



Separation of Chromium(VI) Metal in Wastewater Using Electrocoagulation Method with NaCl Coagulant

Pemisahan Logam Kromium(VI) Dalam Air Limbah Menggunakan Metode Elektrokoagulasi Dengan Koagulan NaCl

Farhan Baehaki*, Wasiyah Khusna Fadhilah, dan Mila Karmila

Medical Laboratory Technology, Faculty of Health, Institut Kesehatan Rajawali
Jalan Rajawali Barat No. 38, Bandung, Jawa Barat, Indonesia

* Corresponding author: farhanbaehaki71@gmail.com

Received: March 25, 2022 Accepted: April 25, 2022 Published: May 26, 2022

ABSTRACT

Waste has become an environmental problem that needs attention in its handling. Metal Cr (VI) is one of the components of a very dangerous pollutant produced by industrial activities, such as textiles. In fact, there are still many textile industry players who do not treat their waste because they feel that the processing requires expensive upfront costs. Therefore, this research was conducted to perform a sewage treatment system with a separation technique using an alternative method, namely electrocoagulation using NaCl coagulant. The research was conducted at the Laboratory of Applied Chemistry and Toxicology at the Rajawali Health Institute. The sample used is a sample of liquid waste taken directly from a textile industry in Bandung, Indonesia. The results showed a decrease in the levels of Cr (VI) after the electrocoagulation process until it reached a percentage value of 64.02%. Based on this, it can be said that the electrocoagulation method is effective enough to be used as a simple treatment technique to reduce the levels of Cr (VI) metal in wastewater.

Keywords: Chromium(VI), Waste water, Electrocoagulation method

PENDAHULUAN

Dengan semakin besarnya laju perkembangan industrialisasi seperti industri tekstil di Indonesia, telah mengakibatkan terjadinya masalah pencemaran lingkungan, salah satunya pencemaran air. Fenomena tercemarnya air ini terjadi karena industri tekstil masih banyak mengabaikan proses pengolahan limbah (Ginting, 2019). Padahal air merupakan kebutuhan manusia yang sangat vital dalam memenuhi kebutuhan sehari-harinya sehingga kualitasnya harus terus dijaga.

Pencemaran sumber air yang paling banyak terjadi dan paling terlihat di Indonesia adalah pencemaran ke daerah aliran sungai. Salah satu sungai yang tingkat pencemarannya tinggi, bahkan sudah menjadi perhatian oleh WHO,

yaitu Sungai Citarum. Pada musim kemarau, air sungai tampak berwarna kehitaman dan mengeluarkan bau tak sedap, yang mengindikasikan bahwa sungai tersebut sudah sangat tercemar. Air sungai yang tercemar dapat dilihat secara fisik melalui kekeruhan, warna, rasa, dan bau (Asmadi & Suharno, 2012). Namun, identifikasi lebih lanjut tetap perlu dilakukan di laboratorium. Para pelaku industri tekstil biasanya membuang limbah ke aliran yang menuju sungai, dimana kondisi limbah tersebut biasanya belum sesuai dengan standar lingkungan hidup (Puspitasari, 2007). Tentu saja kondisi ini perlu mendapatkan perhatian, baik dari pemerintah atau pun para pelaku industri, karena lokasi sungai berdekatan dengan pemukiman warga dan bahkan air tersebut juga digunakan untuk keperluan

sehari-hari (Irianto, 2015; Prabowo et al., 2012; Puspitasari, 2007), sehingga resiko paparan limbah kepada manusia, terutama yang tinggal di dekat daerah aliran sungai, akan semakin tinggi (Hari & Harsanti, 2010).

