

## Efisiensi Pengolahan Amonium Berkonsentrasi Tinggi Dalam Lindi Pada Sistem Evapotranspirasi-Anaerobik Secara Kontinyu Badrus Zaman<sup>1,\*</sup>, Purwanto<sup>2</sup>, Sarwoko Mangkoedihardjo<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Program Doktor Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro

<sup>2</sup>Teknik Lingkungan Institut Teknologi Surabaya

\*Email: badrus\_z@yahoo.com

### ABSTRAK

Timbulan lindi merupakan konsekuensi adanya aktivitas Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) sebagai hasil dari proses infiltrasi air dan proses pembusukan oleh mikroorganisme yang berpotensi menghasilkan lindi, yang merupakan hasil reaksi berbagai zat kimia sampah. Lindi berpotensi mencemari tanah, air tanah dan air permukaan. Secara umum parameter yang terkandung dalam lindi dengan konsentrasi yang tinggi selain BOD dan COD adalah amonium dengan rentang sekitar 200-1200mg/l. Pengolahan dengan sistem konvensional yang cukup efektif adalah dengan sistem nitrifikasi-denitrifikasi yang merupakan proses aerobik-anaerobik, tetapi sistem tersebut masih terdapat kekurangan sehingga dilakukan pengembangan sistem dengan menggunakan tumbuhan berupa sistem evapotranspirasi dan sistem anaerobik. Pada penelitian ini dilakukan penggabungan proses evapotranspirasi yang dilanjutkan proses anaerobik dengan sistem kontinyu. Pada sistem evapotranspirasi digunakan tiga jenis tumbuhan yaitu tumbuhan Mendong (*Fimbristylis globulosa*), Sente (*Alocasia macrorrhiza* Schott, dan Rumput belulang (*Eleusine indica* L. Gaertn). Waktu tinggal pada sistem evapotranspirasi masing-masing selama sekitar dua (2) hari dan pada sistem anaerobik selama tiga (3) hingga empat (4) hari. Penelitian dilakukan secara triplo (tiga rangkaian) dan dilakukan dua siklus proses dengan total waktu untuk masing-masing siklus sekitar sepuluh (10) hari. Konsentrasi awal amonium influent ditetapkan sebesar sekitar 3000 mg/l yang dilakukan dengan menambahkan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  ke dalam lindi hasil sampling dari TPA Jatibarang, Semarang. Hasil penelitian menunjukkan rata-rata efisiensi pengolahan berkisar antara 0,90-0,93%. Berdasarkan hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem evapotranspirasi-anaerobik mampu mengolah dengan baik amonium berkonsentrasi tinggi dalam lindi sehingga sistem evapotranspirasi-anaerobik merupakan sistem pengolahan yang potensial untuk diterapkan pada pengolahan amonium dalam lindi dengan rentang yang lebar dan menghasilkan efisiensi yang tinggi ( $\geq 90\%$ ).

**Kata kunci** : Ammonium, Anaerobic, Evapotranspiration, Landfill, Leachate

### 1. PENDAHULUAN

Lindi merupakan produk adanya timbulan sampah yang diakibatkan oleh infiltrasi air dan aktivitas mikroorganisme yang melakukan proses pembusukan. Lindi mengandung berbagai senyawa seperti material organik, amonia-nitrogen, logam-logam berat, senyawa organik berklor, dan berbagai senyawa anorganik (Wang *et al.*, 2002a). Paparan terbuka lindi dapat mencemari tanah, air tanah dan air permukaan yang menghasilkan dampak bagi berbagai spesies biotik. Berbagai toksikan tersebut dapat terakumulasi dalam berbagai spesies dan melalui konsumen yang lebih tinggi melalui mekanisme jaring-jaring makanan menyebabkan biomagnifikasi melalui paparan jangka panjang (Long *et al.*, 2010, Mangimbulude *et al.*, 2009, Sanchez-Chardi dan nadal, 2007, Sanchez-Chardi *et al.*, 2007). Dalam jangka pendek, toksikan juga mempengaruhi berbagai organisme di lingkungan termasuk spesies akuatik dan bakteri (Bernard *et al.*, 1997, Marttinen *et al.*, 2002, Pirezari *et al.*, 1996, Sisino *et al.*, 2000, Thomas *et al.*, 2009). Kondisi tersebut juga terjadi di Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Jatibarang yang melayani kota Semarang, dimana parameter yang terkandung dalam lindi dengan konsentrasi yang tinggi tetapi kurang mendapat perhatian pada proses pengolahan adalah amonium. Konsentrasi amonium dalam lindi TPA Jatibarang berkisar pada 200-1200 mg  $\text{NH}_4\text{-N}$  /l, yang terutama dipengaruhi oleh curah hujan dan umur sampah.

