

# Penyisihan Keekeruhan dan DHL Lindi dengan Menggunakan *Advanced Oxidation Process (AOP)* pada Reaktor Kontinu

DELTA FITRI SARI, M. RANGGA SURURI, SITI AINUN

Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan,  
Institut Teknologi Nasional (ITENAS) Bandung  
Email : delta.itenas@yahoo.com

## ABSTRAK

*Pengolahan lindi TPA Sarimukti oleh Nuriana (2015) menggunakan AOP kombinasi ozon dan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 1,197 g/L dengan reaktor semi-batch, menghasilkan penurunan kekeruhan 91,59% dan DHL 21,04%. Sistem pengolahan tersebut memiliki keterbatasan kemampuan pengolahan hanya 1 liter lindi dalam waktu 180 menit. Sehingga diperlukan penelitian lanjutan berupa pengolahan secara kontinu. Perancangan rangkaian reaktor kontinu pengolahan lindi berbasis ozon oleh Komalasari (2015), menyebutkan bahwa rangkaian reaktor kontinu dengan static mixer, SME 6,25 meter dan ozone contactor 6,8 liter memiliki performa hidraulik paling besar yaitu 87,14%. Penelitian ini bertujuan untuk menguji efektifitas rangkaian reaktor kontinu terhadap penyisihan kekeruhan dan DHL lindi dengan AOP kombinasi ozon dan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 1,197 g/L. Static mixer yang digunakan berdiameter 0,8 cm dengan sekat berjarak 0,5 cm sepanjang 20 cm. SME berupa selang berdiameter 1 cm dengan variasi panjang 80 cm, 430 cm, 625 cm dan 780 cm. Ozone contactor yang digunakan bervolume 1,5 liter dan 6,8 liter dengan variasi resirkulasi ke-1 dan ke-2. Resirkulasi bertujuan untuk memperpanjang waktu tinggal lindi. Oksigen dari udara bebas dengan debit 4 L/menit disuplai menggunakan aerator dan air compressor ke ozone generator untuk menghasilkan ozon. Rangkaian reaktor kontinu ini menaikkan nilai pH sampel lindi sebesar 3,03-4,77% serta menyisihkan kekeruhan 23,53-32,23% dan DHL 5,09-8,76%.*

**Kata kunci:** AOP, reaktor kontinu, static mixer

## ABSTRACT

*Sarimukti landfill leachate treatment by Nuriana (2015) using AOP combination of ozone and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 1.197g/L with a semi-batch reactor, lowering the turbidity of 91.59% and DHL 21.04%. The treatment has limited processing capability only 1 liter of leachate within 180 minutes. Further research is needed so that continuous processing. Continuous reactor design leachate treatment based on ozone by Komalasari (2015), said that a series of continuous reactor with a static mixer, SME 6.25 meters and ozone contactor 6.8 liters had the greatest hydraulic performance is 87.14%. This research aimed to test the effectiveness of a series of continuous reactor in leachate with AOP combination of ozone and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 1.197g/L. Static mixers are used with diameter of 0.8cm by 0.5cm along the bulkhead is 20cm. SME is a hose diameter of 1cm with a variation in the length of 80cm, 430cm, 625cm and 780cm. Ozone contactor used volume of 1.5 liter and 6.8 liter with variations recirculation 1 and 2. Recirculation aims to prolong the residence time leachate. Oxygen from the air is free to discharge 4L/min supplied using the aerator and air compressor to the ozone generator to produce ozone. This continuous reactor raise the pH of leachate samples of 3.03 to 4.77%, and turbidity side from 23.53 to 32.23% and 5.09 to 8.76% DHL*

**Keywords:** AOP, continuous reactor, static mixer

## 1. PENDAHULUAN

Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Sarimukti terletak di Desa Sarimukti, Kecamatan Cipatat, Kabupaten Bandung Barat. TPA Sarimukti melayani pembuangan sampah dari Kota Bandung, Kota Cimahi dan Kabupaten Bandung Barat. Sampah yang masuk ke TPA Sarimukti diproses dengan metode *controlled landfill* atau pengurugan (Balai Pengelolaan Sampah Regional, 2011). Salah satu dampak negatif dalam aplikasi pengurugan sampah adalah pembentukan lindi.

Lindi adalah cairan yang berasal dari timbunan sampah di TPA yang dapat bersumber dari air hujan maupun dekomposisi dari sampah itu sendiri (Susanto dkk, 2004). Komposisi sampah di TPA Sarimukti sangat beragam akibatnya menghasilkan lindi dengan karakteristik polutan yang kompleks. Tizaoui (2007) menyatakan bahwa lindi memiliki kandungan polutan yang beragam seperti COD yang tinggi, biodegradabilitas yang rendah, mengandung logam berat dan bersifat patogen.

Pengolahan lindi di TPA Sarimukti menggunakan sistem biologi berupa kolam stabilisasi. Menurut Balai Pengelolaan Sampah Regional (BPSR) Jawa Barat (2014), rasio BOD/COD lindi di TPA Sarimukti sebesar 0,13. Sedangkan menurut Tchobanoglous (2003), rasio BOD/COD yang dianggap mudah diolah dengan cara biologi adalah 0,5 atau lebih besar, sehingga dengan nilai rasio BOD/COD lindi TPA Sarimukti seharusnya diolah dengan cara kimiawi. Salah satu pengolahan dengan kimiawi yaitu dengan cara oksidasi.

