

## Pengolahan Lindi Menggunakan *Advanced Oxidation Process* (AOPs) Berbasis Ozon

Ardhana Rahmayanti\*, Reta Slakhul Faradila, Ani Masrufah, dan Puput Anggraini Permata Sari

Teknik Lingkungan, Universitas Nahdlatul Ulama Sidoarjo, Sidoarjo, Indonesia

\*ardana@unusida.ac.id

### OPEN ACCESS

**Citation:** Ardhana Rahmayanti, Reta Slakhul Faradila, Ani Masrufah, dan Puput Anggraini Permata Sari. 2022. Pengolahan Lindi Menggunakan *Advanced Oxidation Process* (AOPs) Berbasis Ozon. *Journal of Research and Technology* Vol. 8 No. 1 Juni 2022: Page 141–148.

### Abstract

Leachate can be formed from the percolation of water that passes through the garbage. The high content of organic and metallic substances in leachate can cause environmental damage, so it must be treated first before being discharged into the environment. This study aims to determine the effectiveness of ozonation in neutralizing pH and reducing the levels of TSS, BOD, COD in the leachate of the Griyo Mulyo landfill using the AOPs method based on ozonation. Studies on ozonation in leachate treatment have been carried out by varying the ozonation time (15, 30, 45, and 60 minutes). Parameters that have been observed are pH, TSS, BOD, COD. The results showed that the best ozonation time for leachate pH was at 15 minutes with a value of 7, the best ozonation time for leachate TSS was at 15 minutes with a value of 56 mg/L. The best ozonation time for BOD and COD was at 45 minutes with values of 511 mg/L and 1260 mg/L, respectively. The best percentage of removal efficiency for TSS, BOD and COD reached 67%; 84.1%; and 88.41%.

**Keywords:** AOPs, Leachate, Ozonation, Leachate Treatment.

### Abstrak

Lindi dapat terbentuk dari perkolasi air yang melewati sampah. Kandungan zat organik dan logam dalam air lindi yang tinggi dapat menyebabkan kerusakan lingkungan, sehingga harus diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas ozonasi dalam menetralkan pH dan menurunkan kadar TSS, BOD, COD pada air lindi TPA Griyo Mulyo menggunakan metode AOPs berbasis ozonasi. Kajian mengenai ozonasi dalam pengolahan lindi telah dilakukan dengan memvariasi waktu ozonasi (15, 30, 45, dan 60 menit). Parameter yang telah diamati adalah pH, TSS, BOD, COD. Hasil penelitian telah menunjukkan waktu ozonasi terbaik terhadap pH lindi yaitu pada menit ke 15 dengan nilai 7, waktu ozonasi terbaik terhadap TSS lindi yaitu pada menit ke 15 dengan nilai 56 mg/L, waktu ozonasi terbaik terhadap BOD dan COD itu pada menit ke 45 dengan nilai masing-masing

sebesar 511 mg/L dan 1260 mg/L. Persentase efisiensi penyisihan TSS, BOD dan COD terbaik yang didapatkan masing-masing mencapai 67%; 84,1%; dan 88.41%.

**Kata Kunci:** AOPs, Lindi, Ozonasi, Pengolahan Air Lindi.

## 1. Pendahuluan

Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) merupakan tempat terakhir untuk pemrosesan sampah yang terdapat pada suatu daerah, terutama daerah perkotaan yang memiliki ketersediaan lahan terbatas. Dengan adanya TPA, sampah dapat ditampung serta diproses dengan baik dan benar. TPA Griyo Mulyo Sidoarjo masih menggunakan sistem pengurugan (*open dumping*). Metode pengelolaan sampah di TPA dapat menimbulkan permasalahan bagi lingkungan karena proses dekomposisi bahan organik dari gas dan lindi selama proses pengelolaan, sehingga akan berpotensi mencemari lingkungan (Tamas, 2017).

Lindi dapat terbentuk dari perkolasi air yang melewati sampah. Kandungan zat organik, garam anorganik, dan logam berat dalam air lindi yang tinggi dapat menyebabkan kerusakan lingkungan, sehingga perlu penanganan terlebih dahulu sebelum sampai ke lingkungan. (Wirandani dkk., 2017). Lindi mengandung bahan organik *biodegradable* yang tinggi seperti asam lemak *volatile* (VFAs), *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) (4.000-13.000 mg/L), *Chemical Oxygen Demand* (COD) (1.341-3.100 mg/L),  $\text{NH}_4^+\text{N}$  (2.000-5.000 mg/L) dan rasio BOD/COD (0,07-0,27) (Han *et al.*, 2020). Lindi juga mengandung bahan yang tahan terhadap biodegradasi, seperti amonia-nitrogen, logam berat, dan garam anorganik. Bahan tersebut dapat menjadi ancaman yang besar bagi tanah, air tanah dan juga badan air sekitar (Saniy dkk., 2017; Cheng *et al.*, 2020).

