

Kombinasi Elektrokoagulasi dan Adsorpsi dalam Mengolah Air Limbah Industri Batik

Hermawan Finistyanto dan Firra Rosariawari*

Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur

Email Korespondensi: firra.tl@upnjatim.ac.id

Kata Kunci:

adsorpsi, elektrokoagulasi, kekeruhan, limbah cair batik, TSS, warna

ABSTRAK

Limbah cair batik memiliki kandungan zat warna dan kandungan TSS yang tinggi. Hal ini dapat mempengaruhi proses fotosintesis tumbuhan air dan dapat mempengaruhi kualitas badan air sehingga penelitian ini bertujuan agar warna terlarut dalam limbah dapat teradsorpsi. Kombinasi elektrokoagulasi dan adsorpsi adalah metode yang digunakan untuk mengolah dan/atau mengurangi kadar beban pencemar khususnya TSS dan warna yang terkandung dalam limbah batik agar dapat dibuang ke badan air. Hasil uji pendahuluan limbah cair batik pada parameter TSS sebesar 460 mg/l, kekeruhan 151,2 NTU, dan warna 1.245 PTCo. Variabel tetap yang digunakan adalah waktu kontak selama 90 menit, tegangan 12 volt, dan ukuran karbon aktif 30 mesh. Hasil pada proses elektrokoagulasi adalah semakin besar tegangan dan semakin lama waktu kontak, maka semakin tinggi persen removal yang dihasilkan. Parameter TSS persen removal 87,39%, kekeruhan 71,56%, dan warna 81,93%. Sedangkan pada proses adsorpsi, hasil terbaik pada ukuran 30 mesh dengan persen removal TSS sebesar 39%, kekeruhan 69,77%, dan warna 61,78%.

Keyword:

adsorption, electrocoagulation, turbidity, batik liquid waste, TSS, color

ABSTRACT

Batik liquid waste has a high dye content and TSS content. This can affect the photosynthetic process of plants and can affect air quality. So that this study aims for the color dissolved in the waste can be adsorbed. The method used in this study is a combination of electrocoagulation and adsorption methods designed to treat and/or reduce pollutant levels, especially TSS and colors contained in batik waste so that it can be disposed of into water bodies. The results of the preliminary test of batik liquid waste on TSS parameters of 460 mg/l, turbidity 151.2 NTU, and color 1245 PTCo. The fixed variables used were contact time for 90 minutes, voltage 12 volts, and size of activated carbon 30 mesh. The result of the electrocoagulation process is that the greater the voltage and the longer the contact time, the higher the percent removal produced. Parameters of TSS message removal were 87.39%, turbidity 71.56%, and color 81.93%. Meanwhile, in the adsorption process, the best results were at 30 mesh size with 39% TSS removal, 69.77% turbidity, and 61.78% color.

1. PENDAHULUAN

Salah satu penghasil limbah cair proses pencelupan adalah usaha batik. Limbah industri batik umumnya bersifat karsinogenik dan mengandung zat yang tidak dapat terurai. Selain itu, limbah cair batik berwarna gelap, berbau menyengat, dan memiliki kadar total padatan tersuspensi, kebutuhan oksigen biologis, dan kebutuhan oksigen kimia yang signifikan (Indrayani, 2019).

Pemberian lilin, pewarnaan, dan pelorodan adalah tiga fase yang terlibat dalam pembuatan batik tulis. Karena pewarna kimia alami berasal dari sintetis yang digunakan dalam produksi pewarna ikat, limbah pewarna ikat pasti mengandung senyawa persisten (Irvan *et al.*, 2020).

Limbah cair batik masih banyak mengandung zat warna, maka pencemaran lingkungan terutama pencemaran air sulit dihindari jika dibuang tanpa pengolahan terlebih dahulu. Zat

warna ini dapat mempengaruhi proses fotosintesis tumbuhan air dengan mempengaruhi kemampuannya memasuki badan air. Penurunan kualitas air dan peningkatan kekeruhan akibat pencemaran zat warna akan mengganggu fotosintesis dengan menghalangi masuknya cahaya ke badan air, serta terjadinya efek mutagenik dan karsinogenik dari zat warna tersebut (Larasati *et al.*, 2021).

