

Pemanfaatan Ozon Sebagai Teknologi Berkelanjutan Daur Ulang Air Limbah Domestik Hotel X Lembang

Imam Rozali Fathar¹, A. Hadian Pratama Hamzah^{2*}, Nurhasanah³

^{1,3}Program Magister Studi Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Terbuka, Tangerang, Indonesia

^{2*} Program Magister Studi Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Terbuka, Tangerang, Indonesia

Email: ¹irf.lumas@gmail.com, ^{2*}hadian@ecampus.ut.ac.id, ³nenganah@ecampus.ut.ac.id

Abstract

Domestic waste water comes from various daily human activities such as water from bathing or from toilets (feces and urine), used washing clothes, used washing cooking and eating utensils, leftover food or drinks in liquid form. WHO underlines the importance; management of human waste (feces and urine) safely, and disposed of safely. To reduce the negative impact on the environment, comprehensive and sustainable efforts are needed so that domestic wastewater can be disposed of safely or recycled so that it can be reused. This experiment was conducted in Lembang, West Bandung Regency, which took domestic wastewater from hotel X activities. The use of ozone in the wastewater recycling process is simpler than conventional chemical treatment processes that rely on chemical-based coagulants and flocculants, and has been shown to be able to reduce TSS. by 77.27%; Ammonia 96.17%; Oils & fats decreased 6%; Total Coliform 99.61%. The use of ozone can be an option in the process of recycling domestic wastewater in a sustainable manner. environmental management is also related to the use of technology and methods in accordance with regional conditions and resource potential.

Keywords: Ozon, Waste Manageent, Recycle, Domestic Waste

Abstrak

Air limbah domestik berasal dari berbagai kegiatan manusia sehari-hari seperti air bekas mandi atau yang berasal dari toilet (tinja dan urin), bekas cuci pakaian, bekas cuci peralatan masak dan makan, sisa makanan atau minuman berwujud cair. WHO menggarisbawahi pentingnya; pengelolaan kotoran manusia (tinja dan urin) secara aman, dan dibuang secara aman. Untuk mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan, dibutuhkan upaya yang menyeluruh dan berkelanjutan agar air limbah domestik dapat dibuang secara aman atau dilakukan daur ulang sehingga dapat dimanfaatkan kembali. Percobaan ini dilakukan di Lembang, Kabupaten Bandung Barat, yang mengambil objek air limbah domestik dari kegiatan hotel X. Pemanfaatan ozon dalam proses daur ulang air limbah lebih sederhana dibanding proses pengolahan konvensional secara kimia yang menggunakan koagulan dan flokulan berbasis kimia, dan terbukti mampu mereduksi TSS sebesar 77,27 %; Amonia 96,17%; Minyak & lemak mengalami penurunan 6%; Total Coliform 99,61%. Penggunaan ozon dapat menjadi pilihan dalam proses *recycle* air limbah domestik secara berkelanjutan. pengelolaan lingkungan juga terkait dengan penggunaan teknologi dan metode yang sesuai dengan kondisi wilayah dan potensi sumberdaya.

Kata Kunci: Ozon, Pengelola Limbah, Daur Ulang, Limbah Domestik

1. PENDAHULUAN

Pengolahan air limbah domestik yang efektif dibutuhkan untuk mengurangi atau menghilangkan polutan yang dapat berdampak pada lingkungan. Pencemaran lingkungan dapat disebabkan oleh masuknya polutan ke dalam sumber air bersih, yakni air tanah atau sungai. Jika dibuang ke sungai sebagai badan air penerima, polutan dari air limbah domestik yang tidak terolah dengan baik akan menyebabkan tercemarnya

