



Metode Pengolahan Limbah Cair Puskesmas Menggunakan Tahapan Elektrokoagulasi Filtrasi dan Plasma

Fahmi Legawa¹, Gita Cahya Eka, Valentinus Galih Vidia Putra*

Prodi Farmasi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Bandung, Indonesia.

ARTICLE INFO

Article history :

Received : 12/7/2024
Revised : 7/7/2024
Published : 20/7/2024



Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

Volume : 4
No. : 1
Halaman : 53 - 60
Terbitan : **Juli 2024**

Terakreditasi [Sinta Peringkat 5](#)
berdasarkan Ristekdikti
No. 152/E/KPT/2023

ABSTRAK

Pengolahan limbah cair dari puskesmas menjadi penting untuk mengurangi dampak negatifnya pada lingkungan dan kesehatan masyarakat. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh tiga tahapan metode pengolahan yaitu elektrokoagulasi, filtrasi, dan plasma terhadap standar baku mutu limbah cair. Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses elektrokoagulasi dapat menurunkan nilai BOD, COD, TSS, dan pH dalam limbah cair puskesmas. Selanjutnya, proses filtrasi juga terbukti efektif dalam menurunkan nilai BOD dan COD dalam limbah cair. Filtrasi berhasil menyaring dan menghilangkan materi organik terlarut dan terikat dalam air limbah, sehingga mengurangi beban BOD dan COD dalam air limbah yang diolah. Sementara itu, proses plasma juga memberikan pengaruh positif dalam mengurangi nilai COD dan pH dalam limbah cair. Penggunaan kombinasi metode ini diharapkan dapat memenuhi standar baku mutu limbah cair yang ditetapkan oleh regulasi lingkungan dan berkontribusi pada menjaga kesehatan lingkungan dan masyarakat. Pengolahan limbah cair puskesmas dengan metode-metode ini menjadi solusi efektif untuk mengurangi pencemaran air dan melindungi sumber daya air yang berharga.

Kata Kunci : Elektrokoagulasi, Filtrasi, Plasma.

ABSTRACT

Treating the liquid waste from health centers is crucial to reduce its negative impact on the environment and public health. This research aims to evaluate the influence of three treatment methods, namely electrocoagulation, filtration, and plasma, on the effluent quality standards. The results of the study show that the electrocoagulation process effectively reduces the values of BOD, COD, TSS, and pH in the health center's wastewater. Additionally, the filtration process proves to be effective in reducing BOD and COD values in the wastewater. Filtration successfully removes dissolved and bound organic matter in the wastewater, thereby decreasing the BOD and COD load in the treated water. Meanwhile, the plasma process also has a positive impact by reducing COD and pH values in the wastewater. The combined use of these methods is expected to meet the effluent quality standards set by environmental regulations and contribute to maintaining the environmental and public health. Treating health center wastewater with these methods proves to be an effective solution in reducing water pollution and safeguarding valuable water resources.

Keywords : Electrocoagulation, Filtration, Plasma.

A. Pendahuluan

Air sangat penting bagi keberlangsungan makhluk hidup di bumi (Al-Anbiya 30). Tanpa adanya air, kehidupan ini akan menjadi tidak mungkin dapat berlangsung. Ketersediaan air bersih semakin terbatas di daerah perkotaan karena pembangunan pesat dan peningkatan jumlah penduduk. Pusat Kesehatan Masyarakat (Puskesmas) merupakan salah satu lembaga pelayanan kesehatan masyarakat yang menghasilkan limbah medis dan non-medis, baik dalam bentuk padat maupun cair [1]. Limbah cair merujuk kepada semua air limbah, termasuk tinja, yang dihasilkan dari kegiatan di puskesmas. Limbah cair ini memiliki potensi mengandung mikroorganisme, bahan kimia beracun dan bahan radioaktif yang berbahaya bagi kesehatan [2]. Jika tidak dikelola dengan tepat, limbah dari puskesmas dapat menimbulkan masalah dalam hal pelayanan dan aspek estetika. Selain itu, limbah puskesmas berpotensi menyebabkan pencemaran lingkungan dan menjadi sumber penyebaran penyakit [3]. Pada data dasar puskesmas tahun 2019 disebutkan bahwa jumlah puskesmas yang ada di Indonesia berjumlah 10.134 [4]. Dalam rangka pengelolaan limbah medis fasilitas pelayanan kesehatan berbasis wilayah, dibutuhkan sarana prasarana dalam pengelolaan limbah medis fasilitas pelayanan kesehatan berupa Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) [5].

