

PENGOLAHAN LINDI TPA DENGAN METODE KOAGULASI DAN OZONASI

Latifa Hanum Lalasari* dan Enjarlis**)

*Pusat Penelitian Metalurgi-Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia
Komplek Puspiptek Gedung 470, Serpong, Tangerang Tel. 021-7560911, Fax . 021-7560553
E-mail: ifa_sari@yahoo.com

**Program Studi Teknik Kimia, Institut Teknologi Indonesia
Jalan Raya Puspiptek-Serpong, Tangerang 15311 Tel. 7561092

ABSTRACT

Landfilling of municipal waste is a major problem of the waste management system in Indonesia. The generated leachate must be appropriately treated before being discharged into the environment because it was toxic. The aim of this research was to compare the coagulation, ozonation, coagulation-ozonation, and ozonation-coagulation processes of landfill leachate at TPA Bantar Gebang Bekasi, to classify the result of landfill leachate treatment, and to provide an efficient method for the treatment of leachates, in order to reduce pollutants' content to concentration values lower than the corresponding limits. The variables selected in this research were types of coagulant, dosage of coagulant, and time duration of ozonation process. Parameters selected in this research were colour, taste, pH, Chemical Oxygen Demand (COD), Total of Suspended Solid (TSS), Chloride ion (Cl⁻) and ammonia ion (NH₄⁺). The result of research have shown that the best optimum method of landfill leachate treatment was coagulation-ozonation combination process using FeCl₃ 0.25% as a coagulant and a ozonator (0.25 g O₃/h) for 75 minutes at pH of 9. The process succeed to degrade the value of COD, Cl⁻, NH₄⁺ were about 90,91%, 13,45%, 6,68%, respectively and category of B grade for treated leachate.

Keywords: Landfill leachate, Coagulation, Ozonation, COD, Cl⁻, NH₄⁺

PENDAHULUAN

Sampah merupakan salah satu masalah lingkungan hidup dan sampai saat ini belum dapat ditangani secara baik terutama pada negara-negara berkembang. Persoalan sampah di Indonesia, khususnya di berbagai kota besar, pada umumnya disebabkan oleh ketidakteraturan penataan sistem pengelolaan sampah. Kondisi ini dikarenakan belum ditemukan teknologi alternatif pengolahan sampah yang sesuai dan minimnya kesadaran masyarakat terhadap bahaya sampah.

Sampah (*nondegradable refuse* dan *degradeable refuse*) yang tidak terurus dengan baik akan menyebabkan menurunnya kesehatan dan nilai estetika lingkungan karena akan terjadi pencemaran air, tanah, udara dan berkembangnya hama penyakit. Hal ini karena penguraian sampah organik dapat menghasilkan zat-zat hara,

zat-zat kimia bersifat toksik, dan bahan-bahan organik terlarut¹.

Berdasarkan hasil survei Badan Pusat Statistik, pada tahun 1996/1997, Kota Jakarta dengan jumlah penduduk sekitar 10 juta menghasilkan sampah 25.404 meter kubik per hari. Pada tahun 1998/1999 volume sampah per harinya naik 3,6%. Sementara itu, pengolahan sampah yang bisa dilakukan pemerintah sekitar 20–30 % dari total produksi sampah per hari². Data ini didukung dengan penelitian teknik operasional yang menunjukkan jumlah armada pengangkutan di bawah kebutuhan riil³, sehingga penumpukkan sampah akan terjadi di setiap TPA.

Sampah yang menumpuk menjadi permasalahan yang serius pada musim kemarau karena akan terbentuk air lindi yang meresap ke dalam tanah dan mencemari air tanah⁴. Lindi yang bersifat toksik ini perlu dikendalikan secara

baik, untuk menghindari kontaminasi air tanah serta efeknya terhadap menurunnya kualitas air sumur gali di sekitarnya.

Metode yang efektif untuk mengolah lindi sampah sehingga tidak merusak dan menimbulkan pencemaran tanah menjadi solusi terbaik. Hasil survei menunjukkan bahwa proses instalasi pengolahan air sampah (IPAS) dengan cara aerasi, koagulasi, dan diakhiri dengan *sand filter* ternyata kurang optimal dan membutuhkan waktu yang lama. Oleh karena itu proses ozonasi yang menggunakan ozon sebagai oksidator kuat menjadi alternatif dalam pengolahan air limbah karena membutuhkan waktu cepat dan cukup efektif³.

