fluida

https://jurnal.polban.ac.id/kimia
Vol.15, No.2, 2022
e-ISSN 2723-7680

Pengaruh Laju Alir Terhadap Penurunan Pengotor Limbah *Laundry* Metode Elektrokoagulasi Kontinyu Berpengaduk

Agustinus Ngatin[1] , Adi Rizki Nugraha[1], Mukhtar Gozali[1], Ageng Priyambudi[1], Tri Hariyadi[1],Rony Pasonang Sihombing[1], Yusmardhany Yusuf[2], Retno Dwi Jayanti[1],Retno Indarti[1]*

[1] *Teknik Kimia, Politeknik Negeri Bandung, Bandung, Indonesia*

[2] *Teknik Kimia, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta, Yogyakarta, Indonesia*

[*] *Email: retno.indarti@polban.ac.id*

INFO ARTIKE L

Diterima 17 September 2022
Direvisi 27 Oktober 2022
Disetujui 7 November 2022

doi.org/10.35313/fluida.v15i2.4040

Keywords:
Continuous stirred electrocoagulation
laundry waste
flow rate
current density

A B S T R A C T

Laundry waste can be a serious problem for the environment if it is disposed of without treatment. Problems that arise include the value of Chemical Oxygen Demand (COD), phosphate, and high turbidity. The aims of the research were to study the effect of flow rate and current density on the efficiency of reducing turbidity, COD, and TSS levels, and to determine the optimal conditions using a continuous stirred electrocoagulation device. The reaktor used is a reaktor with a capacity of 10 L equipped with a 180 rpm stirrer, a peristaltic pump, a rectifier and 3 pairs of aluminum electrodes with a thickness of 0.3x15x15cm arranged in a monopolar manner. The flow rate variation experiment was carried out with a constant current density (70 A/m2), and the current density variation experiment was carried out with a fixed flow rate (170 ml/minute) with an operating time of 60 minutes for each variation. The results of the flow rate variation showed that at a high rate (340 ml/min) and a low rate (115 ml/min) resulted in a low impurity reduction efficiency, the best flow rate was shown at 170 ml/min. The results of the current density variation show that the increase in impurity reduction efficiency occurs as the current density increases, the best results occur at a current density of 70 A/m^2. Optimal conditions occurred at a flow rate of 170 ml/min at a rate of 70 A/m^2 resulting in the efficiency of reducing turbidity, COD, and TSS respectively 89.35%, 73.33%, and 99.26%.

Kata kunci:
Elektrokoagulasi kontinyu berpengaduk
limbah laundry
laju alir.

A B S T R A K

Limbah *laundry* dapat menjadi masalah serius bagi lingkungan jika dibuang tanpa pengolahan. Masalah yang timbul diantaranya nilai *Chemical Oxygen Demand* (COD), fosfat, dan kekeruhan yang tinggi. Tujuan penelitian yaitu mempelajari pengaruh laju alir terhadap efisiensi penurunan kadar kekeruhan, COD, dan TSS, serta menentukan kondisi optimalnya dengan alat elektrokoagulasi kontinyu berpengaduk. Reaktor berkapasitas 10 L dilengkapi pengaduk 180 rpm, pompa peristaltik, *rectifier* dan 3 pasang elektroda Alumunium dengan ketebalan 0,3x15x15cm yang disusun secara monopolar. Percobaan dilakukan dengan variasi laju alir (115ml/menit, 170 ml/menit, 340ml/menit), rapat arus tetap (70 A/m^2), dengan waktu operasi 60 menit untuk setiap variasi. Hasilnya menunjukkan bahwa pada laju alir tinggi (340 ml/menit) dan laju rendah (115 ml/menit) dihasilkan efisiensi penurunan pengotor yang. Kondisi terbaik terjadi pada laju alir 170 ml/menit yang menghasilkan efisiensi penurunan kekeruhan, COD, dan TSS berturut-turut 89,35%, 73,33%, dan 99,26%.

