

Penerapan pengolahan limbah secara *elektrokoagulasi* pada limbah cair dari pusat perbelanjaan di Kota Malang

Khalimatus Sa'diyah^{1*}, Susanto², Wianthi Septia Witasari³, Nur An Nisa Octa Ayuningtyas⁴, Pramita Nor Tavia⁵

^{1*}, ² Program Studi Teknik Kimia, Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Kota Malang, Indonesia

³, ⁴, ⁵ Program Studi Teknologi Kimia Industri, Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Kota Malang, Indonesia

ABSTRAK

Limbah cair merupakan salah permasalahan pada pusat perbelanjaan di Kota Malang. Tujuan program ini adalah memberikan solusi alternatif pengolahan limbah cair di salah satu pusat perbelanjaan di Kota Malang. Berdasarkan hasil pengolahan limbah cair secara elektrokoagulasi diperoleh hasil bahwa air limbah domestik Mall Dinoyo yang diolah dengan metode elektrokoagulasi memiliki kandungan COD sebesar 65 mg/L, kandungan BOD sebesar 0,66 mg/L, kandungan TSS sebesar 222 mg/L, kandungan minyak 1,28 mg/L, dan pH sebesar 6,3. Air limbah hasil pengolahan secara elektrokoagulasi sudah memenuhi parameter standard mutu air limbah domestik terutama pada parameter pH, COD, BOD, dan kadar minyak. Namun hasil pengolahan limbah cair secara elektrokoagulasi belum memenuhi parameter TSS. Hasil tersebut juga cukup memuaskan untuk diterapkan di pusat pengolahan limbah cair domestik seperti limbah cair dari pusat perbelanjaan. Perlu pengembangan inovasi lebih lanjut untuk menurunkan kadar TSS pada limbah cair domestik seperti penggabungan metode elektrokoagulasi dengan absorpsi menggunakan karbon aktif.

Kata Kunci: Elektrokoagulasi, Limbah Cair, Limbah Domestik

ABSTRACT

Liquid waste poses a significant problem in the shopping center of Malang City. This program aims to provide alternative wastewater treatment solutions in one of Malang's shopping centers. The electrocoagulation method treated the domestic wastewater from Mall Dinoyo, resulting in a COD content of 65 mg/L, BOD content of 0.66 mg/L, TSS content of 222 mg/L, oil content of 1.28 mg/L, and pH of 6.3. Wastewater electrocoagulation treatment has met the parameters of domestic wastewater quality standards, especially in terms of pH, COD, BOD, and oil content. However, the results of electrocoagulation wastewater treatment did not meet the TSS parameters. The results are also satisfactory enough to be applied in domestic wastewater treatment centres, such as wastewater from shopping centres. We must develop further innovations to reduce TSS levels in domestic wastewater, such as combining the electrocoagulation method with activated carbon absorption.

Keywords: Electrocoagulation, Liquid Waste, Domestic Waste

Histori Artikel:

Diterima November 2024, direvisi November 2024, disetujui Desember 2024, dipublikasi Desember 2024

*Penulis Korespondensi:

khalimatus.s@polinema.ac.id

DOI:

<https://doi.org/10.5281/zenodo.14440048>

PENDAHULUAN

Kota Malang dengan luas wilayah 110,077 km² merupakan salah satu kota wisata di Indonesia. Wilayah Kota Malang dikelilingi oleh wilayah Kabupaten Malang, sehingga memiliki posisi strategis dalam mendukung perekonomian regional dan sektor pariwisata. Wilayah Kota Malang terdiri dari 5 kecamatan, salah satunya adalah Kecamatan Lowokwaru yang terletak di bagian barat kota (BPS, 2024b). Kecamatan ini memiliki 12 kelurahan dengan jumlah penduduk mencapai 170.149 jiwa (BPS, 2024a). Dengan populasi yang besar dan pertumbuhan ekonomi yang cukup dinamis, Lowokwaru menjadi salah satu pusat kegiatan sosial dan ekonomi di Kota Malang.

