

Pengolahan Air Limbah Industri Tekstil dengan Metoda Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Besi (Fe) dan Aluminium (Al)

Rony Pasonang Sihombing¹ & Yunus Tonapa Sarungu^{1*}

¹Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Bandung, Ciwaruga, Bandung Barat, Indonesia

Corresponding author: sarungutonapa@gmail.com

Article history

Received: 17 December 2021

Received in revised form:

31 January 2022

Accepted: 2 April 2022

DOI:

10.17977/um0260v6i22022p011

Kata-kata kunci:

Air Limbah Tekstil

Elektrokoagulasi

Rapat Arus

Elektroda

Abstrak

Air limbah industri tekstil mengandung bahan pencemar organik maupun anorganik yang dapat ditunjukkan dengan kadar COD dan kekeruhan yang relatif tinggi. Jika air limbah ini langsung dibuang ke lingkungan akan mencemari lingkungan dan membahayakan bagi kesehatan manusia dan makhluk hidup yang lain. Pengolahan air limbah industri tekstil dengan metode elektrokoagulasi bertujuan untuk mengganti atau menghemat bahan kimia sebagai koagulan dan flokulan yang dapat menyebabkan pencemaran lingkungan dan harganya terus meningkat. Pengolahan air limbah dengan metode ini dapat menghasilkan air buangan atau efluen pengolahan dengan kadar COD, kekeruhan, logam berat, pH di bawah atau minimal sama dengan baku mutu lingkungan (BML). Hasil penelitian pengolahan air limbah tekstil menggunakan elektroda Fe dan Al serta SS (*Stainless Steel*) pada rapat arus 0,25 s.d 1,25 A/dm² dengan waktu proses 35 menit diperoleh kadar COD dengan efisiensi proses lebih besar 80 % dan kadar turbiditas dengan efisiensi lebih besar 90%. Untuk penggunaan elektroda Fe dengan rapat arus 1,0 A/dm² dengan waktu 30 menit

menghasilkan penyisihan COD 75,3 mgO₂/L dengan efisiensi 94% dan penurunan kekeruhan (turbiditas) 1,21 NTU dengan efisiensi penurunan 96%, sedangkan dengan elektroda Al kondisi terbaik dicapai pada rapat arus 0,75 A/dm² dengan waktu proses 35 menit menghasilkan penyisihan COD 24,13 mg O₂/L dengan efisiensi 97% dan penurunan turbiditas 0,35 NTU dengan efisiensi penurunan 99,8%.

Abstract

Textile industry wastewater contains organic and inorganic pollutants which could be indicated by relatively high levels of COD, BOD5, turbidity. If this waste water was directly discharged into the environment, it would pollute the environment and endanger human health and other living things. Textile industry wastewater treatment with electrocoagulation method aimed to replace or save chemicals as coagulants and flocculants that could cause environmental pollution and the price continues to increase. Wastewater treatment with this method could produce wastewater or treatment effluent with levels of COD, turbidity, heavy metals, pH below or at least equal to the environmental quality standard (BML) Research results on textile wastewater treatment using Fe and Al and SS (Stainless) electrodes Steel) at a current density of 0.25 to 1.25 A/dm² with a processing time of 35 minutes obtained COD levels with a process efficiency greater than 80% and turbidity levels with greater efficiency 90%. For the use of the Fe electrode with a current density of 1.0 A/dm² with a time of 30 minutes it resulted in a COD removal of 75.3 mgO₂/L with an efficiency of 94% and a decrease in turbidity (turbidity) of 1.21 NTU with an efficiency of 96% reduction, whereas with the Al electrode The best condition was achieved at a current density of 0.75 A/dm² with a processing time of 35 minutes resulting in a COD removal of 24.13 mg O₂/L with an efficiency of 97% and a decrease in turbidity of 0.35 NTU with a reduction efficiency of 99.8%.

PENDAHULUAN

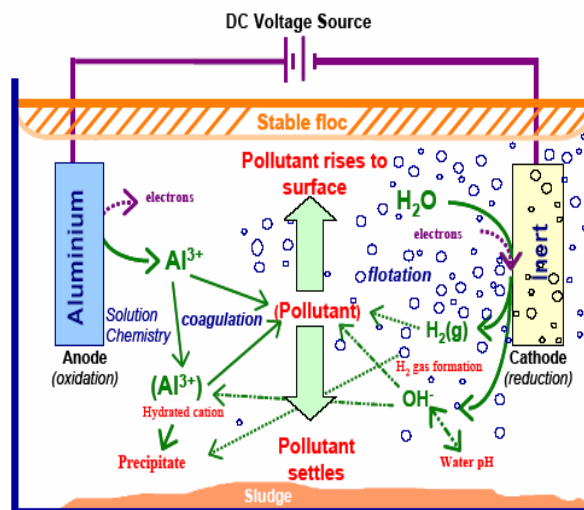
Pencemaran terhadap lingkungan yang disebabkan oleh air buangan telah mencapai kondisi yang sangat mengganggu kesehatan kehidupan manusia dan makhluk hidup yang lain (Hasibuan, 2016; Widiyanto et al., 2015), sehingga perlu diciptakan suatu metoda yang efektif dan murah untuk mengolah air buangan atau air limbah dari industri sebelum dibuang ke lingkungan atau digunakan kembali. Salah satu cara pemecahan hal tersebut yaitu penerapan Teknologi Elektrokoagulasi yang merupakan salah satu metode yang lebih menguntungkan dibandingkan penggunaan bahan kimia sebagai koagulan yang umum digunakan selama ini oleh berbagai negara yang berkembang (Hernaningsih, 2016; Iswanto, 2016; Prasetyaningrum & Dharmawan, 2018).

