

PENURUNAN COD DAN TSS PADA LIMBAH GREYWATER MENGUNAKAN METODE ELEKTROKOAGULASI

Andika Munandar^{1*}, Tarisya Salsabila¹, Rahma Yanda²

¹Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknologi Infrastruktur dan Kewilayahan, Institut Teknologi Sumatera, Lampung Selatan, Indonesia

²Program Studi Rekayasa tata Kelola Air, Fakultas Teknologi Infrastruktur dan Kewilayahan, Institut Teknologi Sumatera, Lampung Selatan, Indonesia

*Korespondensi: andika.munandar@tl.itera.ac.id

Abstrak

Kegiatan domestik mahasiswa yang tinggal di asrama TB 2 ITERA menghasilkan limbah greywater. Limbah greywater mengandung beberapa parameter kualitas air seperti pH, *total suspended solid* (TSS) dan *chemical oxygen demand* (COD) sebelum dilakukan pengolahan, sehingga apabila limbah greywater ini dibuang langsung ke lingkungan akan menyebabkan kerusakan pada ekosistem lingkungan. Salah satu metode alternatif yang dapat menurunkan kadar pencemar pada limbah greywater asrama TB 2 yaitu elektrokoagulasi. Elektrokoagulasi merupakan proses koagulasi menggunakan arus listrik. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis penurunan parameter COD dan TSS pada limbah greywater asrama TB 2 ITERA menggunakan dua variabel yaitu *chemical oxygen demand* (COD) dan *total suspended solid* (TSS) sebagai variabel terikat dan variasi tegangan sebesar 10, 20 dan 30 volt dan variasi waktu selama 30, 60 dan 90 menit sebagai variabel bebas. Hasil dari proses elektrokoagulasi menunjukkan penurunan terbaik terhadap parameter COD dari 115 mg/l menjadi 11,5 mg/l, parameter TSS dari 103 mg/l menjadi 9,5 mg/l dengan nilai pH dari 7,11 menjadi 9,3 pada tegangan sebesar 30 volt dengan waktu kontak 90 menit. Hal ini dapat membuktikan bahwa metode elektrokoagulasi mampu menurunkan kadar pencemar yang terdapat dalam limbah greywater.

Kata kunci: COD, Elektrokoagulasi, Greywater, Tegangan, TSS, Waktu

Abstract

Domestic activities at the ITERA TB 2 student dormitory generate greywater containing significant levels of Chemical Oxygen Demand (COD) and Total Suspended Solids (TSS), alongside specific pH levels. The direct discharge of this untreated wastewater poses a severe threat to local ecosystems. To address this issue, this study investigates electrocoagulation—an electrically-driven coagulation process—as an alternative treatment method to mitigate pollutant concentrations. The research evaluated the reduction of COD and TSS (dependent variables) across varying applied voltages (10, 20, and 30 V) and contact times (30, 60, and 90 minutes) as independent variables. The results indicated that the optimum treatment occurred at 30 V with a 90-minute contact time. Under these conditions, COD was

mencuci pakaian, mencuci alat makan, mencuci tangan, dan kegiatan mandi, salah satunya asrama TB 2. Asrama TB 2 merupakan asrama yang dikhususkan untuk mahasiswa laki-laki tinggal (Fajar et al., 2021). Potensi kuantitas *greywater* yang telah diolah dapat didayagunakan untuk dimanfaatkan kembali. *Greywater* dapat digunakan sebagai sumber air untuk keperluan penyiraman tanaman atau untuk penggelontoran toilet, terutama untuk asrama atau tempat tinggal yang membutuhkan air bersih dalam jumlah besar (Al-Jayyousi, 2003). *Greywater* juga mengandung bakteri patogen yang lebih sedikit dibandingkan dengan *blackwater*. *Greywater* mengandung beberapa parameter-parameter antara lain seperti TSS (Total Suspended Solid), BOD (Biological Oxygen Demand), dan COD (Chemical Oxygen Demand). Salah satu studi menyatakan bahwa kadar COD pada *greywater* berkisar antara 320,54 mg/L - 360,78 mg/L dan TSS berkisar antara 85 mg/L - 137 mg/L (Nur & Jatnika, 2017).

