

EFEKTIVITAS KOMBINASI KONSENTRASI HIDROGEN PEROKSIDA (H₂O₂) DAN WAKTU KONTAK SINAR ULTRAVIOLET-C TERHADAP PENURUNAN BAKTERI COLIFORM PADA LIMBAH CAIR RS PKU MUHAMMADIYAH SURAKARTA

Haya Zaafira Yasmin

Teknik Kimia, Universitas Muhammadiyah Surakarta

*Corresponding author: hayazaafira09@gmail.com

Abstract

Hospital wastewater can be considered as the chain of spread of infectious disease, since it contains various toxic chemicals and sharp materials that cause numerous health problems. Therefore, a good hospital waste treatment is needed. This research conducted the disinfection test of PKU Muhammadiyah Surakarta hospital waste with the combination of hydrogen UV-C light and Hydrogen Peroxide (H₂O₂). The researcher applied the laboratory analysis with total coliform test parameters method. This research used concentration variation of hydrogen peroxide 0%; 0,01%; 0,1%; 0,5%; 1% and time variation of UV-C contact 5, 10, 15, dan 20 minute. Referring to the data above, the analysis output showed that 5 minutes contact of UV-C light reduced the amount of total coliform to 1600 MPN/100mL. 10 minutes of UV-C contact reduced the amount of total coliform to 140 MPN/100mL. 15 minutes of UV-C contact reduced the amount of total coliform to 70 MPN/100mL. 20 minutes of UV-C contact reduced the amount of total coliform to 23 MPN/100mL. The combination between UV-C and hydrogen peroxide outcomes in a very low amount of total coliform to >2 MPN/100mL. Furthermore, it can be concluded that there was the effective performance between UV-C and hydrogen peroxide.

Keyword: hospital, wastewater, Total Coliform, UV-C, Hydrogen Peroxide.

1. PENDAHULUAN

Limbah domestik berasal dari kegiatan operasional domestik, dimana memiliki komponen utama berupa bahan organik dan detergent. Kandungan bahan organik didalam limbah cair biasanya berupa protein, karbohidrat serta minyak dan lemak. Pembuangan limbah domestik dengan kandungan bahan organik yang disertai lemak dapat menjadi media bagi pertumbuhan mikroorganisme dan menyebabkan bau busuk akibat proses pembusukan (1).

Salah satu sumber pencemaran air yang potensial adalah air limbah dari rumah sakit. Hal ini dikarenakan air limbah rumah sakit mengandung senyawa organik dan anorganik yang tinggi yang juga mengandung senyawa kimia lain dan mikroorganisme patogen. Semua limbah cair berasal dari hasil proses kegiatan rumah sakit yang meliputi limbah cair domestik dan limbah cair klinis. Air limbah rumah sakit ditemukan mikroba patogen dengan pertumbuhan mikroorganisme dalam air dengan variasi tingkat kekeruhan berkisar antara 2 sampai lebih dari 979/100 ml (2).

Banyaknya rumah sakit atau lembaga medis di masyarakat tentunya akan

menimbulkan dampak banyaknya pula limbah yang dihasilkan oleh rumah sakit atau lembaga medis tersebut. Diantaranya limbah yang memerlukan pengolahan adalah limbah cair dari rumah sakit. Limbah cair ini dapat berasal dari limbah cair laboratorium, dapur, pembuangan kamar mandi, limbah dari cairan untuk pembersih di rumah sakit, perawatan bangunan maupun dari disinfektan (3).

Saat ini, jumlah limbah medis yang bersumber dari fasilitas pelayanan kesehatan diperkirakan semakin lama semakin meningkat. Penyebabnya yaitu jumlah rumah sakit, puskesmas, balai pengobatan, maupun laboratorium medis yang jumlahnya terus bertambah. Pengelolaan limbah medis maupun non medis rumah sakit sangat diperlukan untuk kenyamanan dan kebersihan rumah sakit karena bisa memutuskan mata rantai penyebaran penyakit menular, terutama infeksi nosokomial di rumah sakit (4).