Metode elektrokoagulasi merupakan teknologi yang sederhana dan efisien untuk mengolah air kotor maupun berbagai air limbah. Metode elektrokoagulasi mempunyai efisiensi penyingkiran COD dan kekeruhan yang tinggi yaitu menjadi 95%, dan air buangan mendekati pada pH netral (Ni'am et al., 2008). Selain itu, pengolahan air limbah menggunakan metode elektrokoagulasi lebih murah biaya operasionalnya, biaya pengolahan air limbah 1000 galon dengan metode elektrokoagulasi adalah \$ 1,69 (sebesar Rp 16.900), sedangkan menggunakan bahan kimia memerlukan biaya \$ 14,18 (sebesar Rp 141.8000) (Beagles, 2004).

Berdasarkan hal tersebut di atas bahwa pengolahan air limbah menggunakan metode elektrokoagulasi relatif lebih efisien dan lebih murah.. Oleh karena itu, dirancang penelitian tentang pengolahan yang penelitiannya difokuskan untuk industri selulosa yang ada di Jawa Barat. Hal lain yang melatarbelakangi penelitian ini adalah masih mahalnya investasi awal atau alat untuk proses pengolahan limbah cair dengan metode elektrokoagulasi ini, jika peralatan dibeli langsung dari negara maju seperti Eropa dan Amerika Serikat. Dengan dilakukan penelitian ini, diharapkan diperoleh jenis elektroda, besar rapat arus, waktu tinggal yang tepat untuk menghasilkan efisiensi penyisihan kadar COD, kekeruhan dan perubahan pH. Dengan demikian dapat dirancang suatu *prototype* yang siap diaplikasikan pada skala industri.

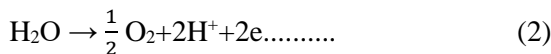
Dalam proses elektrokoagulasi melibatkan tiga proses yaitu proses elektrokoagulasi (pembentukan koagulan akibat arus listrik), elektrooksidasi (proses oksidasi akibat arus listrik, sehingga sebagian

logam melarut dalam media dan ini terjadi di sekitar anoda), dan proses ketiga adalah elektroflotasi (pembentukan buih atau busa akibat arus listrik). Ketiga proses tersebut terjadi secara bersamaan pada waktu proses elektrokoagulasi berlangsung (Takwanto et al., 2018). Secara sederhana proses elektrokoagulasi dapat ditunjukkan pada Gambar 1 dimana Aluminium digunakan sebagai contoh elektroda yang digunakan.



Gambar 1. Proses Elektrokoagulasi.

Reaksi yang terjadi sebagai berikut:



Kedua reaksi tersebut terjadi pada anoda, sedangkan pada katoda terjadi reaksi



M adalah logam elektroda yang digunakan, dalam penelitian tersebut menggunakan elektroda Fe dan Al, sehingga pada anoda terjadi reaksi



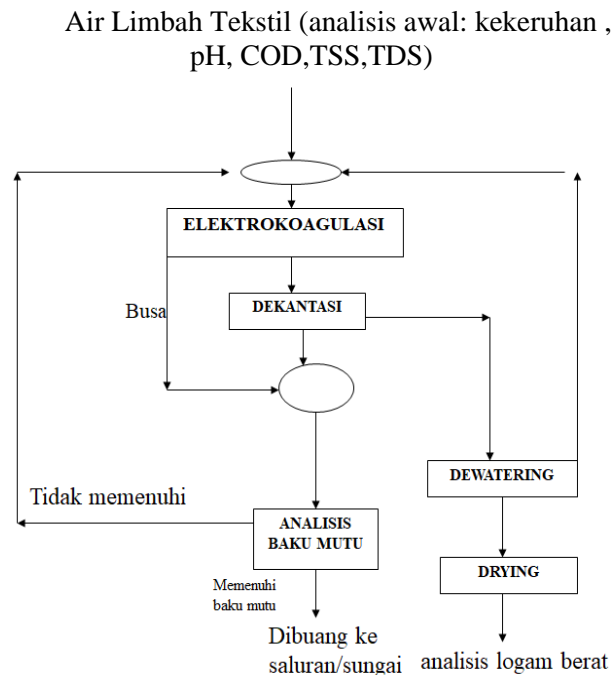
Berdasarkan reaksi tersebut di atas, di anoda terjadi pelarutan elektroda (logam Fe dan Al), sehingga di anoda akan mengalami penipisan elektroda (akibat pelarutan) dan di katoda akan tetap.

