

PENURUNAN KADAR COD DAN LOGAM MERKURI (HG) LIMBAH CAIR LABORATORIUM DENGAN ELEKTROKOAGULASI

Savana Yolanda Jannatin Majid¹⁾, Sugito^{2*)}

^{1,2}Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas PGRI Adi Buana Surabaya
Email: sugito@unipasby.ac.id

Abstrak

Limbah cair laboratorium mengandung logam berat, BOD, COD dan TSS termasuk pada limbah laboratorium kimia lingkungan yang digunakan oleh Mahasiswa Teknik Lingkungan Universitas PGRI Adi Buana Surabaya. Salah satu metode alternative yang dapat digunakan adalah Elektrokoagulasi. Proses Elektrokoagulasi dilakukan dengan mengalirkan listrik dalam reaktor menggunakan elektroda hingga terjadi proses reduksi dan oksidasi. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh waktu kontak dan besarnya tegangan dalam menurunkan COD dan Hg sebelum dan sesudah diolah dengan proses Elektrokoagulasi. Proses elektrokoagulasi dilakukan menggunakan system batch dan variabel penelitian ini menggunakan variasi tegangan yaitu 25 volt dan 30 volt dan variasi waktu kontak yaitu 180 menit dan 240 menit dengan jarak antar plat Aluminium 1 cm terdiri dari 10 plat. Hasil penelitian ini menunjukkan Elektrokoagulasi mampu menurunkan parameter COD dan Hg pada limbah cair laboratorium dengan hasil maksimal diperoleh pada variabel tegangan 30 volt dengan waktu kontak 240 menit. Variasi tegangan dan waktu kontak pada proses Elektrokoagulasi mempengaruhi terhadap penurunan parameter COD sebesar 90,11% dan Hg sebesar 99,77%.

Kata Kunci: COD, Elektrokoagulasi, Hg, Limbah Laboratorium.

Abstract

Laboratory liquid waste contains heavy metals, BOD, COD, and TSS including environmental chemistry laboratory waste used by Environmental Engineering Students at PGRI Adi Buana University Surabaya. One alternative method that can be used is electrocoagulation. The electrocoagulation process is carried out by flowing electricity in the reactor using electrodes until a reduction and oxidation process occurs. This study aimed to determine the effect of contact time and the magnitude of the voltage in reducing COD and Hg before and after being treated with the electrocoagulation process. The electrocoagulation process was carried out using a batch system and the variables of this study used variations in voltage, namely 25 volts and 30 volts, and variations in contact time, namely 180 minutes and 240 minutes with a distance of 1 cm between aluminum plates consisting of 10 plates. The results of this study indicate that electrocoagulation can reduce COD and Hg parameters in laboratory wastewater with maximum results obtained at a variable voltage of 30 volts with a contact time of 240 minutes. Variations in voltage and contact time in the electrocoagulation process affect the decrease in COD parameters by 90.11% and Hg by 99.77%.

Keywords: COD, Electrocoagulation, Hg, Laboratory Waste.

1. PENDAHULUAN

Air limbah laboratorium berasal dari sisa-sisa bahan kimia dan air bekas cucian peralatan yang digunakan untuk praktikum dan pengujian sampel. Limbah laboratorium mengandung berbagai jenis senyawa organik dan logam berasal dari reaksi berbagai larutan kimia dalam suatu percobaan. Menurut Ciptaningayu (2017), limbah laboratorium dapat diklasifikasikan menjadi limbah berbahaya dan limbah beracun (B3). Menurut PP RI Nomor 101 Tahun 2014 tentang

Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) dan PP RI Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup yang menyatakan bahwa limbah B3 adalah sisa suatu perusahaan dan/atau kegiatan yang mengandung residu berbahaya dan beracun.

