



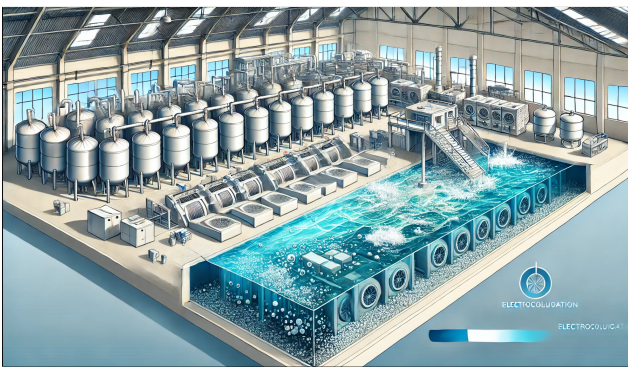
ARTIKEL PENELITIAN

Efisiensi penurunan kadar COD dalam air limbah industri *laundry* Menggunakan metode elektrokoagulasi

Aldo Rianda Purba Nama¹, Ririn Endah Badriani^{1,*}, Audiananti Meganandi Kartini¹

¹Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Jember, Jl Kalimantan Tegalboto No. 37, Jember, 68121, Indonesia

Disubmit 21 Maret 2024; direvisi 22 Agustus 2024; diterima 27 Agustus 2024



OBJECTIVES Laundry waste contains high levels of pollutants, including Chemical Oxygen Demand (COD). These pollutants primarily come from detergents used to remove stains from clothes during washing. Direct disposal of laundry wastewater into the environment can lead to pollution and environmental damage. **METHODS** One method to address the issue of industrial laundry wastewater is electrocoagulation. Electrocoagulation is an electrochemical wastewater treatment method that releases active coagulants from electrodes. In this study, the laundry industry wastewater treatment process was conducted with contact time variations of 60, 90, and 120 minutes and voltage variations of 10, 20, and 30 volts. **RESULTS** The electrocoagulation method has been proven effective in reducing pollutant levels in laundry wastewater. Specifically, a voltage of 30 volts and contact time of 120 minutes reduced COD levels from 864 mg/L to 72 mg/L, achieving a reduction efficiency of 91.48%. **CONCLUSIONS** Data analysis using ANOVA revealed a p -value of <0.05 , indicating that both voltage variation and contact time significantly reduce COD levels in laundry wastewater using the electrocoagulation method.

KEYWORDS COD; electrocoagulation; laundry waste water

TUJUAN Limbah *laundry* mengandung parameter pencemar yang tinggi, salah satunya adalah COD (*Chemical Oxygen Demand*). Kandungan pencemar tersebut berasal dari deterjen yang ditambahkan saat pencucian untuk menghilangkan noda pada pakaian. Pembuangan air limbah *laundry* secara langsung ke lingkungan dapat menyebabkan pencemaran dan kerusakan lingkungan. **METODE** Salah satu alternatif yang dapat digunakan untuk mengatasi permasalahan air

limbah industri *laundry* adalah dengan menggunakan metode elektrokoagulasi. Elektrokoagulasi merupakan salah satu metode pengolahan air limbah secara elektrokimia dengan melepaskan koagulan aktif dari elektroda. Proses pengolahan air limbah industri *laundry* menggunakan variasi waktu kontak 60; 90; dan 120 menit dengan variasi tegangan 10; 20; dan 30 volt. **HASIL** Pengolahan air limbah *laundry* menggunakan metode elektrokoagulasi terbukti mampu menurunkan kadar pencemar pada air limbah industri *laundry*. Variasi tegangan 30 volt dan waktu kontak 120 menit mampu menurunkan kadar COD hingga 72 mg/L dari kadar awal 864 mg/L dengan efisiensi penurunan mencapai angka 91,48%. **KESIMPULAN** Hasil analisis data menggunakan anova di dapatkan nilai p -value $< 0,05$ yang artinya variasi tegangan dan waktu kontak berpengaruh signifikan terhadap penurunan COD pada air limbah industri *laundry* menggunakan metode elektrokoagulasi.

KATA KUNCI air limbah *laundry*; COD; elektrokoagulasi

1. PENDAHULUAN

Industri *laundry* merupakan salah satu jenis usaha penyedia layanan pencucian pakaian yang semakin diminati masyarakat di Indonesia. Industri *laundry* mulai berkembang di Indonesia sejak tahun 1990-an dan berkembang pesat hingga saat ini (Apriyani dan Novrianti, 2020). Industri binatu (*laundry*) merangsang pertumbuhan ekonomi yang positif bagi masyarakat. Industri *laundry* menjadi salah satu mata pencaharian bagi sekelompok masyarakat di berbagai kota di Indonesia (Mataram dkk. 2019). Berdasarkan studi penelitian terdahulu yang dilakukan (Rukmi dkk. 2013) ditemukan bahwa sekitar 20 usaha *laundry* di wilayah Kecamatan Sumbersari Kabupaten Jember sudah beroperasi dan berjalan dengan baik. Umumnya industri *laundry* tersebut menggunakan bantuan mesin cuci untuk membersihkan pakaian pelanggan dengan menambahkan deterjen yang cukup banyak sekitar (± 1500 gr) setiap sekali pencucian di mesin cuci dan membuang air limbah hasil cucian secara langsung ke badan air. Air limbah yang dihasilkan dari industri *laundry* mengandung zat tersuspensi seperti bahan organik yang tinggi, hal ini yang menyebabkan kadar COD yang terkandung pada air limbah dapat melebihi ambang batas toleransi lingkungan. Menurut Bratha dkk., (2001), air limbah *laundry* mengan-

*Korespondensi: ririn.teknik@unej.ac.id

dung sejumlah surfaktan, kalsium (Ca), *carboxyl methyl cellulose* (CMC), fosfat (P), pemutih pakaian dan menghasilkan air limbah dengan konsentrasi COD sekitar 488-2847 mg/L. Pengujian kandungan COD pada sampel air buangan yang bersumber dari industri *laundry* di Kelurahan Summersari dan Jember Lor sudah melebihi ambang batas pencemar yaitu 2352,78 mg/L, kadar tersebut dapat merusak kualitas lingkungan jika dibuang sembarangan.