Prioritas kedua pengolahan limbah cair batik adalah menurunkan kadar TSS (*Total Suspended Solid*) karena mengandung bahan kimia selain pewarna sintetis. Jika kadar TSS tinggi, maka kekeruhan akan tinggi sehingga akan mematikan biota air.

Elektrokoagulasi adalah teknologi yang telah berhasil digunakan untuk mengurangi TSS, kekeruhan, dan warna. Proses koagulasi-flokulasi dan elektrokimia digabungkan dalam elektrokoagulasi (Masrullita *et al.*, 2021). Elektrokoagulasi adalah metode koagulasi-flokulasi yang

menggabungkan proses elektrokimia dan koagulasi-flokulasi. Metode elektrokoagulasi bekerja dengan melewatkan arus listrik melalui elektroda yang terhubung. Elektroda yang terpasang bertindak sebagai konduktor arus listrik melalui larutan, memungkinkan reaksi kimia atau perubahan terjadi. Sederhananya, elektrokoagulasi adalah proses penebalan dan pengendapan partikel kecil dalam air menggunakan energi listrik (Takwanto *et al.*, 2018).

Karena degradasi warna terlarut dalam air limbah batik tidak ideal, metode elektrokoagulasi harus digunakan secara bersamaan dengan adsorpsi. Prosedur adsorpsi diperlukan setelah elektrokoagulasi sehingga terjadi penyerapan adsorptif warna dari limbah batik. Proses adsorpsi terjadi ketika bahan kimia terlarut dalam larutan menggumpal oleh permukaan adsorben sehingga menyebabkan bahan masuk dan berkumpul dalam zat penyerap (Sitanggang, 2017).

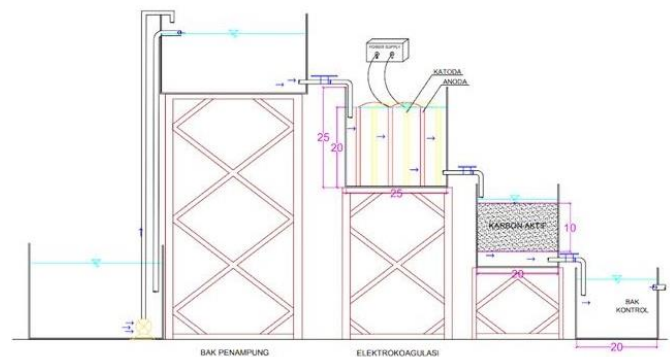
Berdasarkan uraian di atas, kombinasi teknik elektrokoagulasi dan adsorpsi digunakan dalam penelitian ini dengan tujuan untuk mengolah dan/atau mengurangi kadar beban pencemar, khususnya TSS dan warna yang terkandung dalam limbah batik agar dapat dibuang ke badan air sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah Industri Batik.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan elektrokoagulasi dalam sistem *batch* dan kontinu dengan menggunakan elektroda aluminium sehingga diperlukan penggunaan reaktor adsorpsi gabungan. Penelitian ini akan dilaksanakan di Laboratorium Penelitian Teknik Lingkungan UPN “Veteran” Jawa Timur. Limbah dari usaha batik skala kecil perumahan di Jetis, Sidoarjo, akan dimanfaatkan dalam penelitian ini.

Dalam mengevaluasi efektivitas penurunan parameter TSS, kekeruhan, dan warna pada limbah industri batik, digunakan uji limbah awal sebagai acuan.

Dengan menempatkan sampel limbah hingga 10 liter ke dalam reaktor elektrokoagulasi, perubahan substansial dalam tegangan dan durasi kontak dapat dicapai selama proses elektrokoagulasi. Variasi waktu kontak 30 menit, 45 menit, 60 menit, 75 menit, dan 90 menit serta dilakukan perubahan tegangan sebesar 6 volt, 8 volt, 10 volt, dan 12 volt. Elektroda berjarak 4 cm. Menganalisis sampel limbah industri batik yang telah mengalami elektrokoagulasi dan diendapkan selama 30 menit. Proses selanjutnya yaitu adsorpsi di mana karbon aktif memiliki variasi dalam ukuran. Sampel limbah yang telah menghasilkan hasil elektrokoagulasi terbaik ditambahkan ke dalam reaktor adsorpsi 10 liter. Dilakukan variasi ukuran media karbon aktif. Setelah itu, menganalisis sampel limbah batik yang telah melalui proses elektrokoagulasi dan adsorpsi. Desain reaktor yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.