Pada penelitian ini dilakukan pengolahan lindi tumpukan sampah dengan metode koagulasi dan ozonasi pada TPA Bantar Gebang, Bekasi. Tujuan penelitian adalah membandingkan proses koagulasi, ozonasi, koagulasi-ozonasi, dan ozonasi-koagulasi pada pengolahan lindi, mengklasifikasikan air hasil olahan lindi dan mendapatkan metode optimum dalam pengolahan lindi.

Dasar Teori

Lindi (*leachate*) adalah cairan yang terserap ke dalam lapisan tanah, melalui lapisan sampah. Lindi ini mengandung padatan terlarut dan zat lain sebagai hasil perombakan bahan organik oleh mikroba tanah. Lindi tersebut mengalir bersama-sama air hujan meresap ke lapisan tanah atas dan akhirnya masuk ke dalam air tanah dan dapat menimbulkan pencemaran terhadap air tanah, khususnya air sumur penduduk¹. Hasil analisis lindi oleh Department of Public Health, USA (1972) dapat dilihat pada Tabel 1.

Pada Tabel 1 menunjukkan bahwa di dalam air lindi terdapat ribuan jenis zat organik dan anorganik yang sering kali satu sama lain saling bereaksi membentuk senyawa baru yang sangat berbahaya, seperti organo klorin dan logam-logam berat yang bersintesis dengan zat organik yang melahirkan senyawa baru yang bersifat karsinogenik (menyebabkan kanker)⁵.

Penelitian pendahuluan yang pernah dilakukan terhadap pengolahan lindi sampah adalah proses koagulasi-flokulasi yaitu dengan penambahan koagulan ke dalam lindi sampah untuk mengganggu kestabilan dari sistem koloid

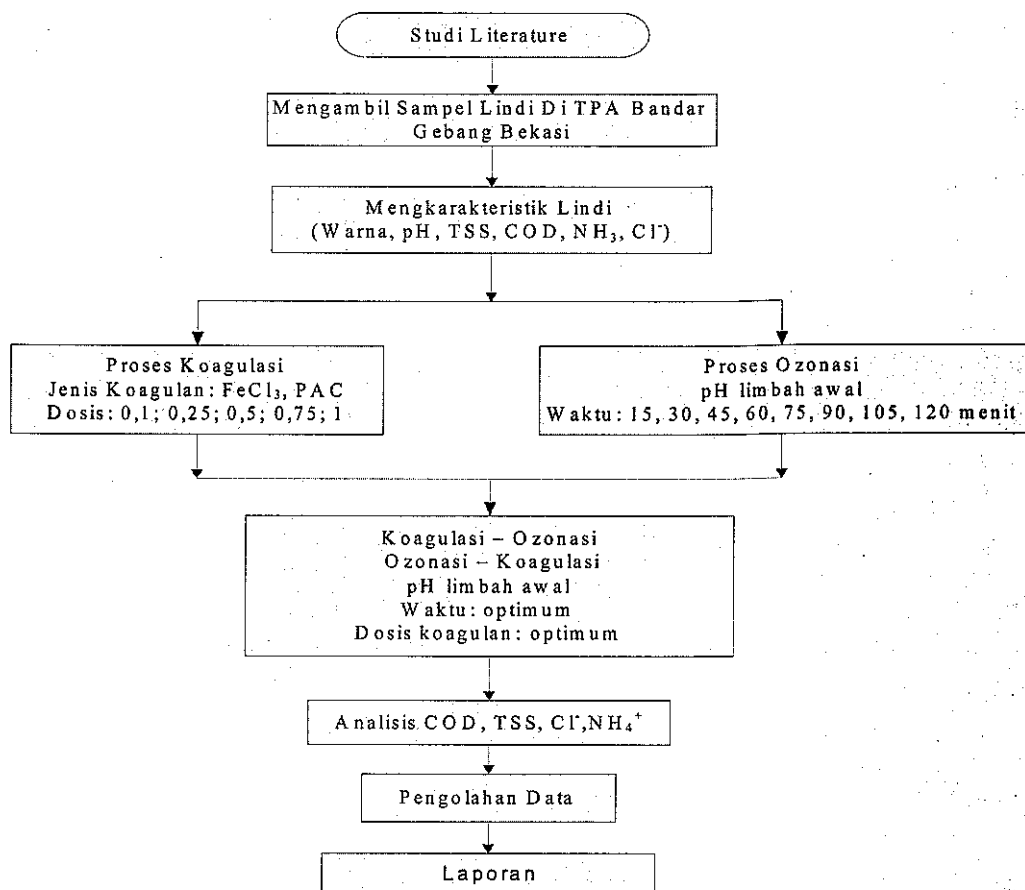
Parameter	Umur lindi (<i>Leachate</i>)		
	2 tahun	6 tahun	17 tahun
BOD ₅	3960	80000	40
COD	54610	14080	225
Jumlah padatan	19144	6795	1198
Klor (Cl ⁻)	1697	1330	135
Natrium (Na)	900	810	74
Besi (Fe)	5500	6.3	0.6
Sulfat (SO ₄)	680	2	2
Kesadahan	7830	2200	540
Logam-logam berat	15.8	1.6	5.4
<i>Sumber : Department of Public Health USA (1972)</i>			