Salah satu metode pengolahan limbah alternatif yang dapat digunakan untuk mengolah air limbah *laundry* adalah elektrokoagulasi. Elektrokoagulasi adalah metode pengolahan air limbah dengan memanfaatkan arus listrik. Proses elektrokoagulasi menghasilkan koagulan aktif pada anoda berupa ion logam dalam air dan terjadi reaksi elektrolitik di katoda berupa evolusi gas hidrogen (Takwanto dkk. 2018).

Metode elektrokoagulasi adalah satu teknik pengolahan limbah cair secara elektrolisis dengan menggunakan sel elektrokimia yang berasal dari elektroda, tegangan arus searah diterapkan ke elektroda biasanya menggunakan besi atau aluminium, proses penggabungan dari rangkaian proses elektrolisis dan proses koagulasi-flokulasi (Barrera-Díaz dkk., 2018). Prinsip dari serangkaian proses elektrokoagulasi adalah memanfaatkan reaksi redoks (reduksi dan oksidasi). Reaksi yang terjadi di dalam sel elektrokoagulasi adalah proses oksidasi yang terjadi pada anoda atau elektroda positif (+) dan proses reduksi yang terjadi pada elektroda negatif (-) atau katoda (Ananda dkk. 2018).

Elektrokoagulasi adalah proses yang mengganggu kestabilan suspensi, emulsi, dan larutan yang mengandung polutan dengan memasukkan arus listrik ke dalam air limbah. Selama pelarutan anoda, ion positif yang dihasilkan dapat menetralkan muatan partikel koloid yang muatannya berlawanan karena adanya gaya elektrostatis dan gaya berpasangan (Metcalf and Eddy Inc 2004). Menurut Saptati (2018), muatan koloid menjadi netral (kontaminan pada limbah cair pada umumnya bermuatan negatif) dan nilai potensial zeta menurun atau kestabilan koloid menurun. Proses degradasi kandungan COD pada air limbah saat proses elektrokoagulasi disebabkan adanya flok yang terbentuk oleh ion dengan senyawa organik yang saling berikatan dengan ion koagulan yang bersifat positif. Molekul yang terdapat pada limbah cair akan membentuk flok, partikel koloid yang bersifat mengikat senyawa atau partikel lain pada limbah cair seperti koloid $\text{Al}(\text{OH})_3$ akan bermuatan positif karena permukaannya mengikat ion H^+ . Cara kerja pada saat elektrokoagulasi sama dengan teori double layer dimana terjadi pembentukan flokulasi partikel yang bersifat adsorpsi, koagulan yang bersifat positif akan menyerap ion negatif pada air limbah yang mengandung senyawa-senyawa organik dan akan membentuk flok yang dapat menurunkan COD pada air limbah (Amri dkk. 2020).

Pencemaran lingkungan akibat air limbah *laundry* menjadi suatu masalah yang serius jika tidak ditangani sejak dini. Kadar COD yang tinggi yang terkandung dalam air limbah industri *laundry* dapat merusak ekosistem perairan yang berdampak kepada seluruh makhluk hidup, maka dari itu sebagai langkah untuk menanggulangi pencemaran lingkungan penulis mencoba melakukan penelitian tentang pengolahan air limbah industri *laundry* menggunakan metode elektrokoagulasi.

Dasar pemilihan metode pengolahan air limbah indus-

tri *laundry* secara elektrokoagulasi didukung oleh penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Kurniati dan Mujiburohman (2020), dimana efisiensi penurunan kadar pencemar COD menggunakan metode elektrokoagulasi dengan jarak antar elektroda 7 cm mencapai 88,69% pada waktu kontak 60 menit dengan beda potensial 30 volt dan dilakukan pengadukan dengan kecepatan 162 rpm. Hasil pengujian menunjukkan bahwa parameter pencemar COD masih melebihi ambang batas yang ditetapkan sebelum dibuang ke lingkungan yaitu 180 mg/L sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mencari kondisi optimal yang dapat digunakan selama proses pengolahan air limbah *laundry*, diantaranya adalah selama pengolahan tidak dilakukan pengadukan cepat, penambahan waktu kontak dan jarak antar elektroda diperkecil menjadi 5 cm agar kadar COD pada air limbah dapat terdegradasi secara optimal sesuai dengan standar baku mutu lingkungan.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Lokasi penelitian

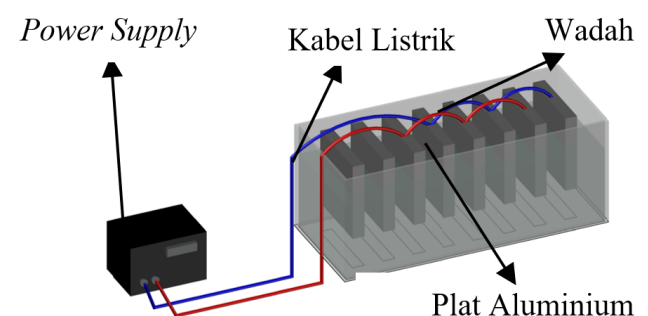
Lokasi *running* instalasi reaktor dilakukan di Laboratorium Remediasi dan Monitoring Kualitas Air Fakultas Teknik Universitas Jember. Pengujian parameter COD dilakukan di laboratorium Instrumentasi dan Pengendalian Lingkungan Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember. Sampel air limbah yang digunakan pada penelitian bersumber salah satu industri *laundry* di Kecamatan Summersari, Kabupaten Jember.