ekosistem perairan. (Wijaya & Soedjono, 2018) mengemukakan bahwa buangan dari aktivitas keseharian manusia, aktivitas industri maupun dari instalasi pengolahan air limbah. Air limbah domestik berasal dari berbagai kegiatan manusia sehari-hari seperti air bekas mandi atau yang berasal dari toilet (tinja dan urin), bekas cuci pakaian, bekas cuci peralatan masak dan makan, sisa makanan atau minuman berwujud cair. (WHO, 2020) menggarisbawahi pentingnya pengelolaan kotoran manusia (tinja dan urin) secara aman, dan dibuang secara aman. Menurut (Pruss, 1999) air limbah domestik secara umum memiliki 5 karakteristik utama yakni: memiliki kandungan bakteri, parasit dan virus, bahan organik dan anorganik, serta padatan tersuspensi (Pratama et al., 2020). Air limbah domestik juga dapat menjadi salah satu penyumbang pencemaran lingkungan jika dibuang tanpa pengolahan. (WHO, 2020), bahwa secara global, ada 80% lebih air limbah dibuang tanpa pengolahan yang memadai. Apa yang disampaikan oleh WHO sejalan dengan apa yang disampaikan Direktur PPA Direktorat Jenderal PPKL Kementerian LHK, (Irianto, 2017) 59% sungai di Indonesia mengalami pencemaran berat akibat buangan dari kegiatan berbagai limbah industri, domestik, termasuk peternakan.

Untuk mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan, dibutuhkan upaya yang menyeluruh dan berkelanjutan agar air limbah domestik dapat dibuang secara aman atau dilakukan daur ulang sehingga dapat dimanfaatkan kembali. Hasil pengolahan air limbah domestik haruslah memenuhi baku mutu lingkungan yang sudah ditetapkan, sebagaimana diatur dalam Peraturan Menteri LHK Nomor 68/2016 tentang standar maksimum yang diperbolehkan pada air limbah domestik. (Irianto, 2017) mengemukakan tentang cara mengelola limbah, yakni melalui 2 cara : (1) pengelolaan limbah untuk dibuang ke lingkungan tanpa menyebabkan pencemaran; (2) pemanfaatan limbah menjadi dapat digunakan kembali melalui perlakuan tertentu.^[7] Selain untuk mencapai standar maksimum yang diperbolehkan pada air limbah domestik untuk dibuang ke lingkungan, upaya yang juga perlu dilakukan adalah daur ulang. Pilihan untuk mendaur-ulang (*recycle*) dan menggunakan kembali (*reuse*) hasil pengolahan air limbah domestik menjadi sebuah keniscayaan dalam menjawab tantangan akan krisis air serta menjaga kelestarian fungsi lingkungan. Penyebab krisis air bukan hanya akibat mengambil air tanah secara tidak terkendali, tetapi juga akibat pencemaran pada sumber air, serta menyebabkan rusaknya lingkungan. (WHO, 2020) menyebut, terdapat pengaruh ketersediaan, kualitas dan kuantitas air dan sanitasi bagi banyak orang akibat perubahan lingkungan.

Pemerintah, melalui RPJMN 2020-2024 yang dikeluarkan Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional/Bappenas, menyatakan bahwa kelangkaan air diperkirakan akan meningkat hingga 2030 untuk wilayah Jawa, Bali dan Nusa Tenggara. Dan kualitas air diperkirakan juga menurun signifikan. (Fitriansyah et al., 2020) masyarakat masih kerap membuang sampah pada lingkungan perairan sehingga menyebabkan terjadinya pencemaran sumber air bersih sehingga menyebabkan terjadinya krisis air bersih. Salah satu upaya yang dapat dijadikan langkah nyata untuk mengatasi masalah kelangkaan air adalah dengan menciptakan teknologi yang dapat mendaur ulang air limbah. Percobaan ini dilakukan di Lembang, Kabupaten Bandung Barat, dengan mengambil objek air limbah domestik dari kegiatan hotel X.

1. Daur Ulang Air Limbah Domestik

Kualitas air limbah sangat dipengaruhi oleh proses pengolahan yang diberikan sebelum dilepaskan ke lingkungan atau perairan. Apapun sumber air limbah, tetap harus dilakukan pengolahan yang benar sebelum dilepas ke lingkungan atau dimanfaatkan Kembali melalui proses daur ulang. (Radityani et al., 2020) mengungkapkan bahwa

tingkat efektivitas pengolahan air limbah dikategorikan dalam lima kelompok, yaitu buruk sekali (0–20%); buruk (21–40%); sedang (41–60%); baik (61–80%); dan baik sekali (81–100%). (RI., 2021) Daur ulang Air limbah domestik dapat mengacu kepada Lampiran VI PP. Republik Indonesia No. 22/2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, yang mengatur kelas air.