Limbah cair rumah sakit merupakan limbah yang membahayakan ekosistem lingkungan di sekitar rumah sakit dan bahkan lingkungan yang lebih luas. Limbah cair rumah sakit, umumnya berasal dari kegiatan-kegiatan seperti perawatan, bedah, laboratorium, poliklinik, farmasi,

laundry, dapur, asrama dan kantor. Tujuan utama pengolahan air limbah adalah untuk menurunkan BOD, partikel terlarut, menghilangkan nutrisi, bahan beracun, dan membunuh bakteri patogen untuk melindungi lingkungan perairan dan mencegah penyebaran penyakit yang ditularkan melalui air limbah (5).

Pengolahan air limbah rumah sakit menjadi perhatian semua negara di dunia saat ini. Penelitian telah menunjukkan bahwa air limbah rumah sakit dapat terurai secara hayati. Tetapi instalasi pengolahan air limbah, yang sebagian besar menggunakan pengolahan biologis untuk pemurnian air limbah rumah sakit, dihadapkan pada masalah penghapusan total senyawa organik yang muncul (6).

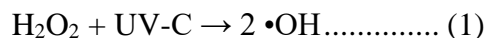
Untuk mengatasi kebutuhan ini, banyak metode desinfeksi telah dikembangkan, termasuk kimia (misalnya EPA hidrogen peroksida), radiasi (ozon, UV-C, microwave), dan termal. Di antara berbagai jenis ini, UV-C, juga disebut UV germicidal irradiation (UVGI), desinfeksi telah mendapatkan dukungan karena kemanjurannya terhadap berbagai agen mikroba dan virus di berbagai lingkungan dan pada berbagai permukaan (7).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan Hendriyanto (2015), pada penelitian ini dilakukan modifikasi menggunakan lampu UV yang bervariasi yaitu 15 watt dan 30 watt, serta melakukan penambahan lama waktu penyinaran yang bervariasi yaitu 1 menit, 5 menit, 10 menit, 15 menit dan 20 menit serta mengubah posisi lampu penyinaran. Penambahan daya lampu dan penambahan lama waktu penyinaran berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Ariyadi dan Dewi (2009) yang menyatakan bahwa, semakin lama waktu penyinaran maka semakin banyak bakteri yang tereduksi (8).

1.1 Teknologi Desinfeksi dengan Sinar Ultraviolet UV-C

Ultraviolet merupakan suatu radiasi elektromagnetik yang panjang gelombangnya pendek berkisar antara 100 – 400 nm. Sinar ultraviolet memiliki kemampuan dalam menonaktifkan bakteri, virus, dan protozoa tanpa mempengaruhi komposisi kimia air. Sinar ultraviolet-c tersebut akan berpenetrasi melalui membran sitoplasma dan membran sel mikroorganisme dan akan melakukan penyusunan ulang molekul DNA mikroorganisme sehingga

mikroorganisme tersebut akan berhenti untuk bereproduksi dan akan mati. Faktor-faktor yang mempengaruhi sinar ultraviolet-c diantaranya: usia pakai lampu, kebersihan lampu, daya lampu, kejernihan air, waktu interaksi cahaya, dan jarak permukaan lampu dengan target. Sinar ultraviolet-c memiliki kemampuan untuk penetrasi ke dinding sel mikroorganisme. Ketika mikroorganisme yang didesinfeksi dengan menggunakan sinar ultraviolet-c, misalnya bakteri koliform, maka Asam Deoksiribonukleat (DNA) bakteri total koliform akan menyerap sinar ultraviolet tersebut. Hal ini dapat menyebabkan mikroorganisme tersebut tidak mampu melakukan replikasi dikarenakan adanya pembentukan ikatan dua rangkap pada molekul-molekul pirimidin, maka sel tersebut akan kehilangan sifat patogenitasnya. Radiasi sinar ultraviolet yang telah diabsorpsi tersebut akan menyebabkan kerusakan membran sel dan kematian sel (9). Berikut merupakan reaksi kimia UV-C dengan H₂O₂.



