

PENERAPAN TEKNOLOGI AOPS DENGAN METODE FENTON-KATALITIK PADA PENGOLAHAN LIMBAH CAIR TPA BAKUNG

Dedi Teguh^{1*}, Dewi Ermaya¹, Hendri Gustian², Nita Pita Sari¹

¹Jurusan Teknologi Pertanian, Program Studi Teknologi Rekayasa Kimia Industri,

Politeknik Negeri Lampung

Jl. Soekarno Hatta, Rajabasa, Bandar Lampung 35141.

²Jurusan Teknologi Pertanian, Program Studi Mekanisasi Pertanian, Politeknik Negeri Lampung

Jl. Soekarno Hatta, Rajabasa, Bandar Lampung 35141.

*Email: dediteguh@polinela.ac.id

Abstrak

Jumlah sampah yang masuk ke TPA Bakung terus mengalami kenaikan seiring dengan perkembangan jumlah penduduk. Namun, volume sampah yang besar berpotensi menghasilkan air lindi yang dapat mencemari lingkungan. Air lindi (leachate) yang berasal dari timbunan sampah biasanya ditandai dengan bau busuk, berwarna hitam dengan kandungan asam lemak volatile dan rasio BOD dan COD yang tinggi serta banyak diantaranya bersifat toksik. Salah satu cara untuk mengolah air lindi adalah dengan teknologi Advanced Oxidation Processes (AOPs) dengan metode Fenton-katalitik. Penelitian ini bertujuan untuk mengolah air lindi TPA Bakung menggunakan metode Fenton-katalitik serta mengetahui pengaruh rasio molar Fenton (1:150, 1:200, 1:250) dan waktu reaksi (30, 60, 90, 120 menit) dengan konsentrasi TiO_2 0,6% terhadap degradasi warna, COD, dan BOD. Hasil penelitian menunjukkan degradasi warna, COD, dan BOD terjadi pada semua rasio molar Fenton dan waktu reaksi. Kondisi optimum dicapai pada rasio molar Fenton 1:250 dan waktu reaksi 120 menit dengan persentase degradasi warna, COD, dan BOD maksimum yang dihasilkan masing-masing sebesar 99,96%, 99,53%, dan 99,64%.

Kata kunci: AOPs, Fenton, TiO_2 , TPA Bakung

1. PENDAHULUAN

TPA Bakung merupakan TPA yang menampung sampah dari seluruh bagian kota Bandar Lampung dan luasnya sekitar 14,1 ha (Alimuddin dkk., 2021). Jumlah sampah yang terus bertambah menimbulkan masalah serius karena menghasilkan air lindi yang mencemari lingkungan. Air lindi yang dihasilkan umumnya memiliki ciri bau yang tidak sedap, berwarna coklat, kandungan zat organik yang tinggi dan banyak yang bersifat racun. Hal ini karena air lindi pada umumnya mengandung berbagai jenis pencemar seperti logam berat, kadar BOD dan COD yang sangat tinggi (Pratama, 2021). Umumnya, sebagian besar air lindi tersusun atas *Natural Organik Matter* (NOM). NOM merupakan campuran komponen partikulat dan terlarut, baik yang bersifat organik maupun anorganik. NOM terdiri dari bahan-bahan dengan berbagai macam variasi berat molekul besar dan kecil. Substansi humad memberikan karakteristik warna yang kuat pada air lindi.

Penelitian ini juga didasari oleh keluhan warga yang melaporkan bahwa air sumur mereka tidak dapat digunakan karena kotor dan bau, bau yang berasal dari air berkarat dan berwarna coklat, serta tidak memungkinkan

untuk mencuci pakaian karena warna pakaian yang dicuci menjadi kusam dan muncul noda coklat pada pakaian tersebut (Winarko, 2020).

Beberapa teknologi pengolahan air limbah telah dikembangkan untuk mengatasi permasalahan air limbah khususnya air lindi (Adriansyah dkk., 2015). Namun, teknologi ini seringkali melibatkan biaya operasional yang sangat tinggi, baik dalam hal penggunaan bahan kimia, instalasi dan penggunaan lahan maupun dari segi waktu proses yang relatif lama. Dibandingkan dengan mengolah air limbah melalui proses fisika dan biologi, proses pengolahan air lindi secara kimia relatif lebih efisien, salah satunya dengan teknologi Advanced Oxidation Procesess (AOPs) (Deng, 2015).

