

Submitted : 9 Mei 2021

Revised : 30 Januari 2022

Accepted : 23 Februari 2022

STUDI PENURUNAN LEVEL COD DAN KADAR LOGAM BERAT PADA LIMBAH CAIR INDUSTRI TEKSTIL DENGAN PERLAKUAN KOAGULASI DAN ELEKTROKOAGULASI

Qifni Yasa' Ash Shiddiqi^{1*}, Bambang Hari Prabowo¹, Rafina Pertiwi Putri¹, Ayu Sari Larasati¹, Achmad Dwitama Karisma²

¹Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Jenderal Achmad Yani
Jl. Terusan Jenderal Sudirman, Cimahi, Jawa Barat, Indonesia

²Departemen Teknik Kimia Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Keputih, Sukolilo, Surabaya

*Email: qifni.yasa@lecture.unjani.ac.id

Abstrak

Industri tekstil merupakan industri yang menghasilkan limbah cair dengan kandungan bahan kimia yang beragam seperti pati, asam, alkali, reduktor, oksidator, surfaktan, elektrolit, dan zat warna. Masih banyak industri tekstil yang membuang limbah hasil aktivitas produksinya tanpa melalui IPAL dibuang langsung ke lingkungan sehingga menimbulkan pencemaran lingkungan. Pencemaran lingkungan terjadi sampai saat ini di sungai Citarum, Kabupaten Bandung Barat yang didominasi oleh limbah industri tekstil. Pada penelitian ini, metode koagulasi dan elektrokoagulasi akan digunakan untuk mengetahui kemampuan dalam menurunkan atau mereduksi berbagai polutan yang terkandung dalam limbah cair industri tekstil. Pada metode koagulasi menggunakan PAC (*poly aluminium chloride*) dan tawas sebagai koagulan sedangkan pada metode elektrokoagulasi menggunakan elektroda aluminium yang dimana ion-ion Al berfungsi sebagai koagulan. Pada perlakuan koagulasi, faktor yang divariasikan yaitu kecepatan putaran pengaduk 150 rpm dan dosis PAC (100, 150, dan 200 ppm) dengan waktu pengendapan 60 menit. Pada elektrokoagulasi, waktu kontak yang divariasikan (5, 10, 15, 20, 30, 45, dan 60 menit) dengan kuat arus 5 ampere. Analisis yang akan dilakukan pada parameter konsentrasi yang terkandung dalam limbah cair tekstil yaitu pH, TSS, TDS, COD, turbiditas, dan kandungan logam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa hasil terbaik diperoleh pada koagulasi menggunakan PAC dengan konsentrasi 200 ppm dengan hasil penurunan COD sebesar 90,71 %, Fe 86,96% dan Cu 67,48%.

Kata Kunci: Limbah Cair Tekstil, Elektrokoagulasi, Koagulasi, PAC, Elektroda Aluminium

Abstract

The textile industry is one source of wastewater that contains chemicals such as alkalis, starches, acids, oxidizing agents, reducing agents, electrolytes, surfactants, and dyes. There are still many textile industries that dispose of their waste due to their production activities without going through WWTP. They are directly disposed to the environment and cause environmental pollution. Environmental pollution has occurred in the Citarum river, West Bandung Regency, which is dominated by textile industry waste. In this study, coagulation and electrocoagulation methods will be used to determine the ability to decrease or reduce various pollutants in textile industry wastewater. The coagulation method uses PAC (Poly Aluminum Chloride) and alum as coagulants, while the electrocoagulation method uses aluminum electrodes where Al ions function as coagulants. Variations used for coagulation are the stirring speed of 150 rpm and the coagulant dose (100, 150, and 200 ppm) with a deposition time of 60 minutes. In electromagnetic coagulation the contact time (5, 10, 15, 20, 30, 45 and 60 minutes) with 5 A current. The analysis will be carried out on the concentration parameters contained in textile liquid waste are pH, TSS, TDS, COD, turbidity, and metal content. The best results were obtained coagulation using PAC at a concentration of 200 ppm with a result of COD decline of 90,71 %, Fe 86,96%, and Cu 67,48%.