Dari berbagai jenis limbah, salah satu yang perlu diperhatikan adalah limbah yang mengandung logam berat. Limbah yang mengandung logam berat mempunyai toksisitas tinggi sehingga dapat mematikan organisme (Baehaki et al., 2020; Batool et al., 2018; Kiziloz, 2019; Ordouee & Hazheminzhad, 2019; Rodríguez et al., 2018; Sitorus, 2017), satu diantaranya adalah kromium. Logam ini biasanya berasal dari industri tekstil karena digunakan dalam proses pewarnaan kain. Sifat toksik dari logam ini dapat menimbulkan efek keracunan akut seperti diare, muntah, dan pencernaan (Palar, 2012). Sedangkan efek keracunan kronis yang ditimbulkan seperti gangguan ginjal, iritasi kulit, gangguan pada hati, iritasi membran selaput lendir, bahkan hingga kanker paru-paru (Fernanda, 2012; Kristianto et al., 2017; Palar, 2012; Widowati et al., 2008).

Melihat efeknya yang sangat berbahaya, tentu pengolahan limbah yang sesuai harus menjadi hal yang menjadi perhatian utama, terutama bagi para pelaku industri. Akan tetapi, faktanya masih banyak para pelaku industri yang tidak melakukan pengolahan limbahnya, terutama bagi industri menengah ke bawah. Hal ini karena proses pengolahan limbah yang ternilai mahal, lama, dan belum tersedianya teknologi pengolahan limbah yang sederhana dan efisien (Nasir & Saputra, 2015). Untuk mengatasi persoalan tersebut maka diperlukan teknologi pengolahan limbah yang sederhana, murah, dan mudah digunakan, salah satunya adalah pengolahan limbah dengan metode elektrokoagulasi.

Prinsip dasar dari elektrokoagulasi yaitu terjadinya reaksi reduksi pada katoda dan oksidasi pada anoda (Sudjono et al., 2012). Selain melibatkan elektroda, reaksi elektrokoagulasi juga melibatkan air sebagai larutan elektrolit. Apabila pada sistem dialiri listrik searah (DC), maka akan terjadi proses reaksi elektrokimia untuk proses dekomposisi elektrolit. Pada proses tersebut, kation akan bergerak ke arah katoda dan menerima elektron, sedangkan anion bergerak ke anoda dan menyerahkan elektron (Hanum et al., 2015; Hari & Harsanti, 2010). Teknik ini memiliki kelebihan seperti rangkaian peralatan

sederhana, mudah pengoperasiannya, proses yang singkat, tidak perlu bahan kimia tambahan (melibatkan proses fisika). Teknik ini juga lebih ekonomis dengan penggunaan energi listrik relatif kecil (Ngatin et al., 2010). Pada penelitian ini, elektrolit *support* yang digunakan adalah NaCl karena selain harganya murah dan mudah didapat, juga mampu menyisihkan logam. NaCl berfungsi sebagai pemercepat pengikatan koloid dan merubahnya menjadi flok-flok oleh ion-ion elektroda. Sehingga dengan menambahkan NaCl pada air limbah akan menyebabkan perbaikan daya hantar arus listrik di dalam larutan. Jika daya hantar semakin tinggi maka arus listrik yang mengalir juga menjadi semakin meningkat. Merujuk pada uraian permasalahan tersebut, maka penulis melakukan penelitian ini untuk memperoleh data efisiensi dari metode elektrokoagulasi dalam mengurangi limbah yang mengandung logam berat, khususnya kromium.

METODOLOGI

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif. Metode penelitian ini bertujuan untuk membuat gambaran atau deskripsi tentang suatu keadaan secara objektif (Masturoh & Nauri, 2018; Notoatmodjo, 2010). Penelitian dilakukan di Laboratorium Kimia Terapan dan Toksikologi, Institut Kesehatan Rajawali, Indonesia. Pengukuran kadar kromium dilakukan dengan menggunakan Spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 525 nm.

Persiapan sampel limbah cair

Sampel diambil dari air limbah salah satu industri tekstil di Kota Bandung, Indonesia. Sampel diambil sebanyak 1000 ml menggunakan botol kaca dan ditambahkan larutan HNO₃ sebagai pengawet. Hal ini bertujuan agar sampel yang diperoleh dapat mempertahankan kadar Cr⁶⁺ dalam air limbah Industri sehingga tidak terjadi penurunan valensi ion (Saputra, 2016). Karena limbah berwarna sangat pekat, maka dilakukan pengenceran dengan komposisi 1:1 dengan akuades.

