

ANALISIS METODE ELEKTROKOAGULASI PADA AIR ASAM TAMBANG DENGAN VARIASI TEGANGAN DAN JARAK ELEKTRODA

IBRAHIM^{1*}, FEBRINA ZULYA¹, GISKA LAKSMI AZIZAH¹

1. Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman

Email : ibrah.enviro21@gmsil.com

ABSTRAK

Air asam tambang (AAT) merupakan salah satu dampak negatif dari kegiatan pertambangan batubara yang menyebabkan kerusakan lingkungan. Keberadaan air asam tambang (AAT) di sekitar area tambang memerlukan pengolahan yang baik untuk mencegah terjadinya kerusakan pada lingkungan sekitar. Penelitian ini dilakukan untuk melihat kinerja penyisihan logam dalam air limbah dengan cara menganalisis salah satu metode pengolahan air limbah yaitu elektrokoagulasi, metode ini diaplikasikan pada pengolahan air asam tambang dengan perlakuan variasi jarak elektroda (0,5 cm, 1 cm, 2 cm) dan variasi tegangan listrik (12 Volt, 20 Volt, 24 Volt) menggunakan elektroda aluminium (Al) untuk melihat besarnya efisiensi penyisihan dari metode ini terhadap parameter Fe dan Mn. Hasil penelitian menunjukkan efisiensi penyisihan optimum parameter logam Fe untuk batch 1 dan 2 sebesar 97% pada jarak elektroda 1 cm dengan tegangan listrik 12 Volt, 20 Volt, dan 24 Volt. Parameter Mn menunjukkan efisiensi penyisihan optimum sebesar 99% pada batch 1 untuk jarak elektroda 1 cm dengan tegangan listrik 24 Volt dan Batch 2 diperoleh efisiensi penyisihan optimum sebesar 99% untuk jarak elektroda 0,5 cm dengan tegangan listrik 20 Volt. Hasil penelitian ini akan memberikan gambaran kinerja salah satu metode pengolahan air limbah sebagai bahan perbandingan dengan metode pengolahan air limbah yang lain.

Kata Kunci : elektrokoagulasi, efisiensi penyisihan, jarak elektroda, tegangan listrik

ABSTRACT

Acid mine drainage (AAT) is one of the negative impacts of coal mining activities that cause environmental damage. The presence of Acid Mine Drainage (AMD) surrounding the mine site requires proper treatment to avoid damaging the surrounding environment. This study was conducted to see the performance of metal removal in wastewater by analysing one of the wastewater treatment methods, namely electrocoagulation, this method was applied to the treatment of acid mine drainage with the treatment of variations in electrode distance (0.5 cm, 1 cm, 2 cm) and variations in electrical voltage (12 volts, 20 volts, 24 volts) using aluminium (Al) electrodes to see the magnitude of the removal efficiency of this method against Fe and Mn parameters. It was found that optimum removal efficiency of Fe metal parameters was 97 % at 1cm electrode spacing at 12V, 20V and 24V electrical voltages. The Mn parameter showed an optimum removal efficiency of 99% in Batch 1 for 1 cm electrode spacing at 24 volts and Batch 2 showed an optimum removal efficiency of 99% for 0.5 cm electrode spacing at 20 volts. The results are used to compare the performance of one wastewater treatment process with other wastewater treatment processes.

Keywords: electrocoagulation, removal efficiency, electrode distance, electric voltage.