Tabel 1. Kelas Air Menurut PP No. 22/2021

KELAS AIR	KETERANGAN
Kelas 1	diperuntukan sebagai air baku air minum, dan/atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
Kelas 2	diperuntukan bagi keperluan prasarana/sarana. rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
Kelas 3	diperuntukan buat pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk melgairi tanaman, dan/atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
Kelas 4	diperuntukan untuk mengairi pertanaman dan/atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut

Sumber: PP No. 22/2021

1.1. Teknologi Hijau Dalam Daur Ulang Air Limbah Domestik

Menurut *Oxford's English Dictionaries*, teknologi hijau adalah teknologi yang penggunaannya dimaksudkan untuk mengurangi atau membalikkan efek aktivitas manusia terhadap lingkungan. (Boud et al., 2016) menyatakan teknologi hijau digunakan sebagai teknologi berkelanjutan, hal ini terkait dampak jangka panjang dan jangka pendek dari sesuatu terhadap lingkungan. Teknologi hijau dan ramah lingkungan mencakup efisiensi energi, daur ulang, masalah kesehatan dan keselamatan, sumber daya terbarukan dan lain-lain. Teknologi hijau merupakan teknologi berkelanjutan. Berkelanjutan dimaknai sebagai upaya menciptakan keseimbangan penyediaan sumberdaya untuk generasi sekarang dan generasi yang akan datang. *SDGs* 6 memuat tentang penyediaan akses air bersih dan sanitasi bagi semua di tahun 2030.

System pengolahan berkelanjutan adalah istilah baru dan didefinisikan sebagai jenis pengolahan atau kombinasi dari berbagai jenis pengolahan yang dapat memulihkan bahan baku sehingga dapat tercapai kelestarian sumberdaya alam dengan syarat bahwa ada pemanfaatan penuh atau daur ulang semua limbah dari fasilitas pengolahan. Meskipun pengolahan air limbah dapat memberikan sumbangsih dalam pelestarian sumberdaya air yang tersedia, namun dalam implementasinya terdapat tantangan utama pada aspek efisiensi energi dan keberlanjutan (Yadav et al., 2018). Pemanfaatan ozon dalam proses daur ulang air limbah tidak lebih kompleks dibanding proses pengolahan konvensional secara kimia yang mengandalkan koagulan dan flokulan berbasis kimia. Sebab dalam proses pengolahan konvensional secara kimia, membutuhkan beberapa alat yang lebih banyak (tangki reaksi koagulasi dan agitator, tangki reaksi flokulasi dan agitator, clarifier) dibanding metoda pengolahan menggunakan ozon. Selain itu, kebutuhan koagulan dan flokulan mutlak ada dalam setiap siklus proses. Penggunaan ozon dapat menjadi pilihan dalam proses *recycle* air limbah domestik secara berkelanjutan.

1.2. Teknologi Ozon Dalam Proses Daur Ulang Air Limbah

Salah satu pilihan dalam memproses daur ulang air limbah domestik dapat dilakukan dengan memanfaatkan ozon. Ozon mampu mengeleminir zat berbahaya, warna, bau, dan mikroorganisme secara langsung tanpa produk sampingan berbahaya atau residu. (Badmus et al., 2018) Ozone memiliki banyak keunggulan :