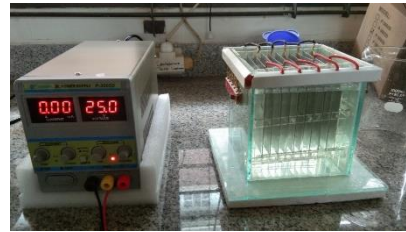
Salah satu laboratorium yang menghasilkan air limbah adalah laboratorium kimia lingkungan yang digunakan oleh Mahasiswa Teknik Lingkungan Universitas PGRI Adi Buana Surabaya. Laboratorium tersebut belum

memiliki sistem pengolahan limbah B3 untuk mengolah air buangan laboratorium. Oleh karena itu limbah cair laboratorium yang dihasilkan dapat dikumpulkan dalam wadah secara kolektif dengan atribut label dan penyimpanan yang tepat pada laboratorium tersebut. Unsur berbahaya yang terkandung dalam air limbah laboratorium antara lain timbal (Pb), merkuri (Hg), kadmium (Cd), krom (Cr), besi (Fe), tembaga (Cu), kobalt (Co), mangan (Mn), seng (Zn), dan nikel. Ketika unsur berbahaya tersebut dilepaskan langsung ke lingkungan akan mencemari lingkungan, seperti mengancam ekosistem perairan dan darat, mencemari struktur tanah dan mencemari lingkungan dengan mempengaruhi kesehatan manusia (Audina, 2017).

Kondisi awal kandungan unsur berbahaya pada air limbah laboratorium kimia lingkungan Universitas PGRI Adi Buana Surabaya menurut Nurhayati et al.(2020), terdiri dari Fe = $1810 \pm 0,21$ mg/L, Cr = $50,7 \pm 0,21$ mg/L, Pb = $6,06 \pm 1,4$ mg/L, Total Dissolved Solids (TDS) = $14874 \pm 1,14$ mg/L, pH= $2,60 \pm 00$, Total Suspended Solids (TSS) = $601 \pm 1,14$ mg/L, Chemical Oksigen Demand (COD) 37.669 ± 2 , mg/L dan Biological Oksigen Demand (BOD) $16.502 \pm 1,14$ mg/L. Hasil uji awal diperoleh yaitu COD sebesar 27.023 mg/L dan air raksa (Hg) sebesar 31,7mg/L. Nilai tersebut masih di atas baku mutu karakteristik limbah B3 pada PermenLH RI Nomor 5 Tahun 2014. Oleh sebab itu perlu adanya penanganan tepat untuk menurunkan beban tercemar pada air limbah laboratorium.

Metode lain untuk mengolah limbah cair laboratorium adalah elektrokoagulasi. Penelitian yang dilakukan Setyawati et al. (2021), penerapan proses elektrokoagulasi pada pengolahan air limbah industri yang ditinjau dari parameter COD, TSS dan Cr mendapatkan hasil penurunan berturut-turut sebesar 88,88%, 85,07% dan 83,47%. Pada penelitian yang dilakukan Fadhila et al. (2018), dalam mengolah limbah laboratorium kimia dengan metode Elektrokoagulasi pada parameter COD, Hg, Cd dan Pb menunjukkan hasil efisiensi tertinggi yaitu 89,74%, 99,2%, 94,64%, 95,41%.

Elektrokoagulasi adalah proses elektrokimia yang menggunakan arus searah untuk oksidasi anoda dengan menggunakan elektroda yaitu aluminium (Al). Proses



Elektrokoagulasi dilakukan didalam reactor elektrokimia yang terdiri dari sel elektrolisis yang mengandung satu anoda dan satu katoda (Al-Qodah & Al-Shannag, 2017). Elektrokoagulasi adalah proses menggunakan energi listrik untuk menggumpalkan dan memisahkan partikel halus dalam air. Metode elektrokoagulasi dapat menghilangkan logam berat seperti limbah B3 dalam air dengan memanfaatkan reaksi medan listrik air yang mengandung polutan melalui reaksi reduksi dan reaksi oksidasi, serta dapat mereduksi mikroorganisme dalam air (Fadhila et al., 2018). Metode Elektrokoagulasi merupakan metode yang memiliki keuntungan yaitu tidak membutuhkan senyawa kimia, dapat digunakan untuk mereduksi berbagai jenis polutan seperti *suspended* dan *colloidal solids*, logam berat, bakteri dan senyawa organik, biaya operasional murah, konsumsi energi rendah, dapat digunakan untuk proses *recycle* air, serta penggunaannya mudah dan sederhana (Mulyana, 2019).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui efisiensi elektrokoagulasi dalam menurunkan parameter COD dan Hg pada limbah laboratorium serta efektivitas pada variasi tegangan dan waktu kontak dalam perlakuan sebelum dan sesudah diolah dengan metode Elektrokoagulasi. Diketahui bahwa proses Elektrokoagulasi dengan waktu kontak 180 menit sampai 240 menit dapat menurunkan COD dan Hg lebih dari 90%.