Pembuatan larutan Difenilkarbazida

Sebanyak 0,125 gram kristal 1,5-difenilkarbazida ditimbang menggunakan neraca digital, kemudian dilarutkan ke dalam 25 ml aseton.

Pembuatan kurva standar

Pembuatan kurva standar dilakukan dengan merujuk pada prosedur dari Baehaki *et al.* (Baehaki et al., 2021). Langkah pertama yaitu membuat larutan standar kalium dikromat ($K_2Cr_2O_7$) dengan konsentrasi 0,3 ppm, 0,6 ppm, 0,9 ppm, 1,2 ppm, dan 1,5 ppm. Selanjutnya ditambahkan dengan larutan asam sulfat (H_2SO_4) 2 M sebanyak 2 ml dan larutan difenil karbazid sebanyak 0,5 ml. Seluruh larutan standar diukur absorbansinya pada panjang gelombang 525 nm. Data absorbansi yang diperoleh kemudian diplotkan menggunakan program Microsoft excel untuk memperoleh persamaan garis linear yang dapat digunakan untuk menentukan konsentrasi Cr(VI) di dalam sampel.

Pengukuran kadar awal ion Cr(VI)

Tahap ini dilakukan untuk mengetahui kadar Cr(VI) sebelum elektrokoagulasi dilakukan. Sebanyak 2,5 ml sampel limbah dimasukkan ke dalam tabung reaksi. Selanjutnya, ke dalam tabung reaksi tersebut ditambahkan dengan 2 ml H_2SO_4 pekat dan 0,5 ml larutan difenilkarbazida. Setelah larutan dihomogenkan, maka dilakukan pengukuran absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada Panjang gelombang 525 nm.

Proses elektrokoagulasi pada sampel air limbah

Elektrokoagulasi dilakukan dengan berbagai variasi waktu. Sampel diambil sebanyak 2,5 ml setiap 30 menit dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi. Hal ini dilakukan untuk memperoleh data perubahan konsentrasi ion Cr(VI) dan memperoleh data waktu optimum. Selanjutnya, ke dalam tabung reaksi tersebut ditambahkan dengan 2 ml H_2SO_4 pekat dan 0,5 ml difenilkarbazida. Setelah larutan dihomogenkan, maka dilakukan pengukuran absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada Panjang gelombang 525 nm. Pengukuran konsentrasi Cr(VI) di dalam sampel dihentikan ketika diperoleh data waktu optimum yang ditandai dengan adanya kenaikan konsentrasi ion tersebut ketika proses elektrokoagulasi dilakukan dengan waktu yang lebih lama.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kurva standar

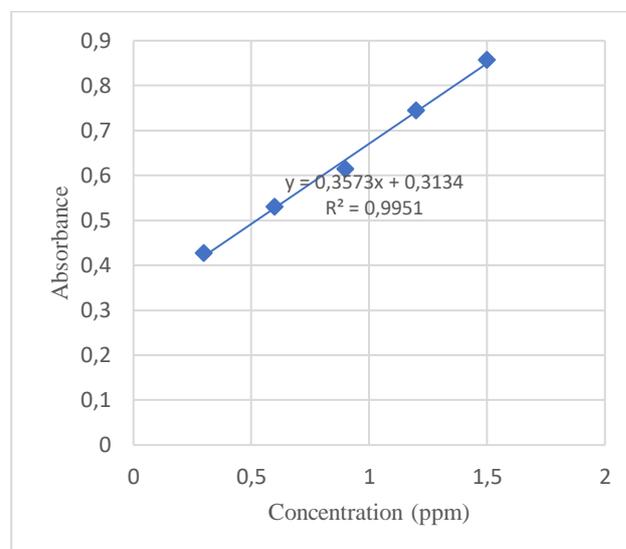
Pembuatan kurva standar dilakukan dengan mengukur absorbansi lima larutan standar

$K_2Cr_2O_7$ menggunakan Spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 525 nm. Hasil pengukuran absorbansi pada larutan tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai Absorban Larutan Standar Kromium Heksavalen (Cr^{6+})