Keywords: Wastewater, Electrocoagulation, Coagulation, PAC, Aluminum

1. PENDAHULUAN

Industri tekstil merupakan industri yang menghasilkan limbah cair dengan kandungan bahan kimia yang beragam seperti pati, asam, alkali, reduktor, oksidator, surfaktan, elektrolit, dan zat warna sehingga limbah industri tekstil menghasilkan limbah yang mempunyai pH tinggi, berbau, berminyak, *chemical oxygen demand* (COD), *total suspended solid* (TSS), dan *biological oxygen demand* (BOD) yang tinggi (Risnandar, 1998). Pencemaran lingkungan yang terjadi di sungai Citarum, Kabupaten Bandung Barat didominasi oleh limbah industri tekstil, sehingga sungai Citarum dalam kondisi mengkhawatirkan bahkan termasuk salah satu sungai terkotor di dunia. Hal ini terjadi karena pemilik industri tidak mau berusaha untuk melakukan pengolahan limbah dengan maksimal sehingga mengakibatkan pencemaran lingkungan. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) dalam laporannya mendapati pabrik-pabrik tekstil di Bandung masih ada yang tidak memiliki instalasi pengelolaan air limbah (IPAL) (Bukit & Yusuf, 2002).

Oleh karena itu, diperlukan alternatif teknologi yang dapat mengatasi pencemaran limbah industri tekstil tersebut. Dalam penelitian ini, metode yang digunakan adalah perlakuan koagulasi dan elektrokoagulasi. Koagulasi merupakan perlakuan destabilisasi koloid dan partikel-partikel yang tersuspensi di dalam air baku karena adanya pencampuran yang merata dengan senyawa kimia tertentu yang disebut dengan koagulan melalui pengadukan cepat (Narita, Lelono, & Arifin, 2011). Sedangkan elektrokoagulasi adalah proses pengaplikasian arus listrik pada logam besi atau aluminium sebagai elektroda pada pengolahan air baku atau limbah cair (Mardana, 2007). Arus listrik akan mengionisasi elektroda yang difungsikan sebagai anoda dan ion-ion logam yang dihasilkan akan berperan sebagai koagulan. Fenomena ini terjadi pula ketika penambahan bahan kimia sebagai aditif pada proses koagulasi. Kontaminan dalam limbah cair seperti partikel koloid organik, anorganik, dan ion berat dapat berikatan karena adanya beda muatan kemudian mengumpul dan mengendap (Hari Prabowo et al., 2018).

2. METODE PENELITIAN

Limbah yang digunakan untuk diolah dengan proses koagulasi dan proses elektrokoagulasi diambil di pabrik tekstil yang berlokasi di Padalarang. Dilakukan percobaan pendahuluan dengan melakukan proses perlakuan koagulasi menggunakan reaktor bervolume 1 L sedangkan untuk perlakuan elektrokoagulasi menggunakan reaktor dengan ukuran 5 L yang di dalamnya terpasang elektroda dengan jarak antar elektroda sebesar 5 cm. Selanjutnya dilakukan analisis awal limbah cair yaitu analisis COD menggunakan metode titrimetri, pengukuran kadar Fe dan Cu menggunakan metode spektrofotometri serapan atom (SSA) serta pengukuran turbiditas menggunakan turbidimeter.

Pada proses koagulasi menggunakan PAC (*poly aluminium chloride*) sebagai koagulan dengan dosis 100, 150, dan 200 ppm dengan lama waktu pengadukan 10 menit dan waktu tinggal 60 menit. Sedangkan pada metode elektrokoagulasi menggunakan elektroda aluminium berbentuk E variasi 2 anoda 2 katoda dan 3 anoda 1 katoda dengan arus sebesar 5 ampere dan waktu tinggal 5 hingga 60 menit.