2. METODE

Penelitian eksperimental dilakukan untuk mengetahui efisiensi penurunan parameter COD dan Hg yang mengacu pada variabel pengolahan air limbah laboratorium yang ditentukan sebelumnya. Pada penelitian ini menggunakan variabel bebas yaitu variasi tegangan 25 volt dan 30 volt dengan variasi waktu kontak terdiri dari 180 menit dan 240 menit. Sedangkan variabel terikat dengan parameter COD dan Hg. Pengolahan Elektrokoagulasi menggunakan plat Aluminium dengan jarak 1 cm sebanyak 10 plat pada setiap prosesnya.

2.1. Alat dan Bahan

Limbah yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari limbah laboratorium lingkungan Teknik Lingkungan Universitas PGRI Adi Buana Surabaya dengan pengumpulan 3 – 5 bulan. Limbah yang dikumpulkan disaring dan dihomogenkan. Metode eksperimen pada penelitian ini membandingkan hasil pengolahan Elektrokoagulasi berdasarkan variasi tegangan dan waktu kontak untuk mengetahui kinerja sistem pengolahan tersebut efektif dalam menurunkan parameter COD dan Hg. Alat dan bahan yang digunakan dalam proses Elektrokoagulasi yaitu, menyiapkan limbah yang telah disaring dan dihomogenkan, reaktor, plat elektroda Alumunium, *Digital Power Supply* 3V/5A dan kabel penghubung. Persiapan alat dan bahan dilakukan di Laboratorium Lingkungan Teknik Lingkungan, Universitas PGRI Adi Buana Surabaya. Gambar 1. Merupakan rangkaian alat Elektrokoagulasi dalam penelitian.

Gambar 1. Rangkaian Alat Elektrokoagulasi

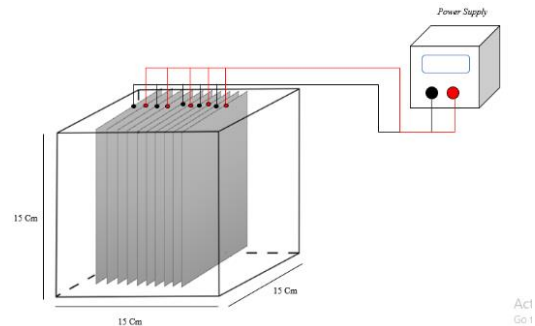
2.2. Rancangan Reaktor

Rancangan reaktor penelitian meliputi menyiapkan reaktor skala laboratorium terbuat dari kaca setebal 1 cm, ukuran Panjang 15cm, Lebar 15cm dan Tinggi 15cm. Plat elektroda Alumunium dengan ukuran Panjang 11 cm dan Lebar 10 cm dimasukkan kedalam reaktor yang berjumlah 10 plat dengan jarak 1 cm antar plat dengan bantuan penyangga yang terbuat dari akrilik. Proses Elektrokoagulasi diperlukan *Digital Power Supply* 30 V/5 A, kabel penghubung berwarna merah dan hitam. Kabel merah menunjukkan aliran (-) dan kabel berwarna hitam menunjukkan aliran (+), serta akrilik penyangga plat sebagai pembantu mentasbilkan jarak antar platnya. Bahan yang dibutuhkan dalam penelitian adalah limbah laboratorium Teknik Lingkungan yang telah disaring dan dihomogenkan dalam setiap perlakuannya membutuhkan 2L. Adapun desain rancangan reaktor proses Elektrokoagulasi dengan elektroda Alumunium seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.