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi
0,3	0,428
0,6	0,531
0,9	0,614
1,2	0,745
1,5	0,857

Data pada Tabel 1 diplotkan ke dalam bentuk grafik untuk memperoleh persamaan garis linear, $y = ax + b$, dimana y merupakan nilai absorbansi, x merupakan nilai konsentrasi, dan b merupakan konstanta. Persamaan tersebut dapat digunakan untuk menghitung kadar ion Cr(VI) di dalam sampel. Adapun kurva standar yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Kurva Standar Larutan $K_2Cr_2O_7$

Jika diperhatikan, Gambar 1 memberikan beberapa data, yaitu persamaan garis $y = 0,3573x + 0,3134$ dan nilai R^2 . Seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya bahwa persamaan garis ini berfungsi untuk menghitung kadar ion Cr(VI) berdasarkan hubungan variable x (konsentrasi Cr) dengan variable y (absorbansi). Namun, persamaan tersebut dapat kita gunakan jika garis yang dihasilkan menunjukkan kelinearan yang ideal dengan melihat nilai R^2 . Garis linear yang ideal dicapai jika nilai R^2 mendekati nilai 1 atau -1 (Saputra, 2016). Semakin mendekati angka 1, maka semakin linear garis tersebut dan semakin akurat hasil perhitungan konsentrasi

ion Cr(VI). Pada Gambar 1, nilai R^2 yang diperoleh yaitu 0,9951, ini berarti nilai R^2 mendekati nilai ideal sehingga memiliki tingkat keakuratan yang baik. Dengan demikian persamaan garis pada Gambar 1 dapat digunakan untuk proses perhitungan konsentrasi ion Cr(VI) di dalam sampel.

Penentuan kadar ion Cr(VI) sebelum dilakukan elektrokoagulasi

Pengukuran kadar awal ion Cr(VI) sangat penting dilakukan sehingga dapat diketahui seberapa banyak jumlah perubahan kadar ion Cr(VI) setelah proses koagulasi. Pengukuran dilakukan sebanyak tiga kali untuk memperoleh data absorbansi yang lebih akurat. Hasil pengukuran kadar awal ion Cr(VI) dapat dilihat pada table 2. Nilai absorbansi rerata yang diperoleh setelah dilakukan pengukuran sebanyak tiga kali adalah 0,896. Nilai ini selanjutnya disubstitusikan pada persamaan garis $y = 0,3573x + 0,3134$ pada gambar 1. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa konsentrasi ion Cr(VI) di dalam sampel limbah adalah 1,6305 ppm.

Tabel 2. Kadar Kromium Heksavalen (Cr^{6+}) Sebelum Dilakukan Elektrokoagulasi

No	Absorbansi	Rata-rata	Kadar logam Cr(VI) (mg/L)
1	0,952		
2	0,874	0,896	1,6305
3	0,862		

Nilai kadar Cr(VI) sebesar 1,6305 ppm merupakan nilai kadar yang sangat besar dan jauh berada di atas nilai ambang batas. Di dalam Surat Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor Kep. 03/MENKLH/11/1991, disebutkan bahwa kadar maksimum krom total dalam perairan yaitu 0,1 ppm, sedangkan untuk kadar krom(VI) sebesar 0,05 ppm (Achmad, 2004). Perlu diingat juga, bahwa sampel ini merupakan sampel yang sudah diencerkan dengan perbandingan 1:1. Sehingga dapat dikatakan bahwa kadar sesungguhnya bisa dua kali lipat dari jumlah ini. Namun, hal ini dapat kita katakan wajar, karena memang sampel yang digunakan merupakan limbah yang langsung diambil dari industri tekstil dan belum mengalami pengolahan. Secara fisik, air limbah ini berwarna hitam, keruh, dan berbau khas. Hal ini dapat disebabkan karena air limbah banyak mengandung senyawa kimia beracun dan berbahaya dari aktivitas produksi industri tersebut (Asmadi & Suharno, 2012).