2.2 Alat dan bahan

Alat yang digunakan meliputi pH meter, termometer, gelas beker, *power supply*, spektrometer COD, *ice box*, timbangan analitik, reaktor elektrokoagulasi, dan COD reaktor. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain, air limbah industri *laundry*, Natrium Hidroksida (NaOH), *reagent* COD, dan Asam Sulfat (H_2SO_4).

2.3 Variabel penelitian

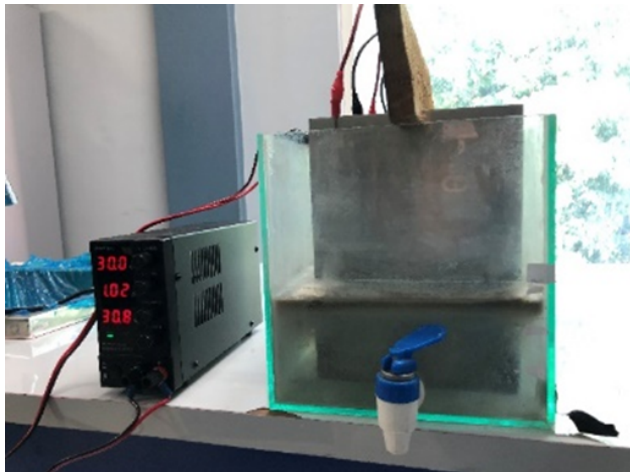
Penelitian ini menggunakan 3 jenis variabel, yaitu variabel terikat (nilai akhir COD), variabel kontrol (air limbah yang tidak mendapat perlakuan), dan variabel bebas yakni variasi waktu kontak (60; 90; dan 120 menit) dan variasi tegangan (10; 20; dan 30 volt).



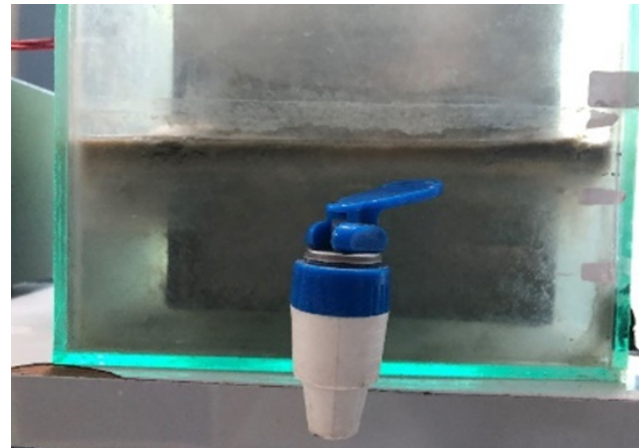
GAMBAR 1. Desain reaktor elektrokoagulasi.

TABEL 1. Rancangan penelitian.

Waktu Kontak	Tegangan Listrik (Volt)			Kontrol
	10 volt (B1)	20 volt (B2)	30 volt (B3)	
60 menit (A1)	A1B1C1	A1B2C1	A1B3C1	C11
Pengulangan ke-2	A1B1C2	A1B2C2	A1B3C2	C12
90 menit (A2)	A2B1C1	A2B2C1	A2B3C1	C21
Pengulangan ke-2	A2B1C2	A2B2C2	A2B3C2	C22
120 menit (A3)	A3B1C1	A3B2C1	A3B3C1	C31
Pengulangan ke-2	A3B1C2	A3B2C2	A3B3C2	C32



GAMBAR 2. Proses elektrokoagulasi limbah laundry.



GAMBAR 3. Flok-flok naik ke permukaan reaktor.

2.4 Rancangan penelitian

Rancangan penelitian disusun dengan mempertimbangkan berbagai variabel penelitian. Tujuan dari rancangan penelitian adalah untuk menentukan jumlah sampel dan perlakuan yang akan diberikan pada sampel. Percobaan dalam penelitian ini direncanakan akan diulang sebanyak 2 kali. Rancangan penelitian ditunjukkan pada Tabel 1.

Reaktor elektrokoagulasi yang digunakan terbuat dari bahan kaca dengan ketebalan sekitar 5 mm, berukuran 35 cm x 25 cm. Reaktor elektrokoagulasi menggunakan plat berbahan aluminium dengan ukuran plat 20 cm x 20 cm. Pemilihan aluminium sebagai elektroda karena mampu menghantarkan listrik, mudah teroksidasi, dan tidak mudah berkarat (Saputra 2018). Reaktor yang digunakan juga dihubungkan dengan power supply DC dengan tegangan maksimum 30 volt.

2.5 Pengukuran parameter COD pada air limbah

Pengukuran COD menggunakan reaktor COD dan spektrofotometer COD H183399. Langkah awal dalam analisis kandungan COD yaitu memanaskan reaktor COD hingga mencapai suhu 150°C. Sampel air limbah diambil 0,2 ml dimasukkan ke dalam reagent COD kemudian dihomogenkan. Sa-

tu vial reagen COD ditambahkan 0,2 ml aquades yang digunakan sebagai blanko. Setelah homogen reagen dipanaskan pada reaktor COD yang sudah mencapai suhu 150°C selama 2 jam dan didiamkan hingga mencapai suhu ruang. Sebelum dilakukan pengukuran kadar COD menyalakan spektrofotometer COD H183399. Reagen COD blanko dimasukkan ke dalam spektrofotometer COD hingga tertera angka 0 pada layer spektrofotometer COD. Selanjutnya digantikan reagen COD yang mengandung air limbah laundry untuk mengetahui kandungan COD pada air limbah.