UV-C dapat dihasilkan dari lampu merkuri bertekanan rendah yang menghasilkan UV-C kontinu dengan panjang gelombang puncak 254 nm, dan lampu xenon berdenyut yang memancarkan cahaya berdenyut dengan intensitas tinggi, baik dalam spektrum UV-C (100–280 nm) maupun tampak (380 nm)–700 nm) radiasi, dengan spektrum aktivitas mikrobisida yang jauh lebih luas (10).

1.2 Teknologi Desinfeksi dengan Hidrogen Peroksida (H₂O₂)

Hidrogen peroksida (H₂O₂) adalah jenis peroksida yang paling sederhana (senyawa dengan ikatan tunggal oksigen-oksigen). Hidrogen peroksida adalah cairan bening, sedikit lebih kental daripada air. Dalam larutan encer, tampaknya tidak berwarna. Bahan kimia adalah agen pengoksidasi kuat (zat yang menghilangkan elektron dari reaktan lain dalam reaksi kimia redoks). Karena sifat pengoksidasinya, hidrogen peroksida sering digunakan sebagai pemutih untuk mendisinfeksi, atau sebagai bahan pembersih (11).

Hidrogen peroksida (H₂O₂) bertindak sebagai oksidator dan desinfektan dengan menghasilkan spesies oksigen

reaktif (radikal hidroksil dan anion superoksida), yang menyerang komponen sel penting seperti DNA, lipid dan protein. Mengenai keunggulan hidrogen peroksida: aman digunakan, ramah lingkungan dan banyak digunakan dalam industri makanan, kurang beracun karena aktivitas spektrum luasnya akhirnya berubah menjadi air dan oksigen dan dapat digunakan dengan langit-langit palsu dan tidak ada residu yang ditemukan pada akhirnya. efisiensi hidrogen peroksida telah diamati terhadap bakteri tertentu, virus dan jamur (12).

Hidrogen peroksida merupakan oksidator kuat yang akan terdekomposisi menjadi oksigen dan air sehingga menjadi ramah lingkungan. Berikut merupakan reaksi proses H_2O_2 (13):



Kemanjuran spektrum luas dari teknologi uap hidrogen peroksida telah terbukti efektif melawan berbagai mikroorganisme, termasuk bakteri, virus, jamur, spora bakteri; serta telur

parasit. Hidrogen peroksida (H_2O_2) menghasilkan radikal hidroksil (HO^*) dan hidroperoksi (HOO^*). Kedua komponen tersebut menyerang dinding sel, dan seringkali menghancurkan sel dengan menyebabkannya kolaps (11).

Berdasarkan data Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan pada April 2020, total kapasitas pengolahan limbah medis di Indonesia adalah 314,29 ton/hari. Secara rinci, terdapat sebanyak 21 provinsi yang menyediakan fasilitas kesehatan yang mampu mengolah limbah medis dengan kapasitas 70,21 ton per hari dan terdapat sebanyak 7 provinsi yang menyediakan 7 layanan pengolahan limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) dengan kapasitas 244,08 ton/hari (14).

2. METODE

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh Efektivitas Kombinasi Konsentrasi Hidrogen Peroksida (H_2O_2) dan Waktu Kontak Sinar Ultraviolet-C Terhadap Penurunan Bakteri Coliform Pada Limbah Cair RS PKU Muhammadiyah Surakarta. Penelitian ini dilakukan di RS PKU Muhammadiyah Surakarta. Penelitian ini akan dilaksanakan

mulai bulan Januari hingga bulan Februari 2022.

Penelitian ini menggunakan limbah cair yang diambil pada tahap bak pengendap akhir di Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Rumah Sakit PKU Muhammadiyah Surakarta.

