

Pengurangan Amonium (NH₄) dan Materi Organik (COD) pada Lindi TPA Melalui Sistem Sinambung Anaerob dan Aerob Kultur-Alga

Pieter M. I. Torobi^{1,*}, Christina N. Manuputty¹, Jubhar C. Mangimbulude²

¹Program Pascasarjana Biologi Universitas Kristen Satya Wacana,
Jl. Diponegoro 52-60 Salatiga 50711. Telp. (0298)321212 Ext. 401/229; fax.(0298)311995

²Fakultas Ilmu Pengetahuan Alam dan Perairan Universitas Halmahera.
Jl. Wari Raya, Kompleks GMIH Wari Wari Ino, TobeloMaluku Utara
E-mail: iollanatorobi@yahoo.co.id

Abstract: Final Disposal (Landfill) generally produce pollutants such as leachate and can have a negative impact on the environment. In general, leachate in landfill containing high of organic matter and hogh of nitrogen, as well as landfill leachate Ngronggo-Salatiga. The content of COD and ammonium far exceeded the applicable waste water. To reduce the content of organic matter and ammonium in leachate, landfill leachate in Ngronggo can processed using anaerobo-aerobic process (algae culture) is continuous, with a 24-hour contact time to the leachate for one week. The results showed that anaerobic-aerobic system (algae culture) were conducted in a laboratory scale give significant results on the reduction of COD and ammonium to over 90%, and produce refined quality that meets quality standards.

Keywords: landfill leachate, algae culture, continuous, anaerobic, aerobic

1. PENDAHULUAN

Lindi adalah air hasil degradasi dari sampah dan dapat menimbulkan pencemaran apabila tidak diolah terlebih dahulu sebelum di buang ke lingkungan. Banyak faktor yang mempengaruhi kualitas lindi, seperti curah hujan dan usia TPA. Tingkat polusi dalam lindi sangat bervariasi akibat curah hujan dan perubahan musim (ANZECC, 2000). Lindi dari Tempat Pembuangan Akhir (TPA) sampah mempunyai potensi untuk membahayakan lingkungan, karena memiliki kandungan organik dan anorganik yang sangat tinggi seperti asam humat, senyawa xenobiotik (XOCs), amonia, dan logam berat (Ibrahimpasīæ., *et al.*, 2010).

Sampah organik (*biowaste*) mengandung materi karbon dan karbon di dalam limbah akan terdekomposisi dan membentuk materi terlarut yang diukur sebagai COD (*Chemical Oxygen Demand*). Parameter tersebut menunjukkan oksigen total yang dibutuhkan untuk mengoksidasi senyawa organik di dalam limbah. Menurut Tchobanoglous, (1993), konsentrasi COD dari lindi yang kurang dari 2 tahun kandungannya adalah berkisar 3000-6000 mg/l.

Konsentrasi amonium dalam lindi cenderung meningkat dari waktu ke waktu. TPA yang masa operasionalnya >10 tahun cenderung menghasilkan lindi dengan kandungan amonium di atas 500 mg/L (Mangimbulude *et al.*, 2012). Paparan amonium

dengan konsentrasi 50 ppm menyebabkan iritasi hidung dan mata pada manusia selama 30-60 menit, sedangkan pada konsentrasi 5000 ppm menyebabkan kematian (Agency of Toxic Substances and Disease Registry, 2004).

Tingginya kadar COD dan ammonia pada air lindi dapat mencapai ribuan mg/L, sehingga pengolahan air lindi tidak boleh dilakukan sembarangan (Machdar, 2008). Pengurangan amonium dalam lindi atau air limbah saat ini umumnya menggunakan proses biologis. Proses ini merupakan proses pengolahan air limbah dengan memanfaatkan mikroorganisme yang berkontak dengan air limbah. Dalam kontak tersebut, mikroorganisme menggunakan materi organik pencemar sebagai substrat dalam kondisi lingkungan tertentu dan menstabilkan menjadi bentuk yang lebih sederhana (Metcalf & Eddy, 2004).

Dalam penelitian ini, digunakan kultur alga dalam proses aerob. Alga dalam menghasilkan oksigen membutuhkan cahaya, maka kandungan oksigen di malam hari akan menurun dan akan menyebabkan kompetisi memperebutkan O₂ antara alga dan mikroba (Bellinda *et al.*, 2012). Simbiosis mutualisme terjadi pada proses ini, saat alga menggunakan CO₂ yang dikeluarkan oleh mikroorganisme untuk proses fotosintesis (Grobelaar *et al.*, 1988). Sistem pengolahan limbah cair dapat dilakukan dengan menggunakan alga secara maksimal (Suriawiria, 1986). Pertumbuhan alga dirangsang oleh nitrat dan fosfat, sebagian besar alga menggunakan NO₃ sebagai sumber nitrogen (Mara, 1976).