Berbagai sistem pengolahan amonium dalam lindi dapat dilakukan melalui proses fisik, kimia dan biologis. Berbagai pengolahan air lindi dengan sistem fisik-kimia meskipun menunjukkan hasil yang menjanjikan termasuk dengan penyederhanaan instalasi pengolahan, insensitifitas pada perubahan temperatur dan mampu beradaptasi pada rentang konsentrasi polutan yang lebar, tetapi dalam prosesnya membutuhkan biaya operasional, konsumsi energi, pengendapan sludge dan pembuangan cairan pekat hasil pengolahan dengan biaya yang tinggi. Untuk mengatasi beberapa kekurangan yang ada pada sistem fisik-kimia dapat dilakukan dengan pengolahan sistem biologis yang menunjukkan hasil yang efektif tetapi relatif tidak mahal. Sistem biologis tersebut terutama sistem konvensional yang berdasarkan proses nitrifikasi-denitrifikasi yang merupakan metode umum untuk mengolah limbah yang mengandung nitrogen seperti limbah rumah tangga, limbah pertanian dan lindi, dimana sebagian besar menggunakan sistem reaktor dengan berbagai modifikasi dan konfigurasinya. Meskipun begitu sistem biologis tersebut masih terkendala yang disebabkan oleh adanya senyawa yang bersifat toksik bagi proses-proses biologis

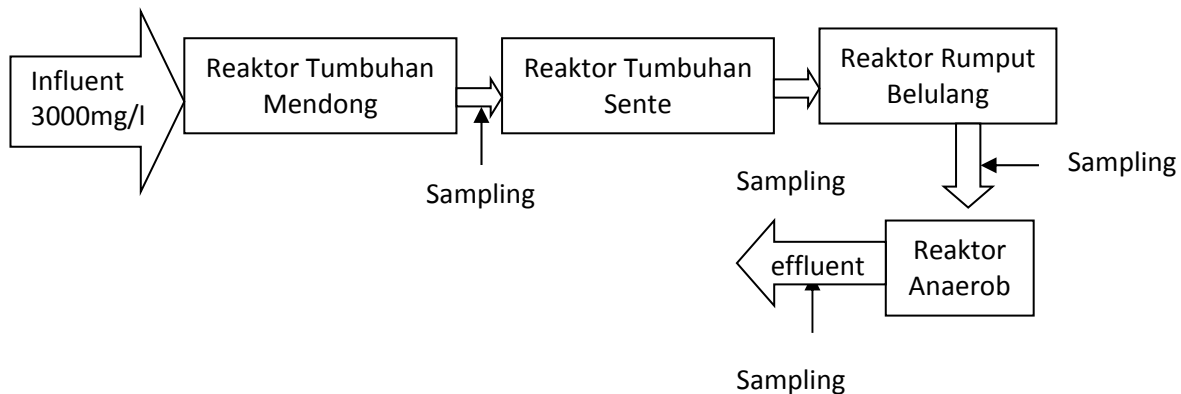
tersebut dan tidak sempurnanya proses dalam reaktor sehingga dinilai kurang memuaskan. Sehingga untuk mengatasi kekurangan dalam sistem biologis beberapa peneliti mengembangkan sistem fitoremediasi yaitu suatu sistem pengolahan dengan menggunakan tumbuhan sebagai pengolah yang berjalan secara alami.