Pengolahan air limbah yang efektif dan sesuai kebutuhan diperlukan untuk menghadapi peningkatan pencemaran air limbah. Elektrokoagulasi, yang juga dikenal sebagai "Elektrolisis Gelombang Pendek" menggabungkan proses elektrokimia dan koagulasi-flokulasi untuk pengolahan limbah cair dan radioaktif. Metode ini dapat menjadi pilihan dalam pengolahan limbah radioaktif dan limbah cair yang termasuk dalam kategori Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) [6]. Pengolahan limbah cair dapat terjadi secara efektif dengan pengombinasian metode filtrasi. Filtrasi merupakan salah satu proses pengolahan air yang mampu menghilangkan partikel-partikel koloid yang terdapat dalam air sehingga mampu meningkatkan kualitas air dengan hasil air menjadi lebih jernih dan layak untuk digunakan. Media filter pada unit filter berfungsi untuk menyaring pengotor yang terdapat dalam air, sehingga output air yang dihasilkan bersih [7]. Sedangkan untuk mengatasi kontaminan yang lebih kompleks dan sulit dihilangkan, dapat menggunakan plasma. Teknologi plasma menggunakan high voltage pulsed discharge dapat mengoksidasi dan menguraikan polutan organik dalam air tanpa menghasilkan polutan sekunder [8]. Menurut Agung dan Winata [9], proses dekomposisi senyawa organik menggunakan plasma berlangsung dengan cepat dan spesies aktif yang dihasilkan mampu menguraikan sebagian besar senyawa organik yang terdapat dalam air limbah. Pengolahan air limbah ini diharapkan dapat menghasilkan air yang memenuhi standar baku mutu limbah cair, yang mencakup BOD, COD, TSS dan pH [10],[11].

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka perumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut: "Bagaimana efektivitas tiga tahapan metode pengolahan elektrokoagulasi, filtrasi dan plasma terhadap kualitas limbah cair puskesmas berdasarkan standar baku limbah cair yang mencakup BOD, COD, TSS dan pH?". Selanjutnya, tujuan dalam penelitian ini yaitu "Menilai pengaruh pengolahan limbah cair puskesmas menggunakan tiga tahapan metode elektrokoagulasi, filtrasi dan plasma terhadap standar baku mutu limbah cair yang mencakup BOD, COD, TSS dan pH".

B. Metode Penelitian

Metode Systematic Literature Review (SLR) digunakan untuk mengkaji penelitian terkait pengolahan air limbah dengan tiga metode: elektrokoagulasi, filtrasi, dan plasma. Pencarian dilakukan di database resmi Google Scholar dengan kata kunci "Pengolahan Air Limbah dengan Elektrokoagulasi," "Pengolahan Air Limbah dengan Filtrasi," dan "Pengolahan Air Limbah dengan Plasma." Sumber pustaka yang ditemukan kemudian diseleksi dengan kriteria inklusi dan eksklusi. Kriteria inklusi mencakup artikel penelitian mengenai pengolahan air limbah dengan metode elektrokoagulasi, filtrasi, dan plasma yang dipublikasi dalam 15 tahun terakhir dan berupa full text. Sementara itu, artikel tanpa pengujian BOD, COD, TSS, dan pH dikecualikan dari penelusuran.

Hasil penelusuran kemudian dianalisis sesuai dengan rumusan masalah dan tujuan penelitian. Prosesnya meliputi pencarian artikel, penyaringan dan penentuan artikel yang relevan, review artikel, pengolahan hasil review, penyusunan, pembahasan dan kesimpulan.