Tabel 1. Data analisis awal limbah cair pada proses elektrokoagulasi

Parameter	Analisis awal
COD (mg/L)	113
TSS (mg/L)	0,12
Fe (mg/L)	0,67
Cu (mg/L)	0,07
TDS	718
Turbidity	9,27
pH	7,40
Temperatur	24

Tabel 2. Data analisis awal limbah cair pada proses koagulasi

Parameter	Analisis awal
COD (mg/L)	448
TSS (mg/L)	0,42
Fe (mg/L)	0,95
Cu (mg/L)	0,26
TDS	567
Turbidity	9,27
pH	7,70
Temperatur	25

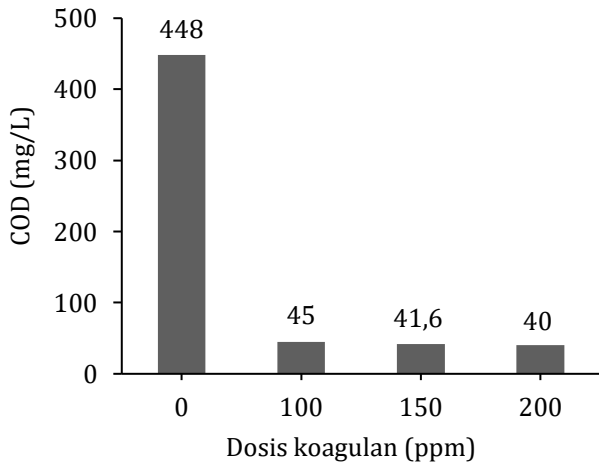
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Perlakuan Koagulasi

Dalam proses oksidasi limbah cair, dibutuhkan sejumlah oksigen agar reaksi oksidasi limbah cair dapat berlangsung. Kebutuhan oksigen ini sering disebut COD (*chemical oxygen demand*) (Agustira et al., 2013). Pada Gambar 1 dapat diamati bahwa penurunan kadar COD dalam sampel terjadi seiring dengan banyaknya koagulan PAC yang ditambahkan. Pada sampel awal kadar COD dianalisis sebesar 448 mg/L, setelah dilakukan pengolahan didapatkan hasil penurunan kadar COD maksimum pada koagulan PAC 200 ppm sebesar 40 mg/L dengan persentase perubahan 91,07%. Hasil yang didapat sudah sesuai baku mutu limbah cair tekstil yang mempersyaratkan ambang batas maksimum COD sebesar 150 mg/L (Solanki et al., 2013).

Pada Gambar 2 dapat diamati bahwa kadar Fe akan turun sejalan dengan banyaknya koagulan PAC yang ditambahkan. Didapatkan hasil penurunan kadar Fe

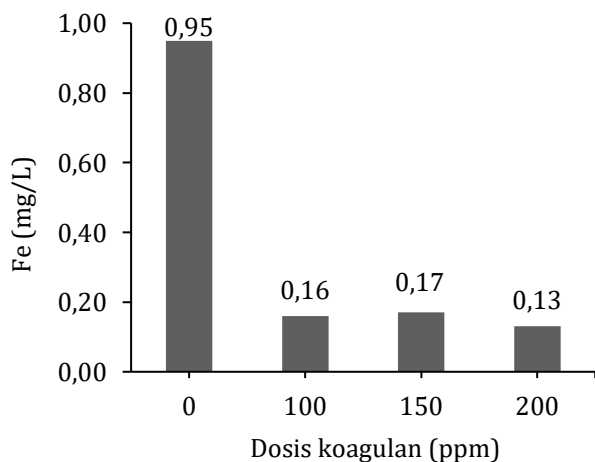
maksimum pada penambahan koagulan PAC dosis 200 ppm sebesar 0,13 mg/L dengan persentase penurunan sebesar 86,69%. Hasil yang diperoleh memenuhi karakteristik baku mutu limbah cair tekstil.



