PENGARUH VARIASI WAKTU KONTAK PADA METODE ELEKTROKOAGULASI DALAM PENGOLAHAN LIMBAH CAIR BATUBARA

THE EFFECT OF CONTACT TIME VARIATIONS ON ELECTROCOAGULATION METHOD IN COAL WASTEWATER TREATMENT

Syifa Yulia Hidayati[1], Muhammad Syahirul Alim[1], Nopi Stiyati Prihatini[1], Mahmud[1]

[1]Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat Jl. A. Yani Km 36,5 Banjarbaru Kalimantan Selatan, 70714, Indonesia

E-mail: syifayulia2822@gmail.com

ABSTRAK

Limbah cair batubara dapat dilakukan pengolahan dengan metode elektrokoagulasi yaitu pengolahan air limbah menggunakan aliran listrik searah dan elektroda berupa plat Aluminium (Al). Dilakukan analisa hasil uji kualitas limbah cair batubara setelah dilakukan metode elektrokoagulasi dalam memenuhi standar baku mutu lingkungan menurut Peraturan Gubernur Kalimantan Selatan No. 36 Tahun 2008 tentang Baku Mutu Air Limbah Batubara dan analisa pangaruh waktu kontak yang diterapkan yaitu 30, 45, 60, 75 dan 90 menit. Metode penelitian yang dilakukan adalah metode eksperimen. Parameter yang diuji Total Suspended Solid (TSS), pH, besi (Fe) dan mangan (Mn) dan jarak plat elektroda 1 cm. Tegangan yang digunakan 12 volt. Hasil penelitian menunjukan bahwa pada waktu kontak 90 menit proses elektrokoagulasi efektif dalam menurunkan kontaminan sehingga memenuhi standar regulasi baku mutu, pada parameter TSS nilai efisiensi mencapai sebesar 99,97% dengan penurunan kadar dari 4305 mg/L menjadi 1,33 mg/L, pada parameter pH terjadi kenaikan pH dari 5,37 menjadi 7,27, pada parameter besi (Fe) nilai efisiensi mencapai sebesar 99,96% dengan penurunan kadar dari 53 mg/L menjadi 0,02 mg/L dan pada parameter mangan (Mn) nilai efisiensi mencapai sebesar 99,81% dengan penurunan kadar dari 20,32 mg/L menjadi 0.039%.

Kata kunci: Elektrokoagulasi, Elektroda Aluminium, Limbah Cair Batubara, Waktu Kontak

ABSTRACT

Coal wastewater can be treated by electrocoagulation method, is wastewater treatment using direct electricity and electrodes Aluminum (Al) plates. An analysis of the results of the quality test of coal effluent was carried out after the electrocoagulation method was carried out in meeting environmental quality standards according to the Peraturan Gubernur Kalimantan Selatan No. 36 Tahun 2008 tentang Baku Mutu Air Limbah Batubara and analysis of the effect of the contact time used, namely 30, 45, 60, 75 and 90 minutes. The research method used is the experimental method. The parameters tested were Total Suspended Solid (TSS), pH, iron (Fe) and manganese (Mn) and the distance between the electrode plates was 1 cm. The voltage used 12 volts. The results showed that at a contact time of 90 minutes the electrocoagulation process was effective in reducing contaminants so that it met quality standards, the TSS parameter value of efficiency reached 99.97% with a decrease in levels from 4305 mg/L to 1.33 mg/L, on the parameter pH increased from 5.37 to 7.27, in the iron (Fe) parameter the efficiency value reached 99.96% with a decrease in levels from 53 mg/L to 0.02 mg/L and the manganese (Mn) value efficiency reached 99.81% with a decrease in levels from 20.32 mg/L to 0.039%.

K*eywords: Electrocoagulation, Electrodes Aluminum, Coal Wastewater, Contact Time*

1. PENDAHULUAN

Limbah cair batubara adalah limbah yang bersumber dari kegiatan produktivitas penambangan, pengolahan, pencucian batubara dan atau proses penumpukan batubara di *stockpile* (Putra dkk, 2017). Karakteristik air limbah batubara pada umumnya mengandung total padatan tersuspensi dan logam berat yang tinggi serta pH yang rendah atau bersifat asam. Menurut penelitian Fitriyanti (2015), limbah cair batubara dari kolam instalasi pengolahan air limbah *stockpile* memiliki kandungan TSS sebesar 6780,2 mg/L. Berdasarkan penelitian Rusdianasari dkk (2013), limbah cair batubara memiliki kandungan logam berat berupa besi sebesar 7,86 mg/L dan mangan (Mn) sebesar 6,44 mg/L serta nilai pH pada 4,80.

