

PENGOLAHAN AIR LEACHATE SAMPAH DENGAN TEKNOLOGI AERASI DAN FILTRASI

Aeration Technology and Filtration for Waste Leachate Treatment

Tibin Ruby Prayudi

Pusat Litbang Permukiman, Badan Litbang Kementerian Pekerjaan Umum
Jl. Panyaungan, Cileunyi Wetan Kabupaten Bandung 40393
E-mail: aatbn@yahoo.com

Diterima : 31 Juli 2012; Disetujui : 21 Februari 2013

Abstrak

Masalah utama tempat pembuangan akhir sampah adalah terjadinya infiltrasi leachate yang akan mencemari tanah dan lapisan air tanah. Pengolahan leachate sampah dilakukan secara kimia atau biologi tergantung pada karakteristik leachate. Kurangnya kandungan oksigen terlarut akan menghambat proses biodegradasi sehingga kandungan zat organik leachate akan meningkat. Dari latar belakang di atas maka akan dilakukan uji coba pengolahan air leachate dengan teknologi aerasi. Uji coba dilakukan dengan tiga model yaitu proses aerasi dengan satu kali kebutuhan oksigen, proses aerasi dengan dua kali kebutuhan oksigen dan proses aerasi satu kali kebutuhan oksigen dilengkapi dengan penyaringan media pasir saringan pasir lambat. Dari ketiga uji coba ini akan dibandingkan hasil pengolahannya terhadap kandungan pH, warna dan COD leachate. Untuk mengetahui apakah ada perbedaan penurunan yang bermakna antara pH, warna dan COD sebelum dan sesudah pengolahan dilakukan uji t sampel berpasangan dengan program Statistical Package for Social Sciences (SPSS). Dari ketiga cara pengujian, pengolahan secara aerasi dengan dua kali konsumsi oksigen meningkatkan kandungan pH paling kecil yaitu 4,05 % dan pengolahan secara aerasi dengan satu kali konsumsi oksigen dan penyaringan, merupakan cara pengolahan paling tertinggi dalam persentase menurunkan kandungan warna yaitu 61,54 % dan menurunkan COD sebanyak 31,22 %. Melalui uji t sampel diperoleh hubungan yang kuat antara pH, warna dan COD sebelum dan sesudah pengolahan karena signifikansi perhitungan $p > \text{the signifikansi pada tabel } \alpha$.

Kata kunci : Konsumsi oksigen, aerasi, leachate, sampah, pH, warna, COD

Abstract

The main problem of final disposal is the occurrence of infiltration leachate will pollute the soil and groundwater layer. Waste leachate treatment carried out chemical or biological nature depends on the characteristic of leachate. Lack of dissolved oxygen content will obstruct the process of biodegradation so that the content of an organic substances leachate will increase. From the background above it will be conducted a trials of waste leachate treatment with aeration technology. Trials were carried out with three models of the aeration process with one-time oxygen consumption, twice aeration process oxygen consumption and one time equipped oxygen consumption with slow sand filtration media. From all three of these trials, it will be compared to the result of the processing of content pH, colour and COD leachate. To find out if there are significant difference between pH decline, colour and COD before and after the processing, it performed paired sampel t test with statistical Product and Service Solutions (SPSS) program. From the third way of testing, processing in aeration with twice oxygen consumption content increase the smallest pH content is 4.05% and processing in aeration in one time oxygen consumption and filtering is the way of the most highest in percentage of decreasing content of colour which is 61,54 % and decreasing COD as many as 31,22 %. Through the t trails there is a strong relationship between pH, color and COD before and after processing because it is reckoning significance $p > \text{the significance of the table } \alpha$.

Keywords : Oxygen consumption, aeration, leachate, solid waste, pH, colour, COD

PENDAHULUAN

Proses pengolahan air limbah yang intensif khususnya limbah industri dilakukan secara biologi aerobik, dengan tujuan untuk menghilangkan kandungan organik. Cemaran yang terkandung dalam air limbah dioksidasi pada proses biologi dengan menyuplai oksigen melalui

aerasi. Disamping mengolah air limbah, di Eropa, teknologi aerasi ini telah dilakukan hampir 30-40 tahun untuk mengolah air minum yang tercemar warna alami atau alga, dan teknologi ini terus dikembangkan untuk mengolah kekeruhan, kandungan tersuspensi dan cemaran lainnya (Siobhan dkk, 1997).