Proses tersebut seperti yang dilakukan oleh Justin dan Zupancic, 2009 pada tumbuhan dan rumput. Rumput *Vetiver* digunakan oleh Percy dan Truong, 2004. Zhang *et al.*, 2008 melakukan fitoremediasi di lahan basah buatan dalam skala laboratorium dan skala lapangan. Zalesny, *et al.*, 2007; Zalesny Jr, *et al.*, 2008 pada tumbuhan *populus* pada skala laboratorium dan skala lapangan sedangkan Bialowiec *et al.*, 2007 menggunakan tumbuhan willow—*Salix amygdalina* L. Aronsson *et al.*, 2009 menggunakan 2 varietas tumbuhan willow coppice (*Salix*) dengan beban nitrogen yang tinggi (2160 kg N/ha), klorida (8600 kg Cl/ha) dan berbagai elemen yang lain. Zuhriah dan Mangkoedihardjo, 2005 menggunakan tumbuhan bayam cabut (*Amaranthus tricolor*) dan rumput paitan (*Axonopus compressus*). Mangkoedihardjo, *et al.* 2008, dengan tumbuhan *Pterocarpus indicus* and *Jatropha curcas*. Mangkoedihardjo dan Surahmida, 2008 dengan menggunakan tumbuhan jarak pagar (*Jatropha curcas* L). Zupancic dan Justin, 2010 menggunakan tumbuhan *Populus deltoides* (eastern cottonwood). Justin, *et al.*, 2010 menggunakan tumbuhan *Populus deltoides*, *Salix viminalis* L. dan *Salix purpurea* L. Sedangkan Mangkoedihardjo, 2005 melakukan peningkatan kualitas kompos dari limbah rumah tangga melalui fitoteknologi untuk perbaikan kualitas lindi hasil proses pengomposan primer.

Berdasarkan kenyataan yang ada dilapangan diperlukan sistem baru untuk mengolah amonia dalam lindi dari TPA Jatibarang pada konsentrasi amonium yang tinggi berupa sistem biologi yang terintegrasi antara sistem evapotranspirasi dengan sistem anaerobik sehingga mampu mengolah amonium dengan rentang beban yang tinggi tetapi prosesnya efisien, desainnya sederhana, mudah dioperasikan, memberikan hasil yang memuaskan dan berkelanjutan.

## 2. METODOLOGI

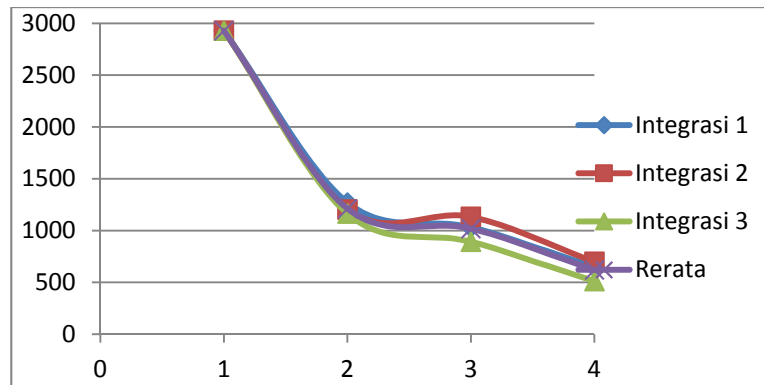
Penelitian ini dilakukan melalui tahapan pembuatan lindi artifisial dan penyusunan reaktor evapotranspirasi dengan reaktor anaerob. Lindi artifisial dibuat dengan menambahkan amonium klorida ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) ke dalam lindi hasil sampling dari TPA Jatibarang. Konsentrasi lindi ditentukan sebesar 300mg/l  $\text{NH}_4\text{-N}$ . Lindi artifisial yang telah jadi disimpan dalam wadah stok lindi. Kemudian dilakukan penyusunan reaktor evapotranspirasi yang dilanjutkan reaktor anaerobik. Reaktor evapotranspirasi terdiri dari tiga rangkaian yang terdiri dari reaktor tumbuhan Mendong (*Fimbristylis globulosa*), reaktor tumbuhan Sente (*Alocasia macrorrhiza* Schott) dan reaktor rumput Belulang (*Eleusine indica*). Reaktor disusun secara triplo. Susunan reaktor tersebut secara keseluruhan adalah sebagai berikut:



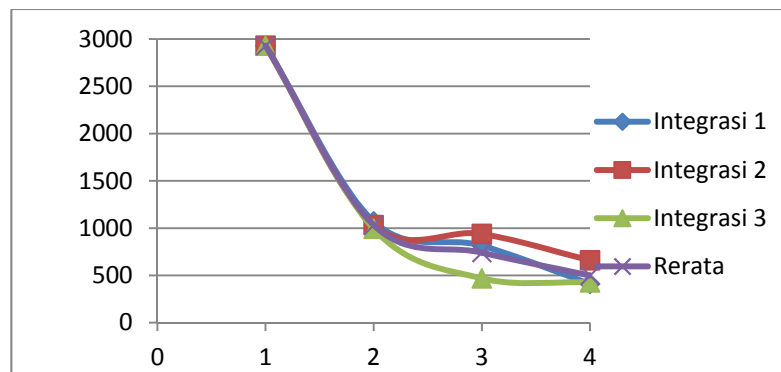
Waktu tinggal pada masing-masing reaktor evapotranspirasi selama 2 hari dan reaktor anaerobik selama 3-4 hari. Influent dilakukan selama 2 siklus dengan masing-masing siklus selama 10 hari. Influent dilakukan secara kontinyu dengan dipastikan tumbuhan sudah hidup dengan stabil pada masing-masing reaktor dan bakteri anaerob telah tumbuh dengan baik. Sampling dilakukan pada titik sampling sesuai dengan waktu tinggal masing-masing reaktor untuk kemudian dilakukan pengukuran amoniumnya. Data effluent amonium yang dihasilkan kemudian di rata-rata dan dilakukan analisis efisiensi pengolahan yang terjadi.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari sistem pengolahan yang terintegrasi antara sistem evapotranspirasi dan anaerobik dapat ditampilkan pada grafik berikut :



Gambar 1. Grafik hasil pengolahan amonium dalam lindi pada sistem integrasi siklus 1



Gambar 2. Grafik hasil pengolahan amonium dalam lindi pada sistem integrasi siklus 2

Berdasarkan grafik di atas pada siklus pertama amonium yang terolah dari  $\pm 3000\text{mg/l NH}_4\text{-N}$  menjadi  $\pm 306\text{ mg/l NH}_4\text{-N}$  dan pada siklus kedua  $\pm 3000\text{mg/l NH}_4\text{-N}$  menjadi  $\pm 194\text{mg/l NH}_4\text{-N}$ . Pada keseluruhan proses menunjukkan kemampuan tumbuhan mendong untuk mengolah amonium pada kisaran 57% hingga 63%, tumbuhan sente 19-24%, rumput belulang 37-50%. Sedangkan reaktor anaerob berada pada kisaran 51-53%. Sedangkan secara kinerja sistem pengolahan pada siklus pertama efisiensi pengolahannya berada pada kisaran 98-90% dan pada siklus kedua meningkat menjadi 93-95%.