Gambar 1. Desain Reaktor Elektrokoagulasi Kombinasi Adsorpsi

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Penelitian Pendahuluan

Limbah yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah industri batik yang berasal dari sentra industri batik di Jetis, Sidoarjo. Proses pewarnaan pada industri batik menyebabkan kandungan limbah cair batik memiliki kadar zat warna tinggi dan mengandung bahan-bahan sintetik yang sukar diuraikan (Lestari & Agung, 2014). Hasil uji awal limbah cair industri batik terdapat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Uji Awal Limbah Cair Industri Batik

No.	Parameter	Satuan	Hasil Uji
1.	Zat Padat Tersuspensi (TSS)	mg/l	460
2.	COD	mg/l	1799,7
3.	BOD	mg/l	130,8
4.	pH	-	8,01
5.	Suhu	°C	26,3
6.	Warna	PTCo	1245
7.	Kekeruhan	NTU	151,2

Sumber: Hasil Analisis, 2022

Penelitian ini merupakan penelitian dengan sistem *batch* dengan metode elektrokoagulasi menggunakan elektroda aluminium sehingga memerlukan reaktor kombinasi adsorpsi. Penelitian ini akan dilakukan di Laboratorium Riset Teknik Lingkungan UPN “Veteran” Jawa Timur.

3.2 Pengaruh Variasi Besar Tegangan dan Waktu Kontak pada Proses Elektrokoagulasi

Transfer elektron terjadi pada elektroda selama proses elektrokoagulasi, di mana dua reaksi terjadi: reaksi reduksi dan reaksi oksidasi (redoks), di mana zat pereduksi berfungsi sebagai donor elektron dan zat pengoksidasi sebagai akseptor elektron. Produksi flok yang berfungsi untuk mengikat kontaminan pada limbah cair industri batik dipengaruhi oleh transfer elektron. Nilai potensial reduksi (E) yang digunakan sebagai elektroda dapat digunakan untuk menentukan kapasitas suatu bahan dalam melakukan proses redoks (Jati & Aviandharie, 2018). Nilai potensial redoks yang terdapat pada aluminium sebesar -1,662 (Emilia & Mutiara, 2019). Elektron bermigrasi dari katoda ke anoda sebagai akibat dari arus listrik

yang mengalir melalui anoda dan katoda selama prosedur elektrokoagulasi. Massa zat yang terbentuk pada elektroda sebagai hasil proses elektrolisis berbanding lurus dengan jumlah listrik yang mengalir melalui larutan, menurut Hukum Pertama Faraday (Kartikawati *et al.*, 2020), meskipun Hukum Ohm menunjukkan bahwa tegangan (V) berbanding lurus dengan arus (I) dan arus (I) berbanding terbalik dengan hambatan (Jati & Aviandharie, 2018). Pada penelitian ini, hasil pengaruh variasi besar tegangan dan waktu kontak pada proses elektrokoagulasi pada masing-masing parameter tercantum pada Tabel 2.

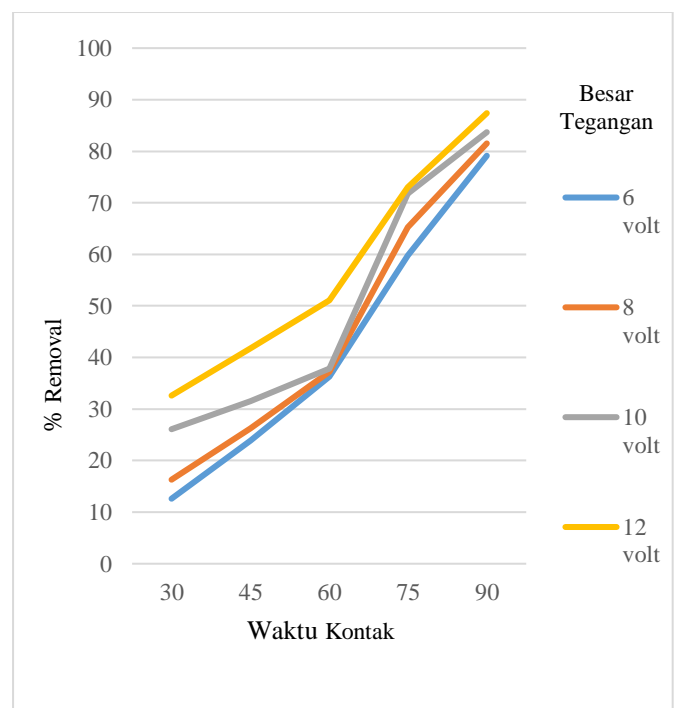
Tabel 2. Hasil Pengaruh Variasi Besar Tegangan dan Waktu Kontak