Ion Fe²⁺ dan Al³⁺ akan bereaksi dengan ion hidroksida (OH⁻) yang dihasilkan di katoda membentuk Fe(OH)₂ atau Al(OH)₃. Senyawa ini akan mengikat kotoran (suspensi, emulsi, koloid)

membentuk endapan atau koagulan, yang selanjutnya andapan dan koagulan dapat dipisahkan secara dekantasi atau filtrasi.

METODE

Metode penelitian yang digunakan untuk menyelesaikan masalah pada proses pengolahan air limbah adalah metode eksperimen yang dilakukan di Laboratorium Korosi dan Laboratorium Pengolahan Limbah. Metode penelitian ini meliputi neraca massa umpan dan luaran dapat dihitung, neraca energi, jumlah energi yang dibutuhkan untuk proses elektrokoagulasi dengan jumlah volume air limbah tertentu. Elektroda yang digunakan adalah (Al – Al, Fe – Fe,) dengan variasi waktu tinggal dan rapat arus proses dengan luaran hasil pengolahan air limbah yang dibuang memenuhi baku mutu lingkungan dengan indikator kekeruhan, COD, pH dan kadar logam berat di bawah atau minimal sama dengan baku mutu lingkungan (BML). Secara skematis, diagram alir proses pengolahan air limbah metode elektrokoagulasi ditunjukkan pada Gambar 2 berikut ini.



Gambar 2. Aliran proses elektrokoagulasi air limbah lain, dibakar ke *incerator*)

Berdasarkan aliran proses elektrokoagulasi di atas maka tahap – tahap proses sebagai berikut:

- Perlakuan awal air limbah
- Proses elektrokoagulasi
- Proses dekantasi

- Proses filtrasi
- Proses dewatering
- Proses pengering

Perlakuan awal air limbah dilakukan analisis untuk mengetahui kandungan COD, kekeruhan, TSS, TDS, dan perubahan pH. Dengan analisis awal ini dapat ditunjukkan efisiensi proses dan seberapa besar terjadi penyisihan COD, kekeruhan serta perubahan pH yang diperoleh setelah proses elektrokoagulasi.

Proses elektrokoagulasi dilakukan dalam satu unit sistem yang terdiri dari tangki proses dilengkapi dengan sekat (*baffle*) yang berfungsi membantu proses pengadukan, elektroda yang dihubungkan dengan penyearah arus (*rectifier*), anoda sebagai kutub positif dan katoda sebagai kutup negatif.

Pada unit dekantasi terjadi penyempurnaan pemisahan padatan (lumpur) dengan cairan. Unit ini disiapkan dua buah dengan tujuan memberi kesempatan pada kolam yang satu beroperasi dekantasi pada waktu kolam yang lain sedang terjadi pemisahan padatan dengan cairan. Proses berlangsung kontinu secara bergantian. Kedua aliran lumpur disatukan menuju unit *Dewatering*, begitu juga cairan menuju unit filtrasi

Pada unit filtrasi dimaksudkan untuk penyaringan terakhir sebelum analisis COD, kekeruhan, TSS, TDS, dan pH. Apabila hasil analisis variabel tersebut sudah memenuhi BML maka cairan akan dibuang ke lingkungan, sebaliknya bila belum memenuhi BML dikembalikan ke proses elektrokoagulasi. Hasil analisis ini dapat juga digunakan untuk menentukan efisiensi prosesnya.

Pada unit *dewatering* lumpur mengalami proses filter press . Cairan hasil proses ini dikembalikan ke unit elektrokoagulasi, sedangkan lumpur dialirkan ke unit pengering

Padatan yang sudah mengalami proses pengeringan dianalisis kadar logamnya sebelum dimanfaatkan untuk keperluan lain, artinya kandungan logam akan mengisyaratkan padatan dapat dimanfaatkan untuk keperluan lain atau dibakar dalam *incerator*.

Pengukuran pH dilakukan dengan menggunakan pH meter digital. Pengukuran turbiditas dilakukan dengan menggunakan turbidimeter digital. Pengukuran TSS dan TDS menggunakan TDS meter.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses Elektrokoagulasi

Proses elektrokoagulasi pada penelitian ini menggunakan limbah dari industri tekstil PT Tarumatex yang kami analisis mempunyai karakteristik awal seperti ditunjukkan pada Tabel 1 dan 2 berikut.