Standar baku mutu lingkungan terhadap air limbah batubara di Kalimantan Selatan diatur dalam PERGUB KALSEL No. 36 Tahun 2008 tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Usaha dan atau Kegiatan Pertambangan Batubara. Berdasarkan regulasi tersebut mengatur batas maksimal konsentrasi terhadap air limbah dari kegiatan pertambangan, pengolahan, atau pencucian batubara untuk parameter TSS, pH, besi (Fe), mangan (Mn) dan kadmium (Cd) harus memenuhi standar baku yang ditetapkan sebelum dilepas ke lingkungan. Penelitian ini mengacu pada regulasi tersebut sebagaimana **Tabel 1.1**.

Tabel 1. 1 Standar Baku Mutu Limbah Cair Batubara

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
pH	-	6 – 9
Total Suspended Solid (TSS)	mg/l	200
Besi (Fe)	mg/l	7
Mangan (Mn)	mg/l	4
Kadmium (Cd)	mg/l	0,05

(Sumber Baku Mutu: PERGUB KALSEL No.36 Tahun 2008)

Elektrokoagulasi merupakan proses destabilisasi kontaminan dalam air dengan aliran arus listrik searah menggunakan elektoda (Rusdianasari, 2017). Elektrokoagulasi merupakan proses elektrokimia dari aliran arus searah atau DC (*direct current*) yang dihubungkan ke elektroda Aluminium mengakibatkan terjadinya reaksi oksdasi pada anoda berupa proses pelarutan ion Aluminium (Al^{3+}) dan proses reduksi dengan pelepasan ion hidroksida (OH^-) pada katoda sehingga membentuk senyawa Aluminium Hidroksida ($Al(OH)_3$). Senyawa $Al(OH)_3$ kemudian akan mengakibatkan proses koagulasi dan flokulasi pada partikel tersuspensi sehingga terjadi keadaan pemisahan partikel koloid dari air limbah (Rusdianasari dkk, 2013). Reaksi yang terjadi pada proses ini adalah:

Reaksi pada anoda:

$$Al_{(s)} \rightarrow Al^{3+} + 3e^-$$

Reaksi pada katoda:

$$2H_2O_{(l)} + 2e^- \rightarrow 2OH^- + H_{2(g)}$$

Reaksi yang berlangsung selama proses elektrokoagulasi:

$$Al^{3+} + 3OH^- + H_2O \rightarrow n\ Al(OH)_3.n\ H_2O$$

$Al(OH)_3$ akan menyebabkan terjadinya proses destabilisasi koloid sehingga terbentuk flok yang akan mengendap (Amri dkk, 2020). Pada reaksi katodik akan terjadi pelepasan ion hidroksi dan gas hidrogen. Gas hidrogen yang terbentuk akan menyebabkan terjadinya gaya flotasi, sehingga flok-flok yang terbentuk berukuran kecil (mikroflok) akan naik kepermukaan air dalam bentuk buih atau busa. Benturan antar mikroflok menghasilkan flok-flok yang berukuran lebih besar (makroflok) mengakibatkan terjadinya proses sedimentasi di dasar reactor (Vaujiah, 2018). Aluminium yang terlarut akibat reaksi oksidasi proses elektrokoagulasi, membentuk senyawa $Al(OH)_3$ yang mengikat partikel kontaminan sehingga terjadi proses *sweep coagulation* disertai dengan mekanisme pengendapan (Masrullita dkk, 2021).

Proses elektrokoagulasi dipengaruhi beberapa faktor, salah satunya waktu kontak. Berdasarkan hukum *Faraday* menyatakan bahwa peningkatan waktu perlakuan mempengaruhi besar penyisihan parameter pencemar (Ramadhani, 2021). Berdasarkan Nurdandi dkk (2019) proses elektrokoagulasi terhadap air limbah pasca tambang dengan variasi waktu proses 30 menit, 60 menit, 90 menit, dan 120 menit didapatkan hasil bahwa pada waktu 120 menit terjadi peningkatan nilai pH dan penurunan kadar polutan yang signifikan.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Bahan Penelitian

Bahan dalam penelitian ini meliputi sampel air limbah batubara yang diperoleh dari inlet *settling pond* PT Kalimantan Prima Persada *Site Port* Sungai Puting sebelum dilakukan pengolahan apapun dan plat Aluminium sebagai elektroda dengan dimensi ukuran 20 cm x 10 cm x 0,5 mm.