Penelitian ini fokus pada pengurangan COD dan amonium lindi TPA Ngronggo Salatiga dengan menggunakan sistem sinambung kultur alga dan berlangsung secara simultan dalam satu reaktor yang diberi dua zona berbeda (zona anaerob dan zona aerob). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengurangan amonium dan COD menggunakan kultur



mikroba anaerobik dan kultur alga secara simultan dalam sistem sinambung.

2. METODE

2.1 Objek Penelitian

Sampel lindi diperoleh dari TPA Ngronggo Salatiga. TPA ini terletak di Kelurahan Kumpurejo Kecamatan Argomulyo dan telah dioperasikan sejak tahun 1994. Alga diperoleh dari kolam penampung lindi TPA Jatibarang Semarang, kemudian dikulturkan di Laboratorium Magister Biologi, Universitas Kristen Satya Wacana Salatiga.

2.2 Aklimatisasi

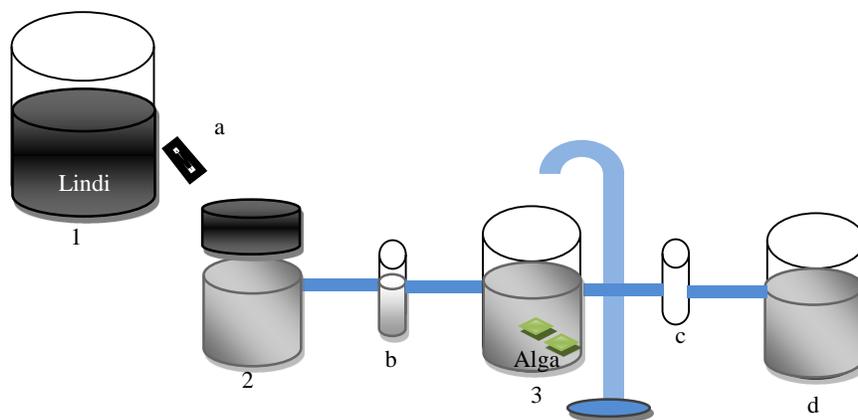
Alga diperoleh dari kolam penampung lindi di TPA Jatibarang, Semarang, yang kemudian dikulturkan di Laboratorium Magister Biologi, Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga. Proses aklimatisasi dilakukan dengan mengkulturkan alga dalam medium alami berupa lindi yang telah diencerkan 100x selama 3 bulan sebelum digunakan sebagai inokulum dalam percobaan.

2.3 Prosedur Percobaan

Percobaan pengurangan materi organik dan amonium secara sinambung di rancang mengikuti gambar skema pada Gambar 1. Sekitar 15 liter air lindi (pH diatur netral) yang diambil dari TPA Ngronggo Salatiga, dimasukkan dalam wadah 1, dialirkan (kecepatan alir 0,21 L/jam) ke wadah 2 (sebagai reaktor anaerob, DO= 0 mg/L) yang telah diisi air lindi 10 liter (pH netral), kemudian *overflow* dari reaktor anaerobik ditampung di wadah b untuk memisahkan padatan kemudian *overflow* nya masuk ke reaktor 3 volume 10 liter yang berisi kultur alga (pH netral). Reaktor 3 di aerasi, *overflow* dari reaktor 2 dialirkan ke wadah c dan selanjutnya *overflow* ditampung dalam wadah penampung 4. Proses berlangsung selama 1 minggu, penambahan lindi segar dilakukan, jika volume lindi di wadah 1 telah berkurang. Pengambilan sampel dilakukan pada wadah penampung c setiap 24 jam, untuk mengukur COD, amonium, nitrit dan nitrat.

2.4 Analisis Sampel

Pengukuran pH menggunakan pH-indicator strips. Kosentrasi amonium dan COD pada sampel diukur secara fotometrik menggunakan Varian Cary 50 *Spectrophotometer* pada panjang gelombang 425nm pada amonium dan COD 600nm. Prosedur pengukuran mengikuti APHA. (1998).