Waktu Kontak	Besar Tegangan	C0	Ct	Efisiensi Removal (%)
Penurunan TSS (mg/l)				
30 menit	6 volt	460	402	12,61
	8 volt	460	385	16,30
	10 volt	460	340	26,09
	12 volt	460	310	32,61
45 menit	6 volt	460	350	23,91
	8 volt	460	339	26,30
	10 volt	460	315	31,52
	12 volt	460	268	41,74
60 menit	6 volt	460	293	36,30
	8 volt	460	289	37,17
	10 volt	460	286	37,83
	12 volt	460	225	51,09
75 menit	6 volt	460	185	59,78
	8 volt	460	160	65,22
	10 volt	460	130	71,74
	12 volt	460	124	73,04
90 menit	6 volt	460	96	79,13
	8 volt	460	85	81,52
	10 volt	460	75	83,70
	12 volt	460	58	87,39
Penurunan Kekeruhan (NTU)				
30 menit	6 volt	151,2	115	23,94
	8 volt	151,2	112	25,93
	10 volt	151,2	94	37,83
	12 volt	151,2	87	42,46
45 menit	6 volt	151,2	93	38,49
	8 volt	151,2	75,4	50,13
	10 volt	151,2	77,9	48,48
	12 volt	151,2	76	49,74
60 menit	6 volt	151,2	78	48,41
	8 volt	151,2	63,3	58,13
	10 volt	151,2	67	55,69
	12 volt	151,2	61	59,66
75 menit	6 volt	151,2	65	57,01
	8 volt	151,2	58	61,64
	10 volt	151,2	54,5	63,96
	12 volt	151,2	52	65,61
90 menit	6 volt	151,2	68	55,03
	8 volt	151,2	52	65,61
	10 volt	151,2	48	68,25
	12 volt	151,2	43	71,56
Penurunan Warna (PTCo)				
30 menit	6 volt	1245	983	21,04
	8 volt	1245	673	45,94
	10 volt	1245	590	52,61
	12 volt	1245	456	63,37

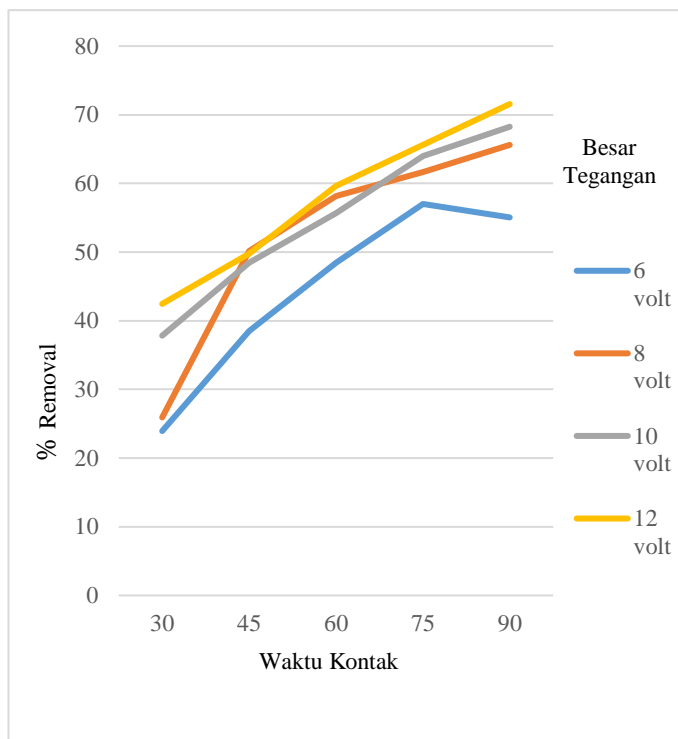
Waktu Kontak	Besar Tegangan	C0	Ct	Efisiensi Removal (%)
45 menit	6 volt	1245	607	51,24
	8 volt	1245	560	55,02
	10 volt	1245	490	60,64
	12 volt	1245	422	66,10
60 menit	6 volt	1245	540	56,63
	8 volt	1245	469	62,33
	10 volt	1245	387	68,92
	12 volt	1245	326	73,82
75 menit	6 volt	1245	466	62,57
	8 volt	1245	410	67,07
	10 volt	1245	350	71,89
	12 volt	1245	302	75,74
90 menit	6 volt	1245	420	66,27
	8 volt	1245	360	71,08
	10 volt	1245	290	76,71
	12 volt	1245	225	81,93