1. PENDAHULUAN

Energi berbahan fosil masih menjadi sumber utama dalam memenuhi kebutuhan energi manusia baik itu dalam skala yang kecil (perorangan) sampai ke skala yang besar (Industri). Salah satu sumber energi berbahan fosil yang paling melimpah di dunia adalah Batu Bara. Kebutuhan batubara untuk pembangkit listrik semakin meningkat dan berkaitan erat dengan peningkatan aktivitas pertambangan batubara di Indonesia. Secara umum, salah satu tahapan dalam aktivitas penambangan adalah pengupasan tanah penutup (Ashari, 2016). Salah satu aktivitas eksploitasi yaitu pengupasan tanah penutup yang mengandung material mineral sulfida. Eksploitasi batubara dengan cara penambangan tentu akan menghasilkan limbah air tambang yang berasal dari kegiatan pengolahan atau pencucian batubara bahkan potensi keasaman batuan sehingga menimbulkan permasalahan kepada kualitas air dan juga tanah, jika terpapar oleh udara dan air hujan akan memicu pembentukan limbah air asam tambang (AAT/*Acid Mine Drainage/ AMD*) (Hidayat, 2017). Kehadiran Air Asam tambang (AAT) merupakan permasalahan lingkungan yang timbul pascatambang batu bara karena karakteristik air asam tambang yang asam akan meningkatkan kelarutan logam berat di lingkungan sekitar penambangan (Hidayah, 2020), selain itu air hujan yang tertampung dalam kolam bekas penambangan selalu mengandung zat padat tersuspensi dengan kadar yang tinggi (Said, 2014). Dampak yang ditimbulkan oleh Air Asam Tambang (AAT) dapat diminimalisir melalui pengolahan yang tepat sehingga dibutuhkan suatu metode pengolahan air limbah dengan tingkat penyisihan pencemar yang maksimal pada Air Asam Tambang (AAT)

Beberapa metode pengolahan air limbah dapat digunakan untuk mengolah air asam tambang untuk mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan dengan berbagai kelebihan dan kekurangan masing-masing. Beberapa metode yang telah digunakan ini dianggap masih mahal, kurang praktis, sistem pengoperasian yang tidak sederhana, membutuhkan konsumsi energi yang besar, dan membutuhkan *space* yang besar (Ibrahim dkk., 2023). Salah satu metode untuk menjawab permasalahan diatas adalah metode Elektrokoagulasi yang digunakan untuk pengolahan Air Asam Tambang. Beberapa kelebihan yang ditawarkan oleh metode ini diantaranya adalah Metode Elektrokoagulasi membutuhkan biaya yang lebih rendah dibandingkan dengan penggunaan Ultrafiltrasi (UF) dan *Reverse Osmosis* (RO) untuk menghilangkan logam berat, polutan mikro, dan patogen kemudian Teknologi Elektrokoagulasi dapat digunakan pada proses biologis atau proses fisika-kimia untuk menyisahkan bahan organik dari *Landfill Leachate* (Oliveira M.T dkk.,2021).

Elektrokoagulasi dikenal juga sebagai elektrolisis gelombang pendek yang merupakan suatu proses yang melewatkan arus listrik kedalam air, pada proses ini dapat digunakan menjadi sebuah uji nyata dengan proses yang sangat efektif untuk pemindahan bahan pengkontaminasi di dalam air. Proses ini dapat mengurangi lebih dari 99% kation logam berat (Setiawan, 2016). Jika mengacu pada baku mutu air limbah kegiatan penambangan Batu Bara pada PERMEN LHK No.5 tahun 2022 terdapat dua parameter logam yang baku mutunya diatur dalam regulasi ini yaitu Besi (Fe) dan Mangan (Mn). Logam Fe dan Mn adalah logam-logam yang umum ditemukan pada lokasi pertambangan (Kiswanto, 2020). Dari fakta ini maka penelitian dilakukan untuk menganalisis metode Elektrokoagulasi untuk pengolahan Air Asam Tambang Dimana logam Fe dan Mn merupakan target penyisihan dengan melihat pengaruh variasi tegangan dan jarak elektroda pada metode elektrokoagulasi terhadap kadar Besi (Fe) dan Mangan (Mn) setelah pengolahan. Hasil penelitian ini memberikan gambaran besarnya penyisihan optimum dua logam ini menggunakan metode Elektrokoagulasi sehingga dapat menilai kelayakan metode ini untuk mengolah Air Asam Tambang (AAT).