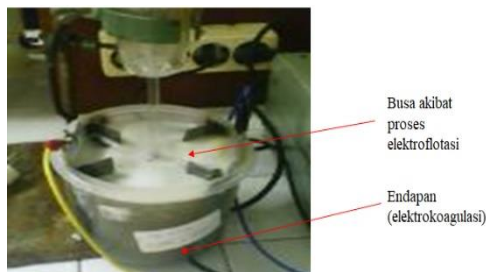
Tabel 1. Karakteristik limbah tekstil,

No	Parameter	Jumlah
1	pH	9,23
2	Turbiditas (NTU)	30,34
3	COD (mgO ₂ /l)	1265,85
4	TSS (mg/L)	4365
5	TDS (mg/L)	2000

Tabel 2. Karakteristik Air Limbah industri tekstil.

No	Parameter	Jumlah
1	pH	10,82
2	Turbiditas (NTU)	137,7
3	COD (mgO ₂ /l)	806,4
4	TSS (mg/L)	9865
5	TDS (mg/L)	1900

Proses elektrokoagulasi yang melibatkan elektrokoaguagulasi, elektro-oksidasi, elektroflotasi secara nyata ditunjukkan pada Gambar 3 berikut.

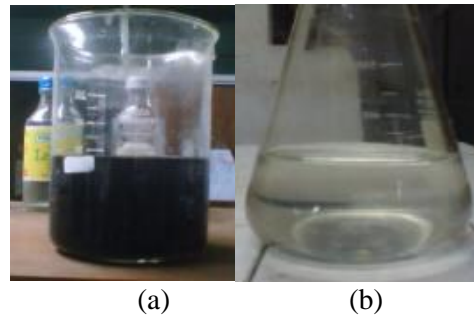


Gambar 3. Proses elektrokoagulasi air limbah industri tekstil.

Berdasarkan Gambar 3 ditunjukkan bahwa di bagian atas terbentuk busa yang bercampur dengan pengotor. Hal ini membuktikan bahwa pada proses ini dihasilkan gas oksigen yang dihasilkan oleh elektroda positif (anoda) dan gas hidrogen dihasilkan oleh elektroda negatif (katoda) seperti yang diperlihatkan pada reaksi di persamaan 1 sampai 6 (Alyafei et al., 2020; Ni'am et al., 2008)

Hasil air buangan proses elektrokoagulasi merupakan air buangan yang berwarna relatif bening atau tak berwarna setelah melalui proses filtrasi (penyaringan) yang ditunjukkan pada gambar 4b. Hasil air buangan ini dapat

dibandingkan dengan air limbah tekstil (limbah awal) yang ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Air limbah awal (a) dan setelah proses (b).

Pada Gambar 4.a merupakan air limbah tekstil pada kondisi awal yang berwarna hitam gelap, sedangkan pada Gambar 4.b merupakan air buangan setelah mengalami proses elektrokoagulasi. Air buangan hasil proses elektrokoagulasi berwarna jernih dan tidak berwarna. Hal tersebut terjadi karena pengotor yang terdapat pada air limbah tekstil telah terendapkan dengan baik dan warna air buangan berubah menjadi jernih akibat zat warna yang mengandung senyawa organik terurai atau pecah akibat adanya proses oksidasi dan ion dari logam berat tereduksi menjadi atom logam yang tertarik ke katoda bercampur pengotor dan terendapkan di dasar bejana

Penggunaan Elektroda Fe

Limbah tekstil yang digunakan merupakan limbah dari industri tekstil. PT Tarumatex diolah pada suhu ruangan pada proses elektrokoagulasi menggunakan elektroda Fe yang memiliki karakteristik seperti ditunjukkan pada Tabel 1. Kondisi operasi proses elektrokoagulasi adalah rapat arus 0,25 s.d 1,25 A/dm² dengan waktu proses 30 menit dengan elektroda Fe. Hasil penurunan COD, turbiditas, dan TSS dengan elektroda Fe ditunjukkan pada Tabel 3 berikut ini.

Tabel 3. Pengaruh Rapat Arus terhadap Air buangan menggunakan Elektroda Fe.

No	Arus (A/dm ²)	Turbiditas (NTU)	COD (mgO ₂ /L)	TSS (mg/L)
1	0,25	3,86	175,86	0
2	0,5	3,42	157,76	0
3	0,75	3,26	118,78	0
4	1	2,58	102,65	0
5	1,25	2,61	85,63	0

Berdasarkan Tabel 3 ditunjukkan bahwa air buangan proses elektrokoagulasi mengalami penurunan kadar COD, turbiditas dan TTS dengan

semakin naik rapat arus dengan waktu proses tetap. Hal ini disebabkan semakin tinggi rapat arus dan waktu tetap menunjukkan jumlah listrik yang dialirkan ke dalam limbah tekstil semakin besar berarti jumlah zat yang dihasilkan di kedua elektroda semakin besar atau pelarutan elektroda Fe di anoda menjadi Fe^{2+} dan peruraian air di katoda menjadi ion hidroksida (OH^-) semakin besar menyebabkan pembentukan $\text{Fe}(\text{OH})_2$ yang merupakan koagulan menjadi semakin besar, maka jumlah polutan yang terendapkan juga semakin banyak sehingga penurunan COD, turbiditas dan TSS semakin besar. Berdasarkan percobaan dengan rapat arus 0,25 s.d 1,25 A/dm^2 menghasilkan air buangan dengan kadar COD < 250 mg/L , turbiditas < 12 NTU, dan TSS < 60 mg/L . Hasil ini menunjukkan sudah di bawah standar atau sesuai dengan baku mutu air buangan industri.