C. Hasil dan Pembahasan

Parameter Standar Baku Air Limbah

Pada penelitian ini, pengujian dilakukan dengan alasan untuk menilai efisiensi pengolahan limbah cair, evaluasi efektivitas metode pengolahan (elektrokoagulasi, filtrasi, plasma), pemantauan kualitas air hasil olahan, memastikan kepatuhan terhadap peraturan lingkungan. Pengujian dilakukan terhadap air limbah yang telah dilakukan proses pengolahan dan terhadap air limbah yang tidak dilakukan proses pengolahan air limbah.

Menurut Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 129 Tahun 2008 [10], pengujian air limbah yang bersumber dari fasilitas kesehatan dapat dilakukan dengan beberapa indikator, antara lain, *Biological Oxygen Demand* (BOD); *Chemical Oxygen Demand* (COD); *Total Suspended Solid* (TSS) dan *Potential Hydrogen* (pH). Berikut ini merupakan batas maksimum kandungan dari indikator tersebut:

Tabel 1. Standar indikator kualitas air limbah

No.	Parameter	Unit	Standar
1	BOD	mg/L	< 30
2	COD	mg/L	< 80
3	Padatan Terlarut Total (TSS)	mg/L	< 30
4	pH	-	6 - 9

Pada penelitian yang dilakukan oleh Ayu [12] telah dilakukan pengujian kualitas air limbah terhadap beberapa Puskesmas di Surabaya. Berikut ini merupakan hasil pengujiannya:

Tabel 2. Hasil pengujian air limbah puskesmas tanpa proses pengolahan

No.	Nama Puskesmas	Indikator			
		BOD	COD	TSS	pH
1	Kenjeran	19	32	540	10,05
2	Perak Timur	6460	11136	18	7,40
3	Pegirian	680	1392	20	7,70

Berdasarkan data tersebut, Puskesmas Kenjeran kadar BOD yang terkandung yaitu sebesar 19 mg/L, kadar COD sebesar 32 mg/L, kadar TSS sebesar 540 mg/L dan kadar pH sebesar 10,05. Berdasarkan data tersebut, kadar COD, TSS dan pH pada air limbah Puskesmas Kenjeran tidak memenuhi standar indikator kualitas air limbah. Lalu Puskesmas Perak Timur kadar BOD yang terkandung yaitu sebesar 6460 mg/L, kadar COD sebesar 11.136 mg/L, kadar TSS sebesar 18 mg/L dan kadar pH sebesar 7,40. Berdasarkan data tersebut, kadar BOD dan COD tidak memenuhi standar indikator kualitas air limbah. Sedangkan Puskesmas Pegirian kadar BOD yang terkandung yaitu sebesar 680 mg/L, kadar COD sebesar 1.392 mg/L, kadar TSS sebesar 20 mg/L dan kadar pH sebesar 7,70. Berdasarkan data tersebut, kadar BOD, CO dan TSS pada air limbah Puskesmas Pegirian tidak memenuhi standar indikator kualitas air limbah.

Air yang mengandung kadar BOD, COD, TSS dan pH yang tinggi dapat memiliki dampak negatif yang signifikan terhadap lingkungan dan kesehatan manusia. Tingkat BOD dan COD yang tinggi menunjukkan adanya banyak materi organik yang mudah terurai dalam air. Ini menyebabkan dekomposisi oleh bakteri yang mengkonsumsi oksigen, mengurangi tingkat oksigen terlarut dalam air, dan menyebabkan "depletion zone" yang dapat menyebabkan kematian organisme akuatik. TSS yang tinggi dapat menghambat fotosintesis oleh tanaman air dan menyebabkan pendangkalan perairan. pH yang tinggi atau rendah dapat menyebabkan ketidakseimbangan ekosistem air dan mengganggu fungsi organisme air.