PENDAHULUAN

Pencemaran lingkungan saat ini sangat menjadi perhatian oleh banyak pihak, baik masyarakat, pemerhati lingkungan, dan pemerintah. Salah satu pencemar lingkungan terbesar adalah air limbah. Air limbah tidak hanya berdampak pada kerusakan permanen pada keseimbangan lingkungan tetapi juga berdampak pada penipisan cadangan air tawar, karena limbah cair dapat menyebar melalui lapisan tanah. Oleh karena itu, setiap air limbah yang dihasilkan dari industri maupun perumahan harus dikelola untuk meminimimalkan dampak negatif bagi kelangsungan hidup manusia di masa depan [1], [2]

Usaha jasa *laundry* merupakan salah satu jenis usaha yang menjanjikan saat ini di daerah perkotaan. Akan tetapi, usaha *laundry* dapat menimbulkan pencemaran lingkungan [3]–[5]. Hal itu terjadi karena banyak usaha *laundry* masih membuang limbahnya secara langsung ke badan air atau sungai . Dampak yang timbul akibat limbah *laundry* yang langsung dibuang ke sungai salah satunya adalah berasal dari nilai *Chemical Oxygen Demand* (COD), fosfat, kadar garam, total karbon organik, dan kekeruhan yang tinggi. Bila limbah *laundry* dilepaskan ke sungai tanpa pengolahan yang baik dapat mengakibatkan efek yang merugikan bagi ekosistem air melalui bioakumulasi yang menghalangi penetrasi cahaya matahari yang masuk [2]

Proses elektrokoagulasi menjadi solusi dari permasalahan dalam pengolahan limbah *laundry* sekaligus menjadi tujuan dari penelitian ini. Elektrokoagulasi menghasilkan koagulan oleh elektroda anoda yang dipicu oleh aliran listrik searah yang tersalurkan kepada setiap elektroda[6]. Ion logam yang dihasilkan oleh proses elektrokimia menghasilkan koagulan yang mampu menghilangkan polutan dengan cukup efisien. Ion logam yang terbentuk secara elektrokimia akan terjadi proses hidrolisis membentuk flok hidroksida yang mampu menghilangkan polutan melalui mekanisme adsorpsi.

Pengolahan limbah *laundry* diperoleh hasil elektrokoagulasi secara *batch* dengan pengadukan 350 rpm dan jarak elektroda 3 cm, kondisi optimum efisiensi penurunan COD sebesar 86,08% dan penurunan TSS sebesar 72,88 % [7]. Pada penelitian lain elektrokoagulasi *batch* diperoleh hasil pada jumlah elektroda 4 buah dan tegangan 12 volt efisiensi penurunan COD 76% dan TSS 85%, namun penelitian ini hanya terbatas pada konfigurasi jumlah elektroda 2 dan 4 buah [8].

METODE

Peralatan utama yaitu reaktor elektrokoagulasi dari bahan akrilik dengan tebal, panjang, lebar dan tinggi berturut-turut 0.5cm, 30 cm, 22 cm, dan 25 cm, bervolume 10 Liter. Peralatan lainnya adalah motor pengaduk, *rectifier*, pompa, multimeter dan peralatan analisis (analisis COD, kekeruhan dan TSS). Bahannya meliputi elektroda alumunium berukuran 15x15cm dengan ketebalan 0,3 cm sebanyak 3 pasang, bahan analisis COD

Proses pengolahan air limbah *laundry* menggunakan proses elektrokoagulasi yang tahapannya ialah, perancangan dan persiapan, proses elektrokoagulasi dan analisis produk, dan pembahasan, serta kesimpulan. Perancangan dilakukan dengan rancangan reaktor balok tanpa penutup menggunakan akrilik. Reaktor dilengkapi plat alumunium yang disusun secara monopolar dengan jarak 7 cm dan tambahan mixer dengan kecepatan pengadukan 180 rpm. Persiapan awal dilakukan pengambilan limbah dari UMKM di desa Ciwaruga dan dianalisis kandungan pengotor awalnya.