Sumber: Hasil Analisis, 2022

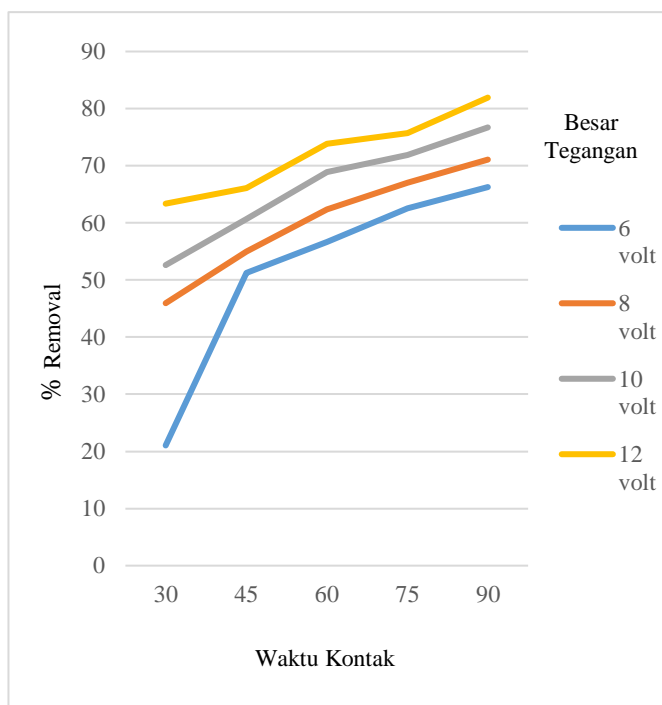
Hasil perbandingan pengaruh waktu kontak dan tegangan dapat diketahui dengan membandingkan persen penyisihan terhadap waktu kontak. Gambar 2 merupakan hasil grafik hubungan besar tegangan dengan persen penyisihan TSS dan waktu kontak. Gambar 3 merupakan hasil grafik hubungan besar tegangan dengan persen penyisihan kekeruhan dan waktu kontak. Sedangkan Gambar 4 merupakan hasil grafik hubungan besar tegangan dengan persen penyisihan warna dan waktu kontak.



Gambar 2. Grafik Hubungan Besar Tegangan dengan Persen Removal TSS dan Waktu Kontak



Gambar 3. Grafik Hubungan Besar Tegangan dengan Persen Removal Kekeruhan dan Waktu Kontak



Gambar 4. Grafik Hubungan Besar Tegangan dengan Persen Removal Warna dan Waktu Kontak

Berdasarkan Gambar 2, 3, dan 4, jelas bahwa pendekatan elektrokoagulasi menghasilkan persen removal yang lebih tinggi semakin tinggi tegangan yang diberikan dan semakin lama periode kontak. Hal ini karena pada elektroda, di mana zat pereduksi berfungsi sebagai donor elektron dan zat pengoksidasi sebagai akseptor elektron, elektron ditransfer dari satu ke yang lain. Produksi flok yang berfungsi untuk mengikat kontaminan pada limbah cair industri batik

dipengaruhi oleh transfer elektron. Jadi, sesuai dengan hukum Ohm dan Hukum Pertama Faraday, persen removal pada setiap parameter memiliki nilai yang tinggi. Dapat dibuktikan pada parameter TSS memiliki hasil terbaik sebesar 58 mg/L dan persentase removal 87,39%, parameter kekeruhan memiliki kadar terbaik 43 NTU dan persentase removal 71,56%, sedangkan parameter warna memiliki kadar terbaik 81,93 PTCO dan persentase removal 81,93%. Oleh sebab itu, waktu besar tegangan adalah 12 volt dan waktu kontak terbaik adalah 90 menit.