Salah satu alternatif pengolahan lindi menggunakan prinsip oksidasi ialah teknologi ozon. Reaksi ozon dapat bersifat langsung maupun tidak langsung. Reaksi langsung berupa reaksi molekul ozon dengan berbagai bahan kimia. Sedangkan reaksi tidak langsung terjadi melalui reaksi radikal bebas yang terbentuk dari dekomposisi ozon (Beltran, 2004). Molekul ozon sendiri sebenarnya cukup kuat untuk bereaksi langsung dengan senyawa organik karena ozon termasuk oksidan kuat dalam air, namun memiliki sifat yang selektif sehingga tidak semua polutan dapat bereaksi dengan ozon. Berbeda dengan senyawa hasil dekomposisi ozon yaitu OH radikal yang bersifat tidak selektif sehingga penelitian proses oksidasi kini mengarah pada penggunaan metode *Advanced Oxidation Processes* atau AOP (Renou dkk, 2007).

AOP merupakan teknologi pengembangan dari oksidasi konvensional, yang bertujuan meningkatkan kemampuan oksidasi dari oksidator biasa. AOP dihasilkan dari penggabungan oksidator-oksidator maupun penggunaan sinar UV, sehingga dihasilkan hidroksil radikal (OH<sup>•</sup>) (Von Gunten, 2003). Metode AOP yang digunakan adalah kombinasi ozon dengan penambahan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Pada proses ini ozon akan bereaksi dengan hidrogen peroksida membentuk hidroksil radikal (Glaze dkk, 1987).

Penelitian pengolahan lindi menggunakan metode AOP kombinasi ozon dengan penambahan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> sebanyak 1,197 g/L dengan reaktor *semi-batch* oleh Nuriana (2015) menghasilkan efisiensi penurunan COD sebesar 55,97%, DHL 21,04%, kekeruhan 91,59%, dan BOD 70,89%. Sistem pengolahan tersebut memiliki keterbatasan berupa kemampuan pengolahan yang hanya sebanyak 1 liter lindi dalam waktu 180 menit. Sehingga diperlukan penelitian lanjutan dari reaktor *semi-batch* tersebut berupa pengolahan secara kontinu yang nantinya dapat diaplikasikan dalam skala pengolahan lindi di TPA Sarimukti.

Pengolahan lindi dengan rangkaian reaktor kontinu berbasis ozon telah dilakukan oleh Komalasari (2015). Rangkaian reaktor kontinu tersebut menggunakan 3 reaktor, terdiri dari *static mixer*, *Static Mixer's Extension* (SME), dan *ozone contactor*.

*Static mixer* adalah perangkat yang memungkinkan untuk terjadinya pencampuran terus menerus cairan dalam pipa. *Static mixer* mampu untuk memastikan pencampuran konsentrasi ozon yang homogen, karena turbulensi internal yang tinggi diciptakan oleh elemen mixer (Tizaoui & Zhang, 2010). *Static mixer* berperan sebagai tempat terjadinya pengadukan *static* serta tempat berdifusinya ozon dan lindi, dengan tujuan memudahkan dan meningkatkan fungsi dari *ozone contactor* yang berada di rangkaian selanjutnya.

SME merupakan perpanjangan dari *static mixer* untuk memperpanjang waktu tinggal lindi setelah melewati reaktor *static mixer*. SME berperan sebagai *Plug Flow Reactor* (PFR), yaitu reaktor dimana reaksi kimia berlangsung secara kontinu dan merata sepanjang sistem aliran (USEPA, 1999).

*Ozone contactor* merupakan salah satu tempat berkontakannya lindi dan ozon pada rangkaian reaktor kontinu. Jenis *ozone contactor* dalam rangkaian kontinu ini adalah *bubblediffusser counter and co-current contactor*, yang merupakan reaktor dengan *vertical baffle*, agar difusi dan pengadukan terjadi pada tekanan yang berasal dari *bubble diffuser* (USEPA, 1999).

Perancangan rangkaian reaktor kontinu oleh Komalasari (2015), menyebutkan bahwa pada rangkaian reaktor kontinu dengan *static mixer*, SME 6,25 meter, dan *ozone contactor* 6,8 liter memiliki performa hidraulik rangkaian reaktor paling besar yaitu 87,14%. Rangkaian reaktor kontinu tersebut perlu dilakukan pengujian efektifitas pengolahannya terhadap lindi. Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui efisiensi pengolahan lindi dari rangkaian reaktor kontinu dengan metode *Advanced Oxidation Process* (AOP) menggunakan ozon dengan penambahan  $H_2O_2$  yang dilakukan pada lindi TPA Sarimukti.

## 2. METODOLOGI

Tahapan penelitian terdiri dari beberapa tahap, yaitu studi pustaka, persiapan penelitian, pengukuran karakteristik awal, penelitian, analisis data dan pengambilan kesimpulan.

### 3.1 Studi Pustaka

Tahap awal yang dilakukan pada penelitian ini adalah studi pustaka. Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data sekunder dari berbagai sumber seperti jurnal, buku, maupun penelitian sebelumnya yang mendukung penelitian. Data sekunder yang dikumpulkan berkaitan dengan rangkaian reaktor kontinu, metode AOP, parameter yang diukur dan sebagainya.

### 3.2 Persiapan Penelitian

Tahapan persiapan penelitian terdiri dari pengambilan sampel, persiapan alat dan bahan penelitian.