2.6 Penentuan derajat keasaman (pH)

Pengujian pH dilakukan dengan menggunakan pH meter. Alat pH meter distandardisasi terlebih dahulu agar hasil pengujian pH yang diperoleh lebih akurat. Pengukuran pH dilakukan dengan mencelupkan elektroda pada pH meter ke dalam sampel air limbah kemudian mencatat hasil pengujian pH yang tertera pada layar pH meter. Pengambilan data pengujian pH dilakukan sebanyak dua kali (duplo) untuk menghindari data yang error.

2.7 Efisiensi removal

Efisiensi penurunan nilai COD pada air limbah memiliki hasil akhir yang berbeda-beda. Hasil akhir penurunan ini dipengaruhi oleh besar tegangan dan lama waktu kontak yang digunakan selama proses elektrokoagulasi. Persentase penurunan kadar COD pada pengolahan air limbah industri laundry dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Efisiensi} = \frac{a - b}{a} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan:

TABEL 2. Hasil analisis awal parameter COD dan pH.

No.	Parameter	Sebelum Pengolahan	Baku Mutu Lingkungan (Permen LH No. 5 Tahun 2014)
1.	COD (mg/L)	864	180
2.	pH	7,42	6,0 – 9,0

TABEL 3. Hasil penurunan kadar COD limbah laundry.

Waktu Kontak (Menit)	Kadar Awal (mg/L)	Tegangan (Volt)			Kontrol
		10	20	30	
60	864	282,83	250,83	223	861
90		145,83	100	90,5	836
120		83,83	79,83	72	821

TABEL 4. Hasil pengujian nilai pH air limbah industri laundry.

Tegangan (Volt)	pH Awal	pH Akhir			Kontrol
		60	90	120	
10	7,42	7,53	7,67	7,94	7,42
20		8,05	8,11	8,23	
30		8,30	8,52	8,67	

1. a = nilai kandungan COD awal pada saat sebelum dilakukan pengolahan
2. b = nilai kandungan COD setelah dilakukan pengolahan

2.8 Analisis data statistik

Analisis data statistika yang digunakan adalah uji anova two way menggunakan R Studio. Penggunaan uji anova two way bertujuan untuk mengetahui perbedaan signifikan antara rata-rata kelompok yang dihasilkan dari dua atau lebih va-

riabel independen terhadap variabel dependen (Padilah dan Adam 2019). Uji anova two way digunakan untuk mengetahui ada tidaknya perbedaan pengaruh variabel tegangan dan waktu kontak elektrokoagulasi dalam menurunkan kadar COD limbah laundry.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Karakteristik awal air limbah industri laundry

Air limbah laundry yang digunakan sebagai sampel penelitian bersumber dari salah satu industri laundry di Kecamatan Sumpalsari, Kabupaten Jember. Karakteristik awal air limbah industri laundry dapat dilihat pada Tabel 2.

Hasil pengujian awal pada Tabel 2, menunjukkan bahwa air limbah industri laundry pada parameter uji kandungan pH dan COD ditemukan bahwa untuk nilai pH masih berada pada ambang batas atau memenuhi baku mutu lingkungan tetapi kandungan COD yang terkandung pada air limbah industri laundry sudah melebihi ambang batas lingkungan. Kandungan COD air limbah industri laundry yang melebihi ambang batas tentu menimbulkan senyawa toksik yang berbahaya bagi lingkungan terutama biota perairan. Proses elektrokoagulasi pada air limbah industri laundry ditujukan untuk menurunkan kadar pencemar agar tidak melebihi toleransi lingkungan terhadap kadar COD yang terkandung pada air limbah industri laundry.

3.2 Proses elektrokoagulasi air limbah industri laundry

Elektrokoagulasi adalah salah satu metode koagulasi dengan memanfaatkan tegangan listrik, yaitu dekomposisi air limbah yang elektrodanya pada penelitian ini menggunakan

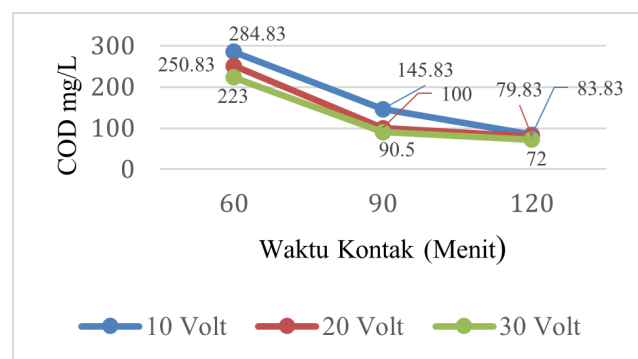


(a)



(b)

GAMBAR 4. (a) Sampel air limbah laundry sebelum pengolahan, (b) Sampel air limbah setelah pengolahan



GAMBAR 5. Penurunan kadar COD limbah laundry.

plat aluminium. Logam aluminium adalah elektroda yang umum digunakan pada saat pengolahan air limbah dengan menggunakan metode elektrokoagulasi. Plat aluminium juga dapat menghantarkan arus listrik dengan baik sehingga proses elektrokoagulasi dapat berjalan dengan lancar (Ananda dkk. 2018). Proses terjadinya elektrokoagulasi menggunakan plat aluminium ditunjukkan pada Gambar 2.

Proses elektrokoagulasi menghasilkan reaksi reduksi dan oksidasi. Reaksi oksidasi yang terjadi pada anion (ion negatif) membentuk Al^{3+} yang dapat bergabung dengan OH^- yang terbentuk selama proses reduksi di katoda membentuk $Al(OH)_3$ sebagai pengikat polutan yang terdapat pada air limbah industri laundry. Reaksi elektrokoagulasi pada katoda juga mengeluarkan gas-gas hidrogen (H_2) yang digunakan untuk mengangkat flok-flok yang terakumulasi di permukaan reaktor elektrokoagulasi (Ni'am dkk. 2018). Proses naiknya flok ke permukaan dapat dilihat pada Gambar 3.