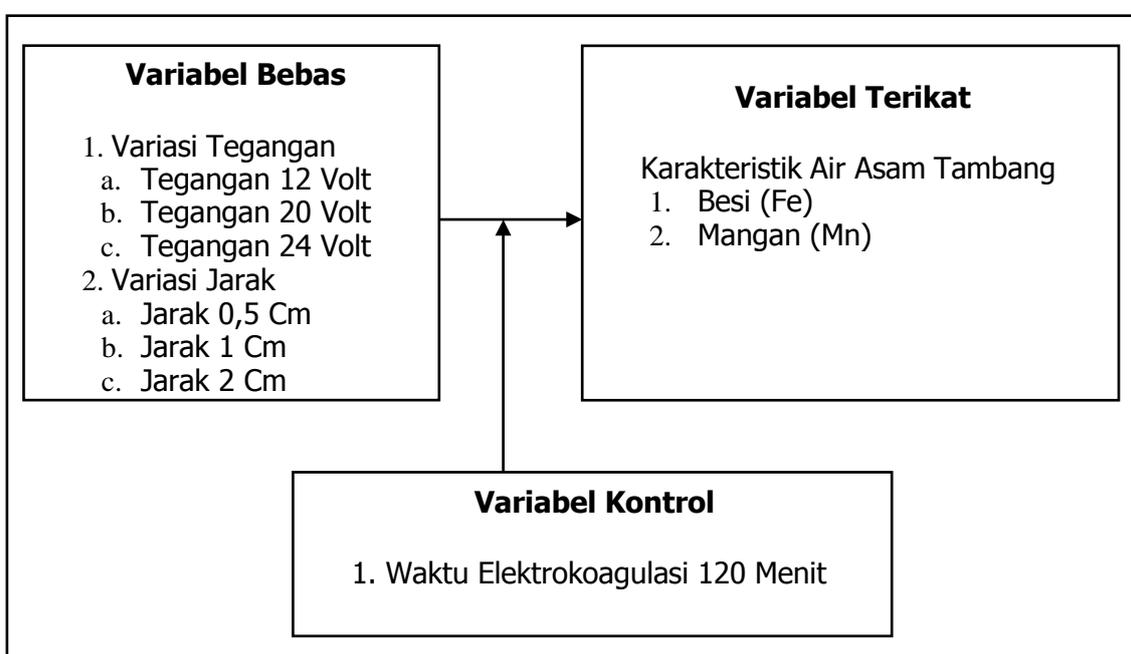
2. METODE

2.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Waktu penelitian dimulai dari Februari 2023 sampai Juli 2023 terhitung dari kegiatan pengambilan sampel penelitian, pengujian dan pengolahan data sampai dengan penyusunan laporan akhir. Untuk Pengujian sampel dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Mulawarman.

2.2 Variabel Penelitian

Dalam penelitian ini Variabel bebas yang digunakan adalah Variasi tegangan listrik (12 Volt, 20 Volt, dan 24 Volt) dan variasi jarak elektroda (0,5 cm, 1 cm, dan 2 cm), sementara Variabel terikat adalah kadar Fe (Besi), Mn (Mangan), dan yang terakhir variabel kontrol yaitu waktu elektrokoagulasi selama 120 menit. Hubungan antar variabel penelitian ini dirangkum pada gambar 1.