Pengukuran kadar ion Cr(VI) setelah dilakukan elektrogulasi

Setelah kadar awal diketahui, maka selanjutnya dilakukan proses elektrokoagulasi. Proses elektrokoagulasi memberikan efek yang signifikan terhadap kadar Cr(VI) di dalam sampel. Secara detail, data kadar Cr(VI) setelah proses elektrokoagulasi dapat dilihat pada Tabel 3.

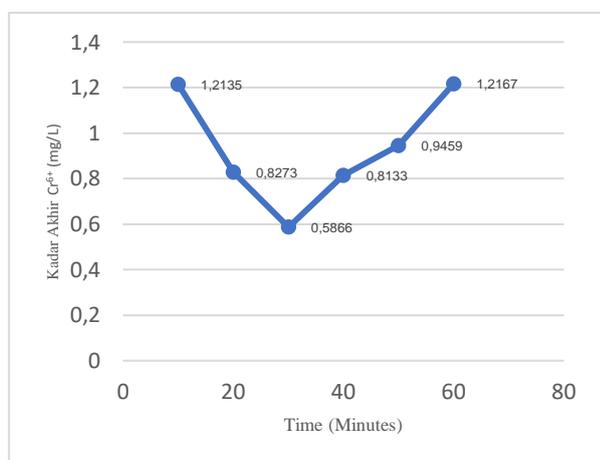
Tabel 3. Kadar Logam Berat Kromium Heksavalen (Cr^{6+}) Setelah Elektrokoagulasi

Kadar awal Cr(VI) (mg/L)	Variasi Waktu (menit)	Absorbansi	Absorbansi rata-rata	Kadar akhir Cr(VI) (mg/L)	Penurunan kadar Cr(VI) (mg/L)	Persentase penurunan (%)
1,6305	10	$\frac{0,751}{0,743}$	0,747	1,2135	0,4170	25,57
	20	$\frac{0,611}{0,607}$	0,609	0,8273	0,8032	49,26
	30	$\frac{0,550}{0,497}$	0,523	0,5866	1,0439	64,02
	40	$\frac{0,611}{0,597}$	0,604	0,8133	0,8172	50,11
	50	$\frac{0,650}{0,647}$	0,648	0,9459	0,6846	41,98
	60	$\frac{0,722}{0,710}$	0,716	1,1267	0,5038	30,89

Data pada Tabel 3 menunjukkan bahwa terjadi pengurangan kadar Cr(VI) saat proses

elektrokoagulasi berlangsung selama 30 menit dengan penurunan hingga 64,02 %. Hal ini

sesuai dengan hasil penelitian sebelumnya yang mengatakan bahwa teknik elektrokoagulasi dapat memisahkan polutan di dalam air berupa partikel tersuspensi, produk minyak bumi, logam berat, dan zat pewarna (Hanum et al., 2015). Hal ini terjadi karena teknik elektrokoagulasi dapat memisahkan polutan dalam air, seperti logam berat, partikel tersuspensi, produk minyak bumi, dan zat pewarna (Hanum et al., 2015). Hal ini terjadi karena pada dasarnya, prinsip kerja elektrokoagulasi yang melibatkan proses penggumpalan dan pengendapan dari partikel halus yang terkandung di dalam air sehingga terbentuk flotasi dan endapan (Gameissa, 2012). Molekul-molekul kromium(VI) mengalami destabilisasi muatan oleh adanya koagulan dan medan listrik di dalam sistem selama proses elektrokoagulasi berlangsung. Ikatan fisika yang terbentuk antar molekul organik terputus dan memungkinkan molekul-molekul tersebut teradsorpsi pada flok-flok koagulan dan mengendap saat mencapai berat yang cukup (Hanum et al., 2015).