Penggunaan Elektroda Al

Limbah tekstil yang diolah dengan proses elektrokoagulasi menggunakan elektroda Al mempunyai karakteristik seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2. Komposisi kadar bahan pencemar yang terdapat dalam air buangan setelah proses elektrokoagulasi ditunjukkan pada Tabel 4 berikut menunjukkan penyisihan COD, turbiditas, dan TSS.

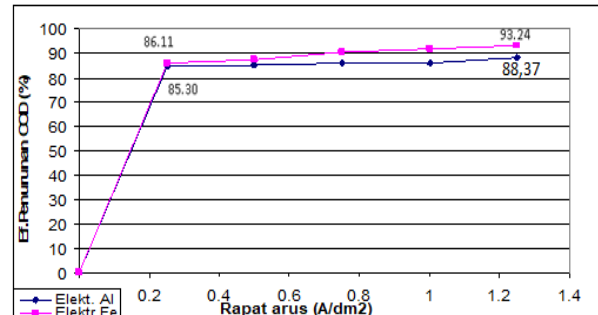
Tabel 4. Data Pengolahan Limbah Berdasarkan Variasi Rapat Arus pada Elektroda Al.

No	Arus (A/dm^2)	Turbiditas (NTU)	COD (mgO_2/l)
1	0,25	37,2	125,28
2	0,5	4,07	118,54
3	0,75	3,15	111,74
4	1	3,24	112,29
5	1,25	4,57	93,76

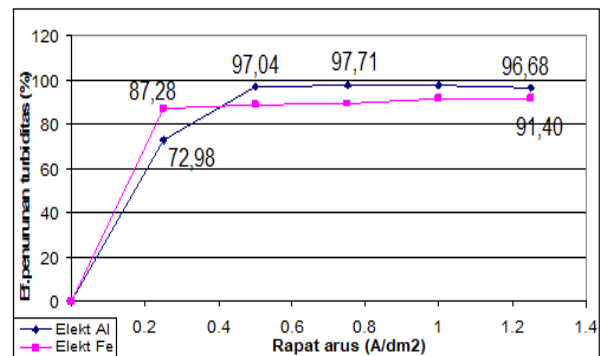
Berdasarkan Tabel 4 ditunjukkan bahwa penggunaan elektroda Al mempunyai kecenderungan yang sama dengan elektroda Fe, yaitu rapat arus semakin besar, maka kadar COD dan turbiditas (kekeruhan) dalam air buangan semakin menurun. Hal ini terjadi akibat pelarutan Al menjadi Al^{3+} dan peruraian air menjadi ion OH^- semakin banyak, maka endapan $\text{Al}(\text{OH})_3$ yang terjadi semakin meningkat dan menyebabkan kadar COD dan turbiditas dalam air buangan menurun (A et al., 2018; Setiawan, 2018). Penggunaan elektroda Al pada proses elektrokoagulasi menghasilkan kadar COD dan turbiditas dalam air buangan sudah menunjukkan harga lebih kecil dari standar baku

mutu air buangan industri terjadi pada rapat arus 0,75 s.d 1,25 A/dm^2 .

Efisiensi penyisihan kadar COD dan Turbiditas Penggunaan Elektroda Fe dan Al ditunjukkan pada Gambar 5a, dan 5b.



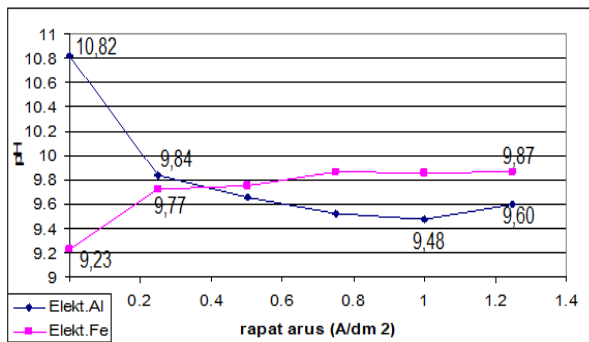
Gambar 5a. Pengaruh rapat arus terhadap efisiensi penurunan COD



Gambar 5b. Pengaruh rapat arus terhadap efisiensi penurunan turbiditas.