Gambar. 1. Skema Rancangan Penelitian

Keterangan :

Bioreaktor volume 10 L

Reaktor Anaerobik

Reaktor Kultur Alga

Bak Penampung Hasil Sampling

a = Pengatur kecepatan alir

b = Setling pertama

c = Setling kedua

d = Aerator

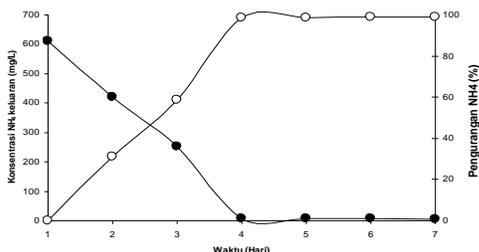
3. HASIL

Melalui sistem pengolahan anaerob-aerob secara sinambung menggunakan kultur alga, terjadi perubahan pada karakter lindi. Pengurangan ammonium mulai terjadi setelah jam ke 24 hingga jam ke hingga jam ke 96 (hari ke 4), dan setelah itu tidak terjadi pengurangan lihat Gambar 2. Pada Gambar 2 menunjukkan bahwa konsentrasi ammonium pada hari pertama sebesar 602 mg/L dan setelah jam ke- 96 adalah 5,5 mg/L. Hasil inimenunjukkan bahwa dalam kurun waktu tersebut pengurangan amonium dengan sistem sinambung mencapai 98,6 %. Efisiensi pengurangan konsentrasi amonium dalam lindi yang telah diolah ini, mendekati baku mutu limbah yang diperlihatkan pada Tabel 1. Selain amonium, nitrat dan nitrit juga dianalisis dan hasilnya negatif, yaitu 0 mg/L. Sementara konsentrasi amonium di wadah 1 (lindi segar) tidak berubah selama proses berlangsung (7 hari).

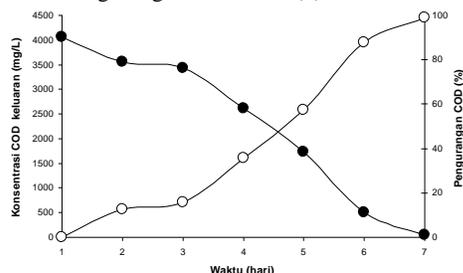
Tabel 1. Karakteristik Awal Air Lindi TPA Ngronggo

Parameter	Satuan	Konsentrasi awal	Baku Mutu*
COD	mg/l	6650	100
Amonia sebagai NH ₃ -N	mg/l	602	5
pH	mg/l	7,8	6,0-9,0

Sumber: Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 5 Tahun 2012



Gambar 2. Konsentrasi Amonium pada Keluaran Hasil Olahan Lindi dengan Waktu Tinggal 24 Jam Selama Satu Minggu dan Presentasi Pengurangan Amonium (o)



Gambar 3. Konsentrasi COD pada Keluaran Hasil Olahan Lindi dengan Waktu Tinggal 24 Jam Selama Satu Minggu dan Presentasi Pengurangan COD (o)

Pengurangan konsentrasi COD juga terlihat setelah jam ke-24, kemudian terus menurun hingga jam ke 148 (hari ke- 7) yang diperlihatkan pada gambar 3. Secara keseluruhan pengurangan konsentrasi COD selama 7 hari mencapai 98%, dengan konsentrasi COD keluaran 48,8 mg/L dari konsentrasi awal sebesar 6650 mg/L. Pengurangan konsentrasi ini juga sesuai dengan baku mutu air limbah pada Tabel 1. Selama proses berlangsung pH relatif stabil berada pada kisaran 7- 7,8.

4. PEMBAHASAN

Konsentrasi lindi dari TPA Ngronggo Salatiga memiliki rata-rata COD 6.650 mg/L dan amonium 602 mg/L dengan kisaran pH 6,0-9,0. Nitrat dan nitrit berada dibawah batas deteksi sehingga dapat dikatakan nol, sementara kandungan oksigen terlarut (DO) adalah 0 mg/L. Kisaran pH lindi bersifat netral, menunjukkan status lindi tidak berada dalam fase asidofil. Studi tentang karakteristik lindi telah dilaporkan oleh banyak peneliti dalam dan luar negeri, yang menunjukkan bahwa lindi memiliki potensi untuk mencemari lingkungan terutama air permukaan maupun air tanah (Christensen *et al.*, 2001, Kjeldsen *et al.*, 2002, Mangimbulude *et al.*, 2009). Materi organik dalam lindi berasal dari proses degradasi sampah di TPA, demikian juga dengan amonium, berasal dari proses peruraian protein dalam sampah. Studi yang dilaporkan oleh Berge *et al.*, 2005 menunjukkan bahwa kandungan amonium pada lindi berasal dari konversi protein pada sampah oleh mikroba hetrotrofik yang terjadi melalui dua tahap, yaitu pertama konversi protein menjadi asam amino, dan kedua melalui deaminasi asam amino sehingga melepaskan amonium. Proses ini berlangsung dalam kondisi anaerobik, maupun aerobik.