Metode pengolahan air lindi yang telah digunakan antara pengolahan fisika yang meliputi (adsorpsi, pertukaran ion, membrane filtrasi, dan evaporasi), pengolahan kimia yang meliputi (koagulasi, flokulasi, dan AOPs), pengolahan secara biologi yang meliputi (reduksi aerobik dan anaerobik, serta reduksi nitrogen) (Wang *et al.*, 2021; Cheng *et al.*, 2021). *Advanced Oxidation Process* (AOPs) memanfaatkan proses oksidasi lanjut yang menggunakan kombinasi beberapa proses antara lain ozonasi, sinar ultra violet (UV), karbon aktif, hidrogen peroksida, katalis, serta beberapa proses lainnya yang menghasilkan radikal hidroksil (Firdaus dkk., 2020). Pengolahan secara fisika-kimia merupakan salah satu alternatif pengolahan lindi. Teknologi oksidasi kimia lanjut dapat dilakukan menggunakan oksidator kuat. Keunggulan metode tersebut adalah kemampuan dalam mengurai senyawa toksik dan senyawa organik yang susah diurai. Dalam penelitian ini teknologi AOPs diterapkan dengan menggunakan ozon dengan sistem oksidatif OH radikal. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas air lindi yang dihasilkan di TPA Griyo Mulyo menggunakan teknologi AOPs.

## 2. Metode Penelitian

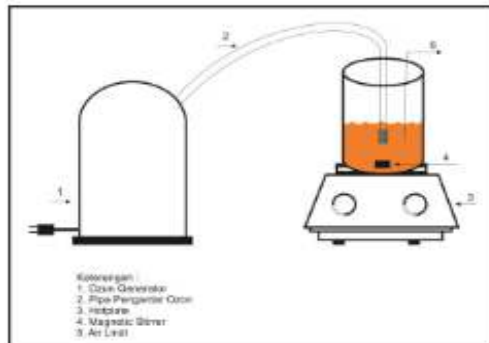
### 2.1 Alat dan Bahan

Air lindi didapatkan dari TPA Griyo Mulyo yang terletak di Kecamatan Jabon, Kabupaten Sidoarjo. Penyimpanan air lindi dilakukan menggunakan botol plastik HDPE pada suhu 4°C

dengan lingkungan gelap. Peralatan yang digunakan adalah ozon generator dengan kapasitas 16.6 mg/menit, *magnetic stirrer*, serta peralatan gelas.

## 2.2 Pengaturan Eksperimental

Air lindi sebanyak 1000 mL diozonasi menggunakan ozon generator dengan kapasitas ozon 16,6 mg/menit selama 15, 30, 45, dan 60 menit. Seluruh eksperimen dilakukan pada suhu ruang ( $\sim 25^{\circ}\text{C}$ ) dengan pengadukan *magnetic stirrer*. Desain reaktor proses ozonasi dapat dilihat pada Gambar 1.



Sumber: Data Pribadi

Gambar 1. Desain Reaktor Proses Ozonasi

## 3. Hasil dan Pembahasan

Uji karakteristik awal air Lindi dilakukan untuk mengetahui nilai pH, dan kadar TSS, BOD, serta COD pada air lindi TPA Griyo Mulyo (Tabel 1). Variasi konsentrasi ozon dan waktu dilakukan untuk mengetahui pengaruh waktu ozonasi terhadap pengolahan air lindi dan mengetahui efisiensi pengolahan lindi menggunakan metode ozonasi berdasarkan parameter pH, TSS, BOD, dan COD (Tabel 2). Hasil uji karakterisasi dibandingkan dengan pengukuran setelah proses ozonasi, sehingga dapat diketahui efisiensi penyisihan masing-masing parameter yang diukur.