Tujuan utama pengolahan dengan aerasi adalah mengurangi partikel yang tersuspensi sehingga partikel ini mengapung yang akhirnya akan menggumpal di permukaan air (Al-Shamrani dkk, 2002). Keuntungan proses aerasi biologi adalah cepat di *start-up*, operasi yang cepat, kualitas air yang diolah lebih baik dan lumpur yang dihasilkan menjadi lebih pekat. Proses aerasi dilakukan pada tekanan rendah dan secara terus menerus diukur kebutuhan oksigennya sehingga operasi bisa stabil.

Tempat pembuangan akhir sampah menghasilkan limbah cair yang dikenal dengan *leachate*. *Leachate* mengandung bahan yang terlarut dan tersuspensi yang tinggi, bahan organik dan non organik serta logam berat.

Leachate merupakan cairan yang dihasilkan dari proses dekomposisi sampah dan tercampur dengan resapan air hujan. Pengolahan *leachate* sampah dilakukan secara kimia atau biologi tergantung pada kandungan alamiah *leachate*. Masalah utama tempat pembuangan akhir sampah adalah terjadinya infiltrasi *leachate* yang akan mencemari tanah dan lapisan air tanah.

Apabila *leachate* yang mengandung bahan organik dan ammonia yang tinggi di buang ke lingkungan tanpa melalui pengolahan, maka *leachate* akan mendorong pertumbuhan alga dan akan mengurangi oksigen terlarut yang dapat menimbulkan pengaruh racun terhadap lingkungan.

Pada tahun 2008 sampai dengan 2010, Pusat Litbang Permukiman telah membangun model pengolahan akhir sampah secara semi aerobik di Banjar dan Sukabumi Jawa Barat. *Leachate* yang akan diuji diambil dari lokasi pengolahan akhir sampah yang berada di Sukabumi. Uji coba pengolahan air *leachate* dilakukan dengan teknologi aerasi yang umum digunakan dalam pengolahan air limbah industri. Kurangnya kandungan oksigen terlarut akan menghambat proses biodegradasi karena biodekomposisi *leachate* secara aerob tidak berjalan dengan baik. Untuk itu perlu diteliti berapa besar konsumsi oksigen dan apabila konsumsi oksigen ditingkatkan serta dilengkapi dengan penyaringan apakah akan mempengaruhi kandungan pH, warna dan COD dalam proses aerasi. Ketiga parameter ini yang diuji karena merupakan parameter yang paling berpengaruh terhadap pencemaran lingkungan. Informasi hasil penelitian ini dapat dijadikan salah satu kriteria desain pengolahan *leachate* khususnya dalam *pretreatment* pengolahan *leachate*.

Sistem Aerasi

Aerasi adalah proses untuk memperluas daerah kontak antara air dan udara, yang bisa diakibatkan oleh proses alamiah atau dengan peralatan mekanis, dan biasa disebut dengan transfer oksigen ke permukaan air. (Hunt, B,1996).

Umumnya aerasi digunakan untuk meningkatkan kualitas air secara fisik kimia dan biologi. Peningkatan kualitas ini diperoleh dari penurunan rasa dan bau. Kecuali itu, besi dan mangan akan terlarut sehingga mengendap dan mudah disaring. Peralatan yang digunakan untuk mengalirkan oksigen pada sistem aerasi adalah aerator dan *blower*. Aerator yang umum dipakai adalah aerator dengan kecepatan rendah, dan *blower* dengan kecepatan pengaliran udara yang tinggi (*high air compressor*). Menurut Hunt, B. dalam "Fine Bubble", Mechanical Aeration" (1996), dalam penggunaan kapasitas peralatan sistem aerasi, umumnya menggunakan kapasitas aerator kurang 50% dari kapasitas desain. Yang penting dipertahankan terdapat kadar DO 4 sampai 5 mg/Liter. Pengaliran udara kedalam air dengan gelembung udara yang halus atau sangat kecil sangat baik digunakan karena akan memperluas permukaan yang dipengaruhi bila dibandingkan terhadap rasio volume, dan akan meningkatkan densiti udara pada kecepatan pengaliran yang tetap (S.E. Burns, S. Yiacoumi dan C. Tsouris, 1997).