Gambar 2. Diagram Kadar Kromium Heksavalen (Cr⁶⁺) Setelah Elektrokoagulasi

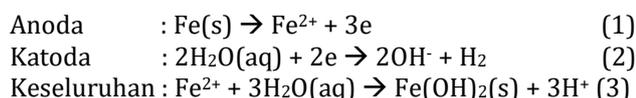
Selama 30 menit, terjadi pengurangan kadar ion Cr(VI) dalam sampel, namun hal yang menarik terjadi ketika dilakukan pengukuran pada menit ke 40 dan seterusnya. Pengukuran dihentikan pada menit ke 60 karena hasil pengukuran menunjukkan peningkatan kadar Cr(VI) secara terus menerus. Ion Cr(VI) yang terukur menunjukkan adanya penambahan kembali setelah dilakukan pengukuran berulang. Data perubahan konsentrasi Cr(VI) secara detail dapat dilihat pada Gambar 2. Gambar 2 menunjukkan bahwa pada rentang waktu 0 hingga 30 menit, terjadi penurunan kadar Cr(VI) hingga kadarnya menjadi 0,5866 ppm. Pengurangan ini tentu sangat signifikan,

dimana kadar awal Cr pada sampel sebesar 1,6305 ppm. Namun, pada rentang waktu 40 menit hingga 60 menit, justru terjadi kembali penambahan konsentrasi Cr(VI). Hal ini menunjukkan bahwa waktu optimal proses elektrokoagulasi untuk pemisahan logam Cr(VI) berada pada menit ke 30. Hasil penelitian ini sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Sahlan et al. yang menyatakan bahwa penambahan waktu elektrokoagulasi tidak sepenuhnya mampu mengurangi kadar Cr(VI) dalam air limbah (Sahlan et al., 2016). Artinya, ada waktu tertentu yang memberikan efek penurunan yang maksimal.

Selain waktu koagulasi, besarnya voltase energi listrik yang digunakan pun dapat mempengaruhi penurunan kadar Cr(VI). Voltase listrik mempengaruhi kuat arus dan laju electron mencapai elektroda sehingga terbentuk medan magnet disekitar elektroda. Dengan medan magnet tersebut, ion Cr(VI) akan bergerak membentuk lintasan heliks yang mengelilingi elektroda dan menempel pada elektroda (Buyang & Asmaningrum, 2015). Proses reaksi kimia pada proses elektrokoagulasi sebenarnya merupakan reaksi reduksi-oksidasi yang diakibatkan adanya arus listrik. Reaksi ini menyebabkan munculnya pergerakan ion-ion yaitu kation yang bergerak pada bagian katoda (bermuatan negative). Sedangkan anion bergerak menuju bagian anoda (bermuatan positif) (Hanum et al., 2015; Hari & Harsanti, 2010).

Pada proses elektrokoagulasi, digunakan dua buah elektroda yang ditempatkan pada rangkaian dalam satu wadah. Jenis elektroda merupakan faktor penting dalam pengolahan limbah cair secara elektrokoagulasi. Pada penelitian ini digunakan elektroda besi sebagai penghantar listrik. Elektroda besi mampu mengoksidasi komponen di dalam limbah industri tekstil, seperti Cr(VI) (Uyun et al., 2012).

Dalam proses elektrokoagulasi, pada anoda, terjadi proses oksidasi, dimana Fe akan melepaskan dua elektron membentuk Fe²⁺ yang selanjutnya akan berikatan dengan ion hidroksida (OH⁻) membentuk senyawa Fe(OH)₂ (Amri et al., 2020). Senyawa ini merupakan flokulan yang dapat mengikat ion Cr(VI) di dalam limbah sehingga ikut mengendap. Ini artinya, semakin banyak ion Fe²⁺ yang terbentuk, maka semakin banyak pula ion Cr(VI) yang akan teradsorpsi. Mekanisme reaksi yang terjadi, yaitu:



Gas H_2 yang dihasilkan menyebabkan material organik tereduksi. Ketika medan magnet yang terbentuk diantara elektroda cukup besar, maka sistem ionik pada limbah akan memiliki kecenderungan untuk membentuk flok-flok lebih besar. Hal ini akan terlihat pada proses oksidasi plat anoda menjadi lebih besar (Prabowo et al., 2012).