Kadar pH pada *greywater* bervariasi tergantung pada sumbernya. Salah satu penelitian menyatakan bahwa kadar pH pada *greywater* berkisar antara 4,2 hingga 8,5. Penelitian yang lain juga menyatakan bahwa kadar pH pada *greywater* berada di antara 6,2 hingga 8,5. Pengolahan air buangan dilakukan agar memenuhi persyaratan sesuai pemanfaatannya. Hal ini juga dapat mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan, seperti peningkatan beban pencemaran pada badan air (Khotimah et al., 2021).

Adapun metode-metode pengolahan limbah lainnya dalam pengolahan limbah *greywater* ini seperti filtrasi dan adsorpsi. Namun metode filtrasi hanya mampu menyisihkan padatan tersuspensi sehingga partikel-partikel kecil dalam air tidak ikut tersaring. Metode lain yang dapat digunakan adalah metode adsorpsi. Metode tersebut air limbah yang mengandung zat pencemar dialirkan melalui kolom yang diisi dengan bahan adsorben (Cundari et al., 2016). Zat pencemar tersebut kemudian terikat pada permukaan bahan adsorben melalui proses adsorpsi, sehingga mengurangi konsentrasi zat pencemar dalam air limbah seperti BOD, COD, dan TSS dalam air limbah. Namun, metode ini memiliki kelemahan seperti kebutuhan akan bahan adsorben yang besar dan biaya yang relatif tinggi, sehingga metode adsorpsi harus digunakan dalam kombinasi dengan metode lain, seperti filtrasi, untuk meningkatkan efisiensi pengolahan limbah (Sutanto, 2017).

Oleh karena itu, perlu alternatif metode lain yang lebih efektif dalam mengurangi polutan pada limbah *greywater*. Metode elektrokoagulasi dapat menjadi alternatif pengelolaan limbah *greywater* karena metode elektrokoagulasi juga dapat menghilangkan partikel koloid dan berbagai jenis polutan pada limbah cair dengan pengoperasian yang mudah, waktu yang singkat, menghasilkan lebih sedikit lumpur dibandingkan metode lainnya (Al Izzudin et al., 2024).

Elektrokoagulasi merupakan proses penggumpalan atau koagulasi menggunakan arus listrik sehingga akan terbentuk reaksi reduksi dan oksidasi. Pada reaksinya akan melepaskan ion positif yang berfungsi sebagai koagulan dalam proses koagulasi sehingga dapat mengurangi polutan dalam air (ion-ion logam, partikel tersuspensi, logam berat, dan berbagai zat berbahaya lainnya) (Munandar et al., 2023). Metode elektrokoagulasi dapat menghilangkan partikel koloid dan berbagai jenis polutan pada limbah cair dengan pengoperasian yang mudah, waktu yang singkat, dan menghasilkan lumpur yang lebih sedikit dengan proses lainnya, dan tidak memerlukan lahan yang luas. Namun, efisiensi dari metode ini dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya tegangan, waktu, jarak, ketebalan plat, jenis elektroda, kerapatan arus dan kadar keasaman (pH) (Artanti, 2019). Oleh karena itu pada penelitian ini dilakukan analisis penurunan parameter COD dan TSS limbah greywater menggunakan metode elektrokoagulasi dengan memvariasikan tegangan sebesar 10, 20 dan 30 volt dan waktu selama 30, 60 dan 90 menit.

2. BAHAN DAN METODE

2.1. BAHAN DAN ALAT YANG DIGUNAKAN

Alat utama yang digunakan adalah reaktor elektrokoagulasi berukuran 8×36 cm dengan elektroda tembaga (Cu) sebanyak tiga pasang berukuran 18×12 cm. Power supply digunakan untuk mengatur tegangan arus searah (DC) pada proses elektrokoagulasi. Peralatan pendukung meliputi spektrofotometer untuk analisis COD, Hach DRB200 untuk pemanasan sampel, oven, neraca analitik, pH meter, serta peralatan gelas laboratorium standar. Bahan penelitian terdiri dari sampel greywater asrama, reagen COD, kertas saring *Whatman* No. 42, serta akuades.