Salah satu parameter yang digunakan untuk mengukur kadar bahan pencemar adalah COD (*Chemical Oxygen Demand*). Chemical Oxygen Demand (COD) atau Kebutuhan Oksigen Kimia (KOK) adalah jumlah oksigen (mg O₂) yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat - zat organis yang ada dalam 1 L sampel air, dimana pengoksidasi K₂Cr₂O₇ digunakan sebagai sumber oksigen (*oxidizing agent*) (G. Alerts dan S.S. Santika, 1987).

Pengolahan Leachate

Dalam mengolah lindi harus diupayakan secara efisien, handal dan sederhana, untuk itu pengolahan dengan proses biologi dapat dimanfaatkan untuk mengolah *leachate*. Bakteri, protozoa dan alga serta organisme lainnya akan berkembang biak dalam sistem pengolahan biologi, yang akan mengolah influen. Beberapa bakteri memerlukan oksigen untuk pertumbuhannya, sebaliknya ada bakteri yang tidak suka terhadap oksigen, koloni bakteria memerlukan makanan dan oksigen, makanan diperoleh dari lindi dan oksigen diperoleh dari sistem aerasi. Sistem aerasi harus menyediakan oksigen yang cukup sehingga tingkat kadar oksigen tidak sampai pada 2 mg/Liter, dan

kadar oksigen yang menghasilkan kinerja bakteri yang terbaik di atas 5 mg/Liter (Brian Ellor, 2002). Tetapi untuk mencapai kadar oksigen yang tinggi memerlukan banyak energi.

Terdapat beberapa teknik untuk melakukan aerasi seperti aerator mekanis yang ditempatkan dipermukaan air, pemakaian aerator jenis ini dapat merusak flok bakteri, memerlukan banyak energi, dan umumnya tidak efisien untuk digunakan. Tipe lainnya, *venturi injectors* mempunyai koefisien pemindahan oksigen yang tinggi, tetapi alat ini dapat juga merusak flok bakteri. Tipe yang lain *fine bubble diffused aeration*, yang menghasilkan oksigen dengan gelembung yang sangat kecil sehingga tidak merusak flok bakteri malahan akan memperbesar ukuran flok sehingga mempunyai kecepatan pengendapan, dan tingkat oksigen yang dipertahankan harus di atas 2 mg/Liter. Dengan tingkat oksigen di atas 2 mg/Liter, bau tidak akan timbul.

Kenaikan Kandungan pH

P.A. Araoye, (2009) menyatakan bahwa terdapat korelasi positif sebesar 0,54 antara oksigen terlarut dengan pH, artinya bila oksigen terlarut meningkat maka pH juga meningkat. Sementara itu, Venkatesharaju K., Ravikumar P., Somashekar R.K., Prakash, K.L., (2010) mendapatkan harga korelasi tersebut sebesar 0,76.

Kandungan COD

Menurut pendapat Suman Mor, Khaiwal Ravindra, R.P. Dahiya, A. Chandra, (2009) bahwa terdapat korelasi negatif antara oksigen terlarut dengan COD, dengan nilai korelasinya sebesar 0,92.

METODE

Penelitian eksperimental dilakukan di Laboratorium Balai Air Minum dan Penyehatan Lingkungan Perbukitan, Pusat Litbang Perbukitan, melalui aerasi dengan aerator terhadap sampel lindi yang diambil dari TPA Semi Aerobik Landfill Kota Sukabumi, Provinsi Jawa Barat, pada bulan Juli - Agustus 2011. Uji coba dilakukan dengan tiga model yaitu proses aerasi dengan satu kali kebutuhan oksigen, proses aerasi dengan dua kali kebutuhan oksigen dan proses aerasi satu kali kebutuhan oksigen dilengkapi dengan penyaringan media pasir saringan pasir lambat. Dari ketiga uji coba ini akan dibandingkan hasil pengolahannya terhadap kandungan pH, warna dan COD *leachate*.