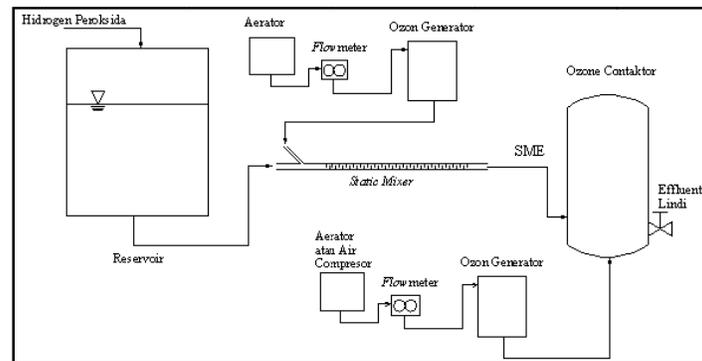
#### 3.2.1. Persiapan Sampel

Sampel lindi yang digunakan berasal dari inlet pengolahan lindi TPA Sarimukti yang terletak di Desa Sarimukti, Kecamatan Cipatat, Kabupaten Bandung Barat. Pengambilan sampel lindi dilakukan dengan metode *grab sample* atau pengambilan sesaat. Pengambilan sesaat yaitu

pengambilan sampel yang dikumpulkan dalam sebuah wadah pada waktu tertentu, dapat diambil dari air (air limbah), tanah (lumpur/sedimen), atau mikroorganisme (Hadi Anwar, 2005).

### 3.2.2. Persiapan Alat

Peralatan yang digunakan ialah peralatan untuk penelitian pengolahan pengujian lindi dengan proses AOP pada rangkaian kontinu. Skema alat pada rangkaian kontinu dapat dilihat pada Gambar 1. Peralatan tersebut terdiri dari reservoir, aerator, *air kompresor*, ozon generator, *static mixer*, SME, *ozone contactor*, *flow meter*, dan *check valve*.



**Gambar 1. Skema Alat Penelitian Pengolahan Lindi dengan Metode AOP pada Rangkaian Reaktor Kontinu**

### 3.2.3. Persiapan Bahan

Bahan yang dipersiapkanyaitu  $H_2O_2$  50%, untuk proses AOP. Pada proses ini ozon akan bereaksi dengan hidrogen peroksida membentuk hidroksil radikal.

### 3.3 Pemeriksaan Karakteristik Awal

Pengukuran karakteristik sampel dilakukan untuk mengetahui karakteristik fisik dan kimia pada lindi yang meliputi pH, kekeruhan, dan Daya Hantar Listrik (DHL). Secara visual, kondisilindi memiliki warna hitam kecoklatan dan bau yang tajam. Metode pengukuran sampel lindi dan sumbernya dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1. Metode dan Sumber Pengukuran Parameter Lindi**

No	Parameter	Metode Pengukuran	Sumber
1	pH	Elektroda – Potensiometri	SNI 06-6989.11-2004
2	Kekeruhan	Nefelometric	SNI 06-6989.25-2005
3	DHL	Konduktivimetri	SNI 06-6989.1-2004

### 3.4 Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian dilakukan pada rangkaian reaktor kontinu dengan proses AOP, kombinasi ozon dengan penambahan  $H_2O_2$  50% sebanyak 1,197 g/L. Debit udara yang digunakan sebesar 4 L/menit dengan udara bebas yang bersumber dari aerator dan *air compressor*. Waktu kontak pada penelitian ini memiliki perbedaan untuk masing-masing *ozone contactor*. Waktu kontak untuk *ozone contactor* 1,5 liter adalah 80 menit, sedangkan

untuk *ozone contactor* 6,8 liter selama 60 menit. Periode pengukuran yang dilakukan, yaitu pada setiap 10 menit untuk masing-masing variasi.

Penelitian pengolahan lindi dengan rangkaian reaktor kontinu ini melakukan resirkulasi sampel lindi. Resirkulasi bertujuan untuk memperpanjang waktu tinggal lindi pada rangkaian reaktor kontinu. Hal ini dilakukan sebagai upaya untuk menyamakan waktu tinggal reaktor *semi batch* oleh Nuriana (2015) dengan rangkaian reaktor kontinu Komalasari (2015). Berdasarkan Tabel 2 diketahui bahwa rangkaian reaktor kontinu Komalasari (2015) memiliki waktu kontak yang sangat kecil dibandingkan dengan reaktor *semi batch* Nuriana (2015).

**Tabel 2. Performa Hidraulik dan Waktu Kontak terhadap Variasi SME**

Variasi	Performa Hidraulik (%)	Waktu Kontak (menit)
SME 0,80 m + <i>Ozone contactor</i> 1,5 liter	37,50	2,38
SME 4,50 m + <i>Ozone contactor</i> 1,5 liter	42,67	2,63
SME 6,25 m + <i>Ozone contactor</i> 1,5 liter	51,73	2,72
SME 7,80 m + <i>Ozone contactor</i> 1,5 liter	50,00	3,03
SME 6,25 m + <i>Ozone contactor</i> 6,8 liter	87,14	60,05

Sumber : Komalasari, 2015

Variasi yang digunakan yaitu variasi panjang SME dan *ozone contactor*. SME yang digunakan memiliki variasi panjang yaitu 80 cm, 430 cm, 625 cm, dan 780 cm. SME ini terbuat dari selang yang memiliki diameter 1 cm yang mengacu pada penelitian Komalasari (2015). Variasi SME pada rangkaian kontinu menggunakan *ozone contactor* 1,5 liter.

*Ozone contactor* yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari *ozone contactor* 1,5 liter dan 6,8 liter. *Ozone contactor* 1,5 liter digunakan untuk menentukan panjang SME terbaik berdasarkan efisiensi penyisihan. SME terbaik digunakan untuk variasi *ozone contactor* 6,8 liter dengan resirkulasi ke-1 dan resirkulasi ke-2.