2.2. PENGAMBILAN SAMPEL

Teknik pengambilan sampel air limbah *greywater* berdasarkan SNI 6989.59:2008. Debit air limbah *greywater* domestik di gedung Asrama TB 2 diambil sampelnya sebanyak 90 liter. Pengambilan sampel dilakukan pada pagi hari. Waktu ini dipilih karena merupakan waktu dimana banyak mahasiswa yang sedang mandi, mencuci pakaian, mencuci piring, mandi, dan memasak. Limbah bekas dibuang sebelum proses koagulasi. Sampel limbah dikumpulkan dengan cara menyimpan satu galon grey water di saluran pembuangan asrama TB 2 sebelum setiap limbah masuk ke sistem pengolahan grey water ITERA. Sampel air limbah greywater sebanyak yang diperlukan dikumpulkan dan dibawa ke laboratorium untuk dianalisis (Khairy, 2025.)

2.3. TAHAPAN PENELITIAN

Proses Elektrokoagulasi Sebuah reaktor digunakan untuk mengatur proses elektrokoagulasi, yang diatur oleh arus searah (DC). Foto reaktor elektrokoagulasi diilustrasikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Reaktor Elektrokoagulasi

Pada gambar 1 di atas terdapat kompartemen 1 yang digunakan sebagai masuknya air limbah kedalam reaktor serta pemisah minyak atau lemak, kompartemen 2 digunakan untuk proses elektrokoagulasi, kompartemen 3 digunakan untuk proses pengendapan dan kompartemen 4 merupakan *clear tank* dan tempat pengambilan sampel air limbah yang setelah di elektrokoagulasi melalui keran. Untuk pengolahan *greywater*, digunakan metode elektrokoagulasi dengan sistem *batch* dan menggunakan plat tembaga sebanyak 3 pasang dengan ukuran 18x12 cm. Langkah-langkah proses elektrokoagulasi *greywater* adalah berikut dikumpulkan alat dan bahan yang diperlukan dan sambungkan elektroda pelat tembaga untuk membuat anoda dan katoda. Selanjutnya dipasang pelat dengan aman ke catu daya menggunakan penjepit buaya dan buat sambungan berdasarkan anoda dan katoda. Kemudian diberikan tegangan diatur sebesar 10, 20 dan 30 volt pada *power supply*. Dimasukkan 90 liter sampel ke dalam reaktor. Dilakukan pengambilan sampel menggunakan pipet volum 5 mL ke dalam botol sampel untuk dianalisis. Untuk selanjutnya dilakukan variasi waktu selam 30, 60, dan 90 menit (Danar, 2022).

3. HASIL DAN DISKUSI

Sebelum dilakukan pengolahan terhadap limbah *greywater* menggunakan metode elektrokoagulasi diperlukan karakteristik awal kadar parameter terhadap limbah *greywater* yang belum dilakukan pengolahan. Dengan mengetahui karakteristik awal pada limbah

greywater, dapat dilakukan perbandingan kualitas air limbah dengan baku mutu dan mengurangi beban pencemar yang dapat mencemari lingkungan.

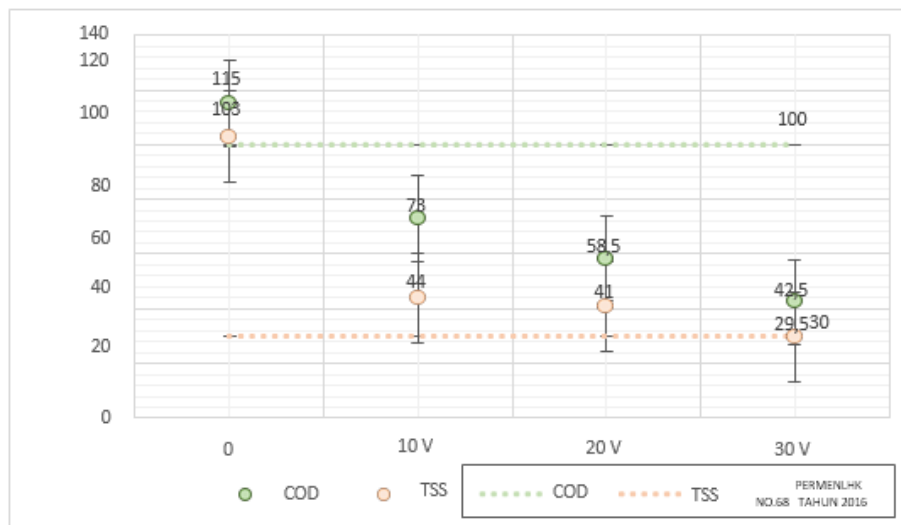
Tabel 1. hasil pengujian awal dan peraturan tentang baku mutu