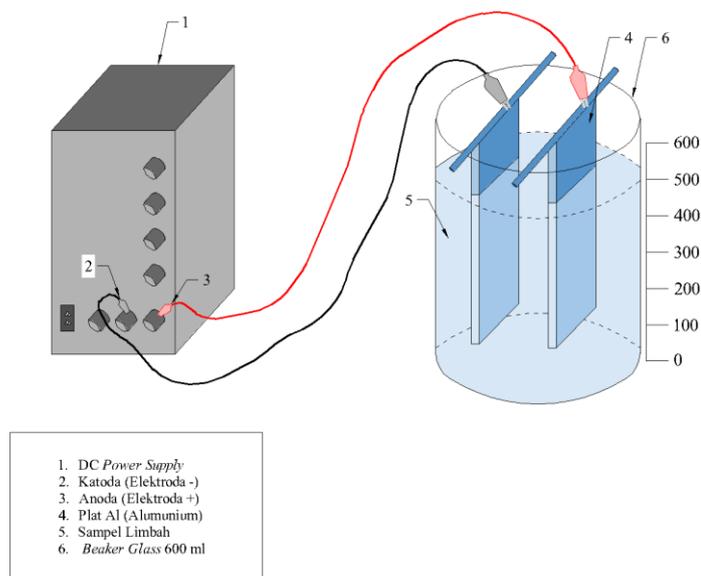


Gambar 1. Hubungan Antar Variabel Penelitian

2.3 Perlakuan Penelitian

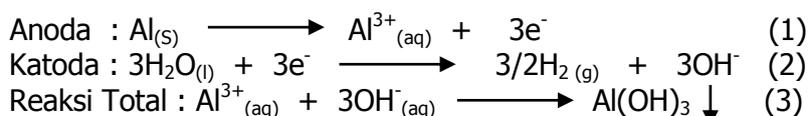
Beberapa Alat dan bahan digunakan untuk menunjang Pelaksanaan penelitian ini, Untuk peralatan beberapa diantaranya adalah *DC Power Supply*, *Atomic Absorption Spectroscopy (AAS)*, *Beaker Glass* 600 ml, Gelas ukur 500 ml *Stopwatch*, pH meter, Jerigen 20 L sedangkan bahan yang digunakan antara lain Air Asam Tambang, Plat *Aluminium (Al)* 10 x 2,5 cm, Akuades, Kertas Saring *Whatman* No. 41.

Tahap awal perlakuan penelitian ini dimulai dengan mengukur kandungan logam Fe dan Mn dalam Air Asam Tambang menggunakan *Atomic Absorption Spectroscopy (AAS)* untuk mengetahui kadar awal kedua logam tersebut sebelum Air Asam tambang in diolah dengan metode Elektrokoagulasi. Langkah berikutnya adalah membuat rangkaian alat elektrokoagulasi yang dapat dilihat pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Rangkaian Alat Elektrokoagulasi Untuk Pengolahan Air Asam Tambang

Proses elektrokoagulasi ini berjalan menggunakan prinsip reaksi elektrokimia tanpa penggunaan bahan-bahan kimia (Liu Y dkk, 2021), sehingga metode termasuk ramah lingkungan dalam penggunaannya. Selama proses elektrokoagulasi berlangsung pada plat anoda terjadi pelepasan Al^{3+} (Rusdianasari, 2016), reaksi ini merupakan reaksi oksidasi. Sementara secara bersamaan pada plat katoda diproduksi ion Hidroksil (OH^-) dan gas hidrogen (Prasetyaningrum A dkk., 2021), reaksi yang terjadi pada plat katoda adalah reaksi reduksi dimana air tereduksi menjadi ion Hidroksil (OH^-) dan gas Hidrogen akibat nilai potensial reduksi (E°_{sel}) air lebih besar dari nilai potensial reduksi (E°_{sel}) Al dalam hal ini E°_{sel} Air = 0,00 Volt dan E°_{sel} Al = -1,66 Volt sehingga pada katoda yang mengalami reaksi reduksi bukan plat Al melainkan air. Dari proses ini dihasilkan koagulan secara *in situ* yaitu $Al(OH)_3(s)$ yang digambarkan secara keseluruhan dari reaksi di bawah ini (Pulka dkk, 2014) :



Tabel 1. Perlakuan Sampel Air Asam Tambang Pada Proses Elektrokoagulasi

No	Waktu	Tegangan Listrik (Volt)	Jarak Cm)	Reaktor
1.	120 menit	2	0,5	A
2.			1	B
3.			2	C
4.			0,5	D
5.			1	E
6.			2	F
7.			0,5	G
8.			1	H
9.			2	I

Setelah rangkaian alat elektrokoagulasi siap maka dilanjutkan dengan mengambil sampel air asam tambang yang telah diukur kadar logamnya dalam hal ini Fe dan Mn sebanyak 500 ml

dimasukkan dalam reaktor elektrokoagulasi, Selanjutnya Sampel air Asam Tambang siap diolah dengan perlakuan yang mengacu pada variasi tegangan listrik dan jarak elektroda. Semua perlakuan yang diberikan kepada sampel dirangkum dalam tabel 1.