Teknologi proses oksidasi lanjutan atau Advanced Oxidation Procesess (AOPs) secara umum mengacu pada serangkaian proses pengolahan air limbah secara kimia yang bertujuan untuk menguraikan bahan organik dalam air dan air limbah dengan proses oksidasi melalui reaksi dengan radikal hidroksil (Deng, 2015).

Selain cukup ekonomis, teknologi AOPs mampu menghemat tempat dan energi,

mengurangi biaya investasi, aman dan sederhana, proses kerjanya cepat dan efisien, serta dapat mendegradasi atau menguraikan senyawa berbahaya yang tidak dapat terurai secara hidup dalam air limbah dengan cara oksidasi (Divyapriya dkk., 2016). Berbeda dengan teknologi lainnya, pada teknologi AOPs, komponen dalam air limbah diuraikan dan tidak diubah menjadi fase lain. Oleh karena itu, tidak ada limbah sekunder yang dihasilkan dari proses ini dan tidak diperlukan pembuangan atau daur ulang material (Deng, 2015).

Teknologi AOPs umumnya didasarkan pada proses yang menghasilkan radikal bebas hidroksil (OH^\bullet) sebagai oksidan kuat untuk memecah senyawa yang tidak dapat dioksidasi oleh oksidator konvensional sesuai dengan sifat oksidatif yang sangat kuat dari radikal hidroksil (Gautam, 2019). Salah satu metode dari teknologi AOPs yang terkenal adalah penggunaan reagen Fenton. Oksidasi dengan reagen Fenton adalah metode oksidasi yang menggunakan hidrogen peroksida (H_2O_2) sebagai oksidan dan besi (Fe^{2+}) sebagai katalis yang memiliki kemampuan besar untuk mengoksidasi polutan oksidatif dalam air limbah (Leszczyński, 2018). Selain menggunakan reagen Fenton, beberapa tahun belakangan AOPs memiliki beberapa proses umum dengan melibatkan senyawa katalitik seperti TiO_2 (Mahtab dkk., 2020).

TiO_2 merupakan salah satu bahan dengan beberapa keunggulan antara lain menjadi bahan pilihan untuk banyak aplikasi fotokimia dan fitoelektrokimia karena relatif murah untuk diproduksi, tersedia secara luas, dan tidak beracun (Wang dkk., 2021). Secara komersial, TiO_2 banyak digunakan dalam proses fotokatalitik karena secara kimia dan biologis bersifat inert dan tidak beracun, memiliki sifat optik dan aktivitas fotokatalitik yang baik (Fernandes dkk., 2022).

Namun, perlu dipilih metode yang efektif dan efisien untuk menguraikan kontaminan yang ada di dalam air lindi. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengolah air lindi TPA Bakung menggunakan metode Fenton-katalitik serta mengetahui pengaruh rasio molar Fenton (1:150, 1:200, 1:250) dan waktu reaksi (30, 60, 90, 120 menit) dengan konsentrasi TiO_2 0,6% terhadap degradasi warna, COD, dan BOD agar dapat memenuhi baku mutu lingkungan.

2. METODOLOGI

2.1 Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan adalah reaktor berpengaduk, beker gelas, gelas ukur, neraca analitik, erlenmeyer, pH meter, kertas saring dan Spektrofotometer UV-VIS. Bahan-bahan yang digunakan antara lain yaitu air lindi yang diperoleh dari TPA Bakung yang berlokasi di Teluk Betung Barat, Kota Bandar Lampung, Lampung, H_2O_2 (30% w/v), $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, TiO_2 , H_2SO_4 dan aquades.