Parameter yang di uji	Hasil Uji Awal (mg/l)	Baku Mutu (mg/l)
COD	115	100
TSS	103	30
pH	7,11	6-9

Sumber : HIDUP, 2018

Tingginya kadar COD pada limbah *greywater* disebabkan oleh senyawa organik yang berasal dari bekas mencuci dan kegiatan kamar mandi yang dapat mempengaruhi kadar COD pada limbah *greywater*, oleh karena itu tinggi nya nilai COD awal limbah *greywater* yang melebihi batas baku mutu dipengaruhi oleh banyaknya senyawa organik yang dihasilkan dari kegiatan domestik mahasiswa asrama TB 2 (Danar, 2022). Kadar TSS yang tinggi juga ditandai dengan banyaknya padatan yang tersuspensi pada limbah. Padatan tersuspensi pada limbah *greywater* berasal dari sisa organik bekas mencuci, mandi, dan memasak. Sisa organik tersebut dapat berupa kotoran, sisa sabun, dan sisa makanan yang masuk ke limbah *greywater*, sehingga nilai TSS awal pada limbah *greywater* masih belum memenuhi standar baku mutu limbah domestik. Berdasarkan hasil pengukuran didapati pH pada kadar awal limbah *greywater* sebesar 7,11 dengan standar baku mutu limbah domestik nya sebesar 6-9. Sehingga bisa dikatakan bahwa pH pada limbah *greywater* sudah memenuhi baku mutu atau sudah netral (Fakorede & Adewumi, 2020).

Penelitian kali ini dilakukan pengolahan terhadap limbah *greywater* menggunakan elektrokoagulasi dengan memvariasikan tegangan sebesar 10 volt, 20 volt dan 30 volt untuk penurunan parameter COD dan TSS. Hasil penurunan parameter COD dan TSS dapat dilihat pada **Gambar 2** berikut.



Gambar 2. Grafik penurunan COD dan TSS berdasarkan tegangan

Adanya tegangan listrik yang diberikan menyebabkan pembentukan tembaga hidroksida dan gelembung gas yang meningkat. Pembentukan tembaga hidroksida meningkat dengan menggunakan tegangan yang tinggi, yang dapat mengurangi kontaminan pada limbah *greywater*, terbukti dengan tegangan dinaikkan dari 10 volt ke 20 volt lalu ke 30 volt proses penurunan parameter COD dan TSS meningkat. Arus listrik dan tegangan yang diberikan menyebabkan adanya reaksi dari elektroda tembaga yang digunakan,

pada anoda akan terjadi reaksi: $\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^-$

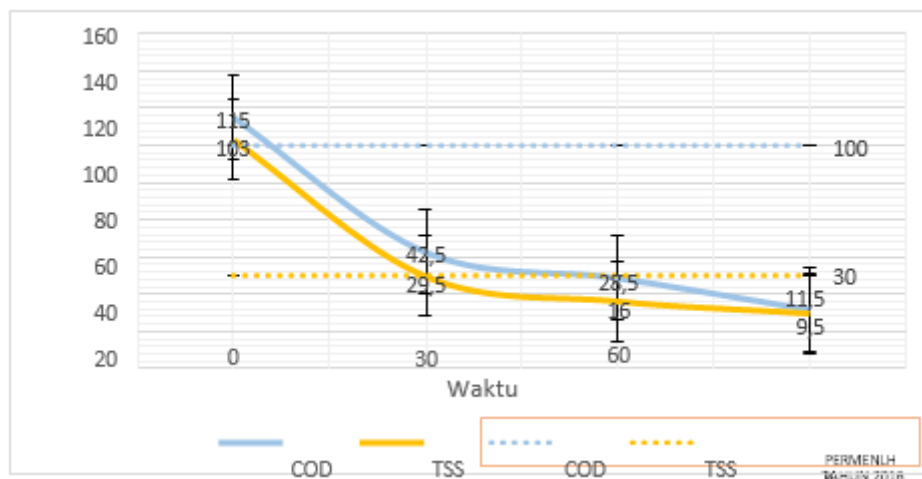
dan pada katoda akan terjadi reaksi : $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{OH}^- + \text{H}_2$