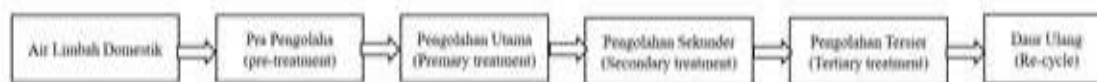
- a. Lebih efektif dibanding klorin dalam mengeleminir virus dan bakteri
- b. Bereaksi cepat dan mudah terurai dalam air limbah serta tidak menimbulkan residu berbahaya
- c. Mikro-organisme yang dibunuh oleh ozon tidak akan mampu tumbuh kembali
- d. Handling produk mudah dan dapat diproduksi di tempat
- e. Mampu menaikkan kadar oksigen terlarut (Dissolved Oxygen) dalam air limbah
- f. Mampu mereduksi BOD dan COD dan kontaminan lain
- g. Bersih dan aman sehingga mudah disimpan dan tidak butuh ruang yang besar
- h. Hemat biaya karena dapat menghilangkan belanja rutin bahan kimia jika dibandingkan proses kimia konvensional

Teknik pengolahan limbah berbasis ozon efektif degradasi kontaminan organik terlarut dengan energi rendah, ramah lingkungan dan hemat biaya (Pandis et al., 2022). Melalui penerapan prosedur AOP non-fotokimia pada pasca pengolahan air limbah menghasilkan produk yang kurang beracun dan memiliki beban polutan yang lebih sedikit serta lebih mudah untuk dilanjutkan proses bioremediasi (Trapido, 2020). Ozon merupakan suatu oksidan sangat kuat dan dapat digunakan dalam proses air limbah melalui proses oksidasi lanjutan berbasis ozon (AOPs). AOP sangat efisien dan membutuhkan waktu perawatan yang singkat jika dibandingkan dengan proses tradisional tanpa produksi lumpur biologis. Ozonasi air limbah memiliki beberapa keuntungan lain seperti peningkatan oksigen terlarut, penurunan kebutuhan oksigen kimia, dan penurunan kekeruhan dan warna. Selain itu, juga berfungsi sebagai oksidan molekul anorganik dan organik, bantuan koagulan, desinfektan, penghilang rasa dan bau, mengendalikan ganggang dan mikroba lainnya.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Percobaan yang dilakukan pada air limbah domestik kegiatan Hotel X Lembang, Kabupaten Bandung Barat, dengan memanfaatkan ozon dalam proses daur ulang. Daurlang air limbah domestik dilakukan melalui beberapa tahapan, tahap 1 *pre-treatment*, adalah proses pada air limbah yang dialirkan melalui saluran pipa yang melewati proses penyaringan menggunakan *wire-mesh*, tujuannya memisahkan padatan (*solid*) yang terkandung di dalam air limbah berukuran besar; 2. Tahap Pengolahan primer, Pengolahan primer air limbah berfungsi untuk menyisihkan polutan berupa padatan (*solid* yang dapat mengendap (*settleable solid*) maupun padatan yang dapat terapung (*floatable solid*). Mekanisme penyisihan padatan di dalam pengolahan primer dilakukan melalui proses fisika berupa pengendapan (*settling*, *sedimentation*) atau pengapungan (*flotation*); 3. Tahap Pengolahan Sekunder, yaitu tahapan oksidasi air limbah agar terjadi degradasi bahan organik yang terkandung di dalam nya, kemudian air limbah akan menjalani proses pengendapan sehingga terjadi pemisahan partikel padat tersuspensi dan mikroorganisme yang terlarut di dalam air; 4. Tahap pengolahan Tersier, bertujuan untuk mereduksi seminimal mungkin kandungan fosfat dan nitrat yang masih ada di dalam air, dan sekaligus dipersiapkan untuk proses lanjutan; 5. Proses Daurlang, di tahap ini dilakukan proses pengolahan menggunakan ozon, yang diperoleh dari *ozone generator* dengan kapasitas 3 gram. Skema pengolahan air limbah domestik hingga proses daurlang dapat Digambar pada gambar berikut :

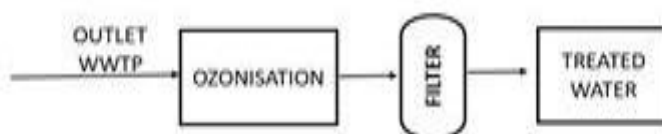
Skema Pengolahan Air Limbah Domestik – Daur Ulang