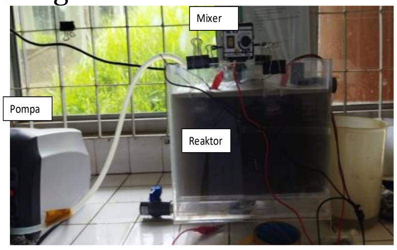
Proses elektrokoagulasi dilakukan pada rapat arus tetap (70 A/m^2) dan variasi laju alir 115 ml/menit, 170 ml/menit, dan 340 ml/menit. Pengambilan sampel untuk analisis produk yaitu kekeruhan, COD dan TSS.

Data mentah diolah menggunakan rumus yang sesuai dan dibahas hingga mendapatkan simpulan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Percobaan

Percobaan dilakukan dengan mengalirkan air limbah *laundry* secara kontinyu dengan elektroda dihubungkan arus listrik searah.



Gambar 1. Proses Elektrokoagulasi Kontinyu

Gambar 1 menunjukkan proses elektrokoagulasi di anoda (+) yang melibatkan reaksi oksidasi dan katoda (-) melibatkan reaksi reduksi yang mekanisme reaksinya sebagai berikut.

Anoda

Limbah *laundry* memiliki pH netral maka reaksi yang terjadi adalah reaksi oksidasi pada air baku hingga membentuk gas oksigen sesuai dengan persamaan reaksi (1).

$2H_2O$ (l) → O_2 (g) + $4H^+$ +$4e^-$. (1)

Limbah *laundry* dengan pH basa maka reaksi yang terjadi adalah reaksi ion OH^- yang mengalami oksidasi membentuk gas oksigen sesuai dengan persamaan reaksi (2).

$4OH^-$ → $2H_2O$ (l) + O_2 (g) + $4e^-$. (2)

Katoda

Limbah *laundry* yang memiliki pH netral melibatkan reaksi reduksi pada air baku akan terbentuk gas hidrogen sesuai dengan persamaan reaksi (3).

$2H_2O$ (l) + $2e^-$ → $2OH^-$ + H_2 (g) (3)

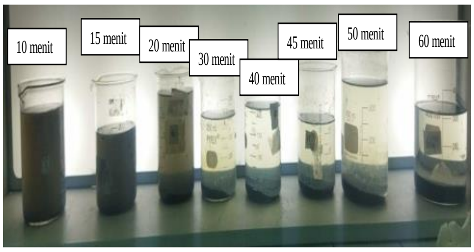
Untuk limbah *laundry* dengan pH asam maka reaksi yang terjadi adalah reaksi Ion H^+ yang direduksi menjadi atom-atom hidrogen (H) bergabung menjadi molekul H_2 yang akhirnya menghasilkan gelembung-gelembung gas *hydrogen* (H_2) pada permukaan electroda sesuai dengan persamaan reaksi (4).

$2H^+$ + $2e^-$ → H_2 (g). (4)

Ion Al^{3+} yang dihasilkan di anoda bereaksi dengan ion hidroksil (OH^-) di katoda membentuk $Al(OH)_3$ yang merupakan koagulan. $Al(OH)_3$ dikelilingi pengotor (surfaktan dan fosfat) yang bermuatan negatif sehingga massanya bertambah membentuk suatu flok-flok yang mengendap ke dasar reaktor.

Gas hidrogen (H_2) pada katoda dan gas oksigen (O_2) pada anoda dapat mengangkat partikel pengotor ke permukaan limbah karena densitas gas yang lebih rendah dibandingkan densitas limbah *laundry*.

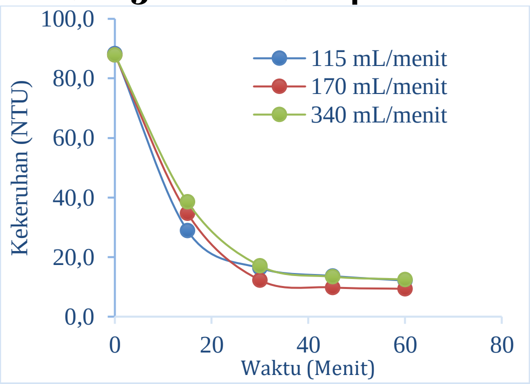
Gambar 2 menunjukkan produk dari proses elektrokoagulasi kontinyu pada setiap titik.