2.2 Pengambilan Sampel Air Lindi

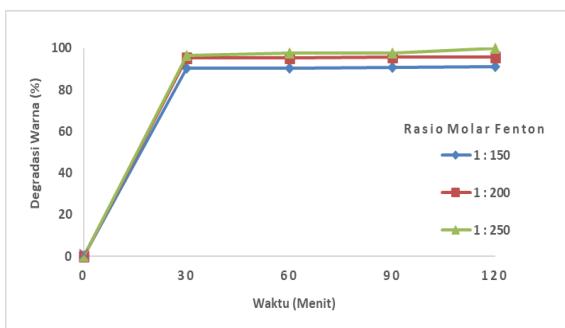
Pengambilan sampel air lindi dilakukan secara *grab sample* yaitu metode pengambilan sampel dengan cara sampel diambil secara langsung dari badan kolam yang ada di TPA Bakung. Pengambilan sampel air lindi dilakukan di tiga titik, sampel ini hanya menggambarkan karakteristik pada saat pengambilan sampel, sehingga jumlah sampel air yang diambil sebanyak 2 liter menggunakan gayung plastik bertangkai kemudian dimasukkan ke dalam botol sampel yang sudah disterilkan.

2.3 Proses Pengolahan Air Lindi

Pengolahan air lindi TPA Bakung dimulai dengan memasukkan sampel air lindi sebanyak 500 ml ke dalam reaktor, kemudian menganalisa nilai awal COD, BOD, dan warna. Selanjutnya menambahkan katalis TiO_2 dengan konsentrasi 0,6% dan mengatur kecepatan alat pengaduk dengan kecepatan pengaduk 250 rpm. Setelah itu, menambahkan reagen Fenton dengan variasi rasio molar 1:150 (4 mM Fe: 600 mM H_2O_2) dan waktu 0 menit mulai dihitung ketika memasukkan reagen Fenton ke dalam reaktor. Selama proses oksidasi berlangsung, sampel diambil pada waktu reaksi 30, 60, 90, dan 120 menit dan pada selang waktu pengambilan sampel ditambahkan larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ sebanyak 0,5 ml ke dalam masing-masing sampel. Sampel yang telah diambil pada selang waktu tersebut kemudian dianalisis kembali nilai COD, BOD, dan warna. Mengulangi prosedur dengan variasi rasio molar reagen Fenton masing-masing 1:200 (4 mM Fe: 800 mM H_2O_2) dan 1:250 (4 mM Fe: 1000 mM H_2O_2)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengaruh Rasio Molar Fenton Dan Waktu Reaksi Terhadap Degradasi Warna



Gambar 1. Pengaruh rasio molar Fenton dan waktu reaksi terhadap degradasi warna

Gambar 1 menunjukkan bahwa pada rasio molar Fenton 1:250 dengan waktu reaksi 30, 60, 90, dan 120 menit menghasilkan degradasi warna berturut-turut yaitu 96,55%, 97,45%, 97,65%, dan 99,96%. Persentase degradasi warna tertinggi terjadi pada rasio molar Fenton 1:250 dengan waktu reaksi 120 menit yaitu mencapai 99,96%. Sedangkan pada rasio molar Fenton 1:200 persentase degradasi warna yang dihasilkan mengalami penurunan dibandingkan dengan rasio molar 1:250, dimana degradasi warna tertinggi hanya mencapai 95,60% dan hal yang sama juga terjadi pada rasio molar Fenton 1:150 dengan degradasi warna tertinggi yang dicapai yaitu 91,08% dan semuanya terjadi pada waktu reaksi 120 menit.

Semakin besar rasio molar Fenton berbanding lurus dengan degradasi warna yang dihasilkan, dengan meningkatnya rasio molar Fenton maka jumlah radikal hidroksil (OH^\bullet) yang terkandung di dalam air lindi semakin bertambah, sehingga persentase degradasi warna yang dihasilkan semakin besar. Degradasi warna yang tinggi terjadi karena adanya proses oksidasi atau degradasi dari air lindi oleh hidrogen peroksida (H_2O_2) yang membentuk radikal hidroksil (OH^\bullet) dengan bantuan katalis besi (Fe^{2+}) dan TiO_2 .