Uji coba dilakukan dengan memberikan debit aliran udara yang berbeda sampai kebutuhan oksigen terlarut jenuh yang mencapai 9 mg/liter,

dengan kapasitas aerator 250 mg O₂/jam dan dari hasil pemeriksaan didapat konsumsi oksigen 0,47 mg O₂/jam. Setiap sampel hasil pengolahan dimasukkan ke gelas kimia bervolume 3000 ml dan diaerasi dengan kandungan 0,47 mg O₂/jam dengan variasi waktu pengujian selama 24 jam aerasi dengan gelembung kecil. Pemeriksaan hasil pengujian dilaksanakan dalam tiga periode, dimana satu periode terdiri dari tiga kali 24 jam aerasi. Misalnya hari pertama konsumsi oksigen adalah 0,47 mg O₂ x 24 jam = 11,40 mg O₂/jam. Tiga parameter akan dipilih untuk menilai karakteristik lindi yaitu pH, warna dan COD. Saringan media pasir kuarsa dipakai dengan butiran yang lolos saringan diameter 1,5 mm dan tertahan saringan diameter 0,5 mm. Saringan terbuat dari paraglas berdiameter 5 cm dengan ketinggian media saringan 90 cm. Air yang diolah, dialirkan dari atas saringan, dan debit air yang masuk mendekati kisaran kecepatan penyaringan Saringan Pasir Lambat yaitu 0,0005 Liter/detik. Analisis kandungan parameter yang diuji dilakukan dengan prosedur *Standar Method for The Examination of Water and Waste Water*. Penilaian efisiensi dilakukan dengan menghitung nilai rata-rata perubahan kandungan pH, warna dan COD *leachate* yang diperiksa. Besaran nilai COD, warna dan pH dibandingkan antara kandungan di air baku *leachate* dengan kandungan air hasil aerasi dan penyaringan. Persentase yang optimum dihitung berdasarkan persentase penurunan kadar pH, warna dan COD.

Untuk mengetahui apakah ada perbedaan penurunan yang bermakna antara pH, warna dan COD sebelum dan sesudah pengolahan dilakukan uji t sampel berpasangan, menggunakan program SPSS.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sampel Air Baku *Leachate*

Hasil pemeriksaan rata-rata sampel *leachate* yang diambil pada bulan Juli - Agustus 2011, adalah :

pH = 8,64
 warna = 940 PtCo
 COD = 682 mg/Liter.

Kandungan pH, Warna dan COD *Leachate* Setelah Diaerasi dengan Satu Kali Konsumsi Oksigen Setiap 24 Jam

Hasil pemeriksaan kandungan pH setelah diaerasi dengan satu kali konsumsi oksigen menunjukkan nilai rata-rata 9,14, warna menunjukkan nilai rata-rata 428,1 PtCo dan COD menunjukkan nilai rata-rata 524,1 mg/Liter. Hasil selengkapnya dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1 Hasil Pemeriksaan pH, warna dan COD *Leachate* Setelah Diaerasi dengan Satu Kali Konsumsi Oksigen Setiap 24 Jam

Periode Pemeriksaan	Konsumsi Oksigen (mg O ₂ /jam)	pH	warna (PtCo)	COD (mg/l)
Ke-1	11.4	8,97	529	503,6
	22.8	8,96	230	380,7
	34.1	9,06	744	449,8
Ke-2	11.4	9.15	334	507,9
	22.8	9.15	366	507,9
	34.1	9,07	396	495,3
Ke-3	11.4	9,31	416	594,9
	22.8	9,31	473	623,4
	34.1	9,31	365	653,7
Rata-rata		9,14	428,1	524,1

Kandungan pH, Warna dan COD *Leachate* Setelah Diaerasi dengan Satu Kali Konsumsi Oksigen Setiap 24 Jam dan Penyaringan