2.2 Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian berupa *power supply* adaptor 12 volt, kabel penghubung dan steker, kabel *jumper* capit buaya, bak kaca sebagai reaktor 15 cm x 15 cm x 5 cm, plat kayu penyangga, *stopwatch*, jeriken dan botol sampel.

2.3 Prosedur Penelitian

Penelitian diawali dengan melakukan persiapan alat yaitu reaktor yang terbuat dari kaca, dimasukkan 2 elektroda plat Aluminium (Al) yang telah diberi penyangga atas menggunakan kayu dengan jarak antar plat sebesar 1 cm. Plat aluminium masinng-masing berfungsi sebagai anoda dan katoda yang dijepit menggunakan kabel capit buaya. Kabel capit buaya disambungkan dengan *power supply* adaptor 12 volt. Sampel limbah cair batubara dilakukan pengkondisian agar tidak terjadi perubahan kualitas dengan cara dihomogenkan. Metode elektrokoagulasi dilakukan terhadap 1000 mL sampel limbah cair batubara dengan variasi waktu kontak 30, 45, 60, 75 dan 90 menit. Sampel limbah cair batubara setelah dilakukan proses elektrokoagulasi, maka sumber listrik searah dari *power supply* adaptor dimatikan, kemudian hasil proses elektrokoagulasi didiamkan selama 60 menit. Prosedur yang sama dilakukan sebanyak 3 (tiga) kali pengulangan. Pada setiap pengulangan, plat aluminium yang digunakan selalu diganti dengan plat yang baru.

2.4 Analisis Hasil

Sampel limbah cair batubara setelah dilakukan proses elektrokoagulasi dilakukan analisis konsentrasi terhadap parameter *Total Suspended Solid* (TSS), besi (Fe) dan mangan (Mn) menggunakan metode spektrofotometri dan terhadap parameter pH dengan menggunakan pH meter.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Karakteristik Limbah Cair Batubara

Analisa karakteristik limbah cair batubara dilakukan untuk memperoleh data kandungan limbah cair batuabara sebelum mendapat perlakuan elektrokoagulasi. Sampel limbah cair batubara dilakukan pengujian karakteristik awal menggunakan metode spektrofotometri dengan pengulangan sebanyak 3 kali agar didapatkan hasil yang lebih akurat. Berdasarkan uji sampel limbah cair batubara diperoleh hasil yang disajikan pada pada **Tabel 3.1**.

Tabel 3.1 Hasil Uji Laboratorium Karakteristik Limbah Cair Batubara

No	Paremeter	Satuan	Baku Mutu	Hasil Pemerikasaan (Pengulangan)			Rata - rata
				1	2	3	
1	*Total Supended Solid* (TSS)	mg/L	200	4356	3942	4617	4305
2	pH	-	6 – 9	5,47	5,33	5,30	5,37
3	Besi (Fe)	mg/L	7	54	53	52	53
4	Mangan (Mn)	mg/L	4	20,32	19,30	21,34	20,32

(Sumber Baku Mutu: PERGUB KALSEL No. 36 Tahun 2008)

Karakteristik sampel limbah cair batubara berdasarkan hasil uji laboratorium didapatkan bahwa limbah cair batubara mengandung TSS, pH, besi (Fe) dan mangan (Mn) yang melebihi batas maksimum standar baku mutu pada PERGUB KALSEL No. 36 Tahun 2008 tentang Baku Mutu Limbah Cair bagi Kegiatan Industri, Hotel, Restoran, Rumah Sakit, Domestik dan Pertambangan. Kandungan TSS pada sampel limbah cair batubara rata-rata 4305 mg/L dengan batas maksimum baku mutu 200 mg/L. Limbah cair batubara pada hasil penelitian memiliki rata-rata nilai pH 5,73 dengan standar maksimum baku mutu 6-9. Kandungan besi (Fe) pada karakterisasi limbah cair batubara yaitu rata-rata sebesar 53 mg/L dengan batas maksimum standar baku mutu 7 mg/L dan kandungan mangan (Mn) dengan rata-rata yaitu 20,32 dengan batas maksimum standar baku mutu 4 mg/L. Hasil penelitian melaporkan bahwa sampel limbah cair batubara yang digunakan dalam penelitian memiliki kandungan TSS yang sangat tinggi, pH yang rendah dan kandungan logam berat berupa besi dan mangan yang tinggi melebihi batas standar baku lingkungan.