### 3.5 Analisis Data dan Pengambilan Kesimpulan

Analisis data yang dilakukan berupa analisis karakteristik lindi, respon lindi terhadap proses AOP berdasarkan parameter pH, dan efisiensi dari proses AOP berdasarkan parameter kekeruhan dan DHL.

Kesimpulan diambil dari hasil analisis data yang telah dilakukan. Kesimpulan tersebut berupa, efisiensi pengolahan lindi TPA Sarimukti pada rangkaian reaktor kontinu dengan AOP pada berbagai variasi yang dilakukan.

## 3. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Karakteristik Awal Lindi

Pengukuran karakteristik sampel dilakukan untuk mengetahui pencemaran yang ada dalam lindi, kemudian dibandingkan dengan pengukuran setelah proses AOP, sehingga dapat diketahui efisiensi dari penelitian yang dilakukan. Karakteristik sampel yang diukur terdiri dari karakteristik fisik dan kimia pada lindi yang meliputi pH, kekeruhan, dan Daya Hantar Listrik (DHL). Karakteristik sampel lindi tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.

Parameter yang mempengaruhi stabilitas ozon, diantaranya melalui parameter pH. Nilai pH sampel lindi yang diukur cenderung basa yaitu pada nilai >8,63. Hal ini sesuai dengan

Damanhuri (2008) yang mengatakan bahwa kekhasan lindi sampah Indonesia berkarakter tidak asam.

**Tabel 3. Karakteristik Sampel**

No	Parameter	Satuan	Nilai
1	pH	-	8,63 - 8,87
2	Kekeruhan	NTU	82,0 - 123,5
3	DHL	mS/cm	27,1 - 30,0

Sumber : Pengukuran, 2015

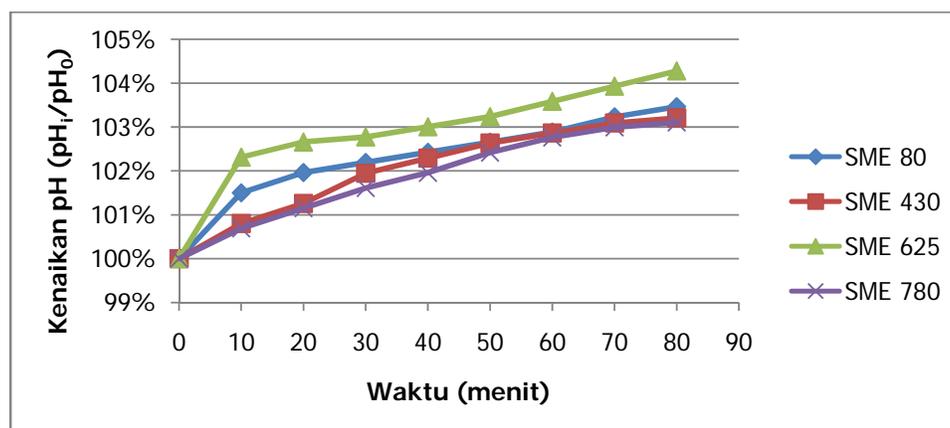
Nilai kekeruhan pada sampel lindi sebesar 82,0 - 123,5 NTU. Kekeruhan menggambarkan sifat optik air yang ditentukan berdasarkan banyaknya cahaya yang diserap dan dipancarkan oleh bahan-bahan yang terdapat di dalam air. Nilai kekeruhan sampel lindi disebabkan oleh banyaknya zat-zat yang terlarut dalam air lindi, baik itu zat kimia maupun yang lainnya (Davis & Cornwell, 1991).

Daya Hantar Listrik (DHL) adalah kemampuan air untuk menghantarkan arus listrik yang dipengaruhi oleh garam-garam terlarut yang dapat terionisasi. DHL dipengaruhi oleh jenis ion, valensi, dan konsentrasi. Daya hantar listrik berhubungan dengan pergerakan suatu ion di dalam larutan ion yang mudah bergerak mempunyai daya hantar listrik yang besar (Effendi, 2003). Nilai DHL sampel lindi terukur sebesar 27,1 - 30,0 mS/cm. DHL pada lindi dapat dijadikan indikator kehadiran senyawa anorganik yang ada dalam lindi (Rezagama & Notodarmojo, 2012).

### 3.2 Perubahan Karakteristik Sampel

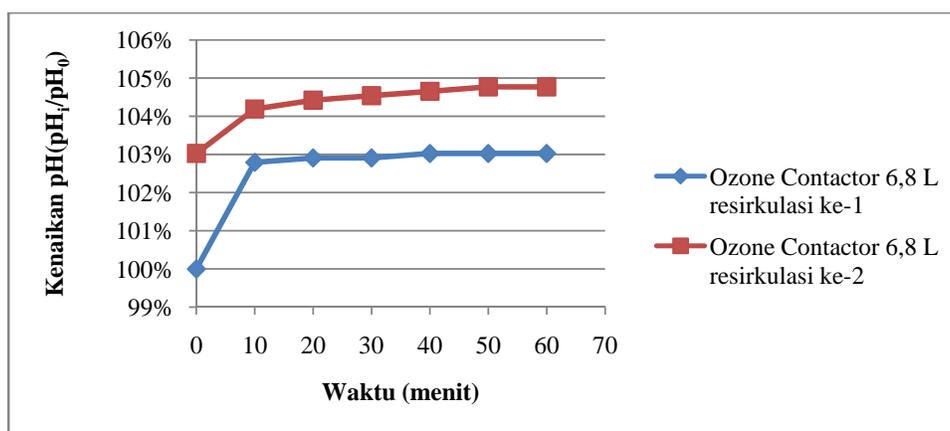
#### 3.2.1. pH

Nilai pH menunjukkan tinggi rendahnya konsentrasi ion hidrogen dalam air (Pescod, 1973). Kemampuan air untuk mengikat atau melepaskan sejumlah ion hidrogen akan menunjukkan apakah perairan tersebut bersifat asam atau basa (Barus, 2002). Sampel lindi yang telah mengalami proses AOP menunjukkan kenaikan nilai parameter pH untuk semua variasi. Kenaikan nilai parameter pH dapat dilihat pada Gambar 2 dan 3.