Sehingga reaksi keseluruhan menjadi : $\text{Cu} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Cu}(\text{OH})_2$

Adanya proses oksidasi yang terjadi pada anoda membentuk ion Cu^{2+} yang kemudian menghasilkan gas H_2 akibat reaksi reduksi yang terjadi pada katoda. Pada reaksi tersebut terbentuk senyawa $\text{Cu}(\text{OH})_2$ dan juga gas H_2 (Barrera-Díaz et al., 2018). Ion Cu^{2+} akan berperan sebagai koagulan yang mengikat kontaminan pada air limbah yang kemudian akan terbentuk $\text{Cu}(\text{OH})_2$ menjadi floknya. Sedangkan gas H_2 menyebabkan kontaminan dan flok $\text{Cu}(\text{OH})_2$ untuk mengapung atau terangkat. Saat kuat tegangan menjadi lebih tinggi, hidroksil yang larut dan kecepatan pembentukan logam hidroksida (Cu) akan meningkat sehingga endapan yang dihasilkan lebih banyak dan meningkatkan penurunan polutan di dalam air limbah. semakin tinggi tegangan yang diberikan maka semakin

gelembung gas hidrogen yang berfungsi untuk menaikkan flock tersuspensi yang tidak dapat mengendap di dalam reaktor (Ananda et al., 2018).

Tegangan yang tinggi juga mempengaruhi jumlah gelembung yang terbentuk, selanjutnya gelembung ini yang akan membawa bahan pencemar keatas permukaan. Oleh karena itu, dari penelitian yang telah dilakukan metode elektrokoagulasi dengan setiap variasi tegangan yang berbeda-beda nilai parameter COD dan TSS dapat turun hingga nilai COD dan TSS dapat memenuhi standar baku mutu limbah domestic (Daulay, 2021). Pada penelitian penurunan parameter COD dan TSS terhadap limbah greywater menggunakan metode elektrokoagulasi ini selanjutnya memvariasikan waktu kontak. Waktu kontak yang di variasikan untuk penelitian menggunakan metode elektrokoagulasi yaitu selama 30 menit, 60 menit dan 90 menit. Penurunan parameter COD dan TSS dengan memvariasikan waktu dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 2. penurunan COD dan TSS berdasarkan waktu

Berdasarkan grafik diatas nilai COD turun sebesar 42,5 mg/l untuk variasi waktu 30 menit, nilai 28,5 mg/l untuk variasi waktu 60 menit, dan nilai 11,5 mg/l untuk variasi waktu 90 menit. Sedangkan nilai TSS turun sebesar 29,5 mg/l untuk variasi waktu 30 menit, nilai 16 mg/l untuk variasi waktu 60 menit dan nilai 9,5 mg/l untuk variasi waktu 90 menit, yang mana nilai dari kedua parameter tersebut sudah dapat dikatakan memenuhi standar baku mutu limbah domestik. Pada variasi waktu 30 menit nilai parameter COD dan TSS sudah dapat turun hingga memenuhi standar baku mutu limbah domestik, karena pada waktu 30 menit sudah termasuk waktu yang cukup untuk proses elektrokoagulasi (Angraeni, 2024).

Hal ini disebabkan bertambah lama nya waktu dalam proses elektrokoagulasi dapat terjadi interaksi antar partikel sehingga ukuran akan menjadi lebih besar dan kualitas air menjadi lebih baik sehingga terjadinya peningkatan gas H_2 dan OH^- sehingga jumlah kompleks yang

mengikat polutan mengalami peningkatan. Pada dasarnya waktu dapat mempengaruhi dalam proses elektrokoagulasi, lamanya waktu kontak yang diberikan dalam proses elektrokoagulasi, maka akan bertambah banyaknya Cu^{2+} yang dihasilkan sehingga bertambah banyak pula terbentuknya senyawa $\text{Cu}(\text{OH})_2$ (Al Izzudin et al., 2024).