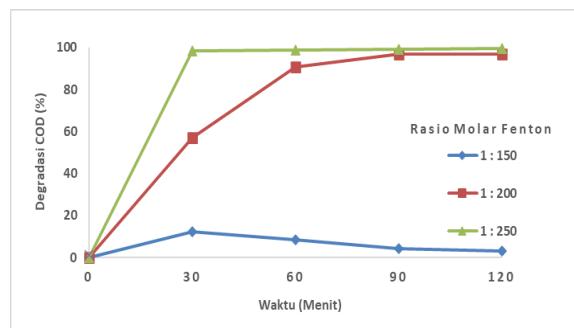
Dengan adanya tambahan katalis TiO_2 , maka jumlah sisi aktif katalis juga semakin banyak, sehingga dapat meningkatkan terbentuknya radikal hidroksil (OH^\bullet) yang akan mengoksidasi polutan dalam air lindi. Dimana radikal hidroksil (OH^\bullet) yang terbentuk akan memecah ikatan rangkap pada air lindi menjadi senyawa yang lebih sederhana, sehingga akan

terjadi degradasi warna pada air lindi yang awalnya berwarna coklat menjadi bening (Teguh dkk., 2018).

Selain pengaruh penambahan rasio molar Fenton, waktu reaksi juga berpengaruh terhadap degradasi warna. Seperti yang terlihat pada Gambar 1, dimana degradasi warna maksimum tercapai pada waktu reaksi 120 menit yang terjadi pada rasio molar Fenton 1:250. Secara keseluruhan degradasi warna terjadi dari waktu reaksi 30 – 90 menit kemudian mengalami peningkatan degradasi warna yang signifikan pada waktu reaksi 120 menit. Sehingga semakin lama waktu reaksi maka semakin besar degradasi warna yang dihasilkan. Hal ini terjadi karena semakin lama waktu reaksi maka radikal hidroksil (OH^\bullet) yang terbentuk semakin banyak, karena dengan bertambahnya waktu akan memberikan kesempatan lebih banyak untuk terjadinya degradasi senyawa organik ataupun polutan yang dalam hal ini adalah warna yang ada di dalam air lindi.

Waktu oksidasi akan mempengaruhi efisiensi penghilangan warna (Azadia dkk., 2020). Pada proses Fenton-katalitik menunjukkan bahwa semakin lama waktu reaksi maka semakin tinggi efisiensi yang dihasilkan, sehingga semakin besar persentase degradasi warna yang dicapai, namun secara keseluruhan degradasi warna terjadi pada berbagai waktu reaksi. Gambar 1 menunjukkan terjadinya degradasi warna pada hampir semua rasio molar Fenton dan pada berbagai waktu reaksi, sehingga kondisi optimum degradasi warna terjadi pada rasio molar Fenton 1:250 dan waktu reaksi 120 menit yaitu mencapai 99,96%.

3.2 Pengaruh Rasio Molar Fenton Dan Waktu Reaksi Terhadap Degradasi COD



Gambar 2. Pengaruh rasio molar Fenton dan waktu reaksi terhadap degradasi COD

Pada Gambar 2 menunjukkan terjadinya degradasi COD pada hampir semua waktu reaksi dan juga pada berbagai rasio molar Fenton. Pada rasio molar Fenton 1:250 dengan waktu reaksi 30, 60, 90, dan 120 menit menghasilkan degradasi COD berturut-turut yaitu 98,48%, 98,66%, 99,18%, dan 99,53%. Persentase degradasi COD tertinggi tercapai pada rasio molar Fenton 1:250 dengan waktu reaksi 120 menit yaitu mencapai 99,53%. Sedangkan pada rasio molar Fenton 1:200 persentase degradasi COD yang dihasilkan mengalami penurunan dibandingkan dengan rasio molar 1:250, dimana degradasi COD tertinggi hanya mencapai 96,97% dan hal yang sama juga terjadi pada rasio molar Fenton 1:150 dengan degradasi COD tertinggi yang tercapai yaitu 12,13%, dan semuanya terjadi pada waktu reaksi 120 menit.