Salah satu lokasi penting untuk aktivitas ekonomi di Kecamatan Lowokwaru adalah Mall Dinoyo, yang berada di Kelurahan Dinoyo. Mall ini berfungsi tidak hanya sebagai tempat berbelanja tetapi juga sebagai penggerak ekonomi lokal yang signifikan. Kehadirannya meningkatkan daya tarik area ini sebagai pusat belanja dan hiburan, baik bagi warga setempat maupun pengunjung. Di samping itu, Mall Dinoyo juga membantu pertumbuhan ekonomi dengan menciptakan lapangan kerja dan mendukung bisnis lokal di sekitarnya. Namun, tingkat aktivitas yang tinggi di daerah ini menghadirkan tantangan dalam hal pengelolaan lingkungan, terutama pengelolaan limbah rumah tangga yang dihasilkan oleh Mall Dinoyo. Mengingat pentingnya keberlanjutan dalam pembangunan kota, pengelolaan lingkungan yang baik menjadi aspek penting untuk memastikan bahwa manfaat ekonomi dari keberadaan pusat perbelanjaan ini tidak merugikan kualitas lingkungan.

Limbah cair domestik dari Mall Dinoyo, mengandung kadar pH, COD, TSS, minyak, turbidity, dan BOD yang cukup tinggi karena mengandung komponen organik. Jika tidak diolah, limbah ini dapat mengubah kondisi fisik dan biologis lingkungan, mengancam ekosistem setempat (Koyuncu & Ariman, 2020). Saat ini, pengolahan limbah di Mall Dinoyo menggunakan metode biofilter, namun hasilnya belum optimal, kemungkinan karena kompleksitas limbah dan keterbatasan sistem. Oleh karena itu, diperlukan inovasi dalam pengolahan limbah, seperti penerapan elektrokoagulasi yang lebih efektif dalam mengurangi polutan, untuk mendukung keberlanjutan lingkungan di kawasan beraktivitas ekonomi tinggi.

Elektrokoagulasi adalah proses pengolahan air dan air limbah yang menggunakan mekanisme elektrokimia, kimia, dan fisika untuk mengurangi atau menurunkan ion-ion logam dan partikel-partikel di dalam air. Proses elektrokoagulasi adalah Proses pengolahan limbah dengan bantuan arus listrik yang dialirkan ke air limbah untuk meningkatkan gerakan polutan tersuspensi dan koloid yang menghasilkan produksi koagulan dari reaksi reaksi elektroda (Anugrah & Sugiarto, 2023; Gameissa et al., 2012; Joning et al., 2022; Subuharni et al., 2023). Elektrokoagulasi memiliki keunggulan dalam proses air limbah seperti ramah lingkungan, efisiensi penghilangan polutan yang tinggi efisiensi energi yang tinggi, efektivitas, menghindari penggunaan bahan kimia, dan jumlah lumpur yang sedikit dihasilkan dibandingkan dengan metode pengolahan kimia (Koyuncu & Ariman, 2020; Prasetyaningrum & Dharmawan, 2018).

Program pengabdian pada masyarakat ini bertujuan untuk memberikan solusi terhadap permasalahan limbah cair domestik yang dihasilkan oleh pusat perbelanjaan di kawasan Kecamatan Lowokwaru, khususnya Mall Dinoyo. Limbah cair dari pusat perbelanjaan ini memiliki karakteristik yang kompleks, dengan kandungan pH, COD, TSS, minyak, turbidity, dan BOD yang tinggi akibat dominasi komponen organik. Jika tidak dikelola dengan baik, limbah ini dapat menyebabkan kerusakan lingkungan, seperti degradasi kualitas air, pencemaran tanah, serta gangguan ekosistem biologis. Program ini mencakup beberapa tahap kegiatan, antara lain: (1) identifikasi karakteristik limbah cair di Mall Dinoyo, (2) desain dan instalasi sistem elektrokoagulasi sederhana, dan (3) pengujian efektivitas teknologi elektrokoagulasi dalam menurunkan kadar polutan. Dengan pendekatan ini, diharapkan teknologi elektrokoagulasi mampu menjadi solusi yang lebih efektif dan efisien dalam pengolahan limbah cair, sekaligus