Dalam studi ini menunjukkan bahwa kandungan organik dan amonium pada lindi TPA Ngronggo Salatiga melebihi Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah No. 5 Tahun 2012 tentang baku mutu air limbah (Tabel 1). Dengan demikian lindi TPA Ngronggo memiliki potensi pencemar lingkungan sehingga perlu dipertimbangkan oleh instansi pemerintah yang memiliki otoritas untuk mengolah lindi TPA Ngronggo dengan tepat guna menurunkan konsentrasi COD dan amonium.

Secara keseluruhan dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pengurangan amonium melalui sistem anaerobik-aerobik secara sinambung memberikan kinerja yang tinggi, konsentrasi amonium pada keluaran mendekati baku mutu air limbah yang berlaku. Pengurangan amonium diduga terjadi ketika berada dalam tahap aerobik, dimana kehadiran alga ikut berperan dalam proses tersebut. Selama proses aerobik, konsentrasi amonium tidak berkurang. Pengurangan amonium dalam kondisi anaerobik dapat terjadi melalui proses ANAMMOX (*Anaerobic Ammonium Oxidation*), sepanjang tersedianya akseptor elektron

seperti nitrit dan nitrat (Van Loosdrecht & Jetten, 1998). Dalam penelitian ini, tidak ditemukan nitrat maupun nitrit selama proses anaerobik maupun aerobik, dengan demikian cukup beralasan untuk mengatakan bahwa proses anammox tidak terjadi pada tahap anaerobik. Dalam kondisi aerobik, amonium berkurang melalui proses nitrifikasi, ditandai dengan berkurangnya amonium, meningkatnya konsentrasi nitrat dan nitrit. Tetapi hal itu tidak ditemukan dalam penelitian ini, sehingga dapat dikatakan bahwa pengurangan ammonium yang terjadi dalam tahap aerobik, dilakukan oleh kultur alga. Penelitian terbaru dilaporkan oleh Krustocl *et al.*, (2014) menunjukkan bahwa kultur alga dapat digunakan sebagai agen untuk menurunkan konsentrasi amonium tinggi dalam air limbah. Hal yang sama dilaporkan juga oleh Lin *et al.*, (2007) bahwa mikroalga *Chlorella pyrenoidosa* and *Chlamydomonas snowiae* yang diisolasi dari lindi TPA di Guang Zhou China mampu tumbuh dan mengurangi konsentrasi amonium secara signifikan di lindi TPA.

Pengurangan materi organik yang diukur melalui pengurangan COD, terjadi juga pada tahap anaerobik, namun besar pengurangannya lebih rendah dibandingkan dengan pengurangan yang terjadi pada kondisi aerobik. Hal itu diperkuat dengan data pengujian pengurangan COD lindi secara *batch* dalam kondisi anaerobik dan aerobik, menunjukkan bahwa pengurangan COD dalam kondisi aerobik selama satu minggu, mencapai 62% lebih tinggi hampir 4 kali dengan kondisi anaerobik 19%.

Secara keseluruhan, sistem anaerob-aerob (kultur alga) yang dilakukan dalam skala laboratorium memberikan hasil signifikan terhadap pengurangan COD dan amonium hingga diatas 90%, dan menghasilkan kualitas olahan yang memenuhi baku mutu. Namun sebelum diaplikasi, perlu dilakukan juga pengujian dalam skala pilot proyek guna melihat apakah ada penyimpangan dan perubahan efektivitas kerja sistem.

5. KESIMPULAN

Pengurangan amonium dan COD lindi TPA Ngronggo Salatiga menggunakan sistem sinambung anaerob-aerob-kultur alga dengan waktu kontak 24 selama 7 hari memberikan efisiensi pengurangan kedua parameter tersebut mencapai diatas 95%, sehingga menghasilkan kualitas olahan yang masih sesuai dengan baku mutu air limbah. Peran alga sangat penting mengurangi konsentrasi amonium dan COD dalam kondisi aerobik.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Pemerintah Daerah Kabupaten Kepulauan Yapen Propinsi Papua yang telah memberikan bantuan biaya studi dan biaya penelitian bagi penulis.