Pengolahan Air Limbah Puskesmas Menggunakan Metode Elektrokoagulasi

Pada penelitian ini, metode elektrokoagulasi dipilih dan dilakukan pada tahapan yang pertama karena merupakan metode pengolahan air limbah primer [12]. Metode elektrokoagulasi efektif dalam menghilangkan berbagai jenis kontaminan dari air limbah, termasuk logam berat, partikel koloid, minyak, dan bahan organik terlarut. Proses elektrokoagulasi dapat menghasilkan flok-flok kontaminan yang akan lebih mudah dipisahkan dalam tahap selanjutnya. Pengolahan dengan elektrokoagulasi dapat membantu mengurangi beban kontaminan dalam air limbah sebelum mencapai proses selanjutnya, sehingga mengurangi risiko kontaminan merusak atau menghambat kinerja metode pengolahan selanjutnya.

Menurut Lisa Samura [13], pengolahan air limbah dapat dilakukan dengan menggunakan rangkaian alat elektrokoagulasi dengan spesifikasi:

- a. Pelat elektroda yang terbuat dari pelat besi tipis
- b. Jenis tegangan output yang diatur ke 12 volt DC
- c. Tegangan input yang diatur ke sumber listrik AC 0-220 volt

Pada percobaan yang dilakukan oleh Bambang [14] Proses elektrokoagulasi dilakukan dengan menggunakan spesifikasi penyedia arus 30 Ampere dan 24 volt dan menggunakan pelat aluminium sebagai pelat elektroda dan waktu selama 25 menit. Penelitian tersebut membuktikan bahwa proses elektrokoagulasi dapat menurunkan nilai TSS, kekeruhan, COD dan BOD secara signifikan dengan rincian sebagai berikut:

Tabel 3. Hasil pengujian Metode Elektrokoagulasi

No.	Parameter	Unit	Nilai Awal	Nilai Akhir
1	BOD	mg/L	1.094,49	138,4
2	COD	mg/L	1.491,38	244,2
3	Padatan Terlarut Total (TSS)	mg/L	151,74	36
4	pH	-	-	8,6

Berdasarkan data tersebut, proses elektrokoagulasi dapat menurunkan BOD dari kondisi awal sebesar 1.094,49 mg/L menjadi 138,4 mg/L atau sebanyak 87,35 %; COD dari kondisi awal sebesar 1.491,38 mg/L menjadi 244,2 mg/L atau sebanyak 83,60 %; padatan terlarut total (TSS) dari kondisi awal sebesar 151,74 mg/L menjadi 36 mg/L atau sebanyak 76,27% dan pH menjadi 8,6.

Menurut Windika [15], proses elektrokoagulasi adalah salah satu teknik pengolahan limbah cair yang melibatkan reaksi elektrokimia di dalamnya. Reaksi reduksi oksidasi terjadi pada elektroda dalam proses ini. Proses elektrokoagulasi menyebabkan terbentuknya flok-flok padatan yang dapat terikat dengan materi organik terlarut, seperti limbah organik dan senyawa kimia beracun. Dalam proses elektrokoagulasi, dua elektroda yang biasanya terbuat dari logam aluminium dicelupkan ke dalam air limbah yang akan diolah. Ketika arus listrik dialirkan melalui elektroda, terjadi oksidasi dan reduksi pada permukaan elektroda. Reaksi ini menghasilkan pelepasan ion logam dari elektroda ke dalam air limbah. Ion-logam ini berperan sebagai koagulan, yang berinteraksi dengan materi organik, partikel-partikel padatan tersuspensi, dan zat-zat terlarut dalam air limbah. Ketika flok-flok ini mengendap atau terpisah dari air limbah, mereka membawa bersamaan sejumlah besar bahan organik yang menyebabkan penurunan BOD dan COD dalam air limbah yang diolah.