memberikan dampak positif terhadap keberlanjutan lingkungan di wilayah Kecamatan Lowokwaru. Melalui program ini, kontribusi nyata terhadap pengurangan dampak lingkungan dari aktivitas ekonomi di Mall Dinoyo dapat dicapai, serta mendukung pengelolaan limbah yang lebih modern dan ramah lingkungan di kawasan perkotaan.

METODE

Khalayak sasaran program Pengabdian kepada Masyarakat (PpM) ini adalah pusat perbelanjaan di Kota Malang, terutama di bagian pengolahan limbah cair Mall Dinoyo. Metode pelaksanaan kegiatan ini melibatkan tiga tahapan utama, yaitu diskusi awal dengan mitra, pengolahan limbah cair menggunakan metode elektrokoagulasi, dan evaluasi kegiatan PpM. Setiap tahap melibatkan berbagai peran, termasuk keterlibatan mahasiswa sebagai pelaksana lapangan, serta tim dengan kompetensi khusus dalam analisis kimia, pengelolaan limbah cair, dan konversi biomassa.

1. Diskusi Awal dengan Mitra.

Tahap pertama adalah diskusi langsung antara tim PpM dari Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Malang dan pengelola limbah cair di Mall Dinoyo. Pada tahap ini, mahasiswa berperan sebagai asisten teknis yang membantu dalam mendokumentasikan permasalahan yang dihadapi pengelola dan mendiskusikan solusi yang relevan. Tim dengan kompetensi di bidang pengelolaan limbah cair akan memfasilitasi pertemuan dan memberikan wawasan tentang teknologi pengolahan yang lebih efisien dan ramah lingkungan, seperti elektrokoagulasi. Diskusi ini juga bertujuan untuk memastikan bahwa pihak mitra memahami tujuan dan manfaat dari kegiatan PpM yang akan dilaksanakan.

2. Pengolahan Limbah Cair di Mall Dinoyo dengan Metode Elektrokoagulasi.

Pada tahap kedua, pengelolaan limbah cair dilakukan oleh tim PpM yang melibatkan dosen dan mahasiswa. Mahasiswa berperan aktif dalam pengukuran parameter limbah cair sebelum dan setelah pengolahan untuk mengidentifikasi kadar BOD, COD, TSS, dan minyak. Mahasiswa bertanggung jawab dalam mengambil sampel limbah, melakukan analisis laboratorium, serta menganalisis data yang diperoleh. Tim pengelola limbah cair, yang memiliki pengalaman di bidang ini, bertanggung jawab dalam desain dan instalasi sistem elektrokoagulasi serta pengoperasiannya di lapangan.

3. Evaluasi Kegiatan PpM.

Pada tahap evaluasi, tim PpM bersama mitra melakukan analisis hasil pengolahan limbah cair menggunakan metode elektrokoagulasi. Mahasiswa berperan dalam membandingkan parameter limbah cair sebelum dan setelah pengolahan untuk menilai efektivitas teknologi ini. Evaluasi ini bertujuan untuk mengetahui apakah kadar BOD, COD, TSS, dan minyak telah berkurang sesuai dengan target yang diharapkan. Selain itu, mitra akan memberikan umpan balik mengenai hasil kegiatan dan masukan terkait keberlanjutan program. Mahasiswa dan tim PpM kemudian akan mengolah informasi tersebut untuk merumuskan rekomendasi untuk program pengabdian selanjutnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada diskusi awal diketahui bahwa pengolahan limbah cair Mall Dinoyo menggunakan metode biofilter, namun hasil limbah cair yang diolah tersebut belum optimal berdasarkan standard mutu air limbah domestik yang ditetapkan oleh Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 68 Tahun 2016. Dalam peraturan tersebut, ditetapkan parameter-parameter yang harus dipenuhi oleh air limbah domestik, seperti kadar BOD, COD, TSS, pH, dan kadar minyak. Tingginya nilai parameter-parameter ini menunjukkan bahwa metode biofilter yang diterapkan saat ini belum cukup efektif dalam mengurangi kandungan polutan dalam limbah cair. Pada tahap ini juga dilakukan observasi penampungan terhadap sistem