Gambar 1. Skema Pengelolaan Air Domestik

Sumber gambar : peneliti, 2022

ALUR PROSES DAUR ULANG LIMBAH DOMESTIK
 BERBASIS OZON



Gambar 2. Alur Proses Daur Ulang Limbah Domestik Berbasis Ozon

Sumber gambar : peneliti, 2022

Parameter yang diamati meliputi pH, BOD₅, COD, TSS, Minyak dan Lemak, Amonia, dan Total Coliform. Metode uji parameter pH mengacu kepada SNI 6989.11-2019, BOD₅ menggunakan metode sesuai SNI 6989.72:2009; COD menggunakan metode Analisa sesuai SNI 6989.2-2019; TSS mengacu kepada SNI 6989.3:2019; Minyak dan Lemak mengacu kepada SNI 6989.10:2011; Amonia mengacu kepada SNI 06-6989.30-2005; dan Total Coliform menggunakan metode acuan APHA 9222-B-2017* (*American Publis Health Association, Standard Methode Edisi ke 23 tahun 2017)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian atas parameter tersebut disajikan dalam table berikut :

Tabel 2. Hasil Uji Kualitas Air Limbah Sesudah Pengolahan

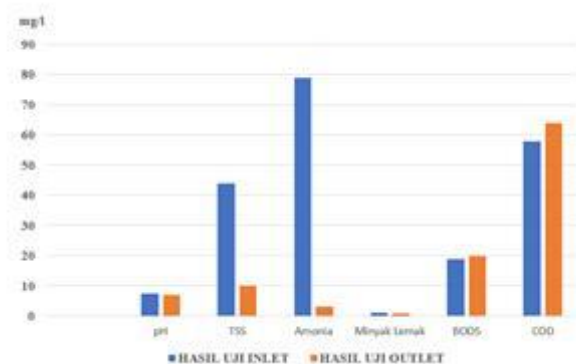
NO	PARAMETER	HASIL UJI INLET	HASIL UJI OUTLET	BAKU MUTU *)	BAKU MUTU**)	SATUAN
1	pH	7,47	6,96	6,0-9,0		-
2	TSS	44	10	30	400	mg/l
3	Amonia	78,8	3,02	10	-	mg/l
4	Minyak Lemak	<1,0	<0,94	5	5	mg/l
5	BOD ₅	18,88	19,8	30	12	mg/l
6	COD	57,95	63,8588	100	80	mg/l
7	Total Coliform	23,82X10 ⁴	920	3000	2000-10000	MPN/ 100 mL

Sumber : penelitian, 2022

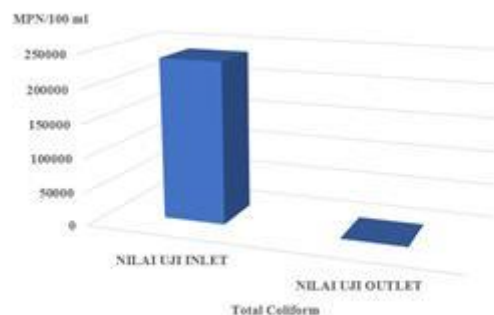
Perhitungan tingkat efisiensi penurunan dari parameter yang diuji, adalah dengan cara :

$$\frac{\text{Nilai Inlet Terukur} - \text{Nilai Outlet Terukur}}{\text{Nilai Inlet Terukur}} \times 100 \%$$

Hasil uji parameter TSS, menunjukkan penurunan sebesar 77,27 %; Amonia mengalami penurunan 96,17%; Minyak & lemak mengalami penurunan 6%; Total Coliform mengalami penurunan 99,61%. Sementara untuk parameter BOD dan COD tidak ada pengaruh positif dari perlakuan ozon.