Menurut Hernaningsih [16], flok yang dihasilkan dalam elektrokoagulasi sama dengan yang dihasilkan dalam koagulasi konvensional. Proses ini lebih cepat dalam mereduksi kandungan koloid dan partikel yang sangat kecil karena penggunaan listrik mempercepat pergerakan koloid dan partikel dalam air, sehingga mempermudah proses pengolahan. Gelembung gas yang dihasilkan dalam elektrokoagulasi dapat mengangkat polutan ke permukaan air, memudahkan penghilangan polutan tersebut. Metode ini juga dapat memberikan efisiensi yang tinggi dalam berbagai kondisi, karena tidak terpengaruh oleh suhu, tidak memerlukan penyesuaian pH dan tidak memerlukan penggunaan bahan kimia tambahan. Flok-flok yang terbentuk selama proses elektrokoagulasi, selain mengandung materi organik, juga dapat menangkap partikel-padatan terlarut dan tersuspensi dalam air limbah. Dengan mengendapkan flok-flok tersebut, TSS dalam air limbah dapat berkurang secara signifikan. Penggunaan elektrokoagulasi dengan elektroda aluminium, dapat menghasilkan reaksi kimia yang menetralkan pH air limbah. Ketika elektroda aluminium dilepaskan ke dalam air limbah, reaksi elektrokimia terjadi, menghasilkan ion hidroksida (OH⁻) yang dapat menetralkan air limbah yang bersifat asam (pH rendah). Dengan demikian, elektrokoagulasi dapat membantu mengubah pH air limbah menjadi lebih netral.

Pengolahan Air Limbah Puskesmas Menggunakan Metode Filtrasi

Pada penelitian ini, metode filtrasi dipilih dan dilakukan pada tahapan yang kedua karena merupakan metode pengolahan sekunder. Fungsi utama filtrasi adalah proses fisik yang dapat mengurangi BOD dan COD dalam air limbah dengan cara menyaring dan menghilangkan materi organik terlarut dan terikat. Filtrasi bekerja dengan membiarkan air limbah mengalir melalui media filtrasi, dan media ini akan menangkap materi organik terlarut dan terikat dalam air. Partikel-partikel padatan dan kontaminan organik yang terperangkap dalam media filtrasi kemudian akan diendapkan atau terjebak dalam media tersebut, sehingga terjadi penyisihan dari air limbah. Dengan demikian, proses filtrasi dapat membantu mengurangi konsentrasi materi organik yang dapat menyebabkan BOD dan COD yang tinggi dalam air limbah.

Menurut Krismayasari [17], pengolahan air limbah dapat dilakukan dengan menggunakan rangkaian alat filtrasi dengan dengan komposisi ijuk dan kapur. Pengolahan air limbah dengan metode filtrasi ini, dapat menurunkan kadar BOD dan COD dengan signifikan dengan rincian berikut:

Tabel 4. Hasil pengujian metode elektrokoagulasi

No.	Parameter	Unit	Nilai Awal	Nilai Akhir
1	BOD	mg/L	82,51	9,9
2	COD	mg/L	228	63,84

Sumber: Krismayasari, 2014

Berdasarkan data tersebut, proses filtrasi efektif dalam menurunkan BOD dan COD. Proses filtrasi menurunkan nilai BOD dari kondisi awal sebesar 82,51 mg/L menjadi 9,9 mg/L dan menurunkan nilai kadar COD dari kondisi awal sebesar 228 mg/L menjadi 63,84 mg/L.

Menurut Sahrudon [18], filtrasi adalah suatu proses pemisahan zat padat dari fluida (gas maupun cair) yang membawanya menggunakan suatu medium berpori atau bahan berpori lain untuk menghilangkan sebanyak mungkin zat padathalus yang tersuspensi. Proses filtrasi secara fisik menyaring partikel-partikel padatan halus dan kontaminan terlarut dalam air, yang menyebabkan penurunan BOD dan COD dalam air limbah yang diolah. Saat air limbah mengalir melalui media filtrasi, partikel-partikel padatan halus dan kontaminan terlarut dalam air tersaring dan terperangkap dalam pori-pori atau permukaan media. Partikel-padatan dan kontaminan organik yang terperangkap ini menyebabkan penurunan nilai BOD dan COD karena sebagian besar BOD dan COD terkait dengan materi organik dan partikel-padatan dalam air limbah. Filtrasi juga dapat membantu mengurangi konsentrasi zat organik terlarut dalam air limbah. Media filter yang sering digunakan antara lain pasir silika, zeolit, ijuk, gravel, antrasit, karbonaktif dan lainnya. Karbon aktif atau sering disebut sebagai arang aktif adalah arang yang telah mempunyai suatu tingkat daya serap tertentu terhadap bahan organik terlarut, warna, bau, rasa dan zat-zat lain