**Gambar 2** Kenaikan Nilai pH Selama Proses AOP pada Rangkaian Reaktor Kontinu *Ozone Contactor* 1,5 L dengan Variasi SME

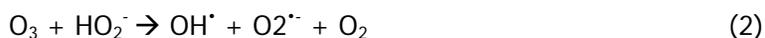
Berdasarkan Gambar 2, rangkaian reaktor kontinu *ozone contactor* 1,5 liter mengalami kenaikan nilai pH pada semua variasi. Kenaikan nilai pH untuk variasi SME 430 dan SME 780 pada menit 10, 20, 60, 70, dan 80 memiliki nilai yang tidak jauh berbeda. Variasi SME 430 memiliki kenaikan nilai pH yang lebih tinggi dibandingkan SME 780 pada menit 30, 40, dan 50. Sementara variasi SME 80 memiliki kenaikan pH nya lebih tinggi dibandingkan variasi 430 dan 780 pada waktu kontak 10, 20, 30, dan 40 menit, namun pada waktu kontak 50, 60, 70, dan 80 menit kenaikan pH ketiga variasi tersebut memiliki nilai yang tidak jauh berbeda. Sedangkan untuk variasi SME 625, memiliki kenaikan nilai pH yang paling tinggi diantara variasi lainnya selama waktu kontak penelitian. Perbedaan kenaikan nilai pH ini dipengaruhi oleh variasi panjang SME yang digunakan. Panjang SME tersebut berpengaruh terhadap lamanya waktu lindi berkontak dan bereaksi dengan ozon, semakin panjang SME semakin lama pula waktu kontak lindi dengan ozon.



**Gambar 3** Kenaikan Nilai pH Selama Proses AOP pada Rangkaian Reaktor Kontinu *Ozone Contactor* 6,8 L dengan Variasi Resirkulasi

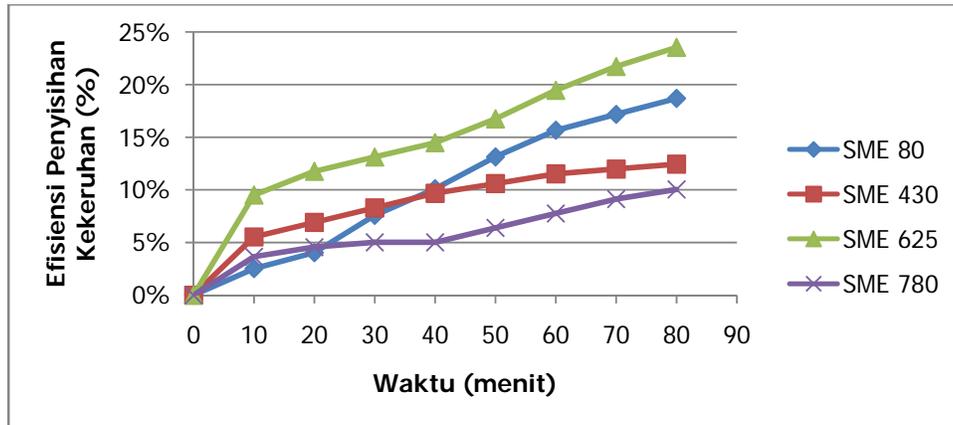
Gambar 3 yang membandingkan kenaikan nilai pH rangkaian reaktor kontinu *Ozone Contactor* 6,8 liter resirkulasi ke-1 dan ke-2, menunjukkan setelah dilakukan resirkulasi ke-2 nilai pH masih mengalami kenaikan dari resirkulasi ke-1. Kenaikan nilai pH pada resirkulasi ke-1 dan ke-2 mengalami kenaikan yang lebih tinggi pada 10 menit pertama dibandingkan waktu kontak berikutnya. Kemudian, pada resirkulasi ke-1 kenaikan nilai pH pada menit 40, 50, dan 60 memiliki nilai yang sangat kecil, sementara pada resirkulasi ke-2 nilai pH terus mengalami kenaikan selama waktu kontak. Perbedaan kenaikan nilai ozon dipengaruhi adanya resirkulasi yang menyebabkan semakin lamanya waktu lindi bereaksi dengan ozon

Adanya kenaikan nilai pH menandakan proses oksidasi berjalan baik. Parameter pH mempengaruhi stabilitas ozon dalam pembentukan OH radikal. pH yang tinggi menunjukkan lebih banyak ion hidroksida ( $\text{OH}^-$ ). Kehadiran ion  $\text{OH}^-$  dapat menginisiasi dekomposisi ozon sebagai langkah awal dalam memproduksi OH radikal. Reaksi pembentukan OH radikal yang diinisiasi oleh kenaikan pH yang dapat dilihat pada reaksi 1 dan 2 (Von Gunten, 2003).