KESIMPULAN

Proses elektrokoagulasi menggunakan elektroda besi dan koagulan NaCl dapat dijadikan metode alternatif untuk pengolahan limbah cair Industri. Dengan mempertimbangkan waktu optimum berdasarkan voltase dan waktu kontak. Pada penelitian ini diperoleh kadar awal Cr(VI) adalah 1,6305 mg/L. Penurunan kadar Cr(VI) setelah dilakukan proses elektrokoagulasi mengalami penurunan hingga mencapai 1,0439 mg/L dengan persentase 64,02%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih diberikan kepada para pihak yang telah membantu sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik, khususnya kepada Institut Kesehatan Rajawali yang telah memfasilitasi penelitian ini.

REFERENSI

- Achmad, R. (2004). *Kimia Lingkungan*. CV. Andi Offset.
- Amri, I., Awalsya, F., & Irdoni. (2020). Pengolahan limbah cair industri pelapisan logam dengan proses elektrokoagulasi secara kontinyu. *Chempublish Journal*, 5(1), 15–26. <https://doi.org/10.22437/chp.v5i1.7650>
- Asmadi, & Suharno. (2012). *Dasar-dasar Teknologi Pengolahan Air Limbah*. Goysen Publishing.
- Baehaki, F., Rudibyani, R. B., Aeni, S. R. N., & Aqmarina, S. N. (2020). UTILIZATION OF Salacca zalacca SEEDS AS CHROMIUM(VI) ADSORBENTS. *Periódico Tchê Química*, 17(34), 200–212. www.periodico.tchequimica.com
- Baehaki, F., Wahyudin, Y., Perdana, R., Nurfajar, A. S., & Syaripudin, Z. I. (2021). Analysis of chromium(VI) levels in residents' well water around the Citarum River, Indonesia. *Journal of Sustainability Science*

- and Technology*, 1(1), 13–22. <https://doi.org/10.23960/josst.v1i1.2>
- Batool, M., Ahmad, K. S., Zahidqureshi, Mahboob, N., & Nimra. (2018). Determination of Heavy Metal Toxicity In Blood And Health Effect By AAS (Detection Of Heavy Metals And Its Toxicity In Human Blood). *Lupine Publisher*, 1(2). <https://doi.org/10.32474/ANOAJ.2018.01.000107>
- Buyang, Y., & Asmaningrum, H. P. (2015). Pengaruh Voltase dan Waktu Terhadap Pengendapan Logam Mangan dan Seng Pada Lempeng Tembaga Menggunakan Metode Elektroplating. *MAGISTRA: Jurnal Keguruan Dan Ilmu Pendidikan*, 2(2), 226–236. <https://doi.org/10.35724/magistra.v2i2.336>
- Fernanda, L. (2012). *Studi kandungan logam berat Timbal (Pb), Nikel (Ni), Kromium (Cr) dan Kadmium (Cd) Pada kerang hijau (Perna viridis) dan sifat praksionasinya pada sedimen laut*. Universitas Indonesia.
- Gameissa, M. W. (2012). Pengolahan Tersier Limbah Cair Industri Pangan dengan Teknik Elektrokoagulasi menggunakan Elektroda Stainless Stell. *E-Jurnal Agroindustri Indonesia*, 1(1), 31–37. <http://tin.fateta.ipb.ac.id/journal/e-jaii>
- Ginting, J. A. (2019, May 14). Dampak Industri Tekstil di Bandung terhadap Lingkungan. *Kompas*. <https://www.kompasiana.com/josepandree99/5cda589295760e1f3e0f4ec2/dampak-industri-tekstil-di-bandung-terhadap-lingkungan>
- Hanum, F., Tambun, R., Ritongga, M. Y., & William, W. W. (2015). Aplikasi Elektrokoagulasi Dalam Pengolahan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 4, 13–17.
- Hari, B., & Harsanti, M. (2010). Pengolahan Limbah Cair Tekstil Menggunakan Proses Elektrokoagulasi Dengan Sel Al-Al. *Jurusan Teknik Kimia-Universitas Jenderal Achmad Yani Bandung*, 1–7.
- Irianto, I. K. (2015). *Diktat Pengeloaan Air. Fakultas pertanian*. Program Studi Agroteknologi, Universitas Warmadewa.
- Kiziloz, B. (2019). Investigation Of Some Hazardous Agents And Trace Elements In Drinking Water Of Kocaeli Region. *Periodico Tche Quimica*, 16(31), 381–389.