sehingga terbentuk flok-flok yang mengendap⁶. Selanjutnya penelitian menggunakan ozon dikombinasikan dengan proses koagulasi ternyata mampu menurunkan warna > 90 % dan *removal* COD > 90% pada pengolahan limbah cat⁷. Keberhasilan ini diujikan kembali pada pengolahan lindi sampah dengan proses koagulasi dan ozonasi ternyata mampu meningkatkan rasio BOD₅/COD dari 0,06 menjadi 0,5 menggunakan dosis koagulan FeCl₃ 900 mg/l dan ozon 1,2 g/l. Hal ini menunjukkan bahwa proses ini sesuai digunakan untuk proses pengolahan limbah organik⁸.

X. Ntampou, A. I. Zouboulis, dan P. Samaras pada tahun 2004 di Yunani juga menggunakan proses ozonasi dalam mengolah lindi menunjukkan bahwa ternyata ozonasi merupakan teknik/cara yang paling efisien untuk mengurangi angka COD sampai 200 mg/l dari 1010 mg/l selama 30 menit dengan pH pada kondisi apa adanya. Keberhasilan penggunaan ozon akan diaplikasikan dalam penelitian ini.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di Laboratorium Instalasi Pengolahan Air Sampah (IPAS) II TPA Bantar Gebang, Bekasi pada Agustus 2007 menggunakan alat *jar test* dan *ozonator processor* RS 09805-0,25 (60/50HZ, 110/220 Volt dan kapasitas 0,1 gr O₃/jam). Hasil analisis yang akan dilakukan adalah TSS, COD, Cl⁻ (metode elektroda) dan NH₄⁺ (Eaton)⁹. Diagram alir kegiatan penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir kegiatan penelitian

Tabel 2. Karakterisasi Lindi TPA Bantar Gebang

Parameter	Hasil	Baku mutu *	
		Gol. A	Gol. B
Warna	Coklat Kehitaman	Tidak berwarna	Tidak berwarna
Bau	Bau Busuk	Tidak Berbau	Tidak Berbau
pH	9	6-9	
TSS (ppm)	460	200	400
COD (ppm)	3520	100	300
Cl ⁻ (ppm)	518,3	-	-
NH ₄ ⁺ (ppm)	25,08	1	5
* Peraturan Gubernur Jawa Barat No 61/1999, mengenai peraturan baku mutu limbah untuk aktivitas industri			

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis menunjukkan bahwa karakterisasi lindi masih jauh dari baku mutu yang ditetapkan golongan A (air yang digunakan untuk minum langsung) dan golongan B (air baku untuk air minum). Hasil ini terlihat pada Tabel 2.