Pada pengujian ini, tidak dilakukan pengujian TSS karena filtrasi tidak berpengaruh signifikan pada penurunan TSS dan pH dalam air limbah. Filtrasi bertujuan untuk menghilangkan partikel-padatan

tersuspensi yang kasar atau berukuran besar dari air. Oleh karena itu, jika TSS dalam air limbah terutama terdiri dari partikel-partikel kasar yang dapat terpisah dengan mudah melalui proses filtrasi, maka TSS dapat berkurang secara signifikan. Namun, jika TSS terutama terdiri dari partikel-partikel yang sangat halus atau koloid, proses filtrasi mungkin tidak efektif untuk mengurangnya secara signifikan.

Fungsi filtrasi juga tidak berkontribusi secara langsung pada penurunan pH dalam air limbah. Proses filtrasi tidak melibatkan reaksi kimia yang menyebabkan penambahan atau pengurangan ion hidrogen (H+) yang mempengaruhi tingkat keasaman atau kebasaan air limbah. Untuk membantu menetralkan pH pada air limbah, maka perlu dikombinasikan dengan metode lainnya, seperti metode plasma.

Pengolahan Air Limbah Puskesmas Menggunakan Metode Plasma

Pada penelitian ini, metode plasma dipilih dan dilakukan pada tahapan yang ketiga karena merupakan metode pengolahan tersier. Plasma merupakan metode yang canggih dan kompleks dalam pengolahan air limbah. Metode plasma dapat digunakan untuk mengatasi kontaminan yang lebih kompleks dan sulit dihilangkan, seperti senyawa kimia yang sangat stabil atau senyawa beracun yang sulit diuraikan oleh metode elektrokoagulasi dan filtrasi.

Menurut Lisa Samura, pengolahan air limbah dapat dilakukan dengan menggunakan rangkaian alat plasma dengan spesifikasi:

- a. Jenis plasma dingin nontermal dengan tekanan atmosfer
- b. Gas digunakan di udara sekitar (ambient air)
- c. Tegangan input 220 Volt (AC)
- d. Tegangan keluaran = 60 kV (DC)

Pada percobaan yang dilakukan oleh Adhitya [19] Plasma digunakan untuk meningkatkan kualitas air menjadi lebih bersih. Berdasarkan hasil penelitiannya, plasma dapat efektif menurunkan nilai kadar COD serta mempengaruhi nilai pH dengan rincian berikut:

Tabel 5. Hasil pengujian metode plasma

No.	Parameter	Unit	Nilai Awal	Nilai Akhir
1	COD	mg/L	650	623,33
2	pH	-	7,48	7,26

Sumber: Adhitya, 2013

Berdasarkan penelitian tersebut, plasma dapat menurunkan kadar COD dari kondisi awal 650 mg/L menjadi 623,33 mg/L dan pH dari nilai awal 7,48 menjadi 7,26.

Menurut Darma [20], plasma merujuk pada sistem fisik dan kimia yang melibatkan reaksi biokimia dan biomedisinal dalam lingkungan gas. Hal ini terjadi ketika molekul-molekul yang membentuk materi terpapar oleh arus listrik berintensitas tinggi dan frekuensi lucutan yang tinggi, yang menghasilkan pelepasan elektron, ion dan atom bebas dari molekul tersebut. Proses ini terjadi melalui interaksi antara dua elektroda dengan muatan berbeda. Akibatnya, molekul-molekul dalam gas udara, air udara dan permukaan objek yang terpapar mengalami ionisasi dan menjadi radikal bebas. Keadaan ini menciptakan atmosfer plasma yang memiliki sifat konduktor listrik, elektrostatis dan elektromagnetis, namun suhunya rendah.