- Kristianto, S., Wilujeng, S., & Wahyudiarto, D. (2017). Analisis Logam Berat Kromium (Cr) Pada Kali Pelayaran Sebagai Bentuk Upaya Penanggulangan Pencemaran Lingkungan Di Wilayah Sidoarjo. *UWK Surabaya*, 2(3), 66–70.
- Masturoh, I., & Nauri, A. (2018). *Metodologi Penelitian Kesehatan*. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- Nasir, M., & Saputra, E. P. (2015). Manajemen Pengolahan Limbah Industri. *Fakultas Ekonomi Dan Bisnis Universitas Muhammadiyah Surakarta*, 2(19), 143–152.
- Ngatin, A., Sarungu, Y. T., & Gozali, M. (2010). Pengaruh Pasangan Eletroda Terhadap Proses Elektrokoagulasi Pada Pengolahan Air Buangan Industri Tekstil. *Politeknik Negeri Bandung*, 1(4), 421–428.
- Notoatmodjo, S. (2010). *Metode penelitian kesehatan*. Rineka Cipta.
- Ordouee, B., & Hazheminezhad, H. (2019). Measurement and Adsorption of Heavy Metals Ion From Water Using Porous Nano-Adsorbents By Atomic Absorption Method. *Periodico Tche Quimica*, 16(32), 228–238.
- Palar, H. (2012). *Pencemaran dan toksikologi logam berat*. Rineka Cipta.
- Prabowo, A., Basrori, G. H., & Purwanto, P. (2012). Pengolahan limbah cair yang mengandung minyak dengan proses elektrokoagulasi dengan elektroda besi. *Jurnal Teknologi Kimia Dan Industri*, 1(1), 352–355.
<https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jtki/article/view/948/962>
- Puspitasari, D. E. (2007). Dampak Pencemaran Air Terhadap Kesehatan Lingkungan Dalam Perspektif Hukum Lingkungan (Studi Kasus Sungai Code Di Kelurahan Wirogunan Kecamatan Mergansan dan Kelurahan Prawirodirjan Kecamatan Gondomanan Yogyakarta). *Mimbar Hukum*, 1(27), 23–34.
<https://doi.org/10.22146/jmh.16254>
- Rodríguez, I. A., Cárdenas-González, J. F., Juárez, V. M. M., Pérez, A. R., Zarate, M. de G. M., & Castillo, N. C. P. (2018). Biosorption of Heavy Metals by *Candida albicans*. In *Advances in Bioremediation and Phytoremediation* (pp. 43–62). InTech.
<https://doi.org/10.5772/intechopen.72454>
- Sahlan, R. L., Radinta, S., Kholisoh, S. T., & Mahargiani, T. (2016). Penurunan Kadar Krom (Cr) dalam Limbah Cair Industri Penyamakan Kulit dengan Metode Elektrokoagulasi secara Batch. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia Kejuangan*, 1–7.
- Saputra, B. M. (2016). *Pengaruh HNO3 dan NaOH pada analisis Cr (III) menggunakan asam tanat secara spektrofotometri ultraungu-tampak*. Universitas Lampung.
- Sitorus, H. (2017, December 17). *Penanganan limbah logam berat*. Harian.Analisadaily.Com.
<http://harian.analisadaily.com//lingkungan/news/penanganan-limbah-logam-berat/470954/2017/12/17>
- Sudjono, P., Darmanto, & Sunjoto. (2012). *Penerapan Metode Elektrokoagulasi Dalam Pengolahan Air Limbah Industri Penyamakan Kulit*. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Itenas.
- Uyun, K., Illim, & Simanjuntak, W. (2012). *Studi Pengaruh Potensial, Waktu Kontak, Dan pH Terhadap Metode Elektrokoagulasi Limbah Cair Restoran Menggunakan Elektroda Fe Dengan Susunan Monopolar dan Dipolar*. Fakultas Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
- Widowati, W., Astina, S., & Raymond, J. R. (2008). *Efek Toksik Logam*. CV Andi.