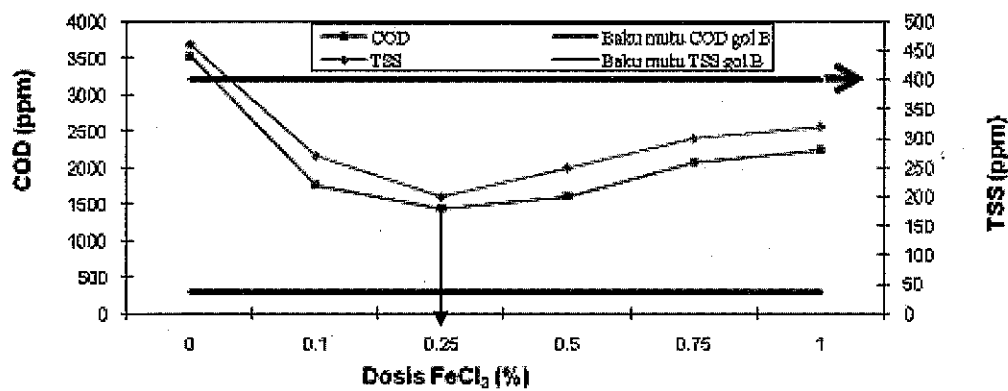
Tabel 2 memperlihatkan semua parameter dalam kondisi di atas baku mutu. Hal ini karena penguraian sampah domestik yang terjadi secara terus-menerus dan terakumulasi menyebabkan parameter COD, TSS, Cl^- , dan NH_4^+ tinggi¹⁰. Tumbuhan atau hewan yang sudah mati akan diuraikan oleh bakteri dan fungi menjadi gas amoniak (NH_3), selanjutnya jika gas amoniak bereaksi dengan air akan menghasilkan garam ammonium (NH_4^+) yang larut dalam air¹¹. Sedangkan kandungan klorida yang tinggi disebabkan adanya sisa makanan yang mengandung garam (NaCl)¹⁰.

Pengaruh Jenis Koagulan (FeCl_3 dan PAC) Terhadap Perubahan COD dan TSS

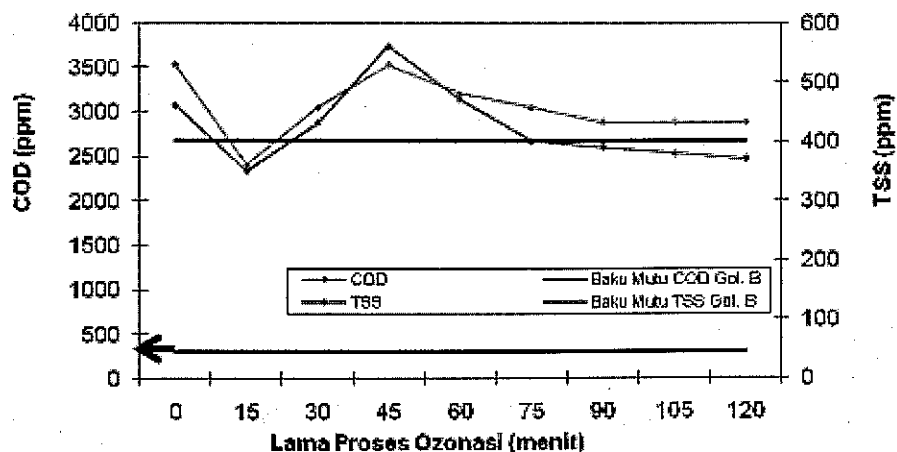
Proses koagulasi adalah proses untuk membuat partikel-partikel kecil (koloid) dapat bergabung satu dengan yang lainnya sehingga membentuk flok yang lebih besar⁶. Perubahan COD dan TSS menggunakan (FeCl_3) ditunjukkan pada Gambar 2.

Gambar 2 menunjukkan bahwa penggunaan koagulan FeCl_3 dosis 0,25 % menyebabkan penurunan COD terbesar, sampai 1440 ppm (59,1 %) dan TSS sebesar 200 ppm (56,5 %) pada pH 9, sedangkan apabila dosis koagulan ditambah menyebabkan kenaikan nilai COD dan TSS. Hal ini sesuai dengan prinsip kestabilan koloid di mana dosis optimum merupakan titik puncak terjadinya batas netralisasi (destabilisasi).

Penelitian selanjutnya menggunakan koagulan PAC. Hasil analisis menunjukkan bahwa dosis optimum penambahan PAC sebesar 0,5 % dengan nilai COD dan TSS sebesar 1440 ppm



Gambar 2. Pengaruh dosis koagulan FeCl_3 terhadap perubahan COD dan TSS



Gambar 3. Pengaruh lama proses ozonasi terhadap perubahan COD dan TSS

dan 200 ppm. Hal ini menunjukkan bahwa dosis penggunaan FeCl_3 sebagai koagulan lebih sedikit daripada penggunaan PAC sebagai koagulan. Sehingga FeCl_3 lebih optimum dipakai sebagai koagulan dalam pengolahan lindi.