2.3. Prosedur Penelitian

Sebelum pengolahan dilakukan uji reaktor dan komponen Elektrokoagulasi agar pada

proses pengolahan tidak terjadi kesalahan. Setelah proses uji reaktor maka dilakukan proses elektrokoagulasi yaitu memasang plat elektroda pada reaktor jarak antar plat adalah 1 cm.



Gambar 2. Desain Rancangan Reaktor Proses Elektrokoagulasi

Pada penelitian ini digunakan 5 pasang plat elektroda pada setiap pengolahan dari Alumunium yang memiliki ketebalan 0,1 mm dan ukuran 10x11 cm. Setelah plat elektroda terpasang maka sampel limbah cair dimasukkan kedalam reaktor sebanyak 2 L selanjutnya *Digital Power Supply* dihubungkan ke elektroda Alumunium. Apabila semua plat sudah terhubung maka *Digital Power Supply* dinyalakan dan diatur tegangannya. Penelitian ini menggunakan variasi tegangan R1 = 25 V/5A selama 180 menit, R2 = 25 V/5A selama 240 menit, R3 = 30 V/5A selama 180 menit, R4 = 30 V/5A selama 240 menit. Plat elektroda Alumunium yang digunakan pada penelitian diganti setiap perlakuannya serta penelitian dilakukan dengan tiga (3) kali pengulangan. Data dari hasil uji dianalisis untuk mendapatkan hasil penurunan parameter COD dan Hg. Metode acuan pada analisis COD sesuai dengan SNI 6989.72:2009 serta analisis Hg sesuai dengan APHA 3112 B, Ed 23, 2017. Tabel 1. Merupakan data hasil uji awal limbah cair laboratorium yang diteliti.

Tabel 1. Konsentrasi awal dan Baku Mutu Limbah Laboratorium

Parameter	Satuan	Baku Mutu*	Konsentrasi Awal
COD	mg/L	100	27023
Pb	mg/L	0,1	<0,0547
Hg	mg/L	0,002	31,7
Cd	mg/L	0,05	0,00114

Sumber : *PemenLHK RI No.5 Tahun 2014 & Hasil Uji Laboratorium Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Jawa Timur.

Pada data Tabel 1. terlihat secara garis besar untuk parameter uji masih melebihi batas baku mutu yang telah ditetapkan atas dasar PermenLHK RI Tahun 2014 . Pada kandungan Cd dan Pb yang memenuhi baku mutu tersebut namun dalam penelitian Cd dan Pb tidak dijadikan parameter uji.

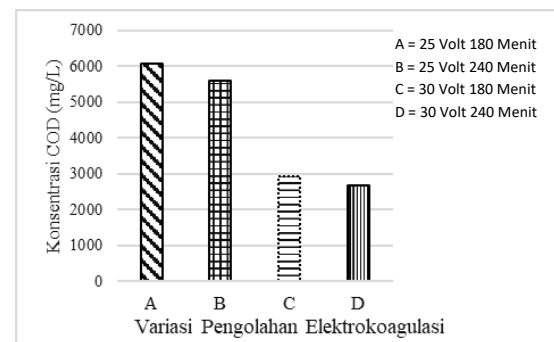
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengolahan limbah laboratorium untuk menurunkan parameter COD dan Hg menggunakan metode Elektrokoagulasi telah dilakukan dalam skala laboratorium. Elektrokoagulasi merupakan proses dekomposisi elektrolit yang terjadi akibat adanya aliran arus listrik, kation akan menyerap elektron yang direduksi pada katoda dan anion bergerak ke anoda dan elektron teroksidasi sehingga terbentuknya flok yang dapat mengikat kontaminan pada air limbah (Hidayanti et al., 2021). Proses Elektrokoagulasi menggunakan arus searah (DC) untuk mengoptimalkan pembetukan gas H₂ apabila menggunakan arus yang lebih besar dan terlalu cepat dapat memecahkan flok yang telah terbentuk (Setyawati et al., 2021). Berdasarkan hasil analisis laboratorium didapatkan parameter yang teremoval pada limbah cair laboratorium yang telah dilakukan pengolahan.