Tabel 1. Karakteristik Awal Air Lindi TPA Griyo Mulyo

Parameter	Satuan	Hasil Analisa	Baku mutu (Permen LHK No. 59 Tahun 2016)
pH	-	8	6-9
TSS	mg/L	170	100
BOD	mg/L	3228	150
COD	mg/L	10875	300

Tabel 1 menunjukkan kualitas air lindi TPA Griyo Mulyo, nilai kadar pH sudah memenuhi syarat baku mutu. Sedangkan TSS, BOD, dan COD melebihi standar baku mutu. Sehingga perlu adanya pengolahan air lindi lebih lanjut sebelum dibuang ke badan air.

Tabel 2. Karakteristik Lindi TPA Griyo Mulyo Jabon setelah Proses AOPs

Parameter	Satuan	Waktu Kontak (menit)				
		0	15	30	45	60
pH	-	8	7	6	8.2	8,3

Parameter	Satuan	Waktu Kontak (menit)				
		0	15	30	45	60
TSS	mg/L	170	56	189	98	119
BOD	mg/L	3228	708.4	729.4	511	571.2
COD	mg/L	10875	1766.8	1821.8	1260	1412.6

pH adalah parameter universal yang digunakan untuk mengetahui derajat keasaman. Konsentrasi ion  $H^+$  diukur dalam derajat keasaman tersebut. pH air lindi merupakan parameter penting karena ion hidropersida berperan sebagai inisiator dalam dekomposisi ozon (Daryat, 2017). Prosedur uji pH dilakukan menggunakan pH meter. Tabel 2 menunjukkan pH yang sesuai dengan persyaratan baku mutu pada semua variasi perlakuan. Pada proses ozonasi, kenaikan pH dapat terjadi karena terbentuknya  $OH^-$  oleh dekomposisi ozon selama proses pengolahan lindi. Proses dekomposisi ozon akan lebih cepat pada range pH 8-9 (Sururi, 2014). Sehingga kenaikan pH mengindikasikan proses oksidasi yang terjadi terhadap lindi berjalan baik. pH dapat berpengaruh terhadap stabilitasi ozon dalam membentuk radikal  $*OH$ . pH yang tinggi mengartikan lebih banyak ion hidroksida ( $OH^-$ ) dalam larutan. Ion  $OH^-$  berperan sebagai inisiator dalam dekomposisi ozon, yang selanjutnya akan terproduksi radikal  $*OH$  (Sari, 2017).

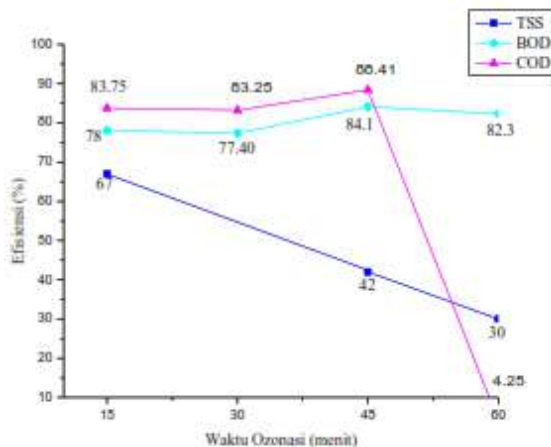
TSS adalah total padatan yang tersuspensi yang dapat mengendap, total padatan tersebut tertahan pada saringan dengan maksimum ukuran partikel 2,0  $\mu m$ . Prosedur uji TSS menggunakan Metode Gravimetri. Tabel 2 menunjukkan penyisihan TSS terhadap pengolahan air lindi menggunakan ozonasi dengan waktu kontak 15 menit, terjadi penurunan kadar TSS dari 170 menjadi 56 mg/L. Pada 30 menit, terjadi kenaikan kadar TSS 189 mg/L. Pada waktu kontak 45 menit, kadar TSS menjadi 98 mg/L. Pada waktu kontak 60 menit, kadar TSS naik menjadi 119 mg/L. Sehingga kadar TSS terbaik terjadi pada menit ke-15. Proses oksidasi kandungan organik dan anorganik menyebabkan penurunan nilai kekeruhan. Penurunan tersebut juga disebabkan pemecahan senyawa selama proses ozonasi. Proses ozonasi akan menetralkan partikel koloid yang bermuatan negatif, partikel koloid yang bermuatan negatif tersebut yang menyebabkan kekeruhan (Sari, 2017). Adanya kenaikan TSS mulai menit ke-30 dimungkinkan karena adanya pemecahan unsur logam dalam asam humat yang berubah dari terlarut menjadi tidak terlarut. Asam humat merupakan senyawa kompleks yang berukuran sangat besar (10.000-100.000), dan terlarut dalam kondisi basa (Sari, 2017).