Hasil pemeriksaan kandungan pH setelah diaerasi dan disaring menunjukkan nilai rata-rata 9,08, warna menunjukkan nilai rata-rata 361,5 PtCo dan COD menunjukkan nilai rata-rata 469,1 mg/Liter. Hasil selengkapnya dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2 Hasil Pemeriksaan pH, warna dan COD *Leachate* Setelah Diaerasi dengan Satu Kali Konsumsi Oksigen Setiap 24 Jam dan Penyaringan

Periode Pemeriksaan	Konsumsi Oksigen (mg O ₂ /jam)	pH	warna (PtCo)	COD (mg/l)
Ke-1	11.4	9,06	891	497,4
	22.8	9,06	255	422,9
	34.1	9,06	294	434,3
Ke-2	11.4	9.01	294	409,4
	22.8	9.08	288	491,9
	34.1	9,04	376	416,1
Ke-3	11.4	9,13	258	562,0
	22.8	9,13	310	518,9
	34.1	9,13	288	468,4
Rata-rata		9,08	361,5	469,1

Tabel 3 Hasil Pemeriksaan pH, warna dan COD *Leachate* Setelah Diaerasi dengan Dua Kali Konsumsi Oksigen Setiap 24 Jam

Periode Pemeriksaan	Konsumsi Oksigen (mg O ₂ /jam)	pH	warna (PtCo)	COD (mg/l)
Ke-1	0,94 x 24 = 22,76	8,73	725	454,6
	0,94 x 48 = 45,52	8,73	377	339,4
	0,94 x 72 = 68,29	9,01	401	499,7
Ke-2	0,94 x 24 = 22,76	9.01	350	487,3
	0,94 x 48 = 45,52	9.07	338	585,4
	0,94 x 72 = 68,29	9,03	359	495,5
Ke-3	0,94 x 24 = 22,76	9,15	315	594,4
	0,94 x 48 = 45,52	9,15	321	653,8
	0,94 x 72 = 68,29	9,07	345	623,4
Rata-rata		8,99	392,3	525,9

Kandungan pH, Warna dan COD *Leachate* Setelah Diaerasi dengan Dua Kali Konsumsi Oksigen Setiap 24 Jam

Hasil pemeriksaan kandungan pH setelah diaerasi dengan dua kali konsumsi oksigen menunjukkan nilai rata-rata 8,99, warna menunjukkan nilai rata-rata 392,3 PtCo dan COD menunjukkan nilai rata-

rata 525,9 mg/Liter. Hasil selengkapnya dapat dilihat pada tabel 3.

Persentase Perubahan Kandungan pH, Warna dan COD *Leachate* Setelah Pengolahan dengan Aerasi, Aerasi dan Penyaringan Serta Aerasi dengan Dua Kali Konsumsi Oksigen

Pada pengolahan secara aerasi dengan satu kali konsumsi oksigen, kandungan pH mengalami kenaikan 5,47 %, kandungan warna turun 54,46 % dan kandungan COD turun 23,15 %.

Pada pengolahan secara aerasi dengan satu kali konsumsi oksigen dilanjutkan dengan penyaringan, kandungan pH mengalami kenaikan 5,09 %, kandungan warna turun 61,54 % dan kandungan COD turun 31,22 %.

Pada pengolahan secara aerasi dengan dua kali konsumsi oksigen, kandungan pH mengalami kenaikan 4,05 %, kandungan warna turun 58,26 % dan kandungan COD turun 22,89 %. Hasil selengkapnya dapat dilihat di tabel 4.