3.2 Analisis Penyisihan *Total Suspended Solid* (TSS)

Analisis terhadap parameter TSS bertujuan untuk mendapatkan nilai konsentrasi total padatan yang tidak terlarut dalam sampel limbah cair batubara. Dilakukan proses elektrokoagulasi terhadap 1000 mL sampel limbah cair batubara dengan 30, 45, 60, 75 dan 90 menit variasi waktu perlakuan. Elektroda yang digunakan terdiri dari dua plat Aluminium. Analisa TSS dilakukan dengan metode

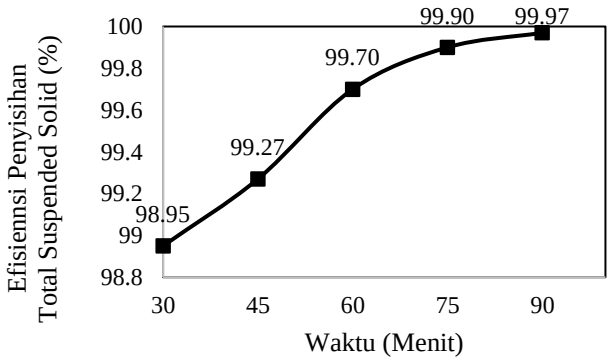
spektrofotometri. Analisa hasil penyisihan TSS setelah metode elektrokoagulasi dengan variasi waktu kontak 30, 45, 60, 75 dan 90 menit terhadap limbah cair batubara disajikan pada **Tabel 3.2**.

Tabel 3.2 Penyisihan Kadar TSS

Variasi Waktu (Menit)	Pengulangan (mg/L)			Rata-rata (mg/L)	Baku Mutu (mg/L)
	1	2	3		
0 (awal)	4356	3942	4617	4305	200
30	36	35	64	45,00	
45	33	26	35	31,33	
60	13	12	14	13,00	
75	4	3	6	4,33	
90	1	0	3	1,33	

(Sumber Baku Mutu: PERGUB KALSEL No. 36 Tahun 2008)

Berdasarkan **Tabel 3.2** bahwa hasil proses elektrokoagulasi dengan menggunakan elektroda Alumunium menunjukan terjadinya penurunan terhadap kandungan TSS pada sampel limbah cair batubara. Konsentrasi TSS pada sampel limbah cair batubara sebelum dilakukan proses elektrokoagulasi rata-rata sebesar 4305 mg/L dengan batas standar maksimal 200 mg/L. Pada hasil perlakuan proses elektrokoagulasi didapatkan bahwa TSS mengalami penurunan rata-rata sebesar 45 mg/L pada waktu 30 menit. Penurunan konsentrasi TSS pada waktu 45 menit rata-rata menjadi sebesar 31,33 mg/L. Pada waktu perlakuan 60 menit terjadi penyisihan kandungan TSS rata-rata sebesar 13 mg/L, pada waktu proses 75 menit menjadi sebesar 4,33 mg/L dan pada waktu 90 menit menjadi sebesar 1,33 mg/L. Berdasarkan hasil proses elektrokoagulasi tersebut, terdapat penurunan kadar TSS yang besar hingga mencapai 4303,67 mg/L dan dapat diketahui bahwa pada setiap variasi waktu kontak mampu menyisihkan konsentrasi TSS hingga memenuhi standar baku dalam PERGUB KALSEL No. 36 Tahun 2008. Adapun pengaruh variasi waktu kontak pada metode elektrokoagulasi terhadap penyisihan kadar TSS disajikan pada **Gambar 3.1**.



Gambar 3. 1 Pengaruh Waktu Kontak pada Proses Elektrokoagulasi Terhadap Parameter TSS.

Berdasarkan **Gambar 3.1** bahwa efisiensi penyisihan TSS pada proses elektrokoagulasi mengalami peningkatan, dengan lamanya waktu perlakuan metode elektrokoagulasi maka meningkat pula reaksi penyisihan yang dihasilkan. Pada metode elektrokoagulasi akan terjadi reaksi pelepasan ion Al^{3+} pada anoda dan ion OH^- pada katoda. Ion Al^{3+} akan bereaksi membentuk ikatan dengan ion OH^- membentuk $Al(OH)_3$ yang berperan menjadi agen koagulan. Koagulan akan berikatan dengan partikel koloid sehingga terjadi proses destabilisasi muatan membentuk flok (Masrullita dkk, 2021). Peningkatan lama proses perlakuan elektrokoagulasi, mempengaruhi peningkatan zat koloid yang

saling berikatan akibat terjadinya perbedaan muatan atau destabilisasi kolid sehingga terbentuk flok. Flok tersebut akan membesar seiring dengan berjalannya waktu kontak proses, maka semakin menurun pula konsentrasi TSS pada larutan (Setianingrum dkk, 2016).