Berdasarkan Gambar 5a dan b pengaruh rapat arus terhadap efisiensi penyisihan COD, turbiditas, dan TSS menunjukkan bahwa efisiensi penurunan bahan pencemar menunjukkan efisiensi yang tinggi yaitu lebih besar dari 80%, efisiensi penyisihan COD mulai 86,11% s.d 93,24% untuk penggunaan elektroda Fe dan efisiensi penyisihan COD tertinggi yaitu 86,14% untuk penggunaan Al. Efisiensi penurunan turbiditas tertinggi dicapai pada rapat arus 1.0 A/dm^2 dengan nilai 91,50% untuk elektroda Fe dan rapat arus 0,75 A/dm^2 dengan nilai 97,71% untuk elektroda Al. Efisiensi penurunan TSS tertinggi dicapai pada rapat arus 0,75 A/dm^2 dengan nilai 99,34% untuk elektroda Al. Dengan demikian, kondisi operasi terbaik untuk rapat arus 0,25 s.d 1,25 A/dm^2 dicapai pada rapat arus 0,75 A/dm^2 untuk elektroda Al dan 1,0 A/dm^2 untuk elektroda Fe.

Pengaruh rapat arus terhadap pH air buangan proses elektrokoagulasi ditunjukkan pada Gambar 6 berikut.



Gambar 6. Pengaruh rapat arus terhadap perubahan pH air buangan.

Berdasarkan Gambar 6 ditunjukkan bahwa proses elektrokoagulasi menggunakan elektroda Al terendah pada 9,48 pada rapat arus 1 A/dm², sedangkan dengan elektroda Fe menghasilkan pH air buangan yang semakin naik dari pH 9,23 s.d pH 9,87. Perbedaan ini disebabkan bahwa harga hasil kelarutan (Ksp) Fe(OH)₂ dan Al(OH)₃ berbeda yaitu 8.10⁻¹⁶ dan 5.10⁻³³ (Asri et al., 2018; Heidelberger & Treffers, 1989; Rasmito, 2018). Hal tersebut berarti kedua senyawa tersebut mulai mengendap atau membentuk koagulan dengan harga pH yang berbeda atau jumlah OH⁻ yang diperlukan untuk mengendapkannya berbeda. Untuk mengendapkan Fe(OH)₂ diperlukan konsentrasi ion hidroksida 7.10⁻⁷ mol/L, sedangkan untuk mengendapkan Al(OH)₃ diperlukan ion hidroksida sekitar 1.10⁻⁹ mol/L (berdasarkan Ksp Fe(OH)₂ dan Al(OH)₃). Berdasarkan sifat logam Fe dan Al dalam system air bahwa logam Al pada pH 3 s.d 11 akan membentuk lapisan pasif akibat terbentuk senyawa Al(OH)₃ dan logam Fe pada pH 7 s.d 14 berada pada daerah pasif akibat terbentuk Fe(OH)₂ atau Fe(OH)₃ (Jones: 1992).

Pengaruh Waktu Proses terhadap Kadar Polutan (COD, turbiditas, dan pH) dalam Air Buangan Hasil Proses.

Kondisi operasi untuk kedua elektroda Fe dan Al tidak sama, karena kondisi terbaik yang diperoleh pengaruh rapat arus dan kondisi air buangan proses elektrokoagulasi tidak sama yaitu untuk elektroda Fe menggunakan rapat arus 1,25 A/dm² dan untuk elektroda Al menggunakan rapat arus 0,75 A/dm² dengan waktu proses 5 s.d 35 menit, maka hasil air buangan dari penelitian ini diuraikan secara terpisah untuk penyisihan kadar COD, turbiditas, dan TSS, sedangkan perubahan pH dan penurunan kadar logam berat dapat disatukan.

Pengaruh waktu terhadap penyisihan kadar COD dan turbiditas menggunakan elektroda Fe ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Pengaruh waktu terhadap kadar bahan pencemar (COD, turbiditas) air buangan proses elektrokoagulasi menggunakan Fe.

No	Waktu (menit)	Turbiditas (NTU)	COD (mgO ₂ /l)
1	5	4,56	155,14
2	10	3,72	115,97
3	15	2,61	85,63
4	20	2,12	99,84
5	25	1,86	92,16
6	30	1,21	75,26
7	35	1,34	130,56

Berdasarkan Tabel 5 ditunjukkan bahwa kadar COD dan turbiditas mengalami penurunan terhadap waktu proses dan mencapai kadar COD dan turbiditas dalam air buangan terendah pada waktu proses 30 menit yaitu 75,26 mg O₂/L dengan efisiensi penyisihan COD 94% dan kadar turbiditas 1,21 NTU dengan efisiensi penurunan 96%. Hal tersebut terjadi akibat semakin besar waktu proses berarti jumlah listrik yang dialirkan semakin besar dan pelarutan elektroda di anoda menjadi ion Fe²⁺ dan penguraian air menjadi gas H₂ dan ion OH⁻ semakin besar yang membuat pembentukan koagulan Fe(OH)₂ menjadi semakin besar pula, sehingga terjadi penyisihan COD dan penurunan turbiditas akibat terikatnya polutan atau partikel padat ke dalam koagulan semakin besar dan mencapai kondisi optimum pada waktu proses 30 menit.