Dalam penelitian ini, sampel limbah cair diambil masing-masing 1 liter kemudian dimasukkan ke dalam botol kaca. Kemudian sampel yang sudah diambil, diberi perlakuan sebagai berikut:

- a. Dengan pengontakan UV-C variasi waktu
1 liter limbah cair rumah sakit dimasukkan ke dalam gelas beaker 1 L. Kemudian dikontakkan dengan sinar UV-C selama 5 menit. Kemudian limbah cair yang sudah dikontakkan dengan sinar UV-C dimasukkan ke dalam botol kaca steril. Ulangi perlakuan yang sama pada 10, 15 dan 20 menit pemaparan sinar UV-C. Kemudian limbah cair yang sudah diberi perlakuan dibawa ke laboratorium untuk diuji penurunan bakteri total Coliform.
- b. Dengan penambahan hidrogen peroksida (H_2O_2) variasi konsentrasi
1 liter limbah cair rumah sakit dimasukkan ke dalam gelas beaker 1 L.

Kemudian ditambahkan kadar hidrogen peroksida (H_2O_2) sebanyak 0,01%. Kemudian limbah cair yang sudah ditambahkan kadar hidrogen peroksida (H_2O_2) dimasukkan ke dalam botol kaca steril. Ulangi perlakuan yang sama 0,1%; 0,5%; dan 1% kadar penambahan hidrogen peroksida (H_2O_2). Kemudian limbah cair yang sudah diberi perlakuan dibawa ke laboratorium untuk diuji penurunan bakteri total Coliform.

- c. Dengan kombinasi antara variasi waktu pengontakan UV-C dan variasi konsentrasi penambahan hidrogen peroksida (H_2O_2)

1 liter limbah cair rumah sakit dimasukkan ke dalam gelas beaker 1 L. Kemudian dikontakkan dengan sinar UV-C selama 5 menit. Kemudian limbah cair yang sudah dikontakkan dengan sinar UV-C ditambahkan kadar hidrogen peroksida (H_2O_2) sebanyak 0,01% dan dimasukkan ke dalam botol kaca steril. Ulangi perlakuan yang sama pada 10, 15 dan 20 menit pemaparan sinar UV-C dan penambahan 0,1%; 0,5%; dan 1% kadar hidrogen peroksida (H_2O_2). Kemudian limbah cair yang sudah diberi perlakuan dibawa ke

laboratorium untuk diuji penurunan bakteri total Coliform.

Berikut merupakan diagram alir proses disinfeksi limbah cair RS PKU Muhammadiyah

Mengontakkan limbah cair dengan sinar UV-C dengan waktu kontak Yang sudah ditentukan

Menguji limbah cair di laboratorium

Mengambil 1 liter limbah cair rumah sakit PKU Muhammadiyah

dan dimasukkan ke dalam botol kaca steril

Memasukkan Hidrogen Peroksida dengan konsentrasi yang sudah ditentukan

Ke dalam botol kaca steril berisi limbah cair

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data hasil laboratorium penurunan jumlah bakteri total coliform dapat dilihat pada tabel berikut

Tabel 1. Hasil Uji Penurunan Bakteri Total Coliform Dengan Kombinasi Konsentrasi Hidrogen Peroksida Dan Sinar Ultraviolet-C

No.	<i>Konsentrasi H₂O₂ (%)</i>		0	0,01	0,1	0,5	1
	<i>Waktu kontak UV-C (menit)</i>						
1.	0		16000	<2	<2	<2	<2
2.	5		1600	<2	<2	<2	<2
3.	10		140	<2	<2	<2	<2
4.	15		70	<2	<2	<2	<2
5.	20		23	<2	<2	<2	<2

Pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan UV-C dengan 5 watt dan panjang gelombang UV 253,7 nm.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, jumlah bakteri total coliform

pada air limbah rumah sakit pada awalnya sangat tinggi melebihi kadar maksimum 3000 MPN/100ml yaitu sebesar 16.000 MPN/100ml. Perlakuan yang pertama dilakukan yaitu pemberian sinar UV selama 5 menit. Hasilnya cukup efektif

menurunkan jumlah bakteri total coliform hingga memenuhi standar yaitu 1600 MPN/100ml. Perlakuan berikutnya dikontakkan dengan sinar UV selama 10 menit, kadar bakteri coliform dalam air limbah menurun sampai 140 MPN/100ml. Perlakuan ketiga dengan pemberian sinar UV selama 15 menit, kadar bakteri semakin rendah hingga 70 MPN/100ml. Perlakuan keempat yaitu dengan dikontakkan dengan sinar UV selama 20, menuai hasil yang rendah yaitu 23 MPN/100ml.

Metode desinfeksi dengan menggunakan UV dan Hidrogen peroksida (H_2O_2) merupakan salah satu cara dari metode AOP. Proses oksidasi lanjutan (AOPs) adalah metode yang didasarkan pada pembentukan radikal non-selektif dan pengoksidasi kuat. Radikal hidroksil ($\bullet OH$) diketahui sangat kuat dalam memineralisasi sebagian besar sampah organik. Banyak metode AOP yang berbeda telah dikembangkan untuk menghasilkan radikal reaktif seperti agen oksidasi (O_3 dan H_2O_2), radiasi (ultraviolet atau ultrasonik), dan katalis (seperti Fe^{2+}). Fenton dan modifikasinya telah banyak digunakan karena sangat efisien, mudah dimurnikan, bereaksi tinggi dengan bahan organik, dan

menghasilkan senyawa yang kurang beracun selama proses oksidasi (15).

AOPs menghasilkan spesies pengoksidasi kuat di tempat, terutama radikal hidroksil ($H O \cdot$), yang sangat reaktif dan nonselektif dan terbukti mencapai efisiensi yang baik untuk banyak aplikasi $H O$ memiliki satu elektron tidak berpasangan dalam strukturnya yang menghilangkan elektron dari zat lain, sehingga mengoksidasi dan menguraikan banyak senyawa berbahaya menjadi CO_2 dan ion anorganik atau, setidaknya, mengubahnya menjadi produk yang tidak berbahaya (16).

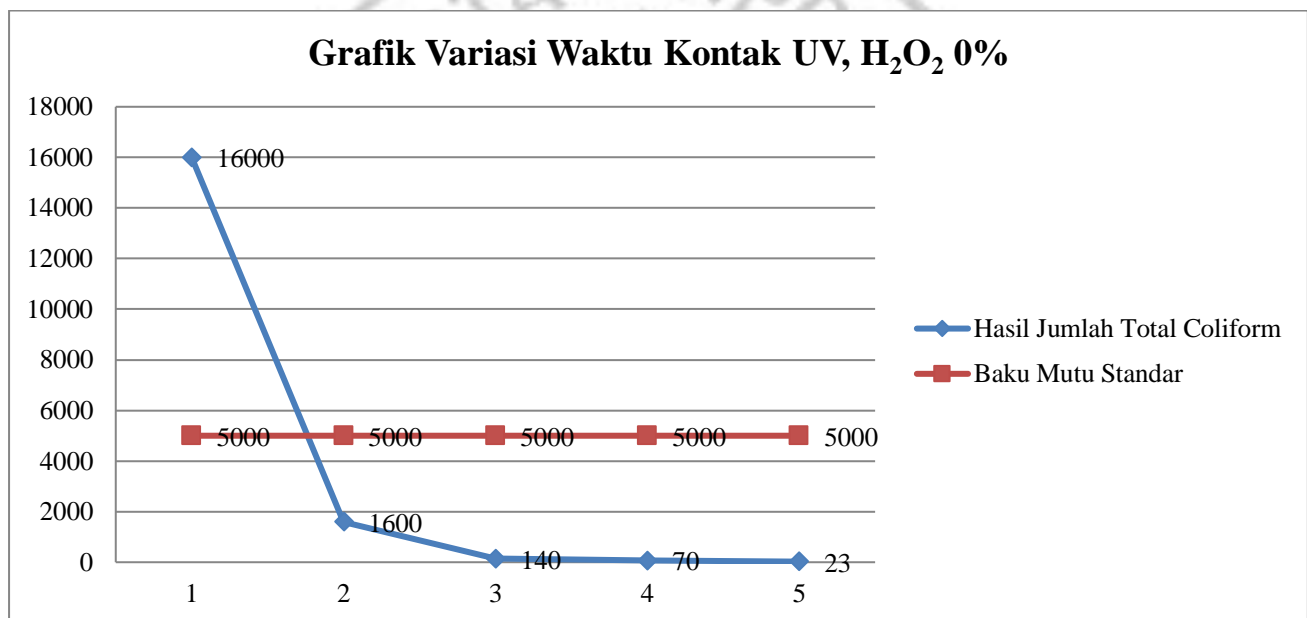
Penambahan H_2O_2 pada penelitian ini, menambah efektivitas dari desinfeksi air limbah. Hidrogen peroksida (H_2O_2) menyerap sinar UV dan terurai menjadi $OH \cdot$. Pada tabel hasil, terlihat bahwa semua sampel yang ditambahkan H_2O_2 memiliki nilai <2 atau yang artinya, kandungan bakteri total coliform di dalam air limbah terlalu sedikit sehingga memiliki nilai yang sangat rendah.