Pada eksperimen ini digunakan tegangan maksimal sebesar 30 volt yang bersumber dari *power supply* DC, dengan 3 variasi besar tegangan listrik yaitu 10, 20, dan 30 volt dengan waktu kontak selama 60, 90, dan 120 menit. Flok yang dihasilkan selama proses elektrokoagulasi limbah laundry paling tinggi dihasilkan pada waktu kontak 120 menit dan besar tegangan 30 volt. Perubahan air limbah laundry selama proses elektrokoagulasi ditunjukkan pada Gambar 4.

3.3 Efisiensi penurunan kadar COD pada air limbah industri laundry menggunakan metode elektrokoagulasi

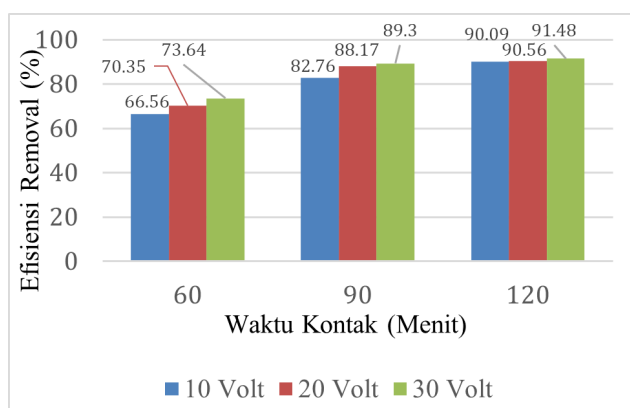
COD adalah jumlah oksigen yang diperlukan untuk mereduksi seluruh bahan organik yang terkandung dalam limbah cair. Hasil pengukuran nilai awal COD yakni sebesar 864 mg/L. Penurunan kandungan COD pada air limbah industri laundry diukur melalui pengujian laboratorium dengan menggunakan spektrometer COD. Penurunan kandungan COD pada air limbah industri laundry dapat ditunjukkan pada Tabel 3 dan grafik penurunan kadar COD ditunjukkan pada Gambar 5.

Berdasarkan Tabel 3 dan Gambar 5, dapat diketahui efisiensi penurunan tertinggi kadar COD yaitu pada waktu kontak selama 120 menit dan tegangan 30 volt berhasil menurunkan COD menjadi 72 mg/L dari kadar COD awal yaitu sebesar 864 mg/L. Penurunan COD terendah pada proses elektrokoagulasi limbah laundry yaitu 284,83 mg/L dengan waktu kontak selama 60 menit dan tegangan 10 volt. Penurunan kadar COD pada proses elektrokoagulasi diakibatkan ter-

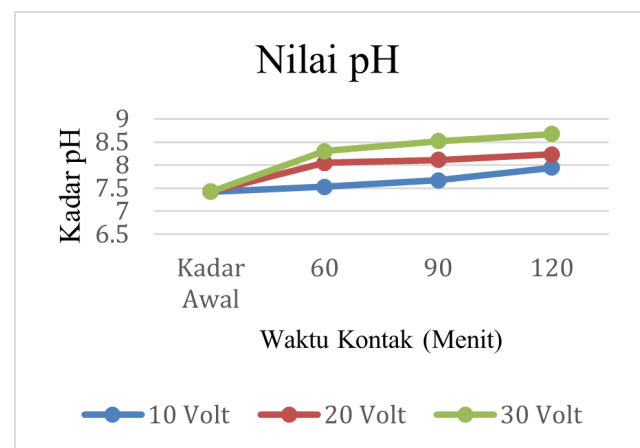
jadinya proses reduksi dan oksidasi. Reaksi reduksi dan reaksi oksidasi pada proses elektrokoagulasi dapat terjadi karena adanya arus listrik searah yang dialirkan ke dalam air limbah pada reaktor elektrokoagulasi, air limbah laundry sebagai elektrolit menghasilkan gelembung gas sebagai agen koagulan (Saputra 2018). Elektroda yang dihubungkan ke sumber arus listrik akan menghasilkan reaksi redoks yang dapat mengganggu kestabilan pengotor dan padatan organik atau anorganik tersuspensi yang membentuk flok. Mekanisme terjadinya flokulasi disebabkan adanya fenomena *sludge blanket* yang mampu menangkap dan menjembatani partikel-partikel koloid baik berupa komponen organik maupun anorganik pada air limbah industri laundry sehingga mengurangi kandungan polutan COD. Penurunan kadar COD yang dapat diturunkan oleh metode elektrokoagulasi merupakan partikel koloid yang terdapat dalam air limbah dengan ukuran 0,25-1 mm (Nur dan Effendi 2014).

Menurut Rafiee dkk. (2020) pada penelitiannya mengenai penggunaan metode elektrokoagulasi pada pengolahan lindi di TPA, berdasarkan penelitian tersebut besar tegangan yang digunakan selama proses elektrokoagulasi berpengaruh kepada penurunan kadar COD pada air lindi yang dihasilkan di TPA. Penggunaan tegangan tertinggi yakni 40 volt dengan waktu kontak 60 menit berhasil menurunkan kadar COD pada air lindi menjadi 579 mg/L dari kadar awal 1928 mg/L. Besar tegangan yang digunakan selama proses elektrokoagulasi mempengaruhi banyaknya elektron yang di produksi di anoda sehingga menghasilkan lebih banyak produksi hidroksil di katoda. Hal yang sama terjadi pada penelitian ini, pada tegangan tertinggi yang digunakan selama proses elektrokoagulasi menghasilkan penurunan tertinggi yaitu pada tegangan 30 volt, selain pengaruh tegangan yang digunakan selama proses elektrokoagulasi variasi waktu kontak juga turut mempengaruhi banyaknya COD yang diturunkan selama proses elektrokoagulasi limbah laundry berlangsung.