Parameter BOD digunakan untuk mengetahui total oksigen yang diperlukan oleh mikroorganisme untuk mendegradasi senyawa organik di dalam air lindi. Kualitas air yang buruk ditandakan dengan rendahnya jumlah oksigen terlarut sehingga menyebabkan tingginya kebutuhan oksigen (Malahayati, 2018). Tabel 2 menunjukkan penyisihan BOD terhadap pengolahan air lindi menggunakan ozonasi dengan waktu kontak 15 menit, terjadi penurunan nilai BOD dari 3228 menjadi 708,4 mg/L. Pada waktu 30 menit, nilai BOD naik menjadi 729,4 mg/L. Pada waktu kontak 45 menit, nilai BOD menjadi 511 mg/L. Pada waktu kontak 60 menit, nilai BOD naik menjadi 571,2 mg/L. Nilai BOD terbaik proses ozonasi pada menit ke-45. Penurunan nilai BOD disebabkan adanya reaksi ozon dengan senyawa organik yang menghasilkan air dan karbon monoksida, sehingga degradasi senyawa organik oleh mikroba akan berkurang. Penurunan BOD mengindikasikan jika senyawa organik dalam limbah telah

terdegradasi dan senyawa organik tersebut bertransformasi dari senyawa organik kompleks menjadi senyawa organik dalam bentuk yang lebih sederhana (Cahyono, 2005). Hasil pengukuran BOD menunjukkan nilai BOD diatas nilai baku mutu air lindi. Nilai BOD yang tinggi mengartikan jika kandungan senyawa organik dalam lindi masih tinggi, sehingga membutuhkan jumlah oksigen yang banyak untuk mendegradasi (Malahayati, 2018).

COD menunjukkan jumlah kebutuhan oksigen untuk mendegradasi senyawa organik melalui reaksi oksidasi. Kebutuhan oksigen berbanding lurus dengan jumlah senyawa organik dan akan didegradasi, semakin banyak senyawa organik yang akan didegradasi sebakin banyak oksigen yang dibutuhkan. Pada penyisihan COD terhadap pengolahan air lindi menggunakan ozonasi dengan waktu kontak 15 menit, terjadi penurunan kadar COD dari 10875 menjadi 1.766,8 mg/L. Pada waktu kontak 30 menit, kadar COD naik menjadi 1.821,4 mg/L. Pada waktu kontak 45 menit, kadar COD menjadi 1.260 mg/L. Pada waktu kontak 60 menit, kada COD naik menjadi 1.412,6 mg/L. Berkurangnya nilai COD menunjukkan penurunan kandungan senyawa organik. Dalam proses ozonasi, ozon berperan sebagai oksidator kuat terhadap senyawa organik. Oksidasi oleh ozon menyebabkan dekomposisi senyawa organik dalam air lindi yang bertransformasi dari senyawa organik kompleks membentuk senyawa organik sederhana. Hasil pengukuran COD menunjukkan nilai COD diatas nilai baku mutu air lindi. Tingginya nilai COD disebabkan karakteristik sampah organik yang dihasilkan masyarakat cenderung sama, serta curah hujan, suhu yang relatif sama di sepanjang tahun. Nilai COD yang tinggi disebabkan sulitnya penguraian dekomposisi oleh mikroba (Malahayati, 2018).

Efisiensi pengolahan air lindi menggunakan metode AOPs berbasis ozonasi terhadap penurunan parameter TSS, BOD, COD ditampilkan pada Gambar 2. Penyisihan TSS terhadap pengolahan air lindi menggunakan ozonasi dengan waktu kontak 15 menit memiliki persentase efisiensi penyisihan TSS mencapai 67%.



Gambar 2. Efisiensi Pengolahan Air Lindi Menggunakan Metode AOPs Berbasis Ozonasi

Besarnya penyisihan ini disebabkan oleh reaksi radikal hidroksil dengan senyawa organik dalam air lindi. Dan proses tersebut terjadi rekasi oksidasi senyawa organik oleh radikal hidroksil (Estikarini, 2016). Pada waktu kontak 30 menit, persentase efisiensi penyisihan TSS mengalami penurunan menjadi 11%. Pada waktu kontak 45 menit, persentase efisiensi