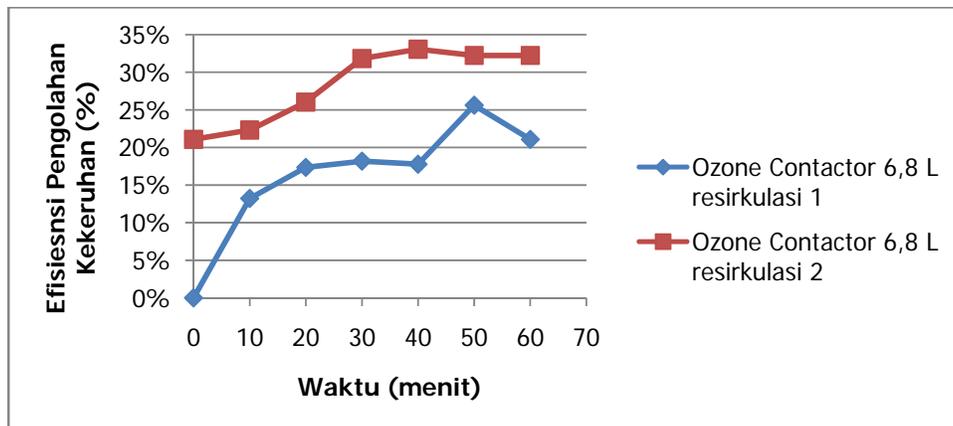
### 3.2.2. Kekерuhan

Kekeruhan menunjukkan adanya kandungan zat tersuspensi di dalam air, baik organik maupun anorganik (Sari, 2013). Kekeruhan disebabkan oleh materi tersuspensi dari ukuran koloid sampai dengan materi kasar yang terdispersi (Sawyer, 2003). Sampel lindi yang telah mengalami proses AOP menunjukkan penyisihan parameter kekeruhan untuk semua variasi. Efisiensi penyisihan kekeruhan dapat dilihat pada Gambar 4 dan 5.



**Gambar 4 Efisiensi Kekeruhan Selama Proses AOP pada Rangkaian Reaktor Kontinu *Ozone Contactor* 1,5 L dengan Variasi SME**

Berdasarkan Gambar 4, semua variasi mengalami peningkatan efisiensi penyisihan kekeruhan. Efisiensi penyisihan kekeruhan tertinggi, yaitu pada SME 625. Variasi SME 625 juga memiliki kenaikan nilai pH yang paling tinggi diantara variasi lainnya (Gambar 2). Naiknya nilai pH secara tidak langsung mengindikasikan banyaknya OH radikal yang terbentuk. Semakin banyak OH radikal yang terbentuk, maka semakin banyak pula kekeruhan yang disisihkan.



**Gambar 5 Efisiensi Kekeruhan Selama Proses AOP pada Rangkaian Reaktor Kontinu *Ozone Contactor* 6,8 L dengan Variasi Resirkulasi**

Berdasarkan Gambar 5, efisiensi penyisihan kekeruhan rangkaian reaktor kontinu *ozone Contactor* 6,8 liter menunjukkan efisiensi penyisihan kekeruhan masih mengalami kenaikan setelah dilakukan resirkulasi ke-2. *Ozone Contactor* 6,8 liter resirkulasi ke-1 memiliki penyisihan kekeruhan yang tinggi pada menit 10 dibandingkan waktu kontak berikutnya,

kemudian terjadi penurunan efisiensi penyisihan kekeruhan pada menit 60. Penyisihan kekeruhan yang tinggi pada menit 10 dapat dikaitkan dengan nilai pH variasi ini yang juga mengalami kenaikan yang tinggi pada menit 10 (Gambar 2).

Penurunan nilai kekeruhan disebabkan adanya reaksi oleh ozon, baik secara langsung maupun tidak langsung, dalam mengoksidasi kandungan organik dan anorganik sampel (Irawan, 2015). Penurunan kekeruhan pada sampel juga dapat disebabkan karena pemecahan senyawa melalui proses ozonisasi. Ozonisasi yang terus menerus membuat partikel koloid yang menyebabkan kekeruhan umumnya bermuatan negatif dapat dinetralkan dengan ozon (Rezagama & Notodarmojo, 2012).

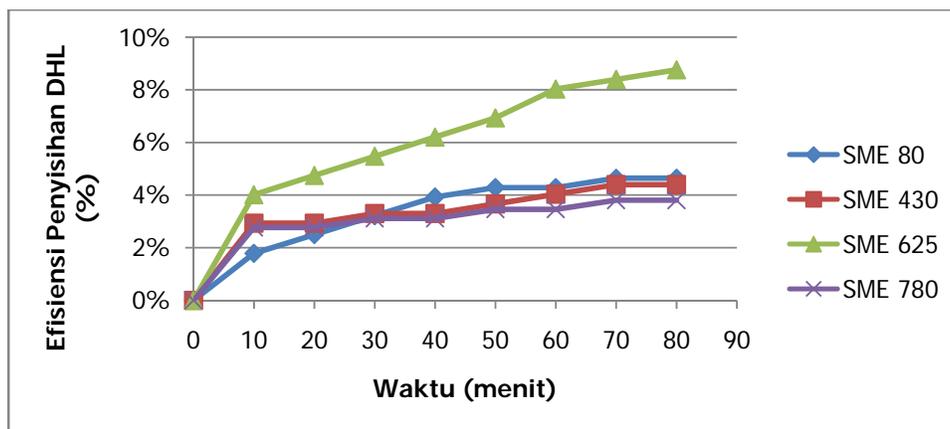
Adanya kenaikan nilai kekeruhan, kemungkinan merupakan pemecahan senyawa logam yang berikatan dengan *humic acid* yang awalnya bersifat terlarut menjadi tidak terlarut. Senyawa kompleks *humic acid* berukuran molekul sangat besar sekitar 10.000 hingga 100.000 yang terlarut dalam kondisi basa. Pada pemecahan awal masih terbentuk senyawa besar yang tidak larut dalam air. Partikel koloid yang menyebabkan kekeruhan umumnya bermuatan negatif dapat dinetralkan dengan ozon (Rezagama & Notodarmojo, 2012).