Waktu kontak selama proses elektrokoagulasi berpengaruh terhadap kadar COD air yang terkandung pada air limbah industri laundry. Lama waktu kontak yang digunakan pada proses elektrokoagulasi menentukan jumlah koagulan yang dihasilkan selama proses elektrokoagulasi berlangsung. Penambahan waktu kontak seperti pada penelitian ini yakni 60; 90; dan 120 menit menentukan seberapa banyak penurunan kadar COD tiap satu variasi waktu dengan variasi tegangan

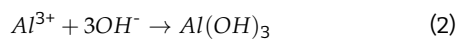


GAMBAR 6. Diagram efisiensi penurunan kadar COD.



GAMBAR 7. Grafik pengujian pH air limbah industri laundry.

yang digunakan selama proses elektrokoagulasi (Jovanović dkk. 2021). Merujuk kepada penelitian yang telah dilakukan Kurniati dan Mujiburohman (2020), menunjukkan bahwa lama waktu kontak juga sangat berpengaruh terhadap penurunan COD, waktu kontak menyebabkan semakin tinggi efisiensi penurunan kadar COD. Lama waktu kontak yang digunakan pada proses elektrokoagulasi mempengaruhi jumlah koloid-koloid yang dihasilkan untuk mengikat partikel yang terkandung pada air limbah yang nantinya membentuk flok-flok berukuran besar dan akan terflotasi ke permukaan reaktor. Banyaknya flok yang terbentuk selama proses elektrokoagulasi mengakibatkan terjadi proses penurunan konsentrasi COD yang dihasilkan. Reaksi yang terjadi pada proses elektrokoagulasi ditunjukkan pada persamaan 2.



Anoda menghasilkan koagulan aktif yaitu Al^{3+} ke dalam air limbah laundry, sedangkan pada katoda terjadi proses pelepasan gas hidrogen dan ion hidroksida OH^{-} (Takwanto dkk., 2018). Pelepasan senyawa Al^{3+} dari elektroda menyebabkan terbentuknya flok $Al(OH)_3$ yang berfungsi untuk mengikat pencemar. Muatan negatif yang terkandung pada koagulan mengalami interaksi dengan muatan positif pada ion logam (Changmai dkk. 2022). Bahan pencemar terflotasi ke permukaan yang mengakibatkan seluruh partikel terakumulasi di permukaan dibantu oleh gas OH^{-} untuk menyisihkan pencemar pada air limbah sehingga kadar COD dapat turun (Kurniati dan Mujiburohman 2020). Efisiensi penurunan kadar COD pada air limbah industri laundry menggunakan metode elektrokoagulasi ditunjukkan pada Gambar 6.

Berdasarkan Gambar 6 persentase penurunan kadar COD berbanding lurus dengan bertambahnya tegangan dan waktu kontak. Penambahan waktu kontak dari 60 menit menjadi 90 menit mampu meningkatkan persentase penurunan kadar COD cukup signifikan dengan selisih persentase sebesar 15,66% sampai 17,82%. Penambahan waktu kontak dari 90 menit menjadi 120 menit meningkatkan persentase penurunan kadar COD cukup kecil yaitu selisih sebesar 2,18% sampai 7,33%. Penurunan kadar COD tertinggi yaitu sebesar 91,48% pada tegangan 30 volt dan waktu kontak 120 menit. Penurunan tertinggi pada percobaan ini masing-masing pada waktu kontak terlama dan tegangan tertinggi, sedangkan sebaliknya penurunan terendah ada pada voltase terendah yaitu 10 volt pada setiap variasi waktu. Persentase penurunan terendah yaitu sebesar 66,56% dari kadar awal 864 mg/L pada waktu kontak 60 menit dan tegangan sebesar 10 volt. Penelitian ini berbanding lurus dengan penelitian yang dilakukan oleh Majid dan Sugito (2022), pada percobaan penurunan kadar COD limbah cair laboratorium dengan menggunakan metode elektrokoagulasi. Kadar COD awal limbah cair laboratorium sebesar 27.023 mg/L. Pada penelitian Majid dan Sugito (2022), plat yang digunakan adalah plat aluminium. Persentase penurunan tertinggi yang dihasilkan dari

proses elektrokoagulasi limbah laboratorium adalah 90,11% dengan konsentrasi akhir COD sebesar 2670,83 mg/L pada tegangan 30 volt dan waktu kontak 240 menit.

3.4 Analisis pH

Parameter yang dianalisis pada pengolahan air limbah menggunakan metode elektrokoagulasi adalah derajat keasaman (pH). Air limbah laundry yang dilakukan pengujian pH meliputi sampel air limbah laundry awal, sampel air limbah yang sudah melewati proses elektrokoagulasi dan sampel air limbah laundry tanpa perlakuan atau kontrol. Perubahan nilai pH pada setiap variasi tegangan dan waktu kontak tercantum pada Tabel 4.

Data hasil pengujian nilai pH pada pengolahan air limbah industri laundry dengan metode elektrokoagulasi menggunakan variasi waktu kontak dan besar tegangan cenderung meningkatkan nilai pH. Nilai pH awal sebelum dilakukan proses elektrokoagulasi yaitu 7,42 namun terjadi kenaikan pada pH pada tegangan 30 volt dan waktu kontak 120 menit menaikkan pH hingga 8,67. Nilai kenaikan pH terkecil yaitu pada waktu kontak tercepat dan tegangan terendah pada waktu kontak 60 menit dan tegangan sebesar 10 volt menyebabkan kenaikan pH menjadi 7,53. Nilai pH yang tidak diberikan perlakuan (kontrol) cenderung sama dengan nilai pH awal dikarenakan tidak diberikan perlakuan. Kenaikan nilai pH selama proses elektrokoagulasi dapat dilihat pada Gambar 7.