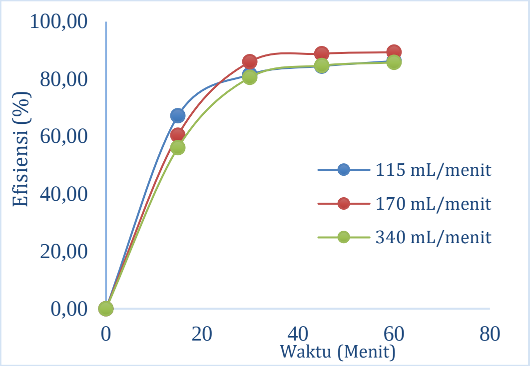
Gambar 2. Produk Proses Elektrokoagulasi Kontinyu

Pengaruh Laju Alir terhadap Penurunan Kekeruhan

Pengaruh laju alir terhadap kekeruhan dan efisiensi penurunan nilai kekeruhan dihasilkan seperti pada **Gambar 3** dan **Gambar 4**.



Gambar 3. Pengaruh Laju Alir Vs Penurunan Kekeruhan



Gambar 4. Pengaruh Laju Alir Vs Efisiensi Penurunan Kekeruhan

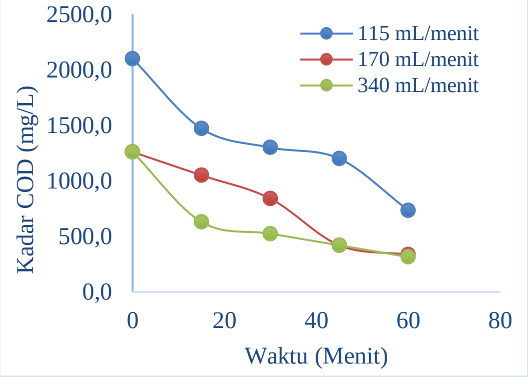
Berdasarkan **Gambar 3** dapat dilihat bahwa proses elektrokoagulasi kontinyu pada ketiga variasi laju alir limbah terjadi penurunan kekeruhan sampai pada menit ke 30 yang ditandai oleh kurva yang terus mengalami penurunan. Kondisi ini terjadi akibat aktivitas pembentukan koagulan yang semakin banyak seiring lama nya waktu proses, semakin banyak koagulan yang terbentuk maka semakin banyak pengotor yang dapat dikurangi. Pada menit ke-30 sampai menit ke-60 nilai kekeruhan yang dihasilkan cenderung konstan, artinya kondisi proses pada reaktor sudah mengalami kondisi *steady state*. Kondisi steady state terjadi ketika nilai laju pengotor yang masuk sama dengan laju pembentukan flok. Penurunan nilai kekeruhan ini menandakan bahwa proses elektrokoagulasi kontinyu berpengaduk dapat bekerja dengan baik untuk menurunkan kekeruhan pada limbah khususnya pada limbah *laundry* dengan efisiensi rata-rata di atas 85%. Penurunan nilai kekeruhan ini diakibatkan oleh terbentuknya ion Al^{3+} pada plat alumunium di anoda, ion logam Al^{3+} yang terbentuk pada anoda berikatan dengan ion hidroksida (OH^-) dari katoda membentuk koagulan $Al(OH)_3$. Koagulan ini berikatan dengan senyawa pengotor pada air limbah *laundry* membentuk flok-flok yang akan mengendap pada dasar reaktor. Selain itu, pada permukaan katoda terbentuk gelembung gas H_2 dan pada anoda terbentuk gelembung gas O_2. Gas-gas ini mengakibatkan flok-flok kecil yang terbentuk oleh koagulan pada proses elektrokoagulasi semakin membesar dan mengendap akibat pergerakan gelembung gas membentuk seperti busa berwarna hitam, sehingga air limbah tampak lebih jernih dan kekeruhannya mengalami penurunan.