Penurunan kadar bakteri dalam air limbah rumah sakit menunjukkan bahwa sinar ultraviolet mampu membunuh bakteri total coliform. Terlihat pada tabel waktu kontak UV 5 menit sudah cukup untuk

menurunkan kadar bakteri coliform dalam air limbah hingga mencapai standar baku mutu 3000 MPN/100ml. Dengan ini dapat disimpulkan bahwa sinar UV-C sangat efisien untuk digunakan dalam penurunan kadar bakteri coliform dalam air limbah. Hal ini dikarenakan radiasi ultraviolet masuk ke dinding sel mikroorganisme dan

mengubah asam nukleatnya. Penyerapan sinar ultraviolet oleh DNA menyebabkan bakteri tidak dapat melakukan penggandaan diri.

Berikut merupakan grafik dari hasil pengontakan sinar UV dengan variasi waktu kontak UV 5, 10, 15, 20 menit tanpa penambahan H₂O₂.



Gambar 1. Grafik Variasi Waktu Kontak UV/H₂O₂ 0%

4. PENUTUP

Dari hasil penelitian uji penurunan bakteri total coliform dengan beberapa perlakuan dapat disimpulkan bahwa pengolahan limbah cair menggunakan sinar UV-C dengan waktu pemaparan 20 menit sangat efektif dalam menurunkan kadar bakteri total coliform sebesar 23 MPN/100ml. Pengolahan limbah cair

rumah sakit menggunakan hidrogen peroksida (H₂O₂) juga efektif. Berdasarkan hasil uji lab, sampel dengan penambahan hidrogen peroksida (H₂O₂) dan sampel kombinasi UV-C dan hidrogen peroksida (H₂O₂) mendapati hasil sebesar >2 MPN/100mL. Hal ini menunjukkan bahwa jumlah bakteri total coliform yang

terkandung dalam limbah cair rumah sakit sangat rendah setelah diberi perlakuan tersebut.