Menurut Masrullita dkk. (2021), Peningkatan nilai pH diakibatkan oleh ion-ion hidroksida (OH^{-}), semakin bertambahnya jumlah ion-ion OH^{-} yang dihasilkan dapat menaikkan nilai pH. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Praseptyaningrum dkk. (2019) dalam penelitiannya mengenai pengaruh pH pada proses degradasi kromium pada air limbah elektroplating menggunakan metode elektrokoagulasi. pH 7 menghasilkan efisiensi tertinggi dalam proses degradasi kromium pada air limbah elektroplating dengan efisiensi sebesar 78,93% sedangkan pada pH yang terlalu asam atau basa menurunkan persentase degradasi limbah kromium pada air limbah elektroplating. pH awal yang digunakan pada penelitian ini adalah 7,42, pH tersebut masih tergolong dalam pH netral sehingga efisiensi penurunan COD pada air limbah industri laundry menggunakan metode elektrokoagulasi dapat mencapai efisiensi sebesar 91,48% pada tegangan 30 volt dan waktu kontak 120 menit. pH awal sangat berpengaruh terhadap persentase penyisihan polutan pada proses elektrokoagulasi. pH awal dapat mempengaruhi banyaknya elektron yang dihasilkan dari elektroda pada saat proses elektrokoagulasi. pH awal dapat ditentukan berdasarkan elektroda yang digunakan dan polutan yang ingin di degradasi (Rusdi dkk. 2020).

3.5 Analisis data statistik penurunan kadar COD

Analisis data statistik pada penurunan kadar COD dilakukan dengan melakukan uji normalitas. Uji normalitas digunakan untuk mengetahui data yang dianalisis merupakan data

TABEL 5. Uji normalitas.

Parameter	p-value	Keterangan
COD	0,7879	Ber distribusi Normal

TABEL 6. Uji homogenitas.

Parameter	P-value	Keterangan
COD	0.2208	Terdistribusi normal

TABEL 7. Uji anova.

Variabel	Df	Sum Sq	Mean Sq	F Value	Pr(>F)	
Tegangan (Volt)	1	1251,7	1251,7	94,197	1,35e-07	***
Waktu (menit)	1	81,2	81,2	6,112	0,0269	*

residual standar normal $> 0,05$. Uji kedua yang digunakan pada anova adalah homogenitas untuk mengetahui data merupakan data yang homogen. Data yang homogen terlihat dari nilai p -value $> 0,05$. Uji anova dilakukan ketika uji normalitas dan uji homogenitas memenuhi syarat. Pengambilan keputusan uji anova apabila nilai p -value $< 0,05$ atau H_0 ditolak yang menandakan bahwa ada pengaruh antara variabel bebas dengan variabel terikat. Sebaliknya jika nilai p -value $> 0,05$ maka H_0 diterima yang menandakan tidak ada pengaruh antara variabel bebas dengan variabel terikat (Nafis 2019). Hasil uji normalitas penurunan kadar COD pada proses elektrokoagulasi ditunjukkan pada Tabel 5.

Hasil uji normalitas pada Tabel 5, menunjukkan bahwa nilai p -value adalah 0,7879. Nilai tersebut menunjukkan bahwa data tersebut ber residual standar normal untuk uji normalitas. P -value 0,7879 $> 0,05$ yang menandakan bahwa uji normalitas tersebut ber distribusi normal dan H_0 ditolak. Uji asumsi klasik yang digunakan pada uji normalitas adalah Shapiro-Wilk normality test. Uji lanjutan yang digunakan adalah Uji homogenitas atau uji heteroskedastisitas digunakan untuk mengetahui apakah suatu model anova terjadi ketidaksamaan varian dari residual suatu pengamatan terhadap pengamatan yang sedang dilakukan. Uji homogenitas dapat dilakukan dengan scatterplot, uji gleser, uji Breusch Pagan (Setiawati 2021). Uji homogenitas menggunakan uji Breusch Pagan, ditunjukkan pada Tabel 6.

Hasil uji homogenitas pada Tabel 6, menunjukkan bahwa nilai p -value sebesar 0,2208. Hasil uji homogenitas menyatakan bahwa nilai p -value $> 0,05$ yang menandakan bahwa H_0 ditolak dan dapat disimpulkan bahwa data adalah homogen sehingga asumsi homogenitas dalam uji anova dapat terpenuhi. Data yang sudah memenuhi syarat selanjutnya dilakukan uji anova yang ditunjukkan pada Tabel 7.

Uji anova dapat dilakukan ketika uji normalitas dan uji homogenitas sudah memenuhi persyaratan. Hasil uji anova pada Tabel 7 menunjukkan bahwa p -value tegangan adalah $1,35e^{-07}$, dan waktu $0,0269 < 0,05$. Pengambilan keputusan bahwa H_0 ditolak yang artinya variasi waktu kontak dan tegangan selama proses elektrokoagulasi limbah laundry menunjukkan ada pengaruh yang signifikan terhadap penurunan kadar COD akhir setelah dilakukan pengolahan.