Pada lelehan tembaga pada saat proses elektrokoagulasi air limbah greywater berubah menjadi warna biru hal ini terjadi karena adanya pelepasan ion logam dari elektroda tembaga [66]. Perubahan warna limbah menjadi warna biru dan munculnya bercak biru dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 3. akhir dari proses elektorkoagulasi

Dalam proses elektrokoagulasi ketika gelembung-gelembung ini terbentuk, ion tembaga Cu^{2+} yang berperan sebagai koagulan akan mengikat bahan pencemar dalam limbah greywater dan membentuk senyawa $\text{Cu}(\text{OH})_2$ yang mana ion Cu^{2+} dan senyawa $\text{Cu}(\text{OH})_2$ ini memberikan warna biru pada limbah greywater pada saat proses elektrokoagulasi terjadi (Tambunan, 2020). Nilai pH yang didapati setelah dilakukan elektrokoagulasi sebesar 7 dan naik hingga angka 9 selama 90 menit yang artinya sudah netral dan sudah memenuhi standar baku mutu. Kenaikan pH saat proses elektrokoagulasi juga disebabkan oleh adanya ion hidroksida (OH^-) selama proses elektrokoagulasi tersebut (Ridantami & Mulyani, 2018). Dengan peningkatan ion OH^- yang terbentuk maka menyebabkan pH air limbah menjadi naik karena OH^- merupakan basa konjugasi H_2O . pH yang netral diperlukan karena supaya oksidasi senyawa organik pada limbah greywater bekerja secara optimal, karena pH yang terlalu rendah akan menyebabkan proses degradasi bahan organik menjadi lambat, sedangkan pH yang terlalu tinggi akan menyebabkan senyawa organik tidak akan teroksidasi sama sekali.

Berdasarkan hasil penelitian elektrokoagulasi dengan memvariasikan tegangan dan waktu dalam penurunan parameter COD dan TSS pada limbah greywater, yang mana bertambahnya

tinggi tegangan maka akan baik juga penurunan terhadap parameter COD dan TSS pada limbah greywater begitu juga dengan lama waktu yang mempengaruhi proses elektrokoagulasi, sehingga didapati nilai COD yang terbaik pada variasi 30 volt lama waktu 90 menit sebesar 11,5 mg/l dan nilai TSS sebesar 8 mg/l. Dengan begitu kadar parameter COD dan TSS pada limbah greywater sudah memenuhi standar baku mutu dengan kondisi nilai pH yang netral sehingga pengurangan kadar COD dan TSS menjadi efektif.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis di atas, disimpulkan bahwa variasi waktu 30, 60 dan 90 menit nilai parameter COD sudah dapat turun sebesar 42,5 , 28,5, dan 11,5 mg/l, sedangkan untuk nilai TSS sebesar 29,5, 16 dan 9,5 mg/l dalam tegangan 30 volt dengan standar baku mutu COD 100 mg/l dan TSS 30 mg/l. Nilai terbaik didapat pada variasi waktu 90 menit dengan nilai COD sebesar 11,5 mg/l dan nilai TSS sebesar 9,5 mg/l. oleh karena hal tersebut diharapkan hasil penelitian ini dapat dikembangkan pada bangunan pengolahan air limbah serta perlu adanya penambahan parameter BOD agar diketahui efektivitas terhadap mikroorganisme

UNGKAPAN

Ucapan terima kasih diberikan kepada asrama tb2, laboratorium teknik 2, fakultas Teknologi Infrastruktur dan kewilayahan, Institut Teknologi Sumatera yang telah mengizinkan penulis menyelesaikan dan mempublikasikan hasil dari penelitian ini

DAFTAR PUSTAKA

- Al Izzudin, F.J., Hamzah, Z.M., Maulidya, S.A., Rahayu, P.W., Rahmaputri, R.A. and Satriawan, D., 2024. Kemampuan elektroda aluminium dan tembaga dalam menurunkan polutan pada limbah cair batik. Prosiding Seminar Nasional Terapan Riset Inovatif (SENTRINOV), 10(1), pp.380–389.
- Al-Jayyousi, O.R., 2003. Greywater reuse: Towards sustainable water management. Desalination, 156(1–3), pp.181–192.
- Ananda, E.R., Irawan, D., Wahyuni, S.D., Kusuma, A.D., Buadiarto, J. and Hidayat, R., 2018. Pembuatan alat pengolah limbah cair dengan metode elektrokoagulasi untuk industri tahu kota Samarinda. JTT (Jurnal Teknologi Terpadu), 6(1), pp.54–59.