penampungan limbah cair di Mall Dinoyo. Observasi bertujuan untuk menilai sistem yang ada, serta memahami kondisi penampungan limbah cair yang dihasilkan dari aktivitas di pusat perbelanjaan tersebut. Penampungan limbah cair yang kurang optimal atau tidak sesuai standar dapat memperburuk proses pengolahan limbah, mengingat sifat limbah cair yang cenderung bervariasi dan memerlukan penanganan yang tepat (Innez Shessariefta et al., 2023).



Gambar 1. Kegiatan Observasi pada Penampungan Limbah Cair Pusat Perbelanjaan Mall Dinoyo

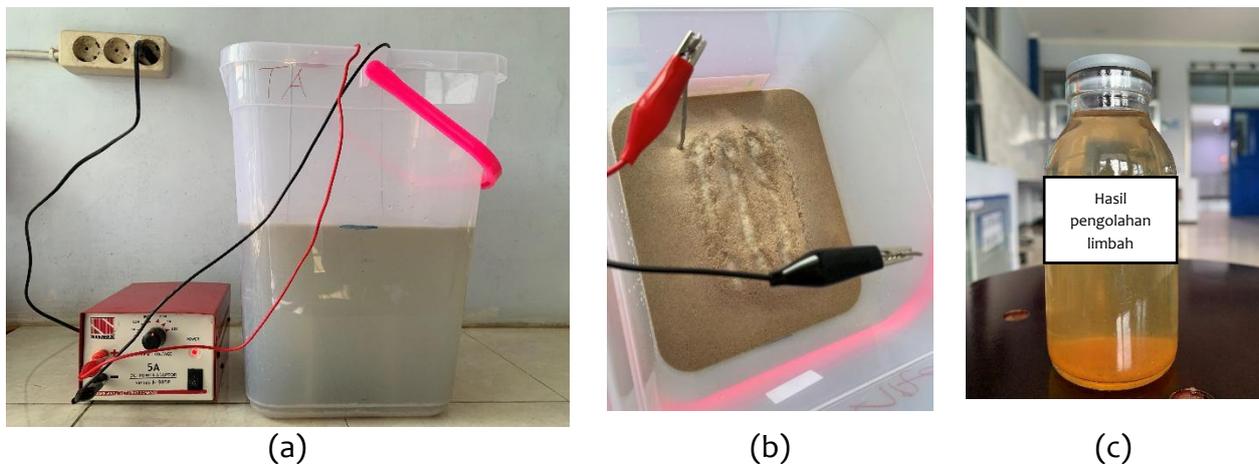
Tim PpM melakukan inspeksi langsung terhadap fasilitas penampungan limbah cair di Mall Dinoyo, mencatat kondisi fisik, dan mengidentifikasi masalah-masalah teknis yang mungkin memengaruhi proses pengolahan limbah. Observasi ini menjadi dasar untuk merumuskan solusi yang lebih tepat, salah satunya dengan menerapkan teknologi pengolahan limbah yang lebih efisien dan efektif, seperti elektrokoagulasi, untuk mencapai standar kualitas air yang sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Hasil Penerapan Pengolahan Limbah Cair Mall Dinoyo dengan Metode Elektrokoagulasi

Tahapan pengolahan limbah cair Mall Dinoyo dengan metode elektrokoagulasi yang dilakukan terdiri dari:

- a. Memasukkan Limbah Cair pada Bak Penampungan
Langkah pertama adalah memasukkan limbah cair ke dalam bak penampungan hingga mencapai $\frac{2}{3}$ dari volume bak. Ini bertujuan agar volume limbah yang akan diolah cukup untuk memperoleh hasil yang representatif selama proses elektrokoagulasi.
- b. Memasukkan Elektroda ke dalam Bak
Elektroda yang digunakan dalam proses ini adalah besi sebagai katoda dan stainless steel sebagai anoda. Elektroda dimasukkan ke dalam bak penampungan limbah hingga 90% dari panjang elektroda tercelup ke dalam air limbah. Posisi elektroda ini penting untuk memastikan bahwa proses elektrokimia terjadi secara merata di seluruh volume limbah.
- c. Menghubungkan Kabel pada Travo/Adaptor dengan Elektroda
Kabel merah (+) dihubungkan dengan elektroda anoda dan kabel hitam (-) dihubungkan dengan elektroda katoda. Proses ini memastikan arus listrik dapat mengalir melalui sistem, yang menjadi kunci dalam proses elektrokoagulasi untuk mengumpulkan dan mengendapkan partikel-partikel yang terlarut dalam limbah cair.

- d. Menghubungkan Adaptor dengan Sumber Listrik dan Mengatur Voltase
Adaptor kemudian dihubungkan dengan sumber listrik, dan voltase diatur pada level 9 Volt. Pengaturan voltase ini merupakan langkah penting untuk memastikan arus listrik yang mengalir sesuai dengan kebutuhan proses elektrokoagulasi, yang berfungsi untuk memecah ikatan kimia dalam air limbah dan mengendapkan polutan.
- e. Menjalankan Proses Elektrokoagulasi Selama 1 Jam
Setelah proses pengaturan, elektrokoagulasi dijalankan selama 1 jam. Selama waktu ini, arus listrik akan menyebabkan koagulasi, di mana polutan seperti minyak, partikel koloid, dan senyawa lainnya mengendap, memudahkan proses pemisahan dari air limbah.
- f. Mengakhiri Proses Koagulasi
Setelah 1 jam, proses elektrokoagulasi dihentikan dengan menekan tombol "off" pada travo/adaptor dan memutuskan sambungan dari sumber listrik. Setelah proses selesai, limbah cair yang telah diproses akan lebih bersih dan siap untuk dianalisis kualitasnya.



Gambar 2. Proses Pengolahan Limbah secara Elektrokoagulasi pada Limbah Cair dari Pusat Perbelanjaan Mall Dinoyo: (a) rangkaian alat, (b) pemasangan kabel pada elektroda, (c) hasil pengolahan limbah cair

Gambar 2 menunjukkan tahapan pengolahan limbah cair menggunakan metode elektrokoagulasi di Mall Dinoyo, dengan gambar (a) menunjukkan rangkaian alat yang digunakan, gambar (b) memperlihatkan pemasangan kabel pada elektroda, dan gambar (c) menunjukkan hasil pengolahan limbah cair setelah proses elektrokoagulasi selesai. Dengan penerapan metode ini, diharapkan pengolahan limbah cair dapat mencapai kualitas yang lebih baik sesuai dengan standar yang ditetapkan, dan memberikan solusi lebih efisien dalam mengelola limbah cair di pusat perbelanjaan.

Evaluasi Kegiatan Pengabdian pada Masyarakat

Evaluasi kegiatan pengabdian masyarakat yang dilakukan pada pengolahan limbah cair Mall Dinoyo menggunakan metode elektrokoagulasi menunjukkan hasil yang cukup positif, meskipun masih ada satu parameter yang belum mencapai standar yang ditetapkan. Tabel 1 menyajikan hasil analisis air limbah setelah pengolahan, yang dibandingkan dengan standar mutu air limbah domestik berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 68 Tahun 2016.