Semua variasi perlakuan berlangsung selama 120 menit baik Tegangan listrik maupun variasi jarak elektroda dan dilakukan dengan dua *batch*. Sampel Air Asam Tambang yang selesai diolah dengan metode elektrokoagulasi diukur lagi kadar logam Fe Dan Mn menggunakan *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS) untuk melihat seberapa besar efisiensi penyisihan metode elektrokoagulasi terhadap logam Fe dan Mn. Besarnya efisiensi penyisihan metode elektrokoagulasi pada logam Fe dan Mn dapat dihitung dengan persamaan di bawah ini (El-Ashtoukhy dkk., 2020) :

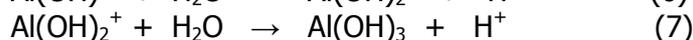
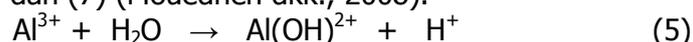
$$\text{Efisiensi Penyisihan Fe dan Mn (\%)} = \frac{C_0 - C_t}{C_t} \times 100 \quad (4)$$

dimana C_0 adalah Konsentrasi logam Fe dan Mn sebelum pengolahan, C_t adalah konsentrasi logam Fe dan Mn setelah pengolahan.

3.HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Produk Utama Elektroda Alumunium Untuk Pembentukan Koagulan Al(OH)_3 Dalam Larutan Sampel

Pemilihan bahan Alumunium (Al) sebagai elektroda pada Metode ini tidak terlepas dari target metode ini untuk meghasilkan koagulan Al(OH)_3 dalam larutan. Al(OH)_3 merupakan koagulan yang berperan penting dalam penyisihan polutan dalam larutan sampel (Garcia-Segura dkk., 2017). Proses pembentukan Koagulan Al (OH)₃ dalam larutan diawali dengan terbentuknya spesies-spesies monomer $\text{Al}_2(\text{OH})_2^{4+}$, $\text{Al}_6(\text{OH})_{15}^{3+}$, $\text{Al}_7(\text{OH})_{17}^{4+}$, $\text{Al}_8(\text{OH})_{20}^{4+}$, $\text{Al}_{13}\text{O}_4(\text{OH})_{24}^{7+}$ dan $\text{Al}_{13}(\text{OH})_{34}^{5+}$. Spesies-spesies monomerik ini kemudian mengalami mekanisme pengendapan membentuk produk akhir dalam bentuk $\text{Al(OH)}_{3(s)}$ yang secara keseluruhan dirangkum dalam persamaan (3). Dari uraian ini dapat dijelaskan bahwa setelah ion Al^{3+} dihasilkan dari reaksi oksidasi pada anoda dimana ion Al^{3+} yang larut secara spontan akan mengalami reaksi hidrolisis menghasilkan berbagai spesies-spesies monomer yang telah disebutkan di atas. Spesies-spesies monomer ini kemudian bereaksi dengan ion OH^- yang dihasilkan dari katoda . Reaksi Hidrolisis spontan ion Al^{3+} dapat dilihat pada persamaan (5), (6), dan (7) (Mouedhen dkk., 2008).



3.2 Pengaruh Keasaman Air Asam Tambang (AAT) Pada Proses Elektrokoagulasi

Karakteristik Air asam tambang (AAT) yang mempunyai pH rendah memberikan pengaruh penting pada proses elektrokoagulasi. Hasil pengukuran pH pada Air Asam Tambang yang diolah pada penelitian ini sebesar 5,35, ini menunjukkan bahwa sampel yang diolah berada dalam suasana asam. Kondisi sampel yang asam akan mempercepat terbentuknya koagulan (Al(OH)_3) dimana pada pH 3 sampai 5 anoda menghasilkan Spesies Al^{3+} melalui mekanisme reaksi oksidasi (persamaan 1) dan katoda menghasilkan spesies OH^- melalui mekanisme reaksi reduksi air (persamaan 2) (song dkk., 2016). Kondisi ini akan memudahkan proses elektrokoagulasi dalam menyisihkan logam Fe dan Mn dalam air asam tambang (AAT). Terbentuknya koagulan Al(OH)_3 dalam larutan sampel memberikan dampak pH larutan cenderung naik, hal ini dapat dilihat