28 |
| Lindi S | 7,82 | 10,36 | 146,05 | 251,30 | 9,97 | 6,63 | 1,94 |
| Lindi P | 5,98 | 8,19 | 126,51 | 240,94 | 7,05 | 6,23 | 1,71 |
| Lindi + 1000 ppm CaO S | 8,23 | 30,02 | 230,57 | 320,95 | 13,53 | 7,86 | 2,27 |
| Lindi + 1000 ppm CaO P | 6,63 | 24,36 | 196,33 | 293,65 | 7,15 | 7,06 | 1,83 |
| Lauxin® | 20,00 | 8,00 | 24,7 | - | - | - | - |
| Alami® | 85 | 30 | 85 | 16 | - | - | - |
| Kontanik® | <0,003 | 363700 | - | 9000 | - | - | - |
| Petrovita® | 1000 | 37,22 | 57,58 | 2000 | - | - | - |

Ket: angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada satu baris tidak berbeda nyata pada taraf 1%.

S = sentrifugasi dan P = pengocokan

Percobaan Rumah Kaca

Dari hasil percobaan rumah kaca didapatkan penggunaan pupuk cair berbahan dasar lindi yang diolah dengan penambahan 1000 ppm CaO baik yang disentrifugasi maupun dikocok menunjukkan tinggi, bobot brangkasan, jumlah buah dan bobot buah lebih tinggi dan nyata berbeda dibanding kontrol. Tinggi, bobot brangkasan, jumlah buah dan bobot buah dari tanaman yang diberi perlakuan ini juga lebih tinggi dan nyata berbeda dibanding tinggi, bobot brangkasan, jumlah buah dan bobot buah dari tanaman yang hanya diberi hara N, P dan K saja. Bahkan tinggi, bobot brangkasan, jumlah buah dan bobot buah dari tanaman yang diberi pupuk cair berbahan dasar lindi yang diproses dengan penambahan 1000 ppm CaO, diproses fisik (sentrifugasi atau pengocokan) dan diperkaya dengan NPK tidak berbeda nyata dengan tanaman yang diberi pupuk cair komersial (Tabel 12).

Tabel 12. Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Hasil Percobaan Rumah Kaca

| Perlakuan | Tinggi Tanaman (cm) | Bobot Brangkasan (gram) | Jumlah Buah | Bobot Buah (gram) |
|------------------------------|---------------------|-------------------------|-------------|-------------------|
| Kontrol | 26,50 a | 8,34 a | 0,5 a | 1,49 a |
| + NPK | 27,75 ab | 9,01 a | 1,0 ab | 3,32 ab |
| Lindi - NPK S | 28,50 abc | 9,13 a | 1,5 abc | 4,67 b |
| Lindi - NPK P | 28,00 ab | 9,13 a | 1,0 ab | 3,36 ab |
| Lindi + NPK S | 31,50 bcde | 12,82 abcd | 2,5 abc | 9,24 cd |
| Lindi + NPK P | 31,00 bcde | 12,42 abcd | 2,5 abc | 7,65 bc |
| Lindi + CaO 1000 ppm – NPK S | 29,00 abcd | 12,29 abcd | 2,5 abc | 8,42 bcd |
| Lindi + CaO 1000 ppm - NPK P | 28,50 abc | 10,92 abc | 2,0 abc | 6,21 bc |
| Lindi + CaO 1000 ppm + NPK S | 32,50 de | 17,24 cd | 7,0 e | 24,23 g |
| Lindi + CaO 1000 ppm + NPK P | 32,00 cde | 16,37 bcd | 5,0 de | 17,71 def |
| Alami® | 32,50 de | 16,59 bcd | 6,0 e | 19,68 ef |
| Lauxin® | 32,00 cde | 16,93 bcd | 3,0 cd | 11,24 cde |
| Petrovita® | 32,50 de | 16,52 bcd | 6,5 e | 23,23 g |
| Kontanik® | 34,00 e | 17,90 d | 7,0 e | 25,54 g |

Ket : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama, tidak berbeda nyata dibanding kontrol pada taraf 1%

S = sentrifugasi dan P = pengocokan

Ditinjau dari kadar logam berat (Pb, Cd dan Cr) yang terdapat pada bagian tanaman yang dikonsumsi manusia, pemberian pupuk cair berbahan dasar lindi yang dihasilkan melalui penambahan 1000 ppm CaO tidak menyebabkan kadar logam berat Pb, Cd dan Cr dalam buah cabai melebihi ambang batas yang dapat ditoleransikan (Tabel 13).

Tabel 13. Kadar Logam Berat dalam Buah Cabai dari Hasil Penelitian dan Kadar Logam Berat yang Dapat Ditoleransikan

| Logam Mikro | Lindi + 1000 ppm CaO | | | Kadar Logam Mikro dalam Bagian Tanaman Yang dapat Ditoleransikan | Sumber |
|-------------|----------------------|--------------|------------|--|---|
| | Lindi Sentrifugasi | Sentrifugasi | Pengocokan | | |
| Pb (ppm) | 0,823a | 0,926b | 0,874ab | 2 ** | * = WHO dalam Amir et al., (2009) ** = Keputusan Ditjen POM (1989) |
| Cd (ppm) | 0,031a | 0,033a | 0,033a | 0,01 – 0,04 * | |
| Cr (ppm) | 0,18a | 0,21a | 0,21a | 0,05 – 0,27 * | |

Ket: angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada satu baris tidak berbeda nyata pada taraf 1%..