- Angraeni, R., 2024. Analisis pengaruh waktu kontak dan jenis elektroda pada pengolahan air limbah industri tekstil menggunakan metode elektroflotasi. PhD thesis. Universitas Hasanuddin Makassar.
- Artanti, K., 2019. Pengolahan limbah cair kosmetik secara elektrokoagulasi sistem batch. *Ekologia: Jurnal Ilmiah Ilmu Dasar dan Lingkungan Hidup*, 19(2), pp.44–54.
- Barrera-Díaz, C.E., Balderas-Hernández, P. and Bilyeu, B., 2018. Electrocoagulation: Fundamentals and prospectives. In: *Electrochemical water and wastewater treatment*. Elsevier, pp.61–76.
- Cundari, L., Melsi, M.F. and Fiat, C., 2016. Pengaruh waktu sampling dan ukuran partikel adsorben terhadap adsorpsi kontinyu limbah kain jumputan. *Jurnal Teknik Kimia*, 22(4), pp.19–26.
- Daniar, E.S., 2022. Pengaruh tegangan dan waktu pada peningkatan kualitas air sungai sebagai air bersih dalam proses elektrokoagulasi. PhD thesis. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- Daulay, L., 2021. Pengaruh tegangan listrik pada metode elektrokoagulasi dalam menjernihkan limbah cair kelapa sawit. PhD thesis. Universitas Islam Negeri Sumatera Utara.
- Fajar, M., Ayatri, R. and Zurfi, A., 2021. Perencanaan sistem pemanenan air hujan sebagai alternatif penyediaan air bersih gedung asrama TB 4 ITERA. *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 8(2), pp.93–101.
- Fakorede, E.O. and Adewumi, J.R., 2020. Effectiveness of electro-coagulation treatment method on the physio-chemical parameters and heavy metals in rubber latex wastewater. *Lautech Journal of Engineering and Technology*, 14(2), pp.1–9.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia, 2018. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia. Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.
- Khairy, M.I., n.d. SNI 6989.57:2008 tentang air dan air limbah bagian 57 metoda pengambilan contoh air permukaan.
- Khotimah, S.N., Mardhotillah, N.A. and Arifaini, N., 2021. Karakterisasi limbah cair greywater pada level rumah tangga berdasarkan sumber emisi: Greywater characterization at household scale by emission source. *Jurnal Saintis*, 21(2), pp.71–78.
- Munandar, A., Nabila, K. and Azizah, R.N., 2023. Chemical oxygen demand (COD) and total suspended solid (TSS) removal from rubber wastewater factory using

- electrocoagulation technique. Indonesian Journal of Environmental Management and Sustainability, 7(1), pp.27–31.
- Nur, A. and Jatnika, A., 2017. Elektrokoagulasi monopolar untuk menyisihkan organik dan minyak lemak air buangan domestik (grey water). Dampak, 14(2), pp.81–86.
- Ridantami, V. and Mulyani, I.M.M., 2018. Pengaruh pH pada penurunan kadar thorium dalam limbah menggunakan proses elektrokoagulasi dengan elektroda alumunium dan tembaga. Urania: Jurnal Ilmiah Daur Bahan Bakar Nuklir, 24(3), pp.187–198.
- Sutanto, K., 2017. Teknologi berbasis nanomaterial untuk remediasi dan pengolahan air. Zenodo, pp.1–15.
- Tambunan, A.K., 2020. Studi penurunan kadar besi (Fe), tembaga (Cu) dan timbal (Pb) pada air lindi (leachate) dengan metode elektrokoagulasi menggunakan elektroda besi (Fe). PhD thesis. Universitas Sumatera Utara.