Tabel 4 Persentase Perubahan Kandungan pH, warna dan COD setelah Pengolahan dengan Aerasi, Aerasi dan Penyaringan serta Aerasi dengan Dua Kali Konsumsi Oksigen

Parameter	Air Baku	Aerasi		Aerasi dan Penyaringan		Aerasi dengan Dua Kali Konsumsi Oksigen	
		Nilai Rata-Rata	%	Nilai Rata-Rata	%	Nilai Rata-Rata	%
pH	8,64	9,14	(5,47)	9,08	(5,09)	8,99	(4,05)
warna PtCo	940	428,1	54,46	361,5	61,54	392,3	58,26
COD mg/l	682	524,1	23,15	469,1	31,22	525,9	22,89

Keterangan : () persentase kenaikan

Uji t Sampel Berpasangan

Kandungan pH, warna dan COD sebelum dan sesudah diolah dengan tiga cara pengolahan tersebut, diuji dengan derajat kebebasan (df) = 8, signifikansi $\rho = 0,000$, dan dengan signifikansi $\alpha = 0,05$, didapatkan hasil bahwa $\rho < \alpha$, ini berarti terdapat perbedaan yang nyata pada kandungan pH, warna dan COD sebelum dan sesudah pengolahan. Hasil selengkapnya dapat dilihat pada tabel 5.

Kenaikan Kandungan pH

Hasil pengujian pada tiga jenis pengolahan secara aerasi menunjukkan kandungan pH mengalami kenaikan, yaitu 5,47 %, 5,09 % dan 4,05 %, hal ini sesuai dengan pendapat para peneliti sebelumnya yaitu Ralph E. Sechriesty, P.A. Aroye, Venkatesharaju K., dkk.

Hasil penelitian ini juga memberikan hasil bahwa peningkatan oksigen terlarut dengan pH tidak berbanding lurus, artinya walaupun konsumsi

oksigen naik dua kali lipat yaitu dari 0,4742475 mg O₂/jam menjadi 0,9484950, pH naik dari 8,60 menjadi 8,99.

Tabel 5 Hasil Uji t Sampel Berpasangan

No	Pengolahan	Parameter	Nilai t	Derajat Kebebasan (df)	Signifikansi (p)
1	Aerasi dengan satu kali konsumsi oksigen	pH	- 11,21	8	0,000
		warna	10,44	8	0,000
		COD	5,55	8	0,001
2	Aerasi dengan satu kali konsumsi oksigen dan penyaringan	pH	- 34,77	8	0,000
		warna	8,67	8	0,000
		COD	12,31	8	0,000
3	Aerasi dengan dua kali konsumsi oksigen	pH	- 4,27	8	0,003
		warna	12,80	8	0,000
		COD	4,82	8	0,001

Penurunan Kandungan warna

Kandungan warna dari ketiga cara pengujian secara aerasi mengalami penurunan di atas 50 %, pengolahan yang paling efisien pada aerasi dengan satu kali konsumsi oksigen yang dilengkapi penyaringan, menurunkan warna sampai 61,54 %.

Penurunan Kandungan COD

Kandungan COD dari ketiga cara pengujian secara aerasi mengalami penurunan antara 22,89 % sampai 31,22 %, penurunan tertinggi yaitu 31,22 % diperoleh melalui pengolahan aerasi dan penyaringan. Hasil tersebut menunjukkan adanya hubungan negatif antara kandungan oksigen terlarut dengan kandungan COD, seperti yang dikemukakan Suman Mor, Khaiwal Ravindra, R.P. Dahiya, A. Chandra, (2009), jadi hasil pemeriksaan COD sudah memenuhi persyaratan pengujian.

Pengolahan Aerasi

Cara pengolahan aerasi dengan satu kali konsumsi oksigen dan aerasi dengan dua kali konsumsi oksigen tidak menunjukkan perbedaan yang besar, misalnya kandungan warna turun 54,46 % dan 58,26 %, dan COD turun 23,15 % dan 22,89 %, sehingga penelitian ini berpendapat bahwa tidak perlu dilakukan aerasi dengan dua kali konsumsi oksigen, disamping hasil penurunan tidak berbeda secara signifikan juga aerasi dengan dua kali konsumsi oksigen akan memerlukan daya aerator yang besar, sehingga diperlukan energi yang besar.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Penelitian eksperimental di laboratorium dalam mengolah *leachate* sampah dengan aerasi dan menyimpulkan :

1. Terdapat pengaruh negatif terhadap kandungan pH, dan berpengaruh positif terhadap kandungan warna dan COD.
2. Pengolahan dengan dua kali konsumsi oksigen tidak meningkatkan pH.
3. Pengolahan dengan satu kali konsumsi oksigen dan penyaringan, merupakan pengolahan terbaik dalam menurunkan kandungan warna, yaitu 61,54 % dan menurunkan kandungan COD sebesar 31,22 %.
4. Peningkatan konsumsi oksigen dalam aerasi tidak secara signifikan memperbesar penurunan warna dan COD.
5. Hasil uji t sampel, menjelaskan hubungan yang kuat antara pH, warna dan COD sebelum dan sesudah pengolahan.