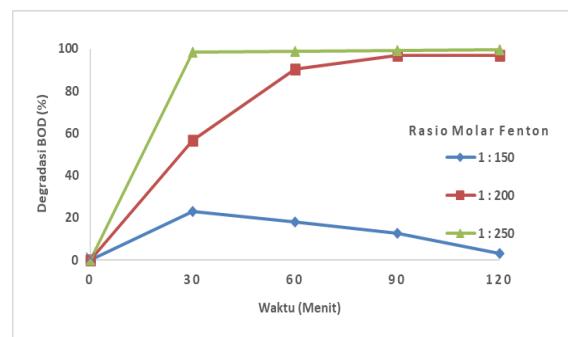
Dari persentase degradasi COD tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi rasio molar Fenton, maka semakin besar persentase degradasi COD yang dihasilkan. Hal ini terjadi karena semakin tinggi rasio molar Fenton, maka semakin banyak jumlah radikal hidroksil (OH^\bullet) yang terbentuk di dalam air lindi. Tingginya rasio molar Fenton membuat radikal hidroksil (OH^\bullet) yang terbentuk melalui proses oksidasi sudah mampu untuk mendegradasi air lindi tersebut, sehingga persentase degradasi COD yang dicapai semakin besar. Selain itu dengan adanya penambahan TiO_2 maka daerah permukaan katalis akan menjadi lebih besar sehingga radikal hidroksil yang terbentuk lebih banyak dan menyebabkan nilai COD menurun. Banyaknya radikal hidroksil yang terbentuk akan mengoksidasi lebih banyak polutan pada air lindi dan menjadi senyawa yang lebih sederhana menjadi CO_2 dan H_2O (Adriansyah dkk., 2019). sehingga semakin banyak polutan yang teroksidasi akan menurunkan nilai COD.

Untuk pengaruh waktu reaksi sesuai dengan Gambar 2 menunjukkan bahwa semakin lama waktu reaksi maka semakin besar persentase degradasi COD yang tercapai. Hal ini terjadi karena dengan bertambahnya waktu reaksi akan memberikan kesempatan lebih banyak untuk terjadinya degradasi senyawa organik ataupun polutan yang ada di dalam air lindi. Kondisi optimum degradasi COD terjadi pada rasio molar Fenton 1:250 dengan waktu reaksi 120 menit yaitu mencapai 99,53% seperti yang terlihat pada Gambar 2.

Tingginya nilai COD pada air lindi TPA Bakung mengindikasikan jumlah oksigen yang

dibutuhkan oleh senyawa organik dalam air lindi untuk teroksidasi secara kimiawi sangat banyak karena kompleksnya senyawa organik yang terkandung dalam air lindi (Yuningrat dkk., 2015). Hal ini ditandai oleh warna lindi yang berwarna coklat kehitaman. Penurunan nilai COD mengindikasikan bahwa sebagian besar kandungan senyawa organik yang terdapat pada air lindi telah berkurang, sehingga jumlah oksigen yang diperlukan untuk mendegradasi senyawa organik secara kimiawi semakin berkurang (Singa dkk., 2018).

3.3 Pengaruh Rasio Molar Fenton Dan Waktu Reaksi Terhadap Degradasi BOD



Gambar 3. Pengaruh rasio molar Fenton dan waktu reaksi terhadap degradasi BOD

Gambar 3 menunjukkan bahwa adanya pengaruh rasio molar Fenton dan waktu reaksi terhadap persentase degradasi BOD, hal ini terlihat dari persentase degradasi BOD yang mengalami peningkatan seiring dengan makin tingginya rasio molar Fenton dan lamanya waktu reaksi. Dimana persentase degradasi BOD tercapai pada hampir semua waktu reaksi dan juga pada berbagai rasio molar Fenton. Persentase degradasi BOD tertinggi terjadi pada rasio molar Fenton 1:250 yaitu mencapai 99,64%, sedangkan pada rasio molar Fenton 1:200 persentase degradasi BOD yang dihasilkan mengalami penurunan dibandingkan dengan rasio molar 1:250, dimana degradasi BOD tertinggi hanya mencapai 96,87% dan hal yang sama juga terjadi pada rasio molar Fenton 1:150 dengan degradasi BOD tertinggi hanya mencapai 23,01% dan secara keseluruhan terjadi pada waktu reaksi 120 menit.