3.3 Pengaruh Variasi Ukuran Karbon Aktif terhadap Efisiensi Penurunan Parameter TSS, Kekeruhan, dan Warna pada Limbah Industri Batik

Pada penelitian ini, untuk mengetahui variasi ukuran karbon aktif dilakukan dengan membandingkan ukuran karbon aktif dalam menyisihkan kadar pencemar pada limbah cair industri batik. Variasi ukuran yang digunakan adalah 10 mesh, 15 mesh, 20 mesh, 25 mesh, dan 30 mesh. Inlet pada proses adsorpsi merupakan hasil outlet dari proses elektrokoagulasi sebelumnya yang memiliki hasil terbaik. Data hasil pengaruh variasi ukuran karbon aktif terhadap efisiensi penurunan parameter TSS, kekeruhan, dan warna pada limbah industri batik tercantum pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengaruh Variasi Ukuran Karbon Aktif terhadap Efisiensi Penurunan Parameter TSS, Kekeruhan, dan Warna pada Limbah Industri Batik

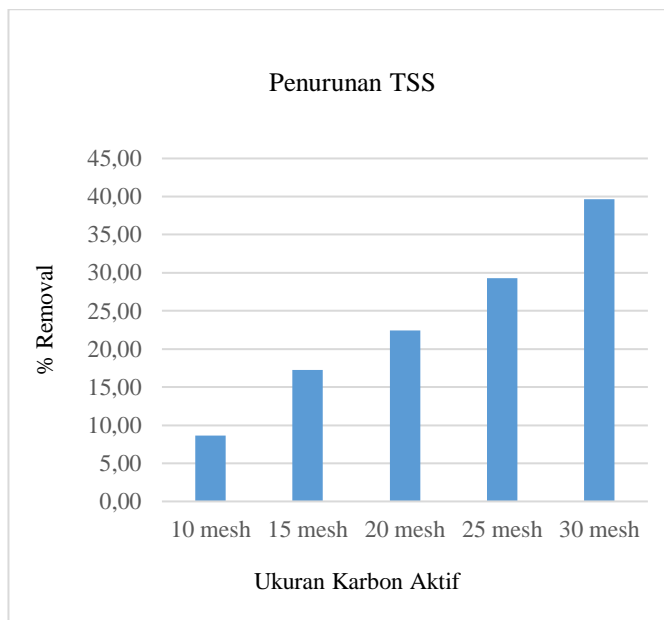
Ukuran Karbon Aktif	C0	Ct	Persen Removal (%)
Penurunan TSS (mg/l)			
10 mesh	58	53	8,62
15 mesh	58	48	17,24
20 mesh	58	45	22,41
25 mesh	58	41	29,31
30 mesh	58	35	39,66
Penurunan Kekeruhan (NTU)			
10 mesh	43	39	9,30
15 mesh	43	35	18,60
20 mesh	43	28	34,88
25 mesh	43	21	51,16
30 mesh	43	13	69,77
Penurunan Warna (PTCo)			
10 mesh	225	223	0,89
15 mesh	225	185	17,78
20 mesh	225	150	33,33
25 mesh	225	102	54,67
30 mesh	225	86	61,78

Sumber: Hasil Analisis, 2022

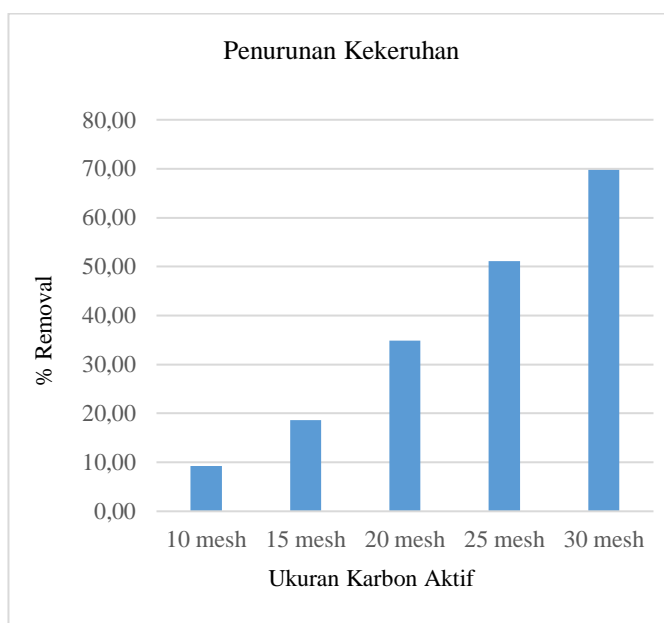
Proses penyerapan sesuatu pada permukaan disebut adsorpsi. Adsorpsi dimungkinkan karena adsorben terdiri dari atom atau molekul yang ditarik satu sama lain oleh gaya Van der Waals. Gaya tarik antarmolekul pada dasarnya sama karena gaya tarik menarik setiap molekul sebanding satu sama lain. Gaya-gaya ini tidak seimbang karena molekul akan memiliki kemampuan untuk menarik molekul gas atau zat terlarut secara seri ke permukaannya (Zarkasi *et al.*, 2018). Luas permukaan karbon aktif meningkat dengan menurunnya ukuran partikel sehingga kapasitas adsorbansi lebih efektif. Perbandingan jumlah pori dengan jumlah adsorbat