Gambar 3 memperlihatkan pengaruh proses ozonasi terhadap perubahan COD dan TSS, dimana pada 15 menit ozonasi angka COD turun 30,7 %. Hal ini dikarenakan senyawa organik yang sederhana telah terurai, sehingga hanya senyawa yang kompleks dan jumlahnya sedikit yang terbaca pada pengukuran angka COD. Namun pada 30 dan 45 menit angka COD terlihat naik. Hal ini dikarenakan senyawa yang kompleks dan jumlahnya sedikit terurai menjadi senyawa-senyawa yang sederhana dan berjumlah lebih banyak.

Ketika proses ozonasi dilanjutkan hingga 120 menit, angka COD semakin turun hingga 2880 ppm. Angka COD yang terlihat tetap pada 2880 ppm tersebut menandakan ozon di dalam limbah sudah tidak mampu menguraikan senyawa organik kembali¹².

Pengaruh Koagulan FeCl_3 dan Ozonasi Terhadap Perubahan Cl^- dan NH_4^+

Hasil analisis Cl^- dan NH_4^+ menunjukkan perbedaan antara proses koagulasi (koagulan FeCl_3) dengan dan proses ozonasi, yang dapat dilihat pada Tabel 3.

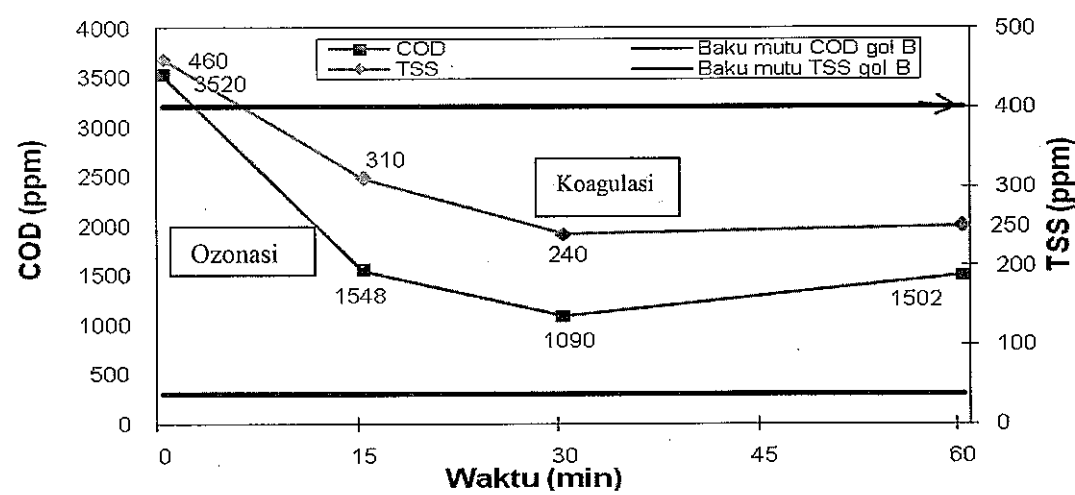
Sedangkan pengaruh proses ozonasi terhadap perubahan Cl^- dan NH_4^+ memperlihatkan menurunkan nilai Cl^- sebesar 4,8 % dan nilai NH_4^+ sebesar 4,6 %. Hal ini disebabkan karena ozonasi merupakan salah satu proses yang dapat memecah semua senyawa-senyawa kompleks termasuk Cl^- dan memecah senyawa kompleks amonia yang didukung oleh pH limbah yang sesuai yaitu pH 9³.

Pengaruh Proses Ozonasi-Koagulasi dan Proses Koagulasi-Ozonasi Terhadap Perubahan COD (ppm) dan TSS (ppm)