Tabel 1. Hasil pengolahan limbah cair Mall Dinoyo dengan metode elektrokoagulasi

| Parameter | Hasil Pengolahan Elektokoagulasi | Standard Mutu | Keterangan |
|---------------|----------------------------------|---------------|------------|
| COD (mg/L) | 65 | 100 | sesuai |
| BOD (mg/L) | 0,66 | 30 | sesuai |
| TSS (mg/L) | 222 | 30 | belum |
| Minyak (mg/L) | 1,28 | 5 | sesuai |
| pH | 6,3 | 6-9 | sesuai |

Hasil pengolahan menunjukkan bahwa parameter COD (Chemical Oxygen Demand) berhasil diturunkan menjadi 65 mg/L, yang lebih rendah dari batas maksimum yang diizinkan yaitu 100 mg/L. Ini menunjukkan bahwa proses elektrokoagulasi cukup efektif dalam mengurangi kadar bahan organik dalam limbah cair, yang menjadi indikator utama tingkat pencemaran organik pada air (Joko Sutrisno et al., 2023). Untuk parameter BOD (Biochemical Oxygen Demand), hasil pengolahan menunjukkan angka 0,66 mg/L, yang jauh lebih rendah dari standar maksimum 30 mg/L. Hal ini menunjukkan bahwa kandungan bahan organik yang dapat terurai secara biologis telah tereduksi secara signifikan, mencerminkan keberhasilan elektrokoagulasi dalam mengurangi beban biologis pada air limbah. TSS (Total Suspended Solids) menunjukkan hasil 222 mg/L, yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan batas maksimum yang ditetapkan yaitu 30 mg/L. Ini menunjukkan bahwa proses elektrokoagulasi belum optimal dalam mengurangi kandungan partikel tersuspensi dalam limbah cair. Hal ini dapat disebabkan oleh berbagai faktor, termasuk jenis elektroda yang digunakan, lama waktu elektrokoagulasi, atau kebutuhan untuk peningkatan tahapan pemisahan setelah proses elektrokoagulasi (Ningsih¹ et al., 2022). Minyak dalam limbah cair setelah pengolahan tercatat pada kadar 1,28 mg/L, yang berada di bawah batas maksimum yang ditetapkan yakni 5 mg/L. Penurunan kadar minyak yang signifikan ini menunjukkan bahwa proses elektrokoagulasi efektif dalam menghilangkan komponen lemak atau minyak yang biasanya menjadi salah satu polutan utama dalam limbah cair dari pusat perbelanjaan (Sutanto & Danang Widjanto, 2024). Terakhir, parameter pH hasil pengolahan tercatat pada angka 6,3, yang berada dalam rentang yang disyaratkan (6-9). Ini menunjukkan bahwa proses pengolahan telah berhasil mempertahankan keseimbangan pH dalam limbah cair, yang penting untuk menjaga kesesuaian air limbah terhadap kualitas lingkungan dan kesehatan ekosistem.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengolahan limbah cair secara elektrokoagulasi diperoleh hasil bahwa air limbah domestik pusat perbelanjaan Mall Dinoyo yang diolah dengan metode elektrokoagulasi memiliki kandungan COD sebesar 65 mg/L, kandungan BOD sebesar 0,66 mg/L, kandungan TSS sebesar 222 mg/L, kandungan minyak 1,28 mg/L, dan pH sebesar 6,3. Air limbah hasil pengolahan secara elektrokoagulasi sudah memenuhi parameter standard mutu air limbah domestik terutama pada parameter pH, COD, BOD, dan kadar minyak. Namun hasil pengolahan limbah cair secara elektrokoagulasi belum memenuhi parameter TSS. Perlu pengembangan inovasi lebih lanjut untuk menurunkan kadar TSS pada limbah cair domestik pada pusat perbelanjaan melalui penggabungan metode elektrokoagulasi dengan absorpsi menggunakan karbon aktif atau media lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