Menurut Abdullah [20], plasma memiliki karakteristik yang unik dan berbeda dengan padat, cair dan gas, sehingga dianggap sebagai bentuk materi yang berbeda. Seperti halnya gas, plasma tidak memiliki bentuk atau volume tetap kecuali jika terkandung dalam wadah. Namun, berbeda dengan gas, plasma dapat membentuk struktur seperti filamen, pancaran dan lapisan-lapisan saat terpengaruh oleh medan elektromagnetik. Metode plasma melibatkan pembentukan plasma gas panas yang dapat

berinteraksi secara kimia dengan kontaminan dalam air limbah. Proses plasma menghasilkan reaksi oksidasi dan degradasi, yang mengakibatkan pemecahan molekul kompleks kontaminan menjadi senyawa yang lebih sederhana dan mudah terdegradasi. Akibatnya, konsentrasi kontaminan organik yang berkontribusi pada nilai COD dapat berkurang secara signifikan. Metode plasma dapat mempengaruhi pH air limbah melalui beberapa mekanisme. Plasma juga dapat menghasilkan oksigen aktif (radikal hidroksil), yang berperan dalam reaksi kimia dan reaksi redoks, termasuk reaksi penurunan ion hidrogen (H⁺) yang berdampak pada peningkatan pH air limbah.

D. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan dalam penelitian ini, peneliti menyimpulkan bahwa tahapan metode elektrokoagulasi, filtrasi, dan plasma terbukti efektif dalam meningkatkan kualitas limbah cair puskesmas dengan mengurangi nilai BOD, COD, TSS, dan pH. Penggunaan kombinasi metode pengolahan ini diharapkan dapat memenuhi standar baku mutu limbah cair yang ditetapkan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 129 Tahun 2008, serta berkontribusi dalam menjaga kesehatan lingkungan dan masyarakat secara keseluruhan. Pengolahan limbah cair puskesmas dengan metode-metode tersebut dapat menjadi solusi yang efektif dalam mengurangi pencemaran air dan melindungi sumber daya air yang berharga.

Daftar Pustaka

- [1] D. Pratiwi and C. Maharani, "Pengelolaan Limbah Medis Padat Pada Puskesmas Kabupaten Pati," *J. Kesehat. Masy.*, vol. 9, no. 1, pp. 74–84, 2013.
- [2] S. Wulansari and R. Rukmini, "The Availability and Properness of The Health Care Facilities for Waste Handling Based on Indonesian Topography and Geo," *Bul. Penelit. Sist. Kesehat.*, vol. 19, no. 1, pp. 33–39, 2016, doi: 10.22435/hsr.v19i1.4987.33-39.
- [3] E. FATMALIA and R. D. A. SAPUTRA, "Studi Kualitas Air Limbah Puskesmas Di Kabupaten Lombok Utara, Provinsi Nusa Tenggara Barat," *Ganec Swara*, vol. 15, no. 2, p. 1127, 2021, doi: 10.35327/gara.v15i2.227.
- [4] K. RI, *Health Center Basic Data. Ministry of Health of the Republic of Indonesia*. 2020.
- [5] K. RI, "PERATURAN MENTERI KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA NOMOR 18 TAHUN 2020 TENTANG PENGELOLAAN LIMBAH MEDIS FASILITAS PELAYANAN KESEHATAN BERBASIS WILAYAH," *Energy Sustain. Dev. Demand, Supply, Convers. Manag.*, pp. 1–14, 2020.
- [6] E. Wardhani, M. Dirgawati, and K. P. Valyana, "Application of electrocoagulation method for leather tanning industrial waste water treatment," 2012.
- [7] D. Ardiatma, A. Riyadi, and S. Setiawan, "Efektivitas Penurunan Kadar Tss, Cod, Bod, Dan Fosfat Menggunakan Metode Kombinasi Fitoremediasi Tanaman Kayu Apu Dengan Filtrasi Karbon Aktif Dan Silika Pada Air Limbah Domestik," *J. Teknol. Dan Pengelolaan Lingkungan*, vol. 9, no. 1, 2022.
- [8] H. Amril, "Teknologi Plasma untuk Pengolahan Air," no. June, pp. 0–8, 2016.
- [9] T. Agung and H. S. Winata, "Pengolahan Air Limbah Industri Tahu dengan Menggunakan Teknologi Plasma," *J. Imiah Tek. Kim.*, vol. 2, no. 2, pp. 19–28, 2011.
- [10] K. RI, *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 129 Tahun 2008 Tentang Standar Minimal Pelayanan Rumah Sakit*. 2008.
- [11] Shafa Savira Vaditya and Gita Cahya Eka Darma, "Pengaruh Penerapan Teknologi Plasma Pada Sheetmask Sebagai Peningkatan Penjerapan Essence," *J. Ris. Farm.*, pp. 65–68, 2023, doi: 10.29313/jrf.v3i2.3111.