### 3.2.3. Daya Hantar Listrik (DHL)

Daya hantar listrik (DHL) adalah gambaran numerik dari kemampuan air untuk meneruskan aliran listrik. Semakin banyak garam-garam terlarut yang dapat terionisasi, maka semakin tinggi pula nilai DHL (Effendi, 2003).

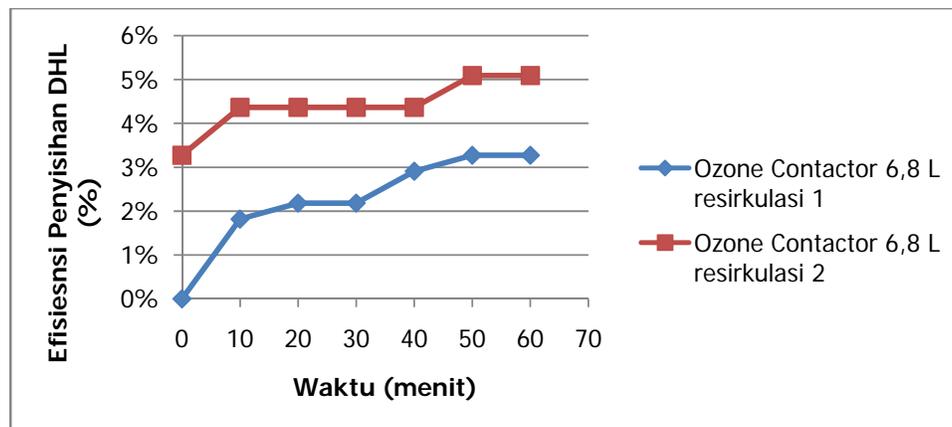
Pengukuran DHL mengindikasikan pengukuran bahan anorganik dalam sampel lindi, ion secara total, pergerakan dan valensi ionnya. Tingginya kandungan DHL biasanya menunjukkan tingkat pencemaran pada air. Berdasarkan Sebah dan Cahyanto (2008), air lindi diindikasikan banyak mengandung senyawa asam, basa, dan garam yang terlarut sehingga terpecah menjadi ion positif dan ion negatif yang meningkatkan DHL.

Penelitian yang dilakukan menunjukkan penurunan parameter DHL untuk semua variasi. Efektifitas penurunan DHL selama proses AOP pada reaktor kontinu dapat dilihat pada Gambar 6 dan 7.



Gambar 6 Efisiensi DHL Selama Proses AOP pada Rangkaian Reaktor Kontinu *Ozone Contactor* 1,5 L dengan Variasi SME

Gambar 6 menunjukkan bahwa penelitian pengolahan lindi pada rangkaian reaktor kontinu *ozone contactor* 1,5 liter, mampu menyisihkan nilai DHL untuk semua variasi. Secara keseluruhan efisiensi penyisihan DHL pada waktu kontak 10 menit terjadi sangat tinggi, lalu 10 menit berikutnya terjadi secara bertahap. Hal ini dapat dikaitkan dengan kenaikan nilai pH yang juga mengalami peningkatan tinggi pada menit 10. Efisiensi penyisihan DHL tertinggi, yaitu pada variasi SME 625 yang terjadi di setiap waktu kontak. Hal ini didukung dengan kenaikan nilai pH variasi SME 625 yang juga memiliki kenaikan paling tinggi diantara variasi SME lainnya pada setiap waktu kontak (Gambar 2).



**Gambar 7 Efisiensi DHL Selama Proses AOP pada Rangkaian Reaktor Kontinu *Ozone Contactor* 6,8 L dengan Variasi Resirkulasi**

Berdasarkan Gambar 7, diketahui bahwa selama proses AOP sampel lindi mengalami kenaikan nilai efisiensi penyisihan parameter DHL untuk kedua variasi. *Ozone Contactor* 6,8 liter resirkulasi ke-1 memiliki penyisihan DHL yang tinggi pada menit 10 dibandingkan waktu kontak berikutnya. Hal dapat dikaitkan dengan nilai pH variasi resirkulasi ke-1 ini juga mengalami kenaikan yang tinggi pada menit 10 (Gambar 2). Penyisihan DHL resirkulasi ke-2 yang memiliki nilai yang lebih tinggi daripada resirkulasi ke-1 juga dikarenakan pengaruh nilai pH. Parameter pH juga berpengaruh tidak terjadi penyisihan DHL pada waktu kontak menit 50 ke menit 60 untuk kedua variasi, dimana pada waktu kontak tersebut tidak terjadi kenaikan pH.

Penurunan nilai DHL dimungkinkan dari terlepasnya logam yang terikat dalam molekul organik yang kemudian mengendap dalam kondisi basa (Rezagama & Notodarmojo, 2012). Hal ini diperkuat dengan nilai pH yang mengalami kenaikan pada seluruh proses.

Jika dibandingkan dengan efisiensi penyisihan kekeruhan, efisiensi penyisihan konsentrasi DHL lebih kecil. Hal ini dapat dikarenakan materi yang banyak menyebabkan kekeruhan pada sampel adalah kandungan non elektrolit yang tidak dapat diukur dengan cara pengukuran DHL, sehingga menyebabkan tingginya penyisihan kekeruhan yang diperoleh tidak berdampak cukup signifikan pada efisiensi penyisihan DHL (Irawan, 2015).