Anugrah, M., & Sugiarto, A. (2023). Pengaruh Variasi Tegangan, Luas Plat Dan Waktu Elektrokoagulasi Terhadap Penurunan TSS Limbah Laundry Menggunakan Elektroda Aluminium. *CHEMVIRO: Jurnal Kimia Dan Ilmu Lingkungan*, 2(1), 113–122. <https://ojs.ejournalunigoro.com/index.php/CHEMVIRO/article/download/842/595/>

- BPS. (2024a). *Kecamatan Lowokwaru Dalam Angka 2024*. Badan Pusat Statistik (BPS). Kota Malang.
- BPS. (2024b). *Kota Malang Dalam Angka 2024*. Badan Pusat Statistik (BPS). Kota Malang.
- Gameissa, M. W., Suprihatin, S., & Indrasti, N. S. (2012). Pengolahan Tersier Limbah Cair Industri Pangan dengan Teknik Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Stainless Steel. *E-Journal Agroindustri Indonesia*, 1(1), 31–37. <https://journal.ipb.ac.id/index.php/e-jaii/article/view/6228/4802>
- Innez Shessariefta, Dinar Pramestie, & Susi Agustina Wilujeng. (2023). Evaluasi Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) di PT. XYZ. *Jurnal Teknik ITS*, 12(2). <https://ejurnal.its.ac.id/index.php/teknik/article/viewFile/120730/7518>
- Joko Sutrisno, Moch. Shofwan, & Dian Majid. (2023). Efektivitas Elektrokoagulasi dengan Elektroda Al, Zn, dan Ni dalam Mengolah Limbah Cair Industri Kertas: Pengurangan COD dan TURBIDITAS. *Seminar Nasional Terapan Riset Inovatif (SENTRINOV) Ke-9*, 255–263.
- Joning, M., Melawaty, L., & Sarungallo, R. S. (2022). Metode Elektrokoagulasi Untuk Pengolahan Limbah Cair Laboratorium Yang Mengandung Logam-Logam Berat. *PAULUS: Chemical Engineering Journal*, 1(1), 1–13. <https://ojs.ukipaulus.ac.id/index.php/pcj/article/download/416/398/1925>
- Koyuncu, S., & Arıman, S. (2020). Domestic wastewater treatment by real-scale electrocoagulation process. *Water Science and Technology*, 81(4), 656–667. <https://doi.org/10.2166/wst.2020.128>
- Ningsih¹, E., Mirzayanti¹, Y. W., Ni'am, A. C., Fajrin¹, D. A., Mohammad, D., Imami¹, A., Kimia, J. T., Adhi, T., Surabaya, T., Rahman, J. A., 100 Surabaya 60117, H. N., Lingkungan, J. T., & 100 Surabaya, H. N. (2022, June). Elektrokoagulasi Limbah Industri Sarung Tenun dengan Elektroda Al-Zn Disusun Seri. *Majalah Ilmiah : Dinamika Kerajinan Dan Batik*, 39(1), 67–76. <https://doi.org/10.22322/dkb.V36i1.4149>
- Prasetyaningrum, A., & Dharmawan, Y. (2018). Aplikasi Teknologi Elektrokoagulasi pada Pengolahan Limbah Industri Elektroplating sebagai Upaya Menghasilkan Produksi Kerajinan Logam Berbasis Green Technology. *Riptek*, 12(1), 37–44. <https://ripteck.semarangkota.go.id/index.php/ripteck/article/download/14/14>
- Subuharni, N., Masthura, M., & Jumiaty, E. (2023). Penurunan Kadar TSS Dan BOD Pada Pengolahan Limbah Cair Tahu Dengan Metode Elektrokoagulasi. *Jurnal Redoks*, 8(2), 128–134. <https://doi.org/10.31851/redoks.v8i2.13096>
- Sutanto, & Danang Widjajanto. (2024). Pengaruh Arus Listrik terhadap Penurunan Kandungan Minyak dan Lemak pada Perpaduan Proses Oksidasi dan Elektrokoagulasi Air Limbah. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro*, 10, 28–34.