3.3 Analisis Kenaikan Nilai pH

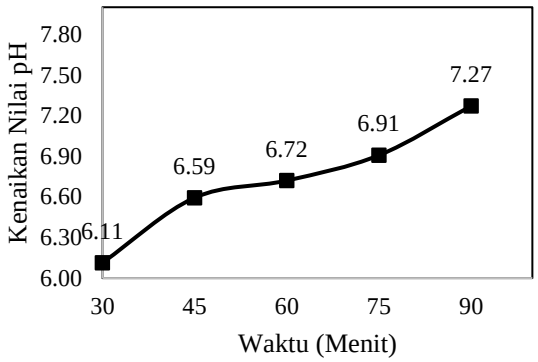
Analisis terhadap perameter pH dilakukan untuk mengetahui konsentrasi keasaman atau keadaan pH pada suatu larutan yaitu dalam hal ini sampel limbah cair batubara. Pada 1000 mL sampel limbah cair batubara akan dilakukan proses elektrokoagulasi dengan lama waktu proses 30, 45, 60, 75 dan 90 menit. Elektroda yang digunakan terdiri dari dua plat Aluminium. Analisa terhadap parameter pH dilakukan dengan menggunakan pH meter. Analisa hasil kenaikan nilai pH setelah metode elektrokoagulasi dengan variasi waktu proses 30, 45, 60, 75 dan 90 menit terhadap limbah cair batubara disajikan pada **Tabel 3.3**.

Tabel 3.3 Kenaikan Nilai pH

Variasi Waktu (Menit)	Pengulangan			Rata-rata	Baku Mutu
	1	2	3		
0 (awal)	5,47	5,33	5,30	5,37	6 - 9
30	6,09	6,11	6,14	6,11	
45	6,50	6,61	6,67	6,59	
60	6,70	6,71	6,75	6,72	
75	6,82	6,92	6,98	6,91	
90	7,04	7,26	7,51	7,27	

(Sumber Baku Mutu: PERGUB KALSEL No. 36 Tahun 2008)

Berdasarkan **Tabel 3.3** bahwa hasil proses elektrokoagulasi dengan menggunakan elektroda Alumunium menunjukan terjadinya kenaikan nilai pH pada sampel limbah cair batubara. Konsentrasi pH pada sampel limbah cair batubara sebelum dilakukan proses elektrokoagulasi rata-rata sebesar 5,37 dengan batas maksimum standar baku yaitu pada rentang 6-9. Pada hasil setelah percobaan elektrokoagulasi, terjadi kenaikan nilai pH pada waktu perlakuan 30 menit dengan rata-rata sebesar 6,11; pada penerapan waktu kontak 45 menit rata-rata sebesar 6,56; rata-rata sebesar 6,72 pada waktu kontak perlakuan 60 menit; pada lama proses 75 menit rata-rata sebesar 6,91; dan pada variasi waktu kontak 90 menit rata-rata sebesar 7,27. Berdasarkan hasil proses elektrokoagulasi tersebut, terjadi peningkatan nilai pH yang besar dan dapat diketahui bahwa pada setiap variasi waktu kontak mampu meningkatkan nilai pH hingga memenuhi standar baku PERGUB KALSEL No.36 Tahun 2008. Adapun pengaruh variasi waktu kontak pada metode elektrokoagulasi terhadap kenaikan nilai pH disajikan pada **Gambar 3.2**.



Gambar 3.2 Pengaruh Waktu Kontak pada Proses Elektrokoagulasi Terhadap Parameter pH.

Berdasarkan **Gambar 3.2** konsentrasi nilai pH pada metode elektrokoagulasi sampel limbah cair batubara meningkat dan mendekati netral seiring dengan bertambahnya waktu perlakuan proses elektrokoagulasi. Peningkatan pH selama elektrokoagulasi disebabkan oleh reaksi pelepasan ion hidroksida (OH^-) pada katoda. Semakin lama elektrokoagulasi berlangsung, semakin banyak ion OH^- yang terbentuk. Peningkatan produksi ion hidroksida (OH^-) yang terbentuk akibat proses katodik menyebabkan meningkatnya pula nilai pH pada larutan. Peningkatan pH pada metode elektrokoagulasi juga dapat disebabkan oleh penurunan konsentrasi zat organik dalam larutan (Hadi, 2020).