Saran

Pengolahan *leachate* sampah akan lebih efisiensi apabila dilakukan *pretreatment leachate* sampah. *Pretreatment* melalui aerasi dengan konsumsi oksigen 0,47 mg O₂ per jam dan penyaringan dengan kecepatan 0,0005 Liter/detik akan menghasilkan efisiensi penurunan warna sekitar 61,54 %, penurunan COD sekitar 31,22 % dan menaikkan pH sekitar 4,05 %.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Kepala Pusat Litbang Permukiman atas izinnya untuk melaksanakan penelitian ini, sehingga penulis dapat menyajikan hasilnya dalam tulisan ini. Terima kasih diucapkan pula kepada Kepala Balai Air Minum dan Penyehatan Lingkungan Permukiman dan para analis atas fasilitasi pemeriksaan kualitas *leachate*, kepada para penelaah tulisan ini atas masukan dan koreksinya.

DAFTAR PUSTAKA

Al-Shamrani, A.A., James, A., Xiao, H., 2002. Separation of Oil from Water by Dissolved Air Flotation. *Colloida and Surfaces* 2002;209

Burns, S.E., Yiacoymi, S., Tsouris, C., 1997. *Microbubble generation for environmental and industrial separation*. Separation and Purification Technology; 11:221-232.

Brian, Ellor, July 2002. *Trade Effluent Policy Manager for United Utilities*, Sita's Arden Quarry Landfill Site. Technical Report (Arden, New Mills, Derby Shire, England).

G., Alaerts dan S.S. Santika, 1987. *Metode Penelitian Air*. Surabaya: Usaha Nasional.

Hunt, B., 1996. "Fine Bubble", Mechanical Aeration.

P.A. Araoye, 2009. The Seaseonal Variation of pH and Dissolved Oxygen Concentration. *International Journal of Physical Sciences* Vol. 4 (5), pp 271-274.

- Ralph E. Sechriesty, 1980. Relationship between Total Alkalinity, Conductivity, Original pH and Buffer Action of Natural Water. *The Ohio Journal of Science* 60 (5).
- Rusten, B., 1984. Wastewater Treatment with Aerated Submerged Biological Filters, *Journal Water Pollution Control Federation*, 56, 424-436.
- S.E. Burns, S. Yiacoumi dan C. Tsouris, 1997. *Microbubble Generation for Environmental and Industrial Separation*. Georgia Institute of Technology Atlanta, USA.
- Siobhan O.N., Yeung H., Gary O., 1997. Physical Modelling Study of the Dissolved Air Flotation Process. *Water Environmental. Management* 7:75-86.
- SNI 06-2424-1991, Metode Pengujian Oksigen Terlarut dengan Titrimetri.
- SNI 06-6989-2004, Cara Uji Derajat Keasaman (pH) dengan Menggunakan Alat pH Meter.
- SNI 6989.2.2009, Cara Uji Kebutuhan Oksigen Kimia (COD) dengan Refluks Tertutup secara Spektrofotometri.
- SNI 6989.80.2011, Cara Uji Warna secara Spektrofotometri.
- Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, 21st Edition, 2005. American Public Health Association.
- Suman Mor, Khaiwal Ravindra, R.P. Dahiya, A. Chandra, 2009. *Leachate Characterization and Assessment of Groundwater Pollution Near Solid Waste Landfill Site*, Department of Chemistry University of Antwerp, Belgium.
- Venkatesharaju K., Ravikumar P., Somashekar R.K., Prakash, K.L., 2010. *Physico-Chemical and Bacteriological Investigation on the River Cauvery of Kollegal*.