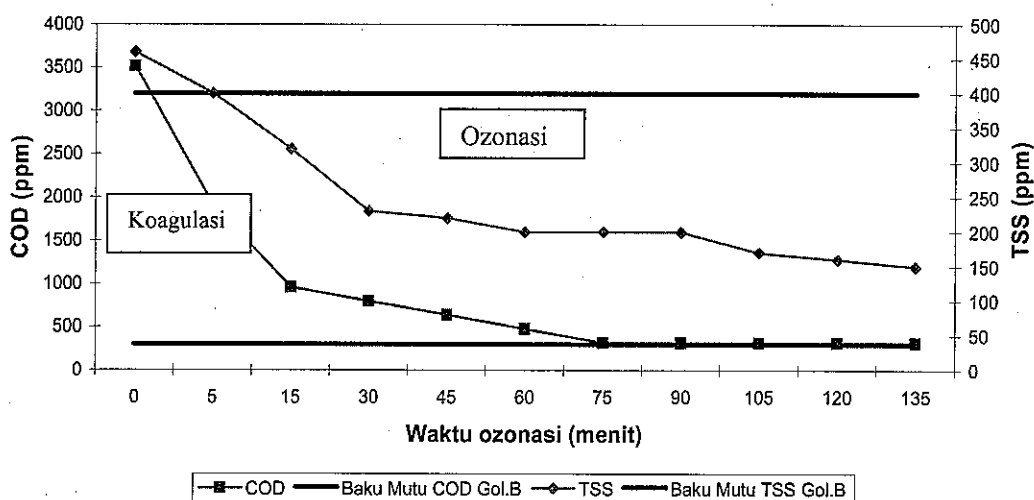
Pada percobaan ini adalah tahap awal melakukan proses ozonasi dan dilanjutkan proses

Tabel 3. Pengaruh Koagulan FeCl_3 Terhadap Perubahan Cl^- dan NH_4^+

Koagulasi FeCl_3	Hasil Pengamatan		Proses ozonasi	Hasil Pengamatan	
	Cl^- (ppm)	NH_4^+ (ppm)		Cl^- (ppm)	NH_4^+ (ppm)
Dosis (%)			Waktu (min)		
0	518,3	25,08	0	518,3	25,08
0,25	518,3	24,51	15 menit	493,4	23,93



Gambar 4. Pengaruh proses ozonasi-koagulasi terhadap perubahan COD dan TSS



Gambar 5. Pengaruh proses koagulasi-ozonasi terhadap perubahan COD dan TSS

koagulasi serta sebaliknya apabila tahap awal proses koagulasi maka dilanjutkan proses ozonasi. Hasil pengamatan dan analisis COD dan TSS dapat ditunjukkan pada Gambar 4 dan 5.

Gambar 4 memperlihatkan proses kombinasi Ozonasi-Koagulasi mampu menurunkan penurunan nilai COD dan TSS masing 69,03% dan 47,82%. Hal ini dikarenakan pada proses ozonasi yang dilakukan terlebih dahulu menyebabkan penguraian senyawa walaupun penurunannya kurang signifikan.

Gambar 5 memperlihatkan proses kombinasi koagulasi-ozonasi mampu menurunkan angka COD 90,91 % menjadi 320 ppm dari angka COD awal 3520 ppm dan TSS 67,4% dari 460 ppm menjadi 150 ppm. Penurunan COD yang besar, disebabkan karena sebagian besar koloid-koloid sudah diendapkan pada proses koagulasi, sehingga kerja ozon pada proses ozonasi lebih mudah dan ringan (Chien Hsu, 1997). Dan angka COD yang terlihat stabil pada 320 ppm, yaitu pada penggunaan ozon selama 75 menit.

Pengaruh Proses Koagulasi-Ozonasi dan Ozonasi-Koagulasi Terhadap Perubahan Cl^- dan NH_4^+

Hasil analisis Cl^- dan NH_4^+ menunjukkan terdapat perbedaan antara proses ozonasi-koagulasi dan proses koagulasi-ozonasi. Dimana dapat di lihat pada Tabel 4 dan Tabel 5.

Tabel 4 dan 5 memperlihatkan bahwa terjadi penurunan nilai Cl^- dan NH_4^+ . Hal ini karena Cl^- hanya akan berkurang dengan proses ozonasi saja. Dimana pada proses koagulasi tidak

mengalami penurunan. Sedangkan pada NH_4^+ , proses koagulasi maupun ozonasi mampu menurunkan kadar NH_4^+ .