Pengaruh waktu terhadap penyisihan kadar COD, dan turbiditas proses elektrokoagulasi menggunakan elektroda Al ditunjukkan pada Tabel 6.

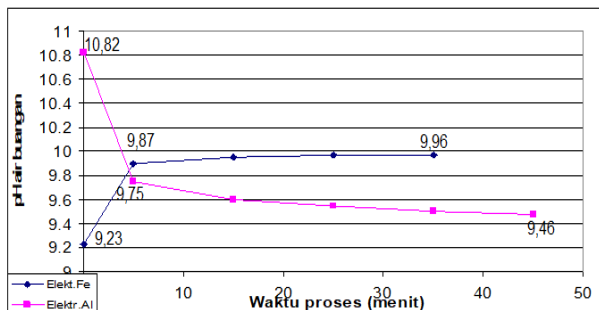
Tabel 6. Pengaruh waktu proses terhadap penyisihan kadar COD dan turbiditas air buangan proses elektrokoagulasi menggunakan elektroda Al.

No	Waktu (menit)	Turbiditas (NTU)	COD (mgO ₂ /L)
1	5	4.19	123,68
2	15	2,58	61,25
3	25	0,56	49,25
4	35	0,35	24,13
5	45	0,75	37,85

Berdasarkan Tabel 6 ditunjukkan bahwa kadar COD dan turbiditas mengalami penurunan terhadap waktu proses dan mencapai kadar COD dan turbiditas dalam air buangan terendah pada waktu proses 35 menit yaitu 24,13 mg O₂/L dengan

efisiensi penurunan 97% dan kadar turbiditas 0,35 NTU dengan efisiensi penurunan 99,75%. Hal tersebut terjadi akibat semakin besar waktu proses berarti jumlah listrik yang dialirkan semakin besar dan pelarutan elektroda di anoda menjadi ion Al^{3+} dan penguraian air menjadi gas H_2 dan ion OH^- semakin besar yang membuat pembentukan koagulan $Al(OH)_3$ menjadi semakin besar pula, sehingga terjadi penurunan kadar COD dan turbiditas akibat terikatnya polutan atau partikel padat ke dalam koagulan semakin besar dan mencapai kondisi optimum pada waktu proses 35 menit.

Pengaruh waktu proses terhadap pH air buangan proses elektrokoagulasi menggunakan elektroda Fe dan Al ditunjukkan pada Gambar 7 berikut.



Gambar 7. Pengaruh waktu proses terhadap pH air buangan.

Berdasarkan Gambar 7 ditunjukkan bahwa pH air buangan proses elektrokoagulasi menggunakan elektroda Fe mengalami peningkatan. Hal ini disebabkan semakin waktu proses berarti semakin banyak listrik yang digunakan maka proses pelarutan Fe menjadi Fe^{2+} di anoda dan penguraian air di katode menjadi H_2 dan OH^- semakin meningkat, tetapi tidak semua OH^- bereaksi membentuk $Fe(OH)_2$ atau harga K_{sp} $Fe(OH)_2$ terlewat. Sebaliknya pada proses elektrokoagulasi menggunakan elektroda Al mengalami penurunan harga pH air buangan sampai mencapai harga 9,46. Hal ini terjadi karena pelarutan Al menjadi Al^{3+} dan penguraian air menjadi H_2 dan OH^- semakin meningkat yang diimbangi dengan pembentukan $Al(OH)_3$ sehingga pHnya menurun.

Jika elektroda Fe dan Al dibandingkan, logam Al lebih reaktif daripada Fe Karena potensial reduksi standar Al lebih negatif daripada Fe ($E^0_{Fe^{2+}/Fe} = -0,44V$ dan $E^0_{Al^{3+}/Al} = 1,66V$). Selain itu, kebutuhan OH^- untuk mengendapkan ion Al^{3+} lebih kecil daripada untuk mengendapkan Fe^{2+} menjadi senyawa hidroksidanya, yang dapat dihitung

berdasarkan harga hasil kelarutan senyawa $Fe(OH)_2$ dan $Al(OH)_3$ (Vogel, 1985).