3.1. Penurunan Parameter COD pada Limbah Laboratorium Menggunakan Elektrokoagulasi

Data hasil penelitian penurunan COD pada limbah laboratorium Teknik Lingkungan Universitas PGRI Adi Buana Surabaya setelah melalui proses Elektrokoagulasi dengan elektroda Aluminium jarak antar plat 1 cm dengan variasi tegangan 25 volt dan 30 volt, variasi waktu kontak 180 menit dan 240 menit tersaji pada Gambar 3. Flok yang terbentuk pada proses Elektrokoagulasi mengendap secara gravitasi yang menyebabkan menurunnya konsentrasi COD dalam air limbah yang diolah. Proses ini juga dipengaruhi oleh bertambahnya waktu dalam proses Elektrokoagulasi maka semakin banyak ikatan yang akan terjadi. Sedangkan semakin

kecil jarak antar elektroda maka semakin besar rapat arus yang terjadi diantara dua elektroda yang sedang bereaksi (Prayitno et al., 2016).



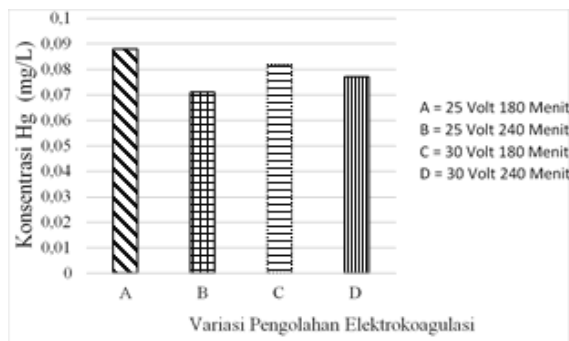
Gambar 3. Konsentrasi penurunan parameter COD

Pada Gambar 3. menunjukkan kemampuan maksimal metode Elektrokoagulasi dalam menurunkan parameter COD variasi tegangan 30 volt pada waktu kontak 240 menit sebesar 2670,83 mg/L dengan efisiensi sebesar 90,11%. Penelitian Sukmawardani & Amalia (2019), penurunan parameter COD dapat terjadi proses oksidasi dan reduksi pada reaktor penelitian, elektroda yang digunakan mudah membentuk gas seperti oksigen dan hydrogen dan mempengaruhi penurunan COD. Penelitian yang dilakukan oleh Sugito et al. (2022) , bahwa pada limbah cair industri pembersihan udang (*Cold Storage*) dengan menggunakan metode Elektrokoagulasi dengan hasil efisiensi terbaik parameter BOD, COD dan Amonia masing-masing sebesar 55,90%, 51,29% dan 48,86%. Pada reaksi Elektrokoagulasi terbentuknya flok dari ion senyawa berikatan dengan ion koagulan positif. Semakin banyak elektroda yang digunakan semakin mempengaruhi efektivitas penurunan parameter COD (Ni'am et al., 2018).

3.2. Penurunan Parameter Hg pada Limbah Laboratorium Menggunakan Elektrokoagulasi

Kondisi pengolahan limbah cair yang dihasilkan oleh laboratorium masih belum optimal. Semakin banyak laboratorium kimia yang beroperasi, maka limbah cair yang dihasilkan akan semakin meningkat. Limbah yang dihasilkan oleh setiap laboratorium hanya diendapkan di kolam penampungan atau jirigen selanjutnya bekerjasama dengan pihak ketiga pengolahan limbah B3. Limbah cair yang dihasilkan oleh laboratorium cenderung

memiliki nilai logam berat yang tinggi (Pratiwi et al., 2019). Data hasil penelitian penurunan Hg pada limbah laboratorium Teknik Lingkungan Universitas PGRI Adi Buana Surabaya setelah melalui proses Elektrokoagulasi dengan elektroda Alumunium jarak antar plat 1 cm dengan variasi tegangan 25 volt dan 30 volt, variasi waktu kontak 180 menit dan 240 menit tersaji pada Gambar 4.