Gambar 3. Hasil uji inlet dan hasil uji outlet
Sumber gambar : peneliti, 2022



Gambar 4. Hasil uji inlet dan hasil uji outlet parameter total coliform
Sumber: peneliti, 2022



Gambar 5. Persentase penurunan kadar parameter
Sumber: peneliti, 2022

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Percobaan ini ditujukan untuk mengetahui pengaruh perlakuan ozon terhadap penurunan kadar parameter dalam air limbah domestic yang berasal dari kegiatan Hotel X Lembang. Berdasarkan analisis didapatkan hasil bahwa ozon memberikan pengaruh

yang nyata terhadap penurunan kadar TSS, Amonia, Minyak & Lemak serta Total Coliform. Parameter TSS pada inlet terukur 44,00 mg/l, setelah diberi perlakuan ozon mampu turun hingga mencapai 10 mg/l atau mencapai 77,27%. Untuk parameter total coliform, penurunan kandungannya mencapai 99,61 %, dimana nilai pada inlet terukur $23,82 \times 10^4$ dan setelah perlakuan ozon, diperoleh hasil 920 MPN/100 ml. Secara umum, pengolahan lanjutan menggunakan ozon pada proses pengolahan air limbah domestic tergolong baik sekali. Hal ini sejalan dengan pendapat Arifin (2000) dalam Radityani dkk. (2020), tingkat efektivitas pengolahan air limbah dikategorikan dalam lima kelompok, yaitu buruk sekali (0–20%); buruk (21–40%); sedang (41–60%); baik (61–80%); dan baik sekali (81–100%) (Radityani et al., 2020). Pada pengukuran BOD dan COD, perlakuan ozon tidak memberikan pengaruh positif. Ozon yang diberikan ke dalam air limbah adalah 3 gram, dalam waktu 30 menit. Kenaikan BOD/COD diduga dipengaruhi oleh dosis ozon yang diberikan. Menurut Li dkk., (2020), semakin besar dosis ozon yang diberikan, maka akan makin rentan zat organik berubah jadi mikroorganisme sebagai akibat tidak sempurnanya proses degradasi senyawa organik menjadi H₂O dan CO₂ (Li et al., 2020) Sementara parameter pH, yang menunjukkan penurunan setelah diberi ozon dimana pH awal sebesar 7,47 dan setelah diberi ozon, pH menjadi 6,96. Penurunan pH air setelah diberi ozon disebabkan tingginya kandungan ion H⁺ yang diperoleh dari penguraian unsur dalam air akibat ozon (Abdi et al., 2017). Untuk parameter total coliform, pengaruh ozon sangat nyata dimana penurunan kandungan total coliform sangat tinggi, yakni mencapai 99,61%. Ozon, sebagai agen desinfektan dimana inaktivasi mikroba oleh ozon, terutama dikarenakan pecahnya membran selulernya. (Martinelli et al., 2017) menyatakan perlakuan ozon dalam air efektif menurunkan kontaminan mikroba, mengurangi jumlah mikroorganisme yang diteliti, sehingga memungkinkan untuk penggunaan kembali.

4. KESIMPULAN

Ozon memberi pengaruh nyata terhadap penurunan kadar TSS, Amonia Minyak & lemak, dan Total Coliform, dengan tingkat penurunan baik sekali. Sementara untuk parameter pH, BOD₅ dan COD, perlakuan ozon tidak memberikan pengaruh positif. Dengan mengacu kepada Lampiran VI. PP No. 22 tahun 2021 kelas 4, daur ulang menggunakan ozon memberikan hasil yang dapat digunakan untuk keperluan mengairi pertanian dan/atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut. Pemanfaatan ozon sebagai teknologi berkelanjutan dapat menjadi alternatif dalam proses pengolahan air limbah domestic. Rekomendasi untuk penelitian berikutnya, agar dapat menemukan dosis dan lama waktu kontak ozon dengan air limbah yang tepat.

REFERENCES

- Abdi, C., Khair, R. M., & Aisyah, S. (2017). Pengaruh Ozonisasi Terhadap Penurunan Intensitas Warna Dan Kadar Besi (Fe) Pada Air Gambut. *Jukung (Jurnal Teknik Lingkungan)*, 3(1), 21–29. <https://doi.org/10.20527/jukung.v3i1.3196>
- Badmus, K. O., Tijani, J. O., Massima, E., & Petrik, L. (2018). Treatment of persistent organic pollutants in wastewater using hydrodynamic cavitation in synergy with advanced oxidation process. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(8), 7299–7314. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-1171-z>
- Boud, D., Keogh, R., Walker, D., Reinhart, C., Wyatt, T., Vygotsky, L., Dewey, J., Young, M. G., Malisius, E., & Dueck, P., Utech, J. L., Maghuyop, A. Z., Sebastien, B., Team, T. E., Education, D. of, Furco, A., Innotech, Perin, D., Hare, R., Piaget, J., Zeidenberg, M., ... Dewy, J. (2016). Curriculum development in