Berdasarkan Gambar 4 seiring bertambahnya nilai laju alir maka efisiensi penurunan kekeruhan semakin menurun. Hal ini diakibatkan pada laju alir yang lebih tinggi akan memberikan waktu kontak yang lebih singkat sehingga proses adsorpsi pengotor terhadap koagulan tidak berlangsung sempurna [9]. Selain itu, karena pada laju alir yang lebih tinggi berarti pengotor yang diumpankan ke dalam reaktor semakin banyak tiap satuan waktunya, namun koagulan yang dihasilkan oleh elektroda laju nya tetap pada rapat arus yang tetap, sehingga ada pengotor pada limbah yang tidak membentuk flok akibat koagulan yang terbentuk tidak sebanding dengan banyaknya pengotor yang masuk, sehingga berdampak pada nilai efisiensi yang lebih kecil dibandingkan dengan laju alir yang lebih lambat. Hasil terbaik ditunjukkan oleh variasi laju alir kedua yaitu sebesar 170 ml/menit dengan hasil efisiensi tertinggi pada operasi 1 jam sebesar 89,35%, sedangkan pada laju alir yang lebih rendah yaitu pada laju 115 ml/menit memberikan hasil efisiensi yang lebih rendah yaitu sebesar 86,26%. Hal ini diakibatkan pada laju alir yang lebih rendah terjadi waktu tinggal limbah pada reaktor yang lebih lama, namun koagulan yang terbentuk jumlahnya melebihi kebutuhan dari limbah tersebut sehingga koagulan yang tidak membentuk flok dapat menyebabkan naiknya nilai kekeruhan, penyebab selanjutnya yaitu terjadi penyerapan kation berlebih oleh partikel koloid dalam air sehingga partikel menjadi bermuatan positif dan terjadi gaya tolak antar partikel, gaya tolak-menolak ini mengakibatkan deflokulasi flok [10]. Selanjutnya, pada laju alir tertinggi yaitu 340 ml/menit memberikan nilai efisiensi yang paling

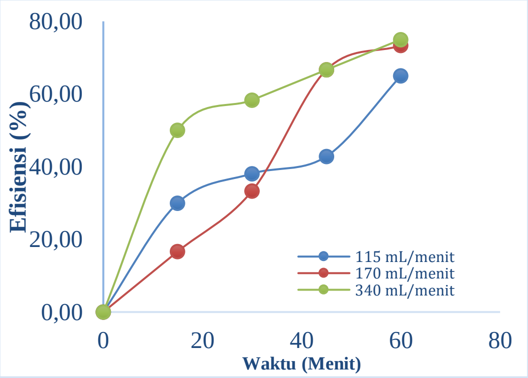
rendah jika dibandingkan dengan kedua laju alir yang digunakan yaitu sebesar 85,78%. Hal tersebut bisa terjadi akibat pada laju alir tinggi waktu tinggal cukup singkat sehingga koagulan tidak berikatan secara maksimal, selain itu koagulan yang dihasilkan belum bisa mengakomodir kapasitas limbah yang lebih besar sehingga proses koagulasi tidak maksimal.

Pengaruh Laju Alir terhadap COD dan Efesiensi Penurunan COD

Pengaruh laju alir terhadap COD dan efisiensi penurunan nilai COD dihasilkan seperti pada **Gambar 5** dan **Gambar 6**.