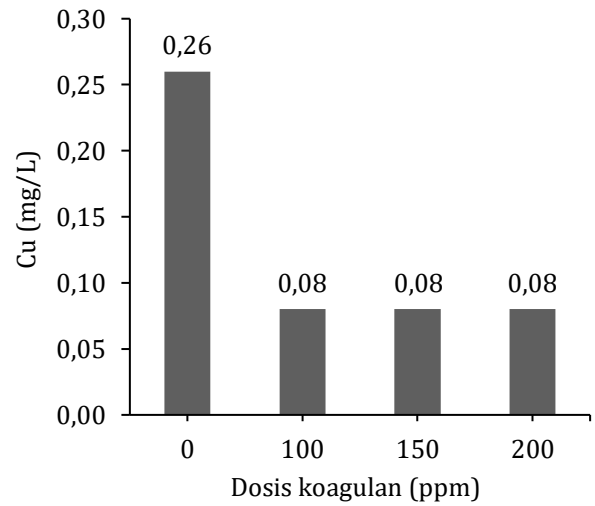
Gambar 1. Pengaruh dosis koagulan PAC terhadap level COD

Pada Gambar 3 kadar Cu dengan koagulan PAC dosis 200 ppm mengalami penurunan terbesar yaitu 67,48% dari kadar awal. Penurunan kadar Cu dipengaruhi oleh penambahan dosis koagulan PAC. Semakin banyak koagulan dimasukkan ke dalam reaktor maka semakin turun kadar Cu dalam larutan (Prabowo, Nursaidah, et al., 2019).

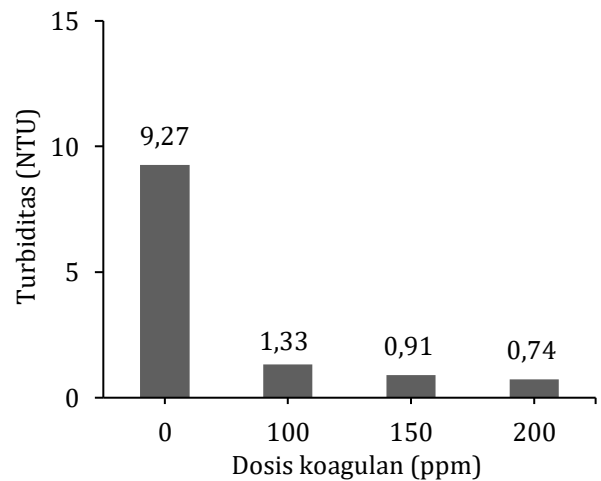
Dapat dilihat pada Gambar 4 nilai turbiditas awal sebesar 9,27 NTU dan turbiditas akhir sebesar 0,74 NTU dengan penurunan paling drastis terjadi pada PAC dengan persentase penurunan mencapai 92,02% dengan dosis 200 ppm. Hal ini disebabkan karena PAC merupakan polimer makromolekuler dengan tingkat adsorpsi yang kuat, tingkat pembentukan flok yang tinggi sehingga meningkatkan percepatan sedimentasi yang tinggi dan merupakan penjernih air dengan tingkat efisiensi yang tinggi (Prabowo, Hendriyana, et al., 2019).



Gambar 2. Pengaruh dosis koagulan PAC terhadap kadar Fe



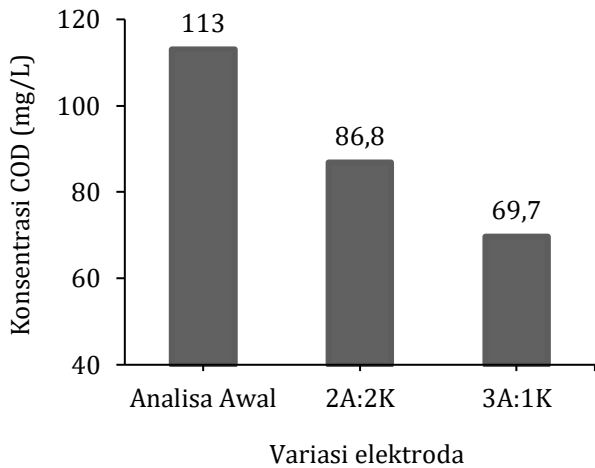
Gambar 3. Pengaruh dosis koagulan PAC terhadap kadar Cu