Pada kedua siklus menunjukkan tumbuhan Mendong mempunyai kemampuan mengolah amonium yang terbesar. Kemampuan yang besar ini karena tumbuhan Mendong merupakan tumbuhan air yang mempunyai perakaran yang meluas dan tergenang sehingga faktor penguapan yang lebih besar juga dapat menjadi faktor penyebab peningkatan pengolahan amonium. Bentuk tumbuhan Mendong yang berupa batang silindris juga berperan meningkatkan kemampuan pengolahan karena proses fotosintesa terjadi pada keseluruhan batang tumbuhan. Tumbuhan Sente mempunyai kemampuan pengolahan yang paling kecil, hal ini disebabkan karena sifat perakaran yang lebih sedikit dan kemungkinan lebih banyak disimpan untuk perkembangan thalusnya dan daun yang lebih tebal serta umur daun yang relatif pendek. Sifat perakaran pada rumput Belulang relatif lebih meluas dan jumlah daun yang lebih banyak dan berumur lama (tidak layu meskipun sudah berumur relatif tua).

Pada reaktor anaerob kemampuan pengolahan belum optimal, hal ini kemungkinan disebabkan adanya faktor pengganggu pertumbuhan bakteri yang terlihat pada media dan pembentukan gas yang relatif kecil. Peningkatan efisiensi pengolahan pada siklus ke-2 menunjukkan adanya tahap adaptasi tumbuhan dan bakteri anaerob terhadap lindi, hal ini terlihat dengan peningkatan yang tidak signifikan hanya berkisar 4-13%.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang diperoleh dapat ditarik kesimpulan :

1. Integrasi sistem evapotranspirasi-anaerobik mampu mengolah amonium dalam lindi pada konsentrasi tinggi dengan efisiensi mencapai  $\pm 90\%$
2. Pengolahan integrasi sistem evapotranspirasi-anaerobik merupakan suatu sistem pengolahan amonium dalam lindi dengan konsentrasi tinggi yang menjanjikan dengan desain sederhana, efisiensi tinggi dan berkelanjutan