Gambar 5. Pengaruh Laju Alir terhadap Kadar COD



Gambar 6. Pengaruh Laju Alir terhadap Efisiensi Penurunan COD

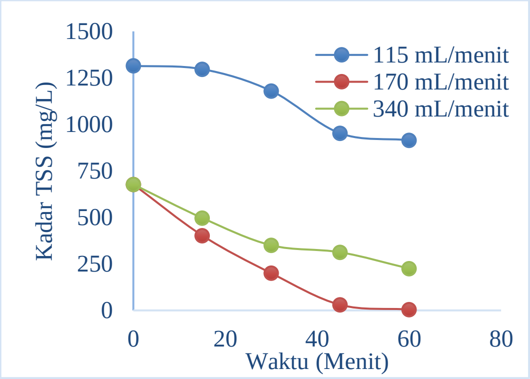
Berdasarkan **Gambar 5** dapat dilihat bahwa alat elektrokoagulasi kontinyu berpengaduk ini dapat menurunkan kadar COD dalam limbah. Penurunan kadar COD ini diakibatkan oleh aktivitas penguraian logam alumunium pada anoda sehingga membentuk koagulan. Koagulan dapat mendestabilisasi muatan listrik pada koloid limbah *laundry*, muatan listrik yang dimiliki oleh limbah *laundry* umumnya adalah muatan listrik negatif dan koagulan memiliki muatan listrik positif sehingga koagulan ini mengikat partikel koloid berdasarkan perbedaan muatan listrik membentuk flok-flok yang mudah diendapkan [11]. Partikel koloid yang umumnya didominasi oleh keberadaan surfaktan, senyawa organik pengotor, dan pewarna akan teradsorpsi oleh koagulan yang terbentuk, dan seiring berjalannya proses, flok kecil yang mengandung pengotor limbah ini akan membesar dan mengakibatkan terjadinya endapan pada bak sedimentasi sehingga air limbah yang diolah akan tampak lebih jernih dan kadar pengotornya pun ikut berkurang. Berkurangnya kadar pengotor inilah yang mengakibatkan nilai COD pada limbah ikut menurun. Menurut penelitian Hudori (2006) penurunan kadar COD disebabkan terjadinya suatu proses yang disebut *Adsorptive Micelle Flocculation* (AMF). Proses ini terjadi ketika pengotor yang menyebabkan tingginya kadar COD yang umumnya berasal dari surfaktan berbentuk *micelle* akan terjadi adsorpsi dengan ion Al^{3+} yang akan mengikat bahan organik dari air limbah sehingga membentuk flok yang mudah diendapkan.

Gambar 6 menunjukkan bahwa laju alir sangat berpengaruh pada karakteristik reaktor elektrokoagulasi berpengaduk dalam menurunkan kadar COD pada limbah. Semakin besar laju alir limbah yang menuju reaktor maka efisiensi penurunan COD pada limbah *laundry* semakin kecil. Hal ini berkaitan dengan waktu kontak limbah dalam reaktor, semakin tinggi laju alir maka waktu tinggal pada reaktor menjadi lebih singkat sehingga proses kontak koagulan yang terbentuk tidak terjadi secara maksimal, jika kontak koagulan dengan limbah tidak terjadi secara maksimal maka limbah masih cenderung banyak mengandung koloid bermuatan negatif yang tidak stabil sehingga akan sulit mengalami proses

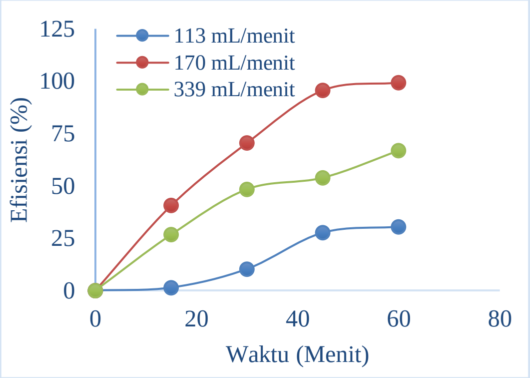
pengendapan. Hasil terbaik ditunjukkan oleh variasi laju alir paling tinggi yaitu pada laju 340 ml/menit dengan waktu tinggal air limbah dalam reaktor selama 30 menit menghasilkan efisiensi penurunan COD sebesar 75%. Namun, pada variasi laju alir yang lebih rendah yaitu pada 170 ml/menit menghasilkan efisiensi sebesar 73,3%. Hasil efisiensi penurunan COD yang paling kecil terjadi pada laju 115 ml/menit dengan efisiensi 65%. Semua nilai COD yang dihasilkan belum memenuhi baku mutu lingkungan, Adapun nilai COD yang paling mendekati yaitu pada laju 340 ml/menit dengan nilai COD sebesar 315 mg/l, dan baku mutu bernilai 250 mg/l.