Gambar 4. Pengaruh dosis koagulan PAC terhadap nilai turbiditas

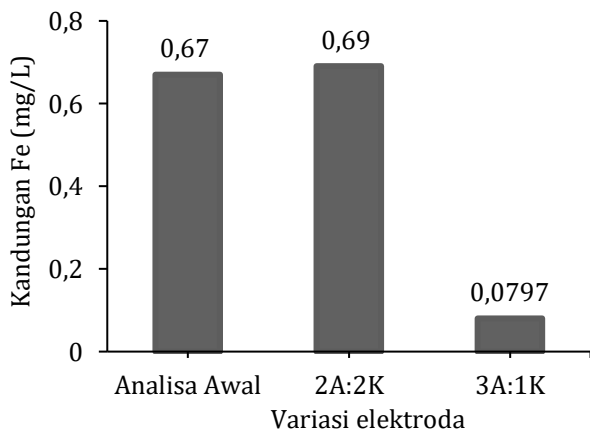
3.2 Perlakuan Elektrokoagulasi

Pada proses elektrokoagulasi terjadinya penurunan COD berdasarkan formasi elektroda yang digunakan, yaitu penggunaan anoda (A) dan katoda (K). Hasil analisis awal sampel memperlihatkan kadar COD sebesar 113 mg/L, setelah melalui proses elektrokoagulasi kadar COD mengalami penurunan menjadi 86,8 mg/L dengan persentase penurunan sebesar 23,19% pada 2 anoda:2 katoda (selanjutnya untuk anoda akan dituliskan sebagai A dan katoda sebagai K) sedangkan pada 3A:1K turun menjadi 69,7 mg/L dengan persentase penurunan 38,32%. Perilaku penurunan kadar COD pada perlakuan elektrokoagulasi terjadi karena semakin banyak ion Al^{3+} yang dilepaskan oleh anoda dan membentuk koagulan, sehingga Al^{3+} akan mengikat polutan yang terkandung di dalam limbah cair tekstil tersebut (Setianingrum et al., 2016).



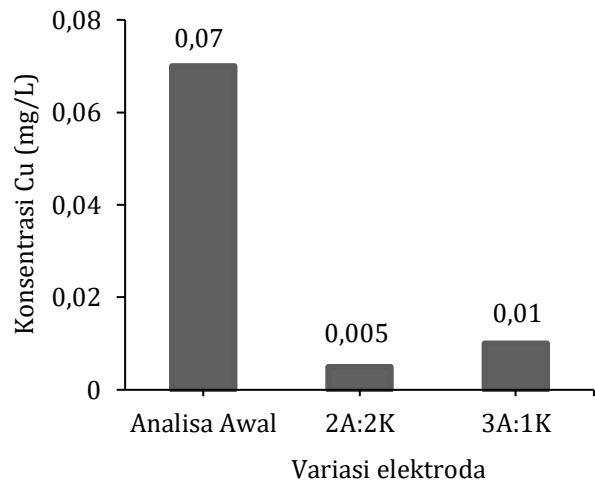
Gambar 5. Perubahan konsentrasi COD terhadap variasi elektroda

Pada Gambar 6 menunjukkan bahwa variasi elektroda dominan dalam penurunan kandungan Fe dalam limbah cair tekstil. Dapat dilihat bahwa pada formasi 2A:2K mampu menurunkan kandungan Fe sebesar 2,99%, sedangkan pada formasi elektroda 3A:1K mampu menurunkan kandungan Fe sampai 88,10%.