3.4 Analisis Penyisihan Besi (Fe)

Analisis terhadap parameter besi (Fe) dilakukan untuk mengetahui kandungan logam besi (Fe) dalam sampel limbah cair batubara. Metode elektrokoagulasi dengan memvariasikan waktu kontak terhadap 1000 mL sampel limbah cair batubara yaitu 30 menit, 45 menit, 60 menit, 75 menit dan 90 menit. Elektroda terdiri dari dua plat Aluminium berfungsi sebagai anode dan katode. Analisa kandungan besi dilakukan dengan metode spektrofotometri. Analisa hasil penyisihan konsentrasi besi setelah metode elektrokoagulasi dengan variasi lama perlakuan 30, 45, 60, 75 dan 90 menit terhadap limbah cair batubara disajikan pada **Tabel 3.4**.

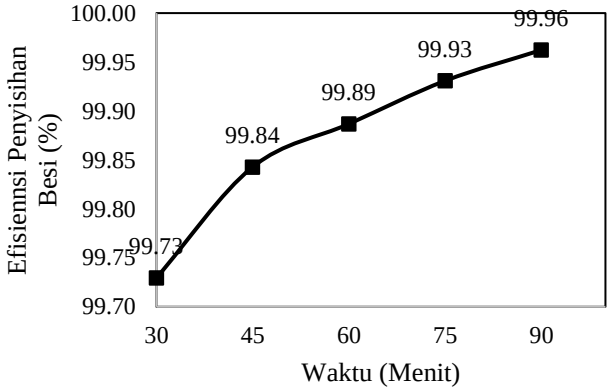
Tabel 3.4 Penyisihan Besi (Fe)

Variasi Waktu (Menit)	Pengulangan (mg/L)			Rata-rata (mg/L)	Baku Mutu (mg/L)
	1	2	3		
0 (awal)	54	53	52	53	7
30	0,16	0,15	0,12	0,14	
45	0,10	0,08	0,07	0,08	
60	0,08	0,04	0,06	0,06	
75	0,05	0,04	0,02	0,04	
90	0,03	0,02	0,01	0,02	

(Sumber Baku Mutu: PERGUB KALSEL No. 36 Tahun 2008)

Berdasarkan **Tabel 3.4** bahwa hasil proses elektrokoagulasi dengan menggunakan elektroda Alumunium menunjukan terjadinya penurunan terhadap kandungan logam besi pada sampel limbah cair batubara. Rata-rata konsentrasi logam besi dalam sampel limbah cair batubara sebelum perlakuan metode elektrokoagulasi adalah 53 mg/L dengan batas maksimal standar baku yaitu 7 mg/L. Hasil

setelah proses elektrokoagulasi menunjukan penurunan konsentrasi besi 0,14 mg/L pada variasi waktu 30 menit. Pada variasi waktu perlakuan 45 menit rata-rata menjadi 0,08 mg/L, pada variasi waktu 60 menit rata-rata menjadi 0,06 mg/L, pada variasi waktu proses 75 menit rata-rata menjadi 0,04 mg/L, dan pada variasi waktu perlakuan 90 menit rata-rata menjadi 0,02 mg/L. Berdasarkan hasil proses elektrokoagulasi, kandungan besi mengalami penurunan konsentrasi yang besar hingga mencapai 52,98 mg/L dan dapat diketahui bahwa pada setiap variasi waktu kontak mampu menyisihkan kandungan besi hingga memenuhi standar baku PERGUB KALSEL No.36 Tahun 2008. Adapun pengaruh variasi waktu kontak pada metode elektrokoagulasi terhadap penyisihan kadar besi (Fe) disajikan pada **Gambar 3.3**.



Gambar 3.3 Pengaruh Waktu Kontak pada Proses Elektrokoagulasi Terhadap Parameter Besi (Fe).

Berdasarkan **Gambar 3.3** efisiensi penyisihan kadar besi dalam metode elektrokoagulasi mengalami peningkatan. Peningkatan lama waktu perlakuan metode elektrokoagulasi menyebabkan semakin besar reaksi penyisihan yang dihasilkan. Penyisihan kandungan logam besi terlarut pada sampel limbah cair batubara akan meningkat seiring dengan produksi $Al(OH)_3$ yang dihasilkan. Penurunan konsentrasi besi terjadi apabila peningkatan jumlah ion Al^{3+} yang diproduksi pada anoda bertambah sejalan dengan waktu percobaan dan membentuk flok. Flok tersebut kemudian akan mengikat logam yang terkandung dalam limbah dengan proses *sweep coagulation* (Masrullita dkk, 2021).