KESIMPULAN

1. Pengolahan lindi dengan memberikan udara pada laju 70 liter/menit memiliki efektivitas menurunkan $\text{NH}_3 = 66,60\%$, $\text{H}_2\text{S} = 74,67\%$, $\text{BOD}_5 = 74,63\%$, $\text{COD} = 74,53\%$, $\text{E. coli} = 66,49\%$, $\text{Cu} = 48,78\%$, $\text{Zn} = 20,45\%$, $\text{Mn} = 70,22\%$, $\text{Fe} = 38,74\%$, $\text{Pb} = 15,38\%$, $\text{Cd} = 53,85\%$, $\text{Cr} = 53,93\%$; lebih tinggi dibanding pengolahan melalui pemberian udara pada laju 30, 10 maupun 0 liter/menit dan nyata berbeda dibanding pengolahan melalui pemberian udara sebesar 10 liter/menit maupun 0 liter/menit. Kemampuan pengolahan aerasi melalui pemberian udara pada laju yang tinggi berkaitan dengan suplai oksigen yang lebih tinggi dibanding melalui pemberian udara pada laju yang rendah. Kadar hara mikro esensial Cu, Zn, Mn dan Fe yang terdapat pada endapan hasil olahan aerasi pada laju 70 liter/menit lebih tinggi dibanding kadar Cu, Zn, Mn dan Fe dari perlakuan pemberian udara pada laju 0, 10 dan 30 liter/menit.
2. Nilai TDS dan kadar Ca pada cairan sisa terendah terdapat pada perlakuan pemberian 1000 ppm CaO atau $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dan pada endapan dari perlakuan pemberian 1000 ppm CaO mengandung $\text{Cu} = 8,23 \text{ ppm}$, $\text{Zn} = 30,02 \text{ ppm}$, $\text{Mn} = 230,57 \text{ ppm}$, $\text{Fe} = 320,95 \text{ ppm}$, $\text{Pb} = 10,34 \text{ ppm}$, $\text{Cd} = 7,46 \text{ ppm}$, $\text{Cr} = 2,05 \text{ ppm}$, $\text{N} = 375,83 \text{ ppm}$, $\text{P} = 121,44 \text{ ppm}$, $\text{K} = 948,11 \text{ ppm}$, $\text{Ca} = 8300 \text{ ppm}$, $\text{Mg} = 959,50 \text{ ppm}$ dan $\text{S} = 48,53 \text{ ppm}$. Nilai TDS terendah akibat pemberian CaO atau $\text{Ca}(\text{OH})_2$ pada dosis 1000 ppm dapat disebabkan jumlah Ca dalam cairan sisa terendah akibat diikat oleh koloid.
3. Pertumbuhan dan produksi tanaman (tinggi, bobot brangkasan, jumlah buah dan bobot buah) yang diberi pupuk cair berbahan dasar lindi yang diolah melalui penambahan 1000 ppm CaO yang diberi perlakuan fisik sentrifugasi maupun pengocokan dan diperkaya dengan hara makro NPK 10% lebih tinggi dan nyata berbeda dibanding kontrol dan tidak berbeda nyata dengan pertumbuhan dan produksi tanaman yang diberi pupuk cair berbahan dasar lindi yang diolah dengan pupuk cair komersial. Penggunaan pupuk cair berbahan dasar lindi tidak menyebabkan kadar logam berat Pb, Cd dan Cr dalam buah cabai melebihi ambang batas yang dapat ditoleransikan.

REFERENSI

- Achmad, R. (2004) *Kimia lingkungan*. Yogyakarta: ANDI.
- Amir, H. K., Aghili, F. & Sanaelostovar, A. (2009). Daily intake of heavy metal and nitrate through greenhouse cucumber and bell pepper consumption and potensial health risks for human. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. V(60), 199 – 208.
- Davis & Masten. (2004). *Principles of environment engineering and science*. Michigan State University. USA: Mc Graw Hill. .
- Dinas Kebersihan & Pertamanan (DKP) Pemerintah Kota Bogor. (2003). *Upaya pengelolaan lingkungan dan upaya pemantauan lingkungan*. Bogor.
- Ditjen POM. (1989). Keputusan Ditjen Pengawasan Obat dan Makanan No. 03725/B/SK/VII/89 tentang Batas Maksimum Logam Berat pada Makanan.
- Fardiaz, S. (1992). *Polusi air & udara*. Yogyakarta: Kanisius.
- Garnasih, I. (2009). Studi pendahuluan potensi toksisitas & genotoksitas air lindi sampah dari TPA Sarimukti Kabupaten Bandung terhadap tikus. Tesis Program Pascasarjana Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Hardjowigeno, S. 1995. *Ilmu tanah*. Jakarta: Akademika Pressindo.
- Lingga P. & Marsono. (2005). *Petunjuk penggunaan pupuk*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Menteri Pertanian. (2003). Persyaratan teknis minimal dan metode uji pupuk an-organik padat dan cair. Diambil 29 April 2010, dari situs World Wide Web http://www.deptan.go.id/bsp/puk_pest/peraturan/LAMPIRAN%20II%20an-organik.htm
- Purwendro, S. & Nurhidayat. (2008). *Mengolah sampah untuk pupuk & pestisida organik*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Siregar, S.A. (2005). *Instalasi pengolahan air limbah: Menuntaskan pengenalan alat-alat dan sistem pengolahan air limbah*. Yogyakarta: Kanisius.
- Waluyo, L. (2005). *Mikrobiologi lingkungan*. Malang: Universitas Muhammadiyah Malang.