- [12] N. A. Liestyoningrum, “Inventarisasi Limbah Cair Dan Padat Di Puskesmas Wilayah Surabaya Timur Sebagai Upaya Pengelolaan Lingkungan,” p. 145, 2015.
- [13] L. Samura, M. Maulani, C. Rosyidan, and V. G. V. Putra, “The Application of Non-Thermal Plasma and Electrocoagulation as Purifier of Liquid Waste in Home Industries,” *JIPFRI (Jurnal Inov. Pendidik. Fis. dan Ris. Ilmiah)*, vol. 6, no. 1, pp. 24–31, 2022, doi: 10.30599/jipfri.v6i1.992.
- [14] B. Hari, “Pengolahan Libah Cair Tekstil Menggunakan Proses Elektrokoagulasi Dengan Sel Al-Al,” *Jurnal Teknik*, vol. 11. pp. 54–62, 2013.
- [15] M. W. Gameissa, Suprihatin, and N. Si. Indrasasti, “Advanced treatment of food industry wastewater by electrocoagulation using stainless steel electrodes,” *E-jurnal Agroindustri Indoneisa*, vol. 1, no. 1, pp. 31–37, 2012, [Online]. Available: <http://tin.fateta.ipb.ac.id/journal/e-jaii>
- [16] T. Hernaningsih, “Tinjauan Teknologi Pengolahan Air Limbah Industri dengan Proses Elektrokoagulasi,” *J. JRL*, vol. 9, no. 1, pp. 31–46, 2016.
- [17] D. Krismayasari and S. Sugito, “Aplikasi Teknologi Filtrasi Untuk Menghasilkan Air Bersih Dari Air Hasil Olahan Ipal Di Rumah Sakit Islam Surabaya,” *WAKTU J. Tek. UNIPA*, vol. 12, no. 1, pp. 17–23, 2014, doi: 10.36456/waktu.v12i1.817.
- [18] M. Sahrurondon, “Filtrasi CaCO₃ Menggunakan Filter Plate & Frame Dengan Variasikonsentrasi Dan Variasi Jumlah Plate & Frame,” *J. Tek. Kim. Univ. Sultan Ageng Tirtayasa*, 2017.
- [19] A. W. Sukma, B. A. Seno, S. Nurjanah, and A. Syakur, “Peningkatan Kualitas Air Pantai Menjadi Air Bersih Dengan Penerapan Teknologi Plasma Non-Thermal Dan Multi-Step Filter,” *DIPOIPTEKS J. Ilm. Mhs. Undip*, vol. 1, no. 1, pp. 1–6, 2013.
- [20] G. C. E. Darma, “Mini Review : Farmasi Plasma,” *J. Ilm. Farm. Farmasyifa*, vol. 5, no. 1, pp. 20–32, 2022.