Pada proses kombinasi koagulasi-ozonasi menunjukkan angka penurunan Cl^- maupun NH_4^+ terlihat lebih besar dibandingkan dengan proses ozonasi-koagulasi. Hal ini disebabkan oleh lama proses ozonasi yang jauh lebih lama yaitu 45 menit. Ini berarti semakin lama proses ozonasi, ada kemungkinan nilai Cl^- dapat terus berkurang. Pada saat proses koagulasi-ozonasi, beban ozon untuk mendegradasi lindi berkurang karena peran koagulan cukup efektif dalam mengendapkan koloid-koloid dalam lindi.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa proses yang terbaik untuk mengolah lindi TPA Bantar Gebang Bekasi adalah proses kombinasi koagulasi-ozonasi. Proses koagulasi-ozonasi dengan menggunakan koagulan FeCl_3 0,25% (w/w) dan proses ozonasi (dosis 0,1 O_3 g/h) selama 75 menit dapat menurunkan nilai COD, NH_4^+ dan Cl^- masing-masing sebesar 90,91 %, 6,68 %, dan 13,45 % serta hasil pengolahan termasuk kategori B. Mengingat lindi tumpukan sampah bersifat toksik maka untuk mencapai batas yang ditentukan pemerintah, disarankan dalam penelitian berikutnya dapat dilanjutkan dengan proses biologi, seperti lumpur aktif atau lagoon.

Tabel 4. Pengaruh Proses ozonasi-koagulasi Terhadap Perubahan Cl^- dan NH_4^+

Proses	Hasil Pengamatan	
	Cl^- (ppm)	NH_4^+ (ppm)
Kondisi awal	518,3	25,08
Ozonasi (15 menit)-Koagulasi (FeCl_3 0,25 %)	493,4	24,8

Tabel 5. Pengaruh Proses Koagulasi-Ozonasi Terhadap Perubahan Cl^- dan NH_4^+

Proses	Hasil Pengamatan	
	Cl^- (ppm)	NH_4^+ (ppm)
Kondisi awal	518,3	25,08
Koagulasi (FeCl_3 0,25 %)-Ozonasi (75 menit)	448,6	23,36

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih saya ucapkan untuk rekan kerja penelitian di Teknik Kimia, Institut Teknologi Indonesia, Ibu Dr. Enjarlis M.Si, atas masukan, saran, dan ilmu yang diberikan.

DAFTAR PUSTAKA

- ¹Alaerts, G. 1984. *Metode Penelitian Air*. Surabaya: Usaha Nasional.
- ²Alaerts, G. 1984. *Metode Penelitian Air*. Surabaya: Usaha Nasional.
- ³Langlais, B., David A. R., D. R. Brink. 1991. *Ozone in Water Treatment Application Engineering*. Co-operative Research Report. Florida: Lewis Publishing.
- ⁴Maramis, A.A. 2008. "Pengolahan Sampah dan Turunannya di TPA". (<http://opini-manadopost.blogspot.com>., diakses 12 agustus 2008).
- ⁵Sri Wahyono. 2005. "Sampah Elektronik Berbahaya bagi Kesehatan & Lingkungan". *Kompas*, 18 Mei 2005.
- ⁶Suaib, S. B. 1994. "Pengaruh Rapat Arus Listrik, Jumlah dan Jenis Elektroda Terhadap Efektifitas Penurunan Warna Pada Air Gambut Dengan Proses Elektrokoagulasi". Thesis. Program Studi Teknik Lingkungan. Bandung: Institut Teknologi.
- ⁷Yung, Chien Hsu. et al. 1998. "Multistage Treatment of High Strength Dye Wastewater by Coagulation and Ozonation". *J. Chem. Technol. Biotechnol.* 71:71-76.
- ⁸Wu Jerry, J. et.al. 2004. "Treatment of landfill leachate by ozone-based advanced oxidation processes". *Chemosphere*, 54 (7): February 2004, Pages 997-1003.
- ⁹Eaton, Andrew D., Clesceri, Lenore S., and Arnold E. Greenberg. 1995. *Standard Methods For The Examination of Water and Wastewater*. USA: American Public Health Association.
- ¹⁰Wikipedia Indonesia. "Klorida". (<http://www.wikipedia.org> diunduh pertama kali 17 Desember 2007).
- ¹¹Dikmenum. "Daur Biogeokimia". (<http://www.dikmenum.go.id>, diunduh pertama kali 17 Desember 2007).
- ¹²The Guest Book. "Teknologi Ozon Hilangkan Lumpur Limbah Industri". (<http://www.theguestbook.com>, diunduh pertama kali 21 September 2007).
- ¹³American Water Works Association Inc. 1971. *Water Quality and Treatment. A handbook of public water supplies*. 3rd Edition. McGraw Hill Book Co.