3.5 Analisis Penyisihan Mangan (Mn)

Analisis terhadap parameter mangan (Mn) dilakukan untuk mengetahui kandungan logam mangan (Mn) dalam sampel limbah cair batubara. Metode elektrokoagulasi dengan variasi waktu perlakuan 30, 45, 60, 75 dan 90 menit dilakukan terhadap 1000 mL sampel limbah cair batubara. Elektroda yang digunakan berupa dua plat Aluminium. Analisa kandungan mangan dilakukan dengan metode spektrofotometri. Analisa hasil penyisihan konsentrasi mangan setelah metode elektrokoagulasi dengan variasi lama waktu proses 30, 45, 60, 75 dan 90 menit terhadap limbah cair batubara disajikan dalam **Tabel 3.5**.

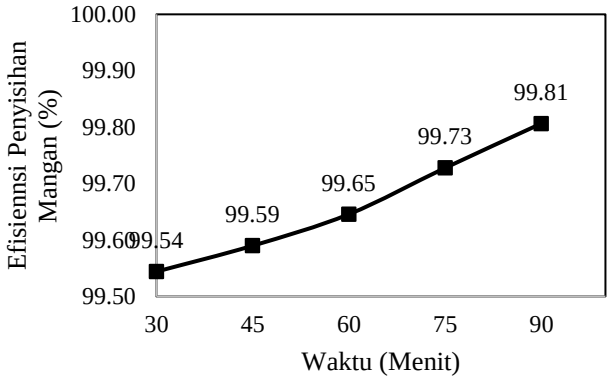
Tabel 3.5 Penyisihan Mangan (Mn)

Variasi Waktu (Menit)	**Pengulangan (mg/L)**			**Rata-rata (mg/L)**	**Baku Mutu (mg/L)**
	1	**2**	**3**		
0 (awal)	20,32	19,30	21,34	20,32	4

30	0,091	0,093	0,094	0,093
45	0,078	0,087	0,085	0,083
60	0,066	0,077	0,073	0,072
75	0,064	0,055	0,047	0,055
90	0,032	0,040	0,046	0,039

(Sumber Baku Mutu: PERGUB KALSEL No. 36 Tahun)

Berdasarkan **Tabel 3.5** bahwa hasil proses elektrokoagulasi dengan menggunakan elektroda Alumunium menunjukan terjadinya penurunan terhadap kandungan logam mangan pada sampel air limbah batubara. Konsentrasi logam mangan pada sampel limbah cair batubara sebelum penerapan metode elektrokoagulasi dengan nilai 20,32 mg/L dengan maksimal baku mutu yaitu 4 mg/L. Pada hasil setelah elektrokoagulasi, terjadi penurunan kandungan besi pada waktu perlakuan 30 menit sebesar 0,093 mg/L, pada waktu perlakuan 45 menit terjadi penurunan kandungan menjadi rata-rata 0,083 mg/L, pada waktu proses 60 menit penurunan mangan menjadi sebesar 0,072 mg/L, pada waktu perlakuan 75 menit rata-rata menjadi 0,055 mg/L, dan pada variasi waktu perlakuan 90 menit rata-rata menjadi sebesar 0,039 mg/L. Berdasarkan hasil proses elektrokoagulasi tersebut, terdapat penurunan kadar mangan yang besar hingga mencapai 20,28 mg/L dan dapat diketahui bahwa pada setiap variasi waktu kontak terjadi penyisihan kandungan mangan hingga memenuhi standar baku mutu PERGUB KALSEL No.36 Tahun 2008. Adapun pengaruh variasi waktu kontak pada metode elektrokoagulasi terhadap penyisihan kadar mangan (Mn) disajikan pada **Gambar 3.4**.



Gambar 3.4 Pengaruh Waktu Kontak pada Proses Elektrokoagulasi Terhadap Parameter Mangan (Mn).

Berdasarkan **Gambar 3.4** efisiensi penyisihan konsentrasi mangan pada metode elektrokoagulasi mengalami peningkatan, peningkatan waktu kontak metode elektrokoagulasi menyebabkan semakin besar reaksi penyisihan kontaminan yang dihasilkan. Penyisihan kandungan logam mangan terlarut pada sampel limbah cair batubara akan mengalami peningkatan dengan seiring banyaknya senyawa $Al(OH)_3$ yang terbentuk. Penyisihan konsentrasi mangan terjadi ketika peningkatan produksi ion Al^{3+} yang terbentuk pada anoda dan mengalami proses pembentukan flok. Flok tersebut kemudian akan mengikat logam-logam yang terkandung dalam limbah melalui proses *sweep coagulation* (Masrullita dkk, 2021).