#### 4. KESIMPULAN

Penelitian pengolahan lindi pada rangkaian reaktor kontinu dengan metode AOP mampu menaikkan nilai pH sebesar 3,03-4,77%, serta menyisihkan kekeruhan sebesar 23,53-32,23% dan DHL 5,09-8,76%. Rangkaian reaktor kontinu dengan *ozone contactor* 1,5 liter

dan SME 625 merupakan variasi terbaik diantara variasi SME lainnya. Hal ini dibuktikan dengan efisiensi penyisihan tertinggi berdasarkan parameter kekeuhan sebesar 23,53% dan DHL 8,76%. Rangkaian reaktor kontinu dengan *ozone contactor* 6,8 liter variasi terbaik, yaitu dengan resirkulasi ke-2, yang mampu menyisihkan kekeuhan sebesar 32,23% dan DHL 58,09%.

## 5. DAFTAR RUJUKAN

- Balai Pengelolaan Sampah Regional Dinas Perumahan dan Permukiman Pemerintah Provinsi Jawa Barat. 2011. Pengelolaan Tempat Pengolahan dan Pemrosesan Akhir Sampah (TPPAS) Regional Jawa Barat. Bandung.
- Balai Pengelolaan Sampah Regional Dinas Perumahan dan Permukiman Pemerintah Provinsi Jawa Barat. 2014. Pengelolaan Tempat Pengolahan dan Pemrosesan Akhir Sampah (TPPAS) Regional Jawa Barat. Bandung.
- Barus. 2002. Pengantar Limnologi. Jurusan Biologi FMIPA Universitas Sumatra Utara. Medan
- Beltrán, Fernando J. Ozone reaction kinetics for water and wastewater systems. Florida: Lewis Publishers, 2004.
- Damanhuri, Enri. 2008. Diktat Landfilling Limbah-Versi 2008. FTSL ITB.
- Davis, M.L., dan Cornwell, D.A. 1991. *Introduction to Environmental Engineering 2nd*. New York: Mc Graw-Hill.
- Effendi, H. 2003. Telaah Kualitas Air. Penerbit Kanisius. Jakarta.
- Glaze, W.H., J.W. Kang and D.H. Chapin. 1987. The Chemistry of Water Treatment Processes Involving Ozone, Hydrogen peroxide and Ultraviolet Radiation. Ozone Sci Eng.
- Hadi, Anwar. 2005. Prinsip Pengelolaan Pengambilan Sampel Lingkungan. Jakarta : Gramedia Pustaka Utama.
- Irawan, Kasih S. 2015. Konsentrasi Sisa Ozn pada Pengolahan Lindi TPA Paripurna menggunakan *Advanced Oxidation Process* (AOP). ITENAS, Bandung.
- Komalasari, Dewi. 2015. Perancangan Reaktor Kontinu Pada Pengolahan Lindi Berbasis Ozon Dengan Metode *Tracer Test*. ITENAS, Bandung.
- Nuriana, Wulan. 2015. Pengolahan Lindi TPA Sarimukti dengan Menggunakan Ozonisasi Konvensional dan *Advanced Oxidation Process* (AOP) Tipe Ozon/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. ITENAS, Bandung.
- Pescod, M. B. 1973. Investigation of Rational Effluent and Stream Standard for Tropical Countries. AIT, London.
- Renou, S., Givaudan, J. G., Poulain, S., Dirrasouyan, F., & Moulin, P. (2007). Landfill leachate treatment: Review and opportunity. ScienceDirect.
- Rezagama, Arya., Notodarmojo, S. 2012. Studi Ozonisasi Senyawa Organik Air Lindi Tempat Pemrosesan Akhir Sarimukti. ITB. Teknik-Vol.34 No.2 Tahun 2013, ISSN 0852-1697
- Sari, Nurida. 2013. Efek Perlakuan pH pada Ozonisasi. ITENAS, Bandung.
- Sawyer, C. N., McCarty, P. L., Parkin, G. F., (2003), *Chemistry for Environmental Engineering and Science*, 5th Edition, McGraw-Hill, Singapore.
- Sehah dan Cahyanto, W.T., (2009), Pengujian Daya Hantar Listrik Air Tanah Di Sekitar Tempat Pembuangan Akhir Gunung Tugel Kabupaten Banyumas Menggunakan Prinsip Jembatan Wheatstone, *Jurnal Molekul*, 4(1), pp. 39-41.
- Susanto P. J, Ganefati P. S, Muryani S, Istiqomah H. S., 2004. Pengolahan Lindi (Leachate) dari TPA dengan Menggunakan Sistem Koagulasi – Biofilter Anaerobic. *Jurnal Tek.Ling - P3TL – BPPT* (5) : (3) :167 – 173.
- Tchobanoglous, G., & Burton, F. (2003). *Wastewater Engineering: Treatment and Disposal* (4th ed.). New York: Mc Graw-Hill.
- Tizaoui, C., Bouselmi, L., Mansouri, L., & Ghrabi, A, (2007). *Landfill leachate with ozone and ozone/hydrogen peroxide system. Journal of Hazardous Materials, Journal of Hazardous Materials* 140, pp. 316-324.

- Tizaoui, C., Zhang, Y. 2010. The modeling of ozone mass transfer in static mixers using Back Flow Cell Model. Chemical Engineering.
- USEPA. 1999. *Alternative Disinfectants and Oxidants Guidance Manual*. United States Environmental Protection Agency Washington D.C. 20460. EPA 815-R-99-014.
- Von Gunten., Urs. 2003. Ozonisasi of Drinking Water. WaterResearch.