7. DAFTAR PUSTAKA

- Mara D. (1976). *Sewerage Treatment in Hot Climate*. John Wiley and Sons. New York.
- Machdar I. (2008). *Water Science and Technology*. 39 (7) (1999):23-31.
- Suriawiria. (1986). Pengantar Mikrobiologi Umum/Unus Suriawiria. Angkasa. Bandung.
- Tchobanoglous G. (1993). *Integrated Solid Waste Management*. McGraw-HillBook Co: Singapore.
- Metcalf & Eddy. (2004). *Wastewater Engineering. 4th edition*. Mc Graw Hill International Editions. New York.
- Bellinda, I.A, Agus, S., & Joni, H. (2012). *Efek Aerasi Terhadap Dominansi Mikroba Dalam Sistem High*. ANZECC (Australian and New Zealand Environment and Conservation Council), and ARMCANZ (Agriculture Rate Algae Pond (HRAP) Untuk Pengolahan Air Boenzem Morokrengan. ITS Sukolilo, Surabaya.
- Ibrahimpašić, J.T., Dragičević, L., Zanoški, M.H., Baèun, V.D., Èurlin, M., & Vrèek, I.V. (2010). *Nitrogen Removal from Landfill Leachate Municipal*. Biotechnical Faculty. University of Bihac.
- Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 5 Tahun (2012) Tentang Perubahan Atas Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 10 Tahun (2004) Tentang Baku Mutu Air Limbah.
- APHA. (1998). *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, 2nd ed*. American Public Health Association. Washington DC.
- Van Loosdrecht & Jetten. (1998). Microbiological conversions in nitrogen removal. *Jurnal: Water Science and Technology*. Page 1-7. Delft University of Technology.
- Berge, N.D., Reinhart, D.R., & Townsend, T.G. (2005). The fate of nitrogen in bioreactor landfills. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*. 35, 365–399.
- Krustocl, I., Guillermo, D.J., Shabiimam, M.A. (2014). *Algae biomass cultivation with ammonium rich wastewaters as substrate: The potential for simultaneous wastewater treatment and energy recovery*. 5th International Symposium on Energy from Biomass and Waste, Venice, Italy, 17-20 Nov.
- Mangimbulude, J.C., Van Straalen, N.M., Röling, W.F.M. (2012). Microbial nitrogen transformation potential in surface run-off leachate from a tropical landfill. Elsevier. *Waste Management* 32:77-87.
- Lin, L., Chan, G.Y., Jiang, B.L., Lan, C.Y. (2007). Use of ammoniacal nitrogen tolerant microalgae in landfill leachate treatment. *Waste Management* 27: 1376-82.
- Grobelaar, J.U., Soeder, C.J., Groeneweg, J., Stengel, E., & Hartig, P. (1988). Rates of Biogenic Oxygen Production in Mass Cultures of Microalgae, Rates



of Biogenic Oxygen Production in Mass Cultures of Microalgae, Absorption of Atmospheric Oxygen and Oxygen Availability for Wastewater Treatment. *Water Research* 22: 1459-1464.

Mangimbulude JC, 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. Elsevier. *Waste Management* 29:829-838.

Kjeldsen, P.I., Barlaz, M.A., Rooker, A.P., Baun, A., Ledin, A., & Christensen, T.H. (2002). Present and Long-Term Composition of MSW Landfill Leachate: A Review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*. 32(4): 297-336.

Christensen, T.H., Kjeldsen, P., Bjerg, P.L., Jensen, D.L., Christensen, J.B., Baun, A., Albrechtsen, H.J., & Heron, G. (2001). Review: Biogeochemistry of Landfill Leachate Plumes. *App Geochem* 16:660-718.

Agency of Toxic Substances and Disease Registry. (2004). *Toxicological Profile for Ammonia*. <http://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/tp126.pdf>

Penanya 1:

Ambarwati

Pertanyaan:

alga yang digubakan sebagai kultur diperoleh darimana?

Jawaban:

Alga diambil dan diperoleh dari penampungan air lindi TPA Jatibarang dan diinokulasi di labotatorium

Penanya 1:

Yudi Rinanto

Pertanyaan:

Berapa banyak alga yang digunakan dalam kultur?

Jawaban:

Alga yang digunakan dala penelitian ini tidak dihitung berapa jumlah yang digunakab,hanya diambil dari sumber menggunakan botol 660 ml, dan dipindahkan ke reaktor alga yan diberi aerasi.

Saran:

Perlu adanya perhitungan mebgenai kepadatan alga yan digunakan.