4. KESIMPULAN

Pengolahan air limbah industri laundry menggunakan metode elektrokoagulasi efektif dalam menurunkan kadar COD. Variasi waktu kontak dan tegangan listrik yang paling efektif untuk menurunkan kadar COD yaitu pada variasi waktu kontak 60 - 120 menit dengan tegangan 30 volt efektif menurunkan nilai COD menjadi 83,83 - 72 mg/L dari kadar awal yaitu 846 mg/L dengan efisiensi penurunan tertinggi yaitu 91,48%. Hasil uji statistik menggunakan uji anova two way menunjukkan hubungan antara variasi waktu kontak dan tegangan terhadap nilai akhir COD. Nilai signifikansi tegang-

an dan waktu kontak adalah $1,35e^{-07}$; $0,0269 < 0,05$ atau H_0 ditolak yang menandakan variabel bebas waktu kontak dan tegangan listrik berpengaruh signifikan terhadap nilai COD akhir.

DAFTAR PUSTAKA

- Amri I, Destinefa P, Zultiniar Z. 2020. Pengolahan limbah cair tahu menjadi air bersih dengan metode elektrokoagulasi secara kontinyu. CHEMPUBLISH JOURNAL. 5(1):57–67. doi:10.22437/chp.v5i1.7651.
- Ananda ER, Irawan D, Wahyuni SD, Kusuma AD, Buadiarto J, Hidayat R. 2018. Pembuatan alat pengolah limbah cair dengan metode elektrokoagulasi untuk industri tahu Kota Samarinda. JTT (Jurnal Teknologi Terpadu). 6(1):54. doi:10.32487/jtt.v6i1.439.
- Changmai M, Das PP, Mondal P, Pasawan M, Sinha A, Biswas P, Sarkar S, Purkait MK. 2022. Hybrid electrocoagulation–microfiltration technique for treatment of nanofiltration rejected steel industry effluent. International Journal of Environmental Analytical Chemistry. 102(1):62–83. doi:10.1080/03067319.2020.1715381.
- Jovanović T, Velinov N, Petrović M, Najdanović S, Bojić D, Radović M, Bojić A. 2021. Mechanism of the electrocoagulation process and its application for treatment of wastewater: A review. Advanced Technologies. 10(1):63–72. doi:10.5937/savteh2101063j.
- Kurniati TR, Mujiburohman M. 2020. Pengaruh beda potensial dan waktu kontak elektrokoagulasi terhadap penurunan kadar COD dan TSS pada limbah cair laundry. The 11th University Research Colloquium 2020 Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta:309–313.
- 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. doi:10.29103/jtku.v10i1.4184.
- Mataram A, DN J, Anisya N, Nadiyah N, Rizal S, Rachmawati. 2019. Penjernihan air limbah binatu (laundry) menggunakan alat sederhana. Applicable Innovation of Engineering and Science Research. 2(3):23–24.
- Metcalf and Eddy Inc. 2004. Wasterwater engeneering - treatment and reuse.
- Nafis SM. 2019. Pengaruh kualitas layanan, kualitas makanan, dan persepsi harga di restoran. [[Doctoral thesis]]: .
- Ni'am AC, Caroline J, Afandi MH. 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. doi:10.29080/alard.v3i1.257.
- Nur A, Effendi AJ. 2014. Aplikasi elektrokoagulasi pasangan elektroda aluminium pada proses daur ulang grey water hotel. Jurnal Tehnik Lingkungan. 20(1):58–67. doi:10.5614/jtl.2014.20.17.
- Padilah TN, Adam RI. 2019. Analisis regresi linier berganda dalam estimasi produktivitas tanaman padi di Kabupaten Karawang. FIBONACCI: Jurnal Pendidikan Matematika dan Matematika. 5(2):117. doi:10.24853/fbc.5.2.117-128.
- Prasetyaningrum A, Jos B, Dharmawan Y, Praptyana IR. 2019. The effect of ph and current density on electrocoagulation process for degradation of chromium (VI) in plating

- industrial wastewater. *Journal of Physics: Conference Series*. 1295(1). doi:[10.1088/1742-6596/1295/1/012064](https://doi.org/10.1088/1742-6596/1295/1/012064).
- Rafiee P, Hosseini M, Ebrahimi S. 2020. The evolution patterns of temperature, pH, and voltage during the removal of chemical oxygen demand from a landfill leachate using electrocoagulation under different conditions. *Reaction Kinetics, Mechanisms and Catalysis*. 131(1):319–334. doi:[10.1007/s11144-020-01846-0](https://doi.org/10.1007/s11144-020-01846-0).
- Rukmi DP, Ellyke, Pujiati RS. 2013. Efektivitas eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) dalam menurunkan kadar deterjen, BOD, dan COD pada air limbah laundry (studi di laundry x di kelurahan jember lor kecamatan patrang kabupaten jember). *SRA-Medical*. 05(1):1–7.
- Rusdi H, Wonorahardjo S, Utomo Y, Wijaya A. 2020. Optimalisasi pH dan konsentrasi elektrolit dalam elektrokoagulasi limbah surfaktan. *JC-T (Journal Cis-Trans): Jurnal Kimia dan Terapannya*. 4(1):21–28. doi:[10.17977/um0260v4i12020p021](https://doi.org/10.17977/um0260v4i12020p021).
- Saputra AI. 2018. Decrease of COD TSS waste water hospital in laboratory using electrocoagulation. *JnpH*. 6(2):6–13.
- Setiawati. 2021. Analisis pengaruh kebijakan deviden terhadap nilai perusahaan pada perusahaan farmasi Di BEI. *Jurnal Inovasi Penelitian*. 1(8):1581–1590. doi:<https://dx.doi.org/10.47492/jip.v1i8.308>.
- Takwanto A, Mustain A, Sudarminto HP. 2018. Penukaran kandungan polutan pada lindi dengan metode elektrokoagulasi-adsorpsi karbon aktif untuk memenuhi standar baku mutu lingkungan. *Jurnal Teknik Kimia dan Lingkungan*. 2(1):11.