Semakin tinggi rasio molar Fenton, maka semakin besar persentase degradasi BOD yang dihasilkan. Hal ini terjadi karena semakin tinggi rasio molar Fenton, maka semakin banyak

jumlah radikal hidroksil (OH^\bullet) yang terbentuk di dalam air lindi. Tingginya rasio molar Fenton membuat radikal hidroksil (OH^\bullet) yang terbentuk melalui proses oksidasi sudah mampu untuk mendegradasi air lindi tersebut, sehingga persentase degradasi BOD yang dicapai semakin besar. Pada Gambar 3 terlihat bahwa pada waktu reaksi 30 menit (rasio molar Fenton 1:150 dan 1:200) degradasi BOD masih terbilang kecil, hal ini dikarenakan radikal hidroksil (OH^\bullet) yang terbentuk masih sedikit, sehingga belum mampu untuk mengoksidasi semua senyawa organik yang ada di dalam air lindi. Namun degradasi BOD mulai terjadi pada waktu reaksi 60 dan 90 menit dan terus mengalami peningkatan yang cukup signifikan hingga waktu reaksi 120 menit.

Hal ini menunjukkan bahwa persentase degradasi BOD meningkat seiring dengan semakin lamanya waktu reaksi. Semakin lama waktu reaksi menyebabkan interaksi antara reagen Fenton dengan TiO_2 semakin efektif, akibatnya radikal hidroksil (OH^\bullet) yang dihasilkan semakin banyak. Dengan semakin banyaknya radikal hidroksil (OH^\bullet) yang terbentuk dari proses oksidasi akan mendegradasi senyawa organik dengan cara memutus ikatan rangkap, sehingga akan memecah senyawa kompleks yang ada di dalam air lindi menjadi senyawa yang lebih sederhana hingga terbentuk CO_2 dan H_2O (Singa dkk., 2018). Nilai BOD yang tinggi dalam air lindi menunjukkan bahwa jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk mengoksidasi bahan organik dalam air tersebut tinggi, berarti dalam air sudah terjadi defisit oksigen. Banyaknya mikroorganisme yang tumbuh dalam air disebabkan banyaknya bahan organik yang tersedia, oleh karena itu secara tidak langsung BOD selalu dikaitkan dengan kadar bahan organik dalam air. Oleh karena senyawa organik telah teroksidasi melalui proses Fenton-katalitik mengakibatkan berkurangnya nilai BOD pada air lindi. Penurunan nilai BOD disebabkan adanya reaksi oksidasi dengan senyawa organik yang menghasilkan CO_2 dan H_2O , sehingga degradasi senyawa organik oleh mikroba akan berkurang (Rahmayanti dkk., 2022). Penurunan nilai BOD mengindikasikan bahwa sebagian besar kandungan senyawa organik yang terdapat pada air lindi telah terdegradasi dan senyawa organik tersebut bertransformasi dari senyawa organik kompleks menjadi senyawa organik dalam bentuk yang lebih sederhana,

sehingga jumlah oksigen yang diperlukan oleh mikroorganisme untuk mengoksidasi senyawa organik secara biologi semakin berkurang.

4. KESIMPULAN

Rasio molar Fenton dan waktu reaksi berpengaruh terhadap persentase degradasi warna, COD, dan BOD yang meningkat seiring dengan meningkatnya rasio molar Fenton dan waktu reaksi. Dimana semakin tinggi rasio molar Fenton dan semakin lama waktu reaksi maka semakin besar persentase degradasi warna, COD, dan BOD yang dihasilkan. Metode Fenton-katalitik sangat efektif dan dapat digunakan untuk mengolah air lindi TPA Bakung. Dimana hasil penelitian menunjukkan degradasi warna, COD, dan BOD terjadi pada semua rasio molar Fenton dan waktu reaksi. Kondisi terbaik tercapai pada rasio molar Fenton 1:250 dan waktu reaksi 120 menit dengan persentase degradasi warna, COD, dan BOD maksimum yang dihasilkan masing-masing sebesar 99,96%, 99,53%, dan 99,64% sehingga memenuhi baku mutu lingkungan