penyisihan TSS mengalami kenaikan menjadi 42%. Pada waktu kontak 60 menit, persentase efisiensi penyisihan TSS kembali mengalami penurunan menjadi 30%. Hasil mengindikasikan jika ozon yang bersifat tidak stabil, belum mengikat keseluruhan senyawa organik (Dinawati, 2016). Berdasarkan Gambar 2 ozonasi dengan waktu kontak 15 menit, persentase efisiensi penyisihan BOD mencapai 78%. Hal ini disebabkan adanya oksidasi baik senyawa organik dan anorganik oleh radikal hidroksil dalam air lindi (Saniy *et al.*, 2017). Pada waktu kontak 30 menit, persentase efisiensi penyisihan BOD menjadi 77,4% sedangkan pada waktu kontak 45 menit persentase efisiensi penyisihan naik menjadi 84,1% dan pada waktu kontak 60 menit persentase efisiensi penyisihan BOD turun menjadi 82,3%. Fluktuasi yang tidak begitu mencolok disebabkan sifat ozon yang tidak stabil dan mudah terdekomposisi secara tepat (R *et al.*, 2017). Faktor lain yang mempengaruhi proses oksidasi adalah kondisi suhu dan derajat keasaman yang tidak stabil saat proses ozonasi. Hal itu menunjukkan jika ozon telah mengoksidasi air lindi dan mendegradasi senyawa organik kompleks menjadi senyawa organik lebih sederhana (Yulianto *et al.*, 2020).

Berdasarkan Gambar 2, penyisihan COD terhadap pengolahan air lindi menggunakan ozonasi dengan waktu kontak 15 menit, persentase efisiensi penyisihan COD mencapai 83,75% mg/L. Ozon akan mengoksidasi senyawa organik dan mengubahnya menjadi sederhana dan mudah didegradasi (Sururi *et al.*, 2014). Pada waktu kontak 30 menit, efisiensi penyisihan COD mengalami peningkatan mencapai 83,25% mg/L yang mana mengalami kenaikan hasil dari waktu kontak 15 menit. Pada waktu kontak 45 menit, terjadi persentase efisiensi penyisihan COD mencapai 88,41% mg/L. Penyisihan ini menandakan waktu kontak terbaik dalam pengolahan lindi menggunakan ozonasi, dimana waktu kontak yang lebih lama dengan menggunakan oksigen murni membuat penyisihan lebih baik. Pada waktu kontak 60 menit, terjadi persentase efisiensi penyisihan COD mencapai 4,25% mg/L. Hasil tersebut sesuai dengan karakteristik umum penurunan COD dari air lindi yang terbagi menjadi 2 fase. Fase pertama berupa penurunan COD dengan cepat (waktu kritis), sedangkan fase kedua merupakan titik balik dengan kecepatan penurunan COD yang lebih rendah karena terbentuknya hasil antara berupa karbon anorganik (Rezagama, 2013). Oleh karena itu, pada waktu kontak 45 menit (waktu kritis) kadar COD turun drastis, sedangkan pada waktu kontak 60 menit (titik balik) kadar COD menjadi naik. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, waktu optimal pengolahan lindi dengan metode ozonasi terjadi pada waktu kontak 15 menit untuk TSS dan 45 menit untuk BOD dan COD. Kadar TSS yang mulanya sebesar 170 mg/L menjadi 56 mg/L dengan persentase efisiensi penyisihan sebesar 67%. Kadar BOD yang mulanya 3228 mg/L turun menjadi 511 mg/L dengan efisiensi penyisihan sebesar 84,1%. Kadar COD awal sebesar 10.875 mg/L turun menjadi 1.260 mg/L dengan persentase efisiensi penyisihan 88,41%.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, pengolahan air lindi menunjukkan derajat keasaman (pH) yang baik pada setiap variasi. Hasil terbaik waktu ozonasi terhadap nilai TSS yakni pada menit ke-15 dengan nilai 56 mg/L, Hasil terbaik waktu ozonasi terhadap nilai BOD<sub>5</sub> dan COD lindi yaitu pada menit ke-45 dengan masing-masing nilai 511 mg/L dan 1.260 mg/L. Persentase

penyisihan nilai terbaik TSS yaitu mencapai 67%, persentase penyisihan nilai terbaik BOD yaitu mencapai 84,1%, dan persentase penyisihan nilai terbaik COD yaitu mencapai 88.41%.

### Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Riset dan Teknologi/Badan Riset dan Inovasi Nasional (KEMENRISTEK-BRIN) atas dukungan dana yang diberikan.