mempengaruhi proses adsorpsi karena merupakan proses yang seimbang (molekul naftol merah) (Sunarsih *et al.*, 2018).

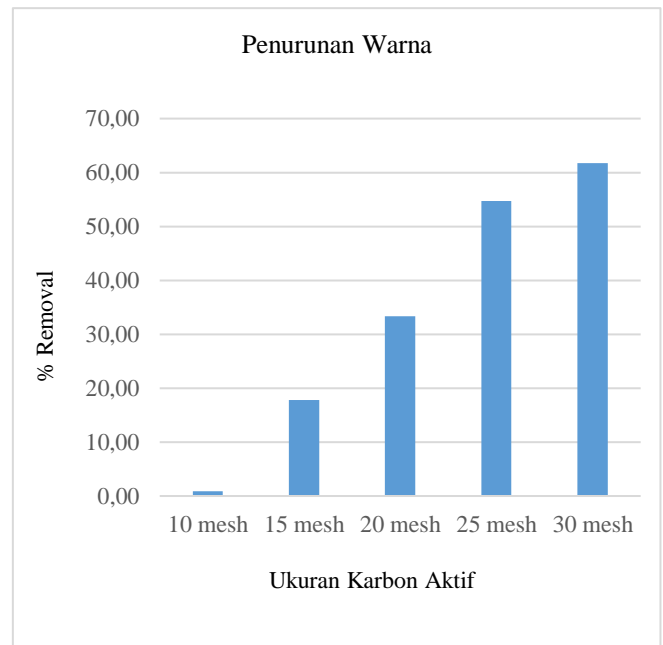
Hasil perbandingan nilai persen removal pada setiap parameter dapat diketahui dengan membandingkan antara ukuran karbon aktif dengan persen removal. Gambar 5 merupakan grafik hubungan antara ukuran karbon aktif dan persentase removal parameter TSS. Gambar 6 merupakan grafik hubungan antara ukuran karbon aktif dan persentase removal parameter kekeruhan. Gambar 7 merupakan grafik hubungan antara ukuran karbon aktif dan persentase removal parameter warna.



Gambar 5. Grafik Hubungan Antara Ukuran Karbon Aktif dan Persentase Removal Parameter TSS



Gambar 6. Grafik Hubungan Antara Ukuran Karbon Aktif dan Persentase Removal Parameter Kekeruhan



Gambar 7. Grafik Hubungan Antara Ukuran Karbon Aktif dan Persentase Removal Parameter Warna