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Politeknik Negeri Lampung melalui Pusat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat pada Skema Penelitian Dosen Pemula Tahun Anggaran 2023 yang telah mendanai dan memfasilitasi penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Adriansyah, E., Agustina, T. E., Arita, S., (2015), Leachate Treatment of TPA Talang Gulo, Jambi City by Fenton Method and Adsorption, *Indones. J. Fundam. Appl. Chem.*, 4 (1), pp. 20-24.
- Alimuddin, Rasimeng, S., Karyanto, Sinambela, R. Z., (2021), Identifikasi Persebaran Air Lindi dan Edukasi Pemantauan Kualitas Air Tanah sebagai Sumber Air Bersih di Kawasan TPA Bakung, Bandar Lampung, *Laporan Akhir Pengabdian Kepada Masyarakat DIPA Fakultas Teknik Unila*, Program Studi Teknik Geofisika Fakultas Teknik Universitas Lampung, Bandar Lampung.
- Azadia, S., Jashnia, A. K., Javadpourb, S., Amirc, H., (2020), Photocatalytic Treatment of Landfill Leachate Using Cascade Photoreactor with Immobilized W-C-Codoped TiO_2 Nanoparticles,

- Journal of Water Process Engineering*, 36, pp. 1-10.
- Deng, Y., Zhao, R., (2015), *Advanced Oxidation Processes (AOPs) in Waste Water*, USA, Springer Internasional Publishing.
- Divyapriya, G., Nambi, I. M., Senthilnathan, J., Nanocatalysts in Fenton Based Advanced Oxidation Process for Water and Wastewater Treatment, *Journal of Bionanoscience*, 10, pp. 356-368.
- Fernandes, E., Gomes, J., Martins, R. C., (2022), Semiconductors Application Forms and Doping Benefits to Wastewater Treatment: A Comparison of TiO₂, WO₃, and g-C₃N₄, *Catalysts*, 12, 1218, pp. 1-42.
- Gautam, P., Kumar, S., Lokhandwala, S., (2019), Advanced Oxidation Processes for Treatment of Leachate from Hazardous Waste Landfill: A critical review, *Journal of Cleaner Production*, 237, pp. 2-12.
- Leszczyński, J., (2018), Treatment of Landfill Leachate by Using Fenton and Photo-Fenton Processes, *Journal of Ecological Engineering*, 19 (5), pp. 194-199.
- Mahtab, M. S., Islam, D. T., Farooqi, I. H., (2020), Optimization of The Process Variables for Landfill Leachate Treatment Using Fenton Based Advanced Oxidation Technique, *Engineering Science and Technology, an International Journal*, 24, pp. 428-435.
- Pratama, R., Nufutomo, T. K., (2021), Analisis Kualitas Air Tanah Berdasarkan Perbedaan Jarak di Permukiman Warga Sekitar TPA Bakung Bandar Lampung, *Journal of Empowerment Community and Education*, 1 (2), pp. 83-88.
- Rahmayanti, A., Faradila, R. S., Masrufah, A., Permata Sari, P. A. P., (2020), Pengolahan Lindi Menggunakan Advanced Oxidation Process (AOPs) Berbasis Ozon, *Journal of Research and Technology*, 8 (1), pp. 141–148.
- Singa, P. K., Isa, M. H., Ho, Y. C., Lim, J. W., (2018), Treatment of Hazardous Waste Landfill Leachate Using Fenton Oxidation Process, *E3S Web of Conferences*, 34.
- Teguh, D., Agustina, T. E., FaizaL, M., (2018), Color and COD Degradation of Procion Red Synthetic Dye Using Fenton-TiO₂ Method, *Indonesian Journal of Fundamental and Applied Chemistry*, 3 (1), pp. 23-28.
- Wang, C., Sun, X., Shan, H., Zhang, H., Xi, B., (2021), Degradation of Landfill Leachate Using UV-TiO₂ Photocatalysis Combination with Aged Waste Reactors, *processes*, 9 (6), pp. 1-14
- Winarko, *Air Lindi TPA Bakung Cemari Sumur Warga*. <https://www.lampost.co/berita-air-lindi-tpa-bakung-cemari-sumur-warga.html>.
- Diakses: 21 Juli 2020, jam 10.00.
- Yuningrat, N. W., Oviantari, M. V., Gunamantha, I. M., (2015), Fotodegradasi Senyawa Organik dalam Lindi dengan Menggunakan Katalis TiO₂ Terimobilisasi pada Plat Kaca, *Jurnal Sains dan Teknologi*, 4 (2), pp. 642-654.