## 5. REFERENSI

- Aronsson, P, Dahlin ,T., Dimitriou, I.2010. Treatment of Landfill Leachate By Irrigation of *Willow coppice* – Plant Response and Treatment Efficiency. J.Env. Poll. 158 :795–804.
- Bernard C., Colin J. R., and Anne L. D.-D.1997. Estimation of The Hazard of Landfills Through Toxicity Testing of Leachates.Comparison of Physico-Chemical Characteristics of Landfill Leachates With Their Toxicity Determined With A Battery of Tests. Journal Chemosphere, 35(11): 2783–2796.
- Bialowiec Andrzej, Randerson, P.F., Kopik,M. 2010. Using Fractal Geometry to Determine Phytotoxicity of Landfill Leachate on Willow. Journal Chemosphere 79:534–540.
- Justin, M.Z.,Pajk,N.,Zupanc,V.,Zupancic, M.2010. Phytoremediation of Landfill Leachate and Compost Wastewater by Irrigation of *Populus* and *Salix*: Biomass and Growth Response.Waste Management. 30:1032–1042.
- Justin,M. Z., Zupancic,M.2009. Combined Purification and Reuse of Landfill Leachate Byconstructed Wetland and Irrigation of Grass and Willows. Desalination. 24:157 –168.
- Long, Y.Y., Shen, D.S., Wang, H.T., Lu, E.J., 2010. Migration Behavior of Cu And Zn in Landfill With Different Operation Modes. J. Hazard. Mater. 179:883–890.
- Mangimbulude, J.C., van Breukelen, B.M., Krave, A.S., van Straalen,N.M., Röling,W.F.M.2009. Seasonal Dynamics in Leachate Hydrochemistry and Natural Attenuation in Surface Run-Off Water From A Tropical Landfill. Waste Management 29:829–838.
- Mangkoedihardjo, S., Surahmaida.2008. *Jatropha curcas* L. for Phytoremediation of Lead and Cadmium Polluted Soil. . World Appl. Sci. Journal 4(4):519-522
- Mangkoedihardjo, S., Surahmaida, Margareth,C., Ludang, Y.,2008. Sistem Loop Pemulihan Tanah Tercemar Timbal Menggunakan Proses Bioaugmentasi Kompos dan Fitoremediasi Tanaman Jarak Pagar. Seminar Masyarakat Peneliti Kaju di Universitas Palangka Raya, 8 – 10 Agustus 2008.
- Mangkoedihardjo, S., 2005. Fitoteknologi dan Ekotoksikologi dalam Desain Operasi Pengomposan Sampah. Seminar Nasional Teknologi Lingkungan III ITS Surabaya, 27 September 2005.
- Martinen, S.K., Kettunen, R.H., Sormunen, K.M., Soimasuo, R.M., Rintala, J.A., 2002. Screening of Physical–Chemical Methods for Removal of Organic Material, Nitrogen and Toxicity From Low Strength Landfill Leachates. Chemosphere 46 (6):851–858.
- Percy, I., Truong, P. 2003. Landfill Leachate Disposal with Irrigated *Vetiver* Grass. Proceeding of The Third International Conference on Vetiver (ICV-3). Australia.
- Pirbazari M., Ravindran V., Badriyha B. N., Kim S.-H. 1996. Hybrid Membrane Filtration Process for Leachate Treatment. J.Water Research, vol. 30 (11): 2691–2706.
- Sanchez-Chardi, A.,Nadal,J.,2007. Bioaccumulation of Metals and Effects of A Landfill in Small Mammals.Part I: The *greaterwhite-toothedshrew*, *Crocidura russula*. Chemosphere. 68:703–711.
- Sanchez-Chardi, A.,Penarroja-Matutano,C., Riberiro,C.A., Nadal, J. 2007. Bioaccumulation of Metal and Effects of A Landfill in Small Mammal part II:The wood Mouse, *Apodemus sylvaticus*. Chemosphere 70:101–119.
- Sisinno C. L. S., Oliveira-Filho E. C., Dufreyer M. C., Moreira J. C., Paumgarten F. J. R.. 2000. Toxicity Evaluation of A Municipal Dump Leachate Using Zebrafish Acute Tests. Bull.of Env. Cont. And Tox.64 (1):107–113.

- Thomas, D.J.L., Tyrrel, S.F., Smith, R., Farrow, S., 2009. Bioassays For The Evaluation of Landfill Leachate Toxicity. *J. of Tox. & Env. Part B* 12:83–105.
- Wang,Z.P., Z.Zhang, Y.J Lin,N.S.Deng, T.Tao, K.Zhou., 2002a. Landfill Leachate Treatment by Coagulation-Photooxidation Process. *J. Haz. mater.*, B95(1):153-159.
- Zalesny, J.A., Zalesny Jr,R.S.,Coyle, D.R., Hall, R.B.2007. Growth and Biomass of Populus Irrigated with Landfill Leachate. *Forest Eco. & Man.* 248:143–152.
- Zalesny Jr. R. S., Wiese, A.H., Bauer, E.O., Riemenschneider ,D.E.2009. Ex Situ Grow than Biomass of Populus Bioenergy Crops Irrigated and Fertilized with Landfill Leachate. *Biomass and Bioenergy* 33:62–69.
- Zhang, L., Zheng, P., Tang Chong-Jian, Jin Ren-cun. 2008. Review: Anaerobic Ammonium Oxidation for Treatment of ammonium-Rich Wastewaters. *J. Zhejiang Univ. Sci B* 9(5):416-426.
- Zuhriah,A., Mangkoedihardjo, S., 2005. Kajian Perbandingan Model Aliran Limbah Domestik Secara Upflow dan Downflow Pada Bidang Evapotranspirasi. *Jurnal Purifikasi* 6(1):1-90.
- Zupanc, V., Zupancic, M., Justin. 2010. Changes in Soil Characteristics During Landfill Leachate Irrigation of *Populus deltoides*. *Waste Management* 30:2130–2136