Pengaruh Laju Alir terhadap TSS dan Efesiensi Penurunan TSS

Pengaruh laju alir terhadap TSS dan efisiensi penurunan TSS dihasilkan seperti pada **Gambar 7** dan **Gambar 8**.



Gambar 7. Pengaruh Laju Alir terhadap Penurunan TSS



Gambar 8. Pengaruh Laju Alir terhadap Efisiensi Penurunan TSS

Berdasarkan **Gambar 7** dapat dilihat bahwa reaktor elektrokoagulasi kontinyu berpengaduk dapat menurunkan kadar TSS pada limbah *laundry* pada semua variasi laju alir. Hal ini disebabkan karena *Suspended Solid* memiliki ukuran partikel yang lebih besar dari partikel koloid sehingga ketika terjadi aktivitas pembetukan ion Al^{3+} pada anoda yang berikatan dengan ion OH^{-} akan membentuk koagulan yang dapat mengadsorpsi partikel padatan tersuspensi sehingga membentuk flok-flok yang mudah mengendap. Mekanisme penyisihan TSS pada limbah terjadi akibat proses destabilisasi partikel tersuspensi dan pemecahan emulsi, dalam proses ini ion kontaminan yang bermuatan negatif mengalami netralisasi menggunakan ion positif dari anoda sehingga menyebabkan berkurangnya gaya tolak antar partikel dalam air, berkurangnya gaya tolak akan memudahkan proses koagulasi agar membentuk flok. Flok yang terbentuk mampu menjebak partikel koloid yang masih terdapat dalam limbah, sehingga tidak hanya partikel tersuspensi saja yang dapat diendapkan tetapi partikel koloid pun ikut bisa diendapkan [6].

Berdasarkan **Gambar 8** dapat dilihat bahwa laju alir sangat berpengaruh pada hasil karakteristik penurunan TSS. Semakin besar laju alir maka efisiensi penurunan TSS akan semakin menurun. Hal ini di akibatkan pada laju alir lebih tinggi akan memberikan waktu kontak yang lebih singkat sehingga proses pengikatan koagulan tidak berlangsung sempurna. Selain itu, karena pada laju alir yang lebih tinggi ini berarti limbah yang diumpankan semakin banyak namun koagulan yang dihasilkan oleh elektroda jumlah nya tetap pada rapat arus yang tetap, sehingga koagulan yang terbentuk belum bisa mengakomodir banyak nya limbah yang dialirkan sehingga berdampak pada nilai efisiensi yang lebih kecil dibandingkan dengan laju alir yang lebih lambat. Hasil terbaik ditunjukkan oleh variasi laju alir kedua

yaitu sebesar 170 ml/menit dengan hasil efisiensi tertinggi pada operasi 1 jam sebesar 99.26 %, sedangkan pada laju alir yang lebih tertinggi yaitu pada laju 340 ml/menit memberikan hasil efisiensi yang lebih rendah yaitu sebesar 66,79%. Hal tersebut bisa terjadi akibat kondisi awal TSS pada variasi tersebut terlampau tinggi yaitu sebesar 1315 mg/l sehingga koagulan yang dihasilkan belum bisa mengakomodir konsentrasi limbah yang sangat besar sehingga proses koagulasi tidak maksimal. Hasil TSS pada proses elektrokoagulasi yang memenuhi baku mutu yaitu terjadi pada laju alir 170 ml/menit dengan kadar TSS sebesar 5 mg/l.

SIMPULAN

Laju alir berpengaruh terhadap efisiensi penurunan pengotor limbah *laundry*. Laju alir tinggi (340 ml/menit) dan Laju alir rendah (115 ml/menit) menghasilkan efisiensi penurunan pengotor yang rendah. Hasil terbaik terjadi pada laju alir 170 ml/menit, yang menghasilkan efisiensi penurunan kadar kekeruhan, COD, dan TSS berturut-turut 89,35%, 73,33%, dan 99,26%. Hasil kekeruhan mendekati baku mutu (9,4 NTU), Hasil COD mendekati baku mutu (336 mg/l), dan hasil TSS memenuhi baku mutu (5 mg/l).