4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini yaitu:

1. Limbah cair batubara melalui metode elektrokoagulasi pada setiap variasi waktu kontak telah sesuai dengan baku mutu lingkungan Peraturan Gubernur Kalimantan Selatan No.36 Tahun 2008 terhadap parameter TSS, pH, besi (Fe), dan mangan (Mn). Hasil penurunan nilai pada parameter TSS dari 4305 mg/L menjadi 1,33 mg/L, pada parameter pH dari 5,37 menjadi 7,27, pada parameter besi (Fe) dari 53 mg/L menjadi 0,02 mg/L dan pada parameter mangan (Mn) dari 20,32 mg/L menjadi 0,039 mg/L.
2. Variasi waktu kontak metode elektrokoagulasi 30, 45, 60, 75 dan 90 menit memilki pengaruh terhadap penurunan kandungan TSS, besi (Fe), mangan (Mn) dan menaikan nilai pH sehingga memenuhi standar baku mutu. Penurunan kontaminan terbesar terjadi pada waktu kontak 90 menit dengan nilai efisiensi mencapai 99,97%, namun pada waktu kontak 30 menit sudah terjadi penurunan polutan hingga memenuhi baku mutu dengan nilai efisiensi sebesar 99,54%.

DAFTAR PUSTAKA

Amri, I., Febri Awalsya, & Irdoni. (2020). Pengolahan limbah cair industri pelapisan logam dengan proses elektrokoagulasi secara kontinyu. *Chempublish Journal*, *5*(1), 15–26.

Fitriyanti, R. (2015). Kajian Instalasi Pengolahan Limbah Cair Stockpile Batubara. *Berkala Teknik*, *5*(2), 864–875.

Hadi, M. R. N. el. (2020). *Elektrokoagulasi Limbah Cair Tepung Mocaf (Modified Cassava Flour) dengan Panel Surya Sebagai Sumber Energi* [Skripsi]. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.

Masrullita, 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), 111–122.

Nurdandi, D., Sandi, Afriani, F., & Tiandho, Y. (2019). *Peningkatan Kualitas Air Pasca Tambang Timah dengan Teknik Elektrokoagulasi*.

Peraturan Gubernur Kalimantan Selatan. (2008). *Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri, Hotel, Restoran, Rumah Sakit, Domestik dan Pertambangan*.

Putra, N. M., Mukiat, & Handayani, R. H. E. (2017). Evaluasi Pengelolaan Limbah Cair Batubara Distockpile Pt Bukit Asam (Persero) Tbk Unit Dermaga Kertapati Evaluationof Liquid Coalwaste Management at Stockpile Pt Bukit Asam (Persero) Tbk Unit Dermaga Kertapati. *Jurnal Pertambangan*, *1*(3).

Ramadhani, S. (2021). Penggunaan Variasi Waktu Kontak Metode Elektrokoagulasi Sebagai Alternatif Pengolahan Air Bersih Sungai Amandit Hulu Sungai Selatan [Skripsi]. In *Penggunaan Variasi Waktu Kontak Metode Elektrokoagulasi Sebagai Alternatif Pengolahan Air Bersih Sungai Amandit Hulu Sungai Selatan*. Universitas Lambung Mangkurat.

Rusdianasari, Bow, Y., & Taqwa. (2013). *Pengolahan Limbah Cair Stockpile Batubara untuk Mengurangi Pencemar Lingkungan*.

Rusdianasari, R. (2017). Application of Electrocoagulation Process for Continuous Coal Stockpile Wastewater Treatment System. *Indonesian Journal of Fundamental and Applied Chemistry*, *2*(1), 10–15.

Setianingrum, N. P., Prasetya, A., & Sarto. (2016). Pengaruh Tegangan dan Jarak Anatar Elektroda Terhadap Pewarna Remazol Red RB dengan Metode Elektrokoagulasi. *Jurnal Inovasi Teknik Kimia*, *1*(2), 93–97.

Vaujiah, H. (2018). Perbandingan Efisiensi Penurunan Kesadahan Air Menggunakan Elektroda Aluminium (Al) dengan Konfigurasi Monopolar dan Bipolar pada Proses Elektrokoagulasi [Skripsi]. Universitas Sumatera Utara.