8. Sarinaningsih. Pengaruh Intensitas Lama Waktu Penyinaran dan Posisi Sumber Sinar Ultraviolet terhadap Reduksi Jumlah Bakteri E. Coli pada air sumur. Univ Mataram Repos [Internet]. 2018;2(8):2–7. Available from: <http://eprints.unram.ac.id/11270/1/JURNAL.pdf>
9. Ningsih DUR, Mimin K, Nurul H. Perbedaan Daya Lampu Ultraviolet-C Terhadap Penurunan Jumlah Bakteri Coliform Pada Air Bersih Di Industri Logam. *J Ris Kesehat.* 2021;13(2):422–6.
10. Casini B, Tuvo B, Cristina ML, Spagnolo AM, Totaro M, Baggiani A, et al. Evaluation of an ultraviolet C (UVC) light-emitting device for disinfection of high touch surfaces in hospital critical areas. *Int J Environ Res Public Health.* 2019;16(19):1–10.
11. Sandle T. Disinfectant Efficacy Testing for Bacterial. 2019;37(2):1–11.
12. Humayun T, Qureshi A, Al Roweily SF, Carig J, Humayun F. Efficacy Of Hydrogen Peroxide Fumigation In Improving Disinfection Of Hospital Rooms And Reducing The Number Of Microorganisms. *J Ayub Med Coll Abbottabad.* 2019;31(4):S646–50.
13. Kholifah N, Muflihati I, Nurlaili EP. Modifikasi Pati Jagung Melalui Reaksi Oksidasi Hidrogen Peroksida (H₂O₂) dan Sinar Ultraviolet-C (UV-C). *J Pangan dan Gizi.* 2018;8(2):91–104.
14. Fikri E, Kurniati I, Wartiniyati, Prijanto TB, Pujiono, Syarief O, et al. The Phenomenon of Medical Waste Recycling in Indonesia: Contact Time and Chlorine Dose as a Disinfectant with the Bio-Indicator *Bacillus subtilis* and *Bacillus stearothermophilus*. *J Ecol Eng.* 2021;22(4):47–58.
15. Khodadadi T, Solgi E, Mortazavi S, Nourmoradi H. Comparison of advanced

DAFTAR PUSTAKA

1. Fitriyanti R. Karakteristik Limbah Domestik Di Lingkungan Mess Karyawan Pertambangan Batubara. *J Redoks.* 2020;5(2):72.
2. Fathurohman M, Wardani GA, Nurlida S. Qualitative Analysis of Coliform Bacteria in Hospital Wastewater with MPN Method. 2020;26:266–8.
3. Putri AC, Sulistiyani, Rahardjo M. Efektivitas Penggunaan Karbon Aktif Dan Karang Jahe Sebagai Filtrasi Untuk Menurunkan Kadar Amoniak Limbah Cair Rumah Sakit Semen Gresik. *J Kesehat Masy.* 2017;5(5):470–4.
4. Utami RD, Wahyuningsih NE, Budiyo B. Kemampuan Hidrogen Peroksida dan Formaldehid dalam Menurunkan Bakteri *Pseudomonas aeruginosa* pada Limbah Jarum Suntik di RS X Kota Semarang. *Media Kesehat Masy Indones.* 2020;19(1):68–76.
5. Timpua TK, Pianaung R. Uji Coba Desain Media Biofilter Anaerob Aerob Dalam Menurunkan Kadar Bod, Cod, Tss Dan Coliform Limbah Cair Rumah Sakit. *J Kesehat Lingkung.* 2019;9(1):75–80.
6. Placide SS, Ollo K, Quand-même GC, Guillaume PLA, Mohamed B, Lassiné O. Mineralization of Wastewater from the Teaching Hospital of Treichville by a Combination of Biological Treatment and Advanced Oxidation Processes. *Asian J Chem Sci.* 2021;10(2):1–10.
7. She RC, Chen D, Pak P, Armani DK, Schubert A, Armani AM. Lightweight UV-C disinfection system. *Biomed Opt Express.* 2020;11(8):4326–32.

oxidation methods of fenton, uv/fenton, and o₃ /fenton in treatment of municipal wastewater. *Desalin Water Treat.* 2020;206:108–15.

16. Malvestiti JA, Dantas RF. Influence of

industrial contamination in municipal secondary effluent disinfection by UV/h₂o₂. *Environ Sci Pollut Res.* 2019;26(13):13286–98.