DAFTAR RUJUKAN

[1] Y. G. Asfaha, A. K. Tekile, and F. Zewge, “Hybrid process of electrocoagulation and electrooxidation system for wastewater treatment: A review,” *Clean. Eng. Technol.*, vol. 4, p. 100261, 2021, doi: 10.1016/j.clet.2021.100261.

[2] D. Syam Babu, T. S. Anantha Singh, P. V. Nidheesh, and M. Suresh Kumar, “Industrial wastewater treatment by electrocoagulation process,” *Sep. Sci. Technol.*, vol. 55, no. 17, pp. 3195–3227, 2020, doi: 10.1080/01496395.2019.1671866.

[3] UNAIR News, “Limbah Laundry Tingkatkan Kematian Ikan Hingga Terjadinya Banjir,” *Unair News*, 2019, [Online]. Available: http://news.unair.ac.id/2019/07/17/limbah-laundry-tingkatkan-kematian-ikan-hingga-terjadinya-banjir/.

[4] A. A. Abdullah, I. Irwan, and E. Prasetya, “Analisis Karakteristik Limbah Laundry Terhadap Kejadian Dermatitis Kontak iritan Pada Pekerja Laundry X Kota Gorontalo,” *Jambura J. Heal. Sci. Res.*, vol. 2, no. 1, pp. 43–52, 2020, doi: 10.35971/jjhsr.v2i1.4313.

[5] itsmis, “Green Laundry, Solusi Atasi Pencemaran Limbah Laundry,” *Www.Its.Ac.Id*, vol. 2022, pp. 1–10, 2019, [Online]. Available: https://www.its.ac.id/news/2019/07/03/green-laundry-solusi-atasi-pencemaran-limbah-laundry/.

[6] J. N. Hakizimana *et al.*, “Electrocoagulation process in water treatment: A review of electrocoagulation modeling approaches,” *Desalination*, vol. 404, pp. 1–21, 2017, doi: 10.1016/j.desal.2016.10.011.

[7] T. R. Kurniati and M. Mujiburohman, “Pengaruh Beda Potensial dan Waktu Kontak Elektrokoagulasi Terhadap Penurunan Kadar COD dan TSS pada Limbah Cair Laundry,” *11th Univ. Res. Colloq. 2020 Univ. ‘Aisyiyah Yogyakarta*, pp. 309–313, 2020.

[8] A. C. Ni’am, J. Caroline, and M. . H. Afandi, “Variasi Jumlah Elektroda Dan Besar Tegangan Dalam Menurunkan Kandungan Cod Dan Tss Limbah Cair Tekstil Dengan Metode Elektrokoagulasi,” *Al-Ard J. Tek. Lingkung.*, vol. 3, no. 1, pp. 21–26, 2018, doi: 10.29080/alard.v3i1.257.

[9] K. Bina, W. Jl, H. R. Soebrantas, and S. Baru, "Pengaruh Kuat Arus Dan Laju Alir Pada Pengolahan Air Payau Menjadi Air Bersih Dengan Metode Elektrokoagulasi Menggunakan Reaktor Listrik Kontinyu," vol. 6, pp. 1–7, 2019.

[10] H. Hendrawati, S. Sumarni, and . Nurhasni, "Penggunaan Kitosan sebagai Koagulan Alami dalam Perbaikan Kualitas Air Danau," *J. Kim. Val.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–11, 2015, doi: 10.15408/jkv.v0i0.3148.

[11] B. I. Yuniarti and T. Widayatno, "Analisa Perubahan BOD, COD, dan TSS Limbah Cair Industri Tekstil Menggunakan Metode Elektrooksidasi-elektrokoagulasi Elektroda Fe-C dengan Sistem Semi Kontinyu," *J. Rekayasa Hijau*, vol. 5, no. 3, pp. 238–247, 2022, doi: 10.26760/jrh.v5i3.238-247.