Berdasarkan pembahasan yang telah diuraikan bahwa pengolahan limbah metode elektrokoagulasi menggunakan elektroda Fe dan Al dapat menurunkan bahan pencemar (polutan) yang cukup tinggi yaitu dengan efisiensi penyisihan kadar COD > 80% dan efisiensi penurunan turbiditas > 90% dengan kondisi operasi terbaik adalah rapat arus 1,0 A/dm² dengan waktu proses 30 menit untuk elektroda Fe dan rapat arus 0,75 A/dm² dengan waktu proses 35 menit, dapat menghilangkan kandungan zat warna yang terdapat limbah yang ditunjukkan dengan perubahan warna dari gelap menjadi bening atau (jernih), memperkecil kandungan logam berat yang terdapat limbah yang berasal dari zat warna atau pelarutan anoda akibat terbentuknya logam berat dalam keadaan atom yang ikut terendapkan bersama koagulan. Berdasarkan hasil percobaan air buangan mengandung kadar COD dan turbiditas dengan waktu > 20 menit mempunyai kadar yang sudah dapat dibuang ke lingkungan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa kondisi operasi terbaik dicapai pada rapat arus 1,0 A/dm² dengan waktu proses 30 menit untuk elektroda Fe menghasilkan penurunan COD 75,26 mgO₂/L dengan efisiensi 94,05% dan penurunan turbiditas 1,21 NTU dengan efisiensi penurunan 96,01%, sedangkan untuk elektroda Al kondisi terbaik dicapai pada rapat arus 0,75 A/dm² dengan waktu 35 menit menghasilkan penurunan COD 24,13 mgO₂/L dengan efisiensi penurunan 97,01% dan penurunan turbiditas 0,35 NTU dengan efisiensi penurunan 99,75%, Air limbah buangan yang dihasilkan dengan proses elektrokoagulasi menjadi berubah warna dari gelap atau kotor menjadi relatif jernih, kadar logam berat dan logam hasil pelarutan anoda dihasilkan kadar logam berat < dari standar baku mutu lingkungan

DAFTAR PUSTAKA

- A, R. Y., T, R. T., & Purwonugoho, D. (2018). Ekstraksi alumina dalam lumpur lapindo menggunakan pelarut asam klorida. *Jurnal Seminar Nasional Inovasi Dan Aplikasi Teknologi Di Industri 2018*, 365–369.
- Alyafei, A., Alkizwini, R. S., Hashim, K. S., Yeboah, D., Gkantou, M., Al Khaddar, R., Al-Faluji, D., & Zubaidi, S. L. (2020). Treatment

- of effluents of construction industry using a combined filtration-electrocoagulation method. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 888(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/888/1/012032>
- Asri, N. P., Abadi, R., Hasmawati, A., & Mubarak, S. A. (2018). Penurunan kadar logam berat limbah cair industri emas (pt. x) di surabaya. *Jurnal Teknik Kimia Indonesia*, 9(2), 55. <https://doi.org/10.5614/jtki.2010.9.2.3>
- Beagles, B. A. (2004). *Electrocoagulation (EC) – Science and Applications*. May, 1–6.
- Hasibuan, R. (2016). Analisis Dampak Limbah/Sampah Rumah Tangga Terhadap Pencemaran Lingkungan Hidup. *Jurnal Ilmiah Advokasi*, 04(01), 42–52. <https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&q=jurnal+issn+rosmidah+hasibuan>
- Heidelberger, M., & Treffers, H. P. (1989). Vogel's Textbook of Quantitative Chemical Analysis. *Journal of General Physiology*, 25(4), 523–531. <https://doi.org/10.1085/jgp.25.4.523>
- Hernaningsih, T. (2016). Tinjauan Teknologi Pengolahan Air Limbah Industri Dengan Reviews of Electrocoagulation Process on Waste Water Treatment. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*, 9(1), 31–46.
- Iswanto, B. (2016). Teknologi Elektrokoagulasi Hasil Penelitian Untuk Pengolahan Limbah Domestik. *Indonesian Journal of Urban and Environmental Technology*, 5(4), 113. <https://doi.org/10.25105/urbanenvirotech.v5i4.681>
- Ni'am, M. F., Othman, F., Sohaili, J., & Fauzia, A. (2008). Removal of COD and Turbidity to Improve Wastewater Quality using Electrocoagulation Technique. *Ultrapure Water*, 25(3), 36–43.
- Prasetyaningrum, A., & Dharmawan, Y. (2018). *Aplikasi Teknologi Elektrokoagulasi pada Pengolahan Limbah Industri Elektroplating sebagai Upaya Menghasilkan Produksi Kerajinan Logam Berbasis Green Technology*. 12(1), 37–44.
- Rasmito, A. (2018). C. Penurunan Kadar Logam Berat Limbah Cair Industri Emas Dengan Kaustik Soda. *Jurnal Teknik Industri Dan Kimia*, 8377, 16–29. <https://www.ejournal-unipra.com/index.php/JTIK/article/download/27/31>
- Setiawan, A. (2018). SINTESIS DAN KARAKTERISASI ZnO SEBAGAI COATING ANTIKOROSI ZnO/Al(OH)₃ PADA MATERIAL BAJA KARBON. *Teknik*, 39(1), 55. <https://doi.org/10.14710/teknik.v39i1.15659>
- 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. <https://doi.org/10.33795/jtkl.v2i1.37>
- Vogel, A. I. (1985). Buku Teks Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimikro. In *Edisi Ke-5, Kalman Media Pusaka, Jakarta*.
- Widiyanto, A. F., Yuniarno, S., & Kuswanto, K. (2015). Polusi Air Tanah Akibat Limbah Industri Dan Limbah Rumah Tangga. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 10(2), 246. <https://doi.org/10.15294/kemas.v10i2.3388>