Gambar 5 menunjukkan hasil persen removal yang dicapai oleh adsorben dengan ukuran 10 mesh, 15 mesh, 20 mesh, 25 mesh, dan 30 mesh. Hasil terbaik adalah adsorben dengan ukuran 30 mesh dengan TSS sebesar 35 mg/l dan persentase removal sebesar 39,66%. Gambar 6 menunjukkan hasil persen removal yang dicapai oleh adsorben dengan ukuran 10 mesh, 15 mesh, 20 mesh, 25 mesh, dan 30 mesh. Hasil terbaik adalah adsorben dengan ukuran 30 mesh dengan kekeruhan sebesar 13 NTU dan persentase removal sebesar 69,77%. Gambar 7 menunjukkan hasil persen removal yang dicapai oleh adsorben dengan ukuran 10 mesh, 15 mesh, 20 mesh, dan 30 mesh. Hasil terbaik adalah adsorben dengan ukuran 30 mesh dengan kadar warna sebesar 86 PTCo dan persentase removal sebesar 61,78%. Hasil ini menunjukkan bahwa semakin banyak situs aktif yang dapat mengikat adsorbat dengan meningkatnya massa adsorben. Ini menunjukkan bahwa proses adsorpsi dipengaruhi oleh luas permukaan.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapatkan pada proses elektrokoagulasi adalah semakin besar tegangan dan semakin lama waktu kontak, maka semakin tinggi persen removal yang dihasilkan. Penurunan yang didapatkan pada parameter TSS persen removal 87,39%, kekeruhan 71,56%, dan warna 81,93%. Sedangkan pada proses adsorbs, hasil terbaik pada ukuran 30 mesh dengan persen removal TSS sebesar 39%, kekeruhan 69,77%, dan kadar warna 61,78%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing Ibu Firra Rosariawari, S.T., M.T. yang telah membimbing dalam penyusunan artikel untuk *proceedings* The National Environmental Science and Engineering Conference.

DAFTAR PUSTAKA

- Emilia, I., & Mutiara, D. (2019). Parameter Fisika, Kimia Dan Bakteriologi Air Minum Alkali Terionisasi Yang Diproduksi Mesin Kangen Water LeveLuk SD 501. *Sainmatika: Jurnal Ilmiah Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 16(1), 67.
- Indrayani, L. (2019). Teknologi Pengolahan Limbah Cair Batik dengan IPAL BBKB Sebagai Salah Satu Alternatif Percontohan bagi Industri Batik. *Jurusan Teknik Kimia*, April, 1–9.
- Irvan, M., Ilmi, A. M., Cholilyah, I., Nada, R. F., Isnaini, S. L., & Khorinah, S. A. (2020). Pembuatan Batik Shibori Untuk Meningkatkan Kreativitas Masyarakat Pada Masa Pandemi. *Jurnal Graha Pengabdian*, 2(3), 223–232.
- Jati, & Aviandharie. (2018). *Kombinasi Teknologi Elektrokoagulasi Dan Fotokatalisis Dalam Mereduksi Limbah Berbahaya Dan Beracun Cr (VI)*.
- Kartikawati, S., Antika, R., & Prastyaningrum, I. (2020). Pengaruh Media Kit Ggl Induksi Elektromagnetik Terhadap Kemampuan Pemahaman Konsep Ggl Induksi. *Jurnal Teknologi Terapan: G-Tech*, 3(2), 208–213.
- Larasati, F. U., Aini, N., Hery, A., & Irianti, S. (2021). Proses Pembuatan Batik Tulis Remekan Di Kecamatan Ngantang. *Prosiding Pendidikan Teknik Boga Busana FT UNY*, 16(1).
- Lestari, N. D., & Agung, T. (2014). Penurunan Tss Dan Warna Limbah Industri Batik. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan Vol 6 No 1*, 6(1), 37–44.
- 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.
- Sitanggang, P. Y. (2017). Pengolahan Limbah Tekstil Dan Batik Di Indonesia. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 1(12), 1–10.
- Sunarsih, E., Faisya, A. F., Windusari, Y., Trisnaini, I., Arista, D., Septiawati, D., Ardila, Y., Purba, I. G., & Garmini, R. (2018). Analisis Paparan Kadmium, Besi, Dan Mangan Pada Air Terhadap Gangguan Kulit Pada Masyarakat Desa Ibul Besar Kecamatan Indralaya Selatan Kabupaten Ogan Ilir. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 17(2), 68.
- Takwanto, A., Mustain, A., & Sudarminto, H. P. (2018). Penurunan Kandungan Polutan pada Lindi dengan Metode Elektrokoagulasi-Adsorpsi Karbon Aktif untuk Memenuhi Standar Baku Mutu Lingkungan. *Jurnal Teknik Kimia Dan Lingkungan*, 2(1), 11.
- Zarkasi, K., Dewi Moelyaningrum, A., & Trirahayu Ningrum, P. (2018). *Penggunaan Arang Aktif Kulit Durian (Durio zibethinus Murr) Terhadap Tingkat Adsorpsi Kromium (Cr 6+) Pada Limbah Batik*. 5, 67–73.