- vocational and technical education: Planning, content, and implementation. *Brooklyn, NY: Workforce Strategy Center*.
- Fitriansyah, H., Pirngadi, B. H., & Nurwulandari, F. S. (2020). Pengelolaan Persampahan Pada Permukiman Padat Penduduk Di Kelurahan Cicadas Kota Bandung. *Plano Madani*, 9(1), 73–86. <http://journal.uin-alauddin.ac.id/index.php/planomadani>
- Irianto, I. K. (2017). *Sistem Teknologi Pengolahan Limbah*.
- Li, Q., Li, X., Sun, J., Song, H., Wu, J., Wang, G., & Li, A. (2020). Removal of organic and inorganic matters from secondary effluent using resin adsorption and reuse of desorption eluate using ozone oxidation. *Chemosphere*, 251. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.126442>
- Martinelli, M., Giovannangeli, F., Rotunno, S., Trombetta, C. M., & Montomoli, E. (2017). Water and air ozone treatment as an alternative sanitizing technology. *Journal of Preventive Medicine and Hygiene*, 58(1), E48–E52. <https://doi.org/10.15167/2421-4248/jpmh2017.58.1.757>
- Pandis, P. K., Kalogirou, C., Kanellou, E., Vaitsis, C., Savvidou, M. G., Sourkouni, G., Zorpas, A. A., & Argirusis, C. (2022). Key Points of Advanced Oxidation Processes (AOPs) for Wastewater, Organic Pollutants and Pharmaceutical Waste Treatment: A Mini Review. *ChemEngineering*, 6(1). <https://doi.org/10.3390/chemengineering6010008>
- Pratama, G., Kurniawan, I. D., & Ilhamdy, A. F. (2020). Pengendalian Pencemaran Limbah Domestik sebagai Upaya Rehabilitasi Pesisir di Desa Malangrapat, Kabupaten Bintan. *PRIMA: Journal of Community Empowering and Services*, 4(1), 45. <https://doi.org/10.20961/prima.v4i1.41228>
- Pruss, A. (1999). *Safe management of wastes from healthcare activities*.
- Radityani, F. A., Hariyadi, S., Suprihatin, S., & Yanto, D. H. Y. (2020). Penerapan Teknik Elektrokoagulasi dalam Pengurangan Bahan Organik Air Limbah Kegiatan Perikanan. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 25(2), 284–291. <https://doi.org/10.18343/jipi.25.2.284>
- RI., S. N. (2021). Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. In *Sekretariat Negara Republik Indonesia* (Vol. 1, Issue 078487A). <http://www.jdih.setjen.kemendagri.go.id/>
- Trapido, M. (2020). *Ozone Based Advanced Ovidation Processes*.
- WHO. (2020). Air, Sanitasi, Higiene, dan Pengelolaan Limbah yang Tepat Dalam Penanganan Wabah COVID-19. In *World Health Organization*. https://www.who.int/docs/default-source/searo/indonesia/covid19/who-unicef---air-sanitasi-higiene-dan-pengelolaan-limbah-yang-tepat-dalam-penanganan-wabah-covid-19.pdf?sfvrsn=bf12a730_2
- Wijaya, I. M. W., & Soedjono, E. S. (2018). Domestic wastewater in Indonesia: Challenge in the future related to nitrogen content. *International Journal of GEOMATE*, 15(47), 32–41. <https://doi.org/10.21660/2018.47.06582>
- Yadav, M., Gupta, R., & Sharma, R. K. (2018). Green and Sustainable Pathways for Wastewater Purification. In *Advances in Water Purification Techniques: Meeting the Needs of Developed and Developing Countries*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814790-0.00014-4>