### DAFTAR PUSTAKA

- Cheng, S.Y., Show, P.K., Juan, J.C., Chang, J.S., Lau, B.F., Lai, S.H, Ng, E.P., Yian, H.C., Ling, T.C. 2021. Landfill leachate wastewater treatment to facilitate resource recovery by a coagulation-flocculation process via hydrogen bond. *Chemosphere*. 262, 1-9.
- Cheng, S.Y., Show, P.L., Juan, J.C., Ling, T.C., Lau, B.F., Lai, S.H., & Ng, E.P. 2020. Sustainable landfill leachate treatment: Optimize use of guar gum as natural coagulant and floc characterization. *Environmental Research*. 188, 1-8.
- Daryat, F., Zul, D. & Fibriarti, L. B. 2017. Analisis Kualitas Air Lindi Asal Tempat Pembuangan Akhir Sampah Kota Pekanbaru Berdasarkan Parameterbiologi, Fisika dan Kimia. *Jurnal Riau Biologia*. 1, 68-80.
- Dianawati, I. R., Wahyuningsih, & Nur. 2017. Efektivitas Ozon dalam Menurunkan Kadar TSS dan Nilai pH Limbah Cair Rumah Sakit dr. Adhyatma, Mph Semarang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*. 5, 815–823.
- Estikarini, D. H., Hadiwidodo, M. & Luvita, V. 2016. Penurunan Kadar COD dan TSS pada Limbah Tekstil dengan Metode Ozonasi. *Jurnal Teknik Lingkungan*. 5, 1–11.
- Firdaus, M., Suherman, S., & Ryansah, M. 2020. Teknologi dan Metode Pengolahan Limbah Cair sebagai Pencegahan Pencemaran Lingkungan. *Jurnal Unsika*. 5, 232-238.
- Han, M., Duan, X., & Cao, G. 2020. Graphitic Nitride-Catalyzed Advanced Oxidation Processes (AOPs) for Landfill Leachate Treatment. *Journal of Process Safety and Environmental Protection*. 139, 230-240.
- Malahayati, N. (2018). Analisis Kualitas Air Lindi pada Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Sampah Ngegong Kota Blitar Tahun 2018. *Prosiding*. Blitar: Universitas Islam Blitar.
- R, N. F., Hadiwidodo, M., & Rezagama, A. 2017. Pengolahan Lindi dengan Metode Koagulasi-Flokulasi Menggunakan Koagulan Aluminium Sulfat dan Metode Ozonisasi untuk Menurunkan Parameter BOD , COD , dan TSS (Studi Kasus Lindi TPA Jatibarang). *Jurnal Teknik Lingkungan*. 6, 1–13.
- Rezagama, A. 2013. Studi Ozonisasi Senyawa Organik Air Lindi Tempat Pemrosesan Akhir Sarimukti. *Teknik*. 34, 82.
- Saniy, T. H., Sudarno, & Purwono. 2017. Pengolahan Lindi Menggunakan Metode Koagulasi Flokulasi dengan Biokoagulan Kitosan dari Limbah Cangkang Udang dan Metode Ozonasi. *Jurnal Teknik Lingkungan*. 6, 1–11.
- Sari, F, D., Sururi, R, M. & Ainun, S. 2017. Penyisihan Kekeruhan dan DHL Lindi dengan Menggunakan Advanced Oxidation Process (AOP) Pada Reaktor Kontinu. *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional*. 5, Hal: 1-12.
- Sari, R., Afdal. 2017. Karakteristik Air Lindi (Leachate) di Tempat Pembuangan Akhir Sampah Air Dingin Kota Padang. *Jurnal Fisika Unand*. 6, 93-99.
- Tamas, N. I. 2017. Proses Fenton pada Pengolahan Lindi TPA Ngipik, Gresik. Tugas Akhir. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

- Wang, F., Huang, Y., Wen, P., Li, Q. 2021. Transformation mechanisms of refractory organic matter in mature landfill leachate treated using an Fe<sup>0</sup>-participated O<sub>3</sub>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> process. *Chemosphere*. 263, 1-10.
- Wirandani, Y. M., Sudarno., & Purwono. 2017. Pengolahan Lindi Menggunakan Metode Koagulasi Flokulasi dengan Koagulan FeCl<sub>3</sub> (Ferric Chloride) dan AOPs (Advanced Oxidation Process) dengan Fe-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> Studi Kasus: TPA Jatibarang. *Jurnal Teknik Lingkungan*. 6, 1-17.
- Yulianto, R., Prihanto, L, R. & Redjeki, S. 2020. Penurunan Kandungan COD dan BOD Limbah Cair Industri dengan Metode Ozonasi. *Jurnal of Chemical and Process Engineering*, 1, 9-15.