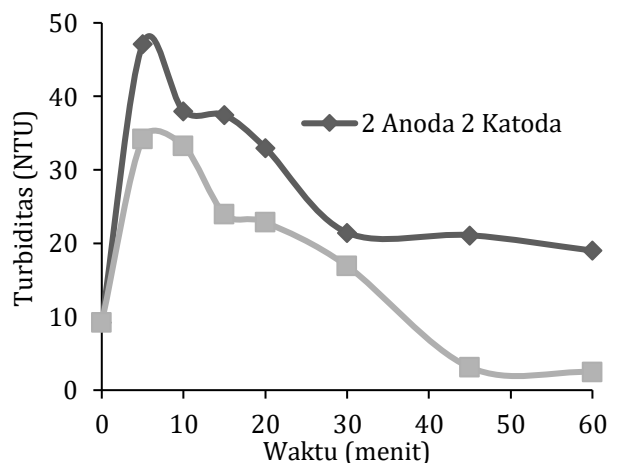
Gambar 6. Perubahan konsentrasi Fe terhadap variasi elektroda

Pada Gambar 7 menunjukkan bahwa kandungan Cu pada limbah cair tekstil tersebut mengalami penurunan. Penurunan yang terjadi pada formasi elektroda 2A:2K dengan persentase penurunan sebesar 92,86% dan pada formasi 3A:1K sebesar 85,71%.



Gambar 7. Perubahan konsentrasi Cu terhadap variasi elektroda

Dapat dilihat pada Gambar 8 semakin lama waktu operasi elektrokoagulasi maka semakin menurun nilai turbiditas yang dihasilkan. Nilai turbiditas awal sebesar 9,27 NTU sedangkan nilai turbiditas pada waktu optimum 60 menit formasi elektroda 2A:2K sebesar 18,32 NTU sedangkan formasi elektroda 3K:1A nilai turbiditasnya sebesar 2,49 NTU. Pada menit pertama terjadi peningkatan cukup besar, pada 2A:2K sebesar 47,1 mg/L sedangkan pada 3A:1K sebesar 34,2 mg/L dan setelah 20 menit terjadi penurunan yang lebih cepat. Penurunan turbiditas dipengaruhi oleh waktu proses elektrokoagulasi berlangsung maka semakin lama proses oksidasi dan reduksi berlangsung yang menyebabkan terangkatnya partikulat dan semakin jernihnya limbah cair ditambah lagi dengan kenaikan tegangan yang dialirkan pada proses elektrokoagulasi maka akan meningkatkan pula potensi energi kimia yang dihasilkan. Energi kimia yang dihasilkan berupa ion Al^{3+} pada anoda yang berperan sebagai koagulan. Semakin meningkat jumlah koagulan maka lebih banyak pula flok-flok yang terendapkan. Mengendapnya flok-flok menjadikan limbah menjadi lebih jernih dan senyawa organik yang tersisa di dalam limbah cair menjadi lebih mudah terdegradasi oleh mikroorganisme (Amri et al., 2020).



Gambar 8. Perubahan konsentrasi turbiditas terhadap waktu operasi

3.3 Perbandingan Metode

Dari data di atas dapat disampaikan bahwa pada metode koagulasi dengan koagulan PAC konsentrasi 200 ppm didapat hasil penurunan COD sebesar 90,07%, Fe sebesar 86,96%, Cu sebesar 67,48% dan turbiditas sebesar 73,68%. Sedangkan untuk perlakuan elektrokoagulasi dengan waktu operasi selama 60 menit variasi 2A:2K didapat hasil penurunan COD sebesar 23,19%, Fe sebesar 2,99%, Cu sebesar 92,86% dan *turbidity* sebesar 97,73% sedangkan variasi 3A:1K didapat hasil COD sebesar 38,32%, Fe sebesar 88,10%, Cu sebesar 85,71% dan turbiditas sebesar 73,18%. Dengan kata lain, metode koagulasi dengan koagulan PAC efektif menurunkan COD dan Fe namun kurang dalam penurunan Cu dan turbiditas (Nurhayati et al., 2020). Berbeda hal dengan metode elektrokoagulasi yang kurang efektif dalam penurunan COD namun sangat efektif menurunkan kandungan logam berat dalam limbah industri tekstil.