Gambar 4. Konsentrasi penurunan parameter Hg

Pada **Gambar 4.** pada variasi tegangan 30 volt dengan waktu kontak 240 menit pengolahan pertama terjadi abnormalisasi data yaitu data yang dihasilkan berbeda jauh dengan data pada pengolahan kedua dan ketiga. Parameter Hg hasil analisis awal sebelum diproses dengan Elektrokoagulasi yaitu 31,7 mg/L dan hasil penurunan terbaik pada parameter Hg yaitu tegangan 25 volt dengan waktu kontak 240 menit sebesar 0,07133 mg/L dengan efisiensi penurunan 99,77%. Hasil penurunan terbaik pada parameter Hg tidak didapatkan dari proses Elektrokoagulasi dengan tegangan dan waktu kontak yang lama pada variasi tersebut. Berdasarkan penelitian Masrullita et al. (2021), bahwa waktu kontak yang lebih lama digunakan dalam proses elektrokoagulasi mengalami kejenuhan karena flok yang terjadi pada proses tersebut menutupi permukaan plat elektroda. Ketika arus listrik mengalir dari waktu ke waktu flok yang dihasilkan akan semakin banyak dan menutupi permukaan elektroda yang digunakan sehingga kemampuan elektroda untuk menyerap polutan dalam air limbah akan berkurang. Penelitian Fadhila et al. (2018), menunjukkan penurunan parameter Hg pada nilai parameter

awal 15 mg/L menjadi 0,104 mg/L penurunan terbesar pada penelitian tersebut dengan tingkat efisiensi hingga 99,2%. Berdasarkan pernyataan tersebut penurunan parameter Hg pada hasil penelitian ini relevan dengan penelitian yang dilakukan oleh Fadhila et al. (2018) yang menjelaskan bahwa 99% penurunan parameter Hg merupakan penurunan maksimal yang dapat diturunkan menggunakan metode Elektrokoagulasi.

4. KESIMPULAN

Elektrokoagulasi dengan variasi tegangan dan waktu kontak dapat menurunkan parameter COD dari kadar awal yaitu 27.023 mg/L menjadi 2.670,83 mg/L dan parameter Hg dari kadar awal 31,7 mg/L menjadi 0,071333 mg/L. Efisiensi terbaik proses Elektrokoagulasi parameter COD pada tegangan 30 volt dengan waktu kontak 240 menit sebesar 90,11 % dan efisiensi terbaik parameter Hg pada tegangan 25 Volt dan waktu kontak 240 menit sebesar 99,77%.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Qodah, Z., & Al-Shannag, M. (2017). Heavy metal ions removal from wastewater using electrocoagulation processes: A comprehensive review. *Separation Science and Technology (Philadelphia)*, 52(17), 2649–2676. <https://doi.org/10.1080/01496395.2017.1373677>
- Audina, M. (2017). Pengolahan Limbah Cair Laboratorium Teknik Lingkungan Dengan Koagulasi Dan Adsorpsi Untuk Menurunkan COD, Fe, Dan Pb. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 5(1), 1–10. <https://doi.org/10.26418/jtlb.v5i1.18012>
- Ciptaningayu, T. N. (2017). Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya Beracun (B3) Laboratorium Di Kampus ITS. In *Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya Repository*. <https://repository.its.ac.id/id/eprint/44452>
- Fadhila, R. Y., Ihsan, & Sahara. (2018a). Pengolahan Limbah Laboratorium Kimia Dengan kombinasi Metode Elektroagulasi, Filtrasi dan Pengikat Logam Dengan Asam Jawa. *JFT : Jurnal Fisika Dan Terapannya*, 5(1), 72–81.

- Fadhila, R. Y., Ihsan, & Sahara. (2018b). Pengolahan Limbah Laboratorium Kimia Dengan Kombinasi Metode Elektrokoagulasi, Filtrasi dan Pengikatan LOGam Dengan Asam Jawa. *Jurnal Fisika Dan Terapannya*, 5(1), 72–81.
- Hidayanti, A., Afifa, U. I., Ismuyanto, B., & Juliananda. (2021). Pengaruh Tegangan Elektrokoagulasi dan Konsentrasi Awal Pewarna terhadap Persentase Penyisihan Remazol Red RB. *Jurnal Rekayasa Bahan* ..., 5(2), 1–9. <https://rbaet.ub.ac.id/index.php/rbaet/article/view/83%0Ahttps://rbaet.ub.ac.id/index.php/rbaet/article/download/83/37>
- Masrullita, M., Hakim, L., Nurlaila, R., & Azila, N. (2021). Pengaruh Waktu Dan Kuat Arus Pada Pengolahan Air Payau Menjadi Air Bersih Dengan Proses Elektrokoagulasi. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 10(1), 111. <https://doi.org/10.29103/jtku.v10i1.4184>
- Muliyana, R. (2019). Upaya penurunan kadar logam berat air menggunakan metode Elektrokoagulasi untuk menghasilkan air bersih. In *Skripsi. Fakultas Sains Dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Sumatera Utara. Medan*.
- Ni'am, A. C., Caroline, J., & Afandi, M. . H. (2018). Variasi Jumlah Elektroda Dan Besar Tegangan Dalam Menurunkan Kandungan Cod Dan Tss Limbah Cair Tekstil Dengan Metode Elektrokoagulasi. *Al-Ard: Jurnal Teknik Lingkungan*, 3(1), 21–26. <https://doi.org/10.29080/alard.v3i1.257>
- Nurhayati, I., Vigiani, S., & Majid, D. (2020). Penurunan Kadar Besi (Fe), Kromium (Cr), COD dan BOD Limbah Cair Laboratorium dengan Pengenceran, Kougulasi dan Adsorbsi. *Ecotrophic*, 14(1)(June), 74–87.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5. (2014). *Baku Mutu Karakteristik Limbah Berbahaya Dan Beracun (B3)*.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 101. (2014). *Pengolahan Limbah Bahan Berbahaya Dan Beracun (B3)*.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No.22. (2021). *Penyelenggaraan Perlindungan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup*.
- Pratiwi, N. T. M., Hariyadi, S., Ayu, I. P., Apriadi, T., Iswantari, A., & Wulandari, D. Y. (2019). Pengelolaan Kandungan Bahan Organik pada Limbah Cair Laboratorium Proling MSP-IPB dengan Berbagai Kombinasi Agen Bioremediasi. *Jurnal Biologi Indonesia*, 15(1), 89–95. <https://doi.org/10.47349/jbi/15012019/89>
- Prayitno, Rulianah, S., & Takwanto, A. (2016). Pengolahan Air Limbah Laboratorium Menggunakan Proses Elektrokoagulasi. *Seminar Nasional Terapan Riset Inovatif*, 2(Mic), 1–30.
- Setyawati, H., Galuh, D., & Yunita, E. (2021). Pengaruh Jarak dan Tegangan Elektroda Pada Cr, COD dan Pengurangan TSS Pada Air Limbah Tanning Industri Menggunakan Electrokoagulator Batch. *Jurnal Teknologi Berkelanjutan Dan Sains Terapan*, 2403(1), 24–30.
- Sugito, Kholif, M. Al, Tyas, Y. A. N., & Sutrisno, J. (2022). Jurnal Ilmu Alam dan Lingkungan Amonia untuk Mengolah Limbah Cair Industri Pembekuan Udang (Cold Storage). *Jurnal Alam Dan Lingkungan*, 13(1), 57–65.
- Sukmawardani, Y., & Amalia, V. (2019). Pengolahan Limbah Cair Laboratorium Kimia Menggunakan Metode Elektrokoagulasi. *Jurnal Kartika Kimia*, 2(2), 100–106.