4. KESIMPULAN

Perlakuan koagulasi memiliki kemampuan lebih efektif dibandingkan perlakuan elektrokoagulasi pada limbah cair tekstil. Perlakuan koagulasi pada limbah cair dengan koagulan PAC 200 ppm dapat menurunkan nilai COD sebesar 90,07%. Sedangkan dengan perlakuan elektokoagulasi hanya dapat menurunkan nilai COD sebesar 23,19% dengan formasi elektroda 2A:2K dan 38,32% dengan formasi elektroda 3A:1K. Pada penurunan logam berat untuk perlakuan koagulasi dengan koagulan PAC 200 ppm menurunkan kadar Fe sebesar 86,69% & Cu sebesar 67,48%. Untuk perlakuan elektrokoagulasi formasi 2A:2K dapat menurunkan kadar Fe 2,99% & Cu 92,86% dan pada formasi 3A:1K dapat menurunkan kadar Fe 88,10% dan Cu 85,71%.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

LPPM Unjani yang telah mendukung dana sehingga penelitian ini bisa terlaksana melalui program hibah kompetitif 2020.

6. DAFTAR PUSTAKA

Agustira, R., Lubis, K., & Jamila, Jamila. (2013). Kajian Karakteristik Kimia Air, Fisika Air Dan Debit Sungai Pada Kawasan Das Padang Akibat Pembuangan Limbah Tapioka. *Jurnal Agroekoteknologi Universitas Sumatera Utara*.
<https://doi.org/10.32734/jaet.v1i3.2939>

- Amri, I., Pratiwi Destinefa, & Zultinlar. (2020). Pengolahan limbah cair tahu menjadi air bersih dengan metode elektrokoagulasi secara kontinyu. *Chempublish Journal*, 5(1), 57-67.
<https://doi.org/10.22437/chp.v5i1.7651>
- Bukit, N. T., & Yusuf, I. a. (2002). Beban Pencemaran Limbah Industri Dan Status Kualitas Air Sungai Citarum. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 3(39), 98-106.
- Hari Prabowo, B., Nurdini, L., Fasihah, ul, & Duwi Jurusan Teknik Kimia-Universitas Jenderal Achmad Yani Cimahi Jl Terusan Jenderal Sudirman BOX, R. P. (2018). Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan" Elektrokoagulasi untuk Menurunkan COD dan Logam Berat dalam Limbah Cair Tekstil Menggunakan Elektroda Aluminium dan Baja. *Jurusan Teknik Kimia*, 0(0), 1.
<http://jurnal.upnyk.ac.id/index.php/kejuangan/article/view/2309>
- Mardana. (2007). Pengolahan yang Tepat Bagi Limbah Cair.
- 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.
- Prabowo, B. H., Hendriyana, H., Nurdini, L., Firdaus, M. C., & Leinaldy P., T. (2019). Metode Koagulasi Dan Elektrokoagulasi Dengan Penambahan Hidrogen Peroksida Pada Proses Pengolahan Limbah Cair Buangan Laundry. *Eksergi*, 16(2), 53.
<https://doi.org/10.31315/e.v16i2.2812>
- Prabowo, B. H., Nursaidah, Z., & Safitri, F. (2019). Pengaruh H2O2 dalam Metode Koagulasi Pengolahan Air Payau Menggunakan Koagulan PAC dan Aluminium Sulfat. *Jurnal Teknik: Media Pengembangan Ilmu Dan Aplikasi Teknik*, 18(02), 101-108.
- Risnandar. (1998). Penyerapan Zat Warna Tekstil dengan Mengguakan Jerami Padi. Universitas Diponegoro.
- Setianingrum, N. P., Prasetya, A., & Sarto. (2016). Pengaruh tegangan dan jarak antar elektroda terhadap pewarna RED dengan metode elektrokoagulasi. *Inovasi Teknik Kimia*, 1(2), 93-97.
- Solanki, M., Suresh, S., Das, S. N., & Shukla, K. (2013). Treatment of real textile wastewater using coagulation technology. *International Journal of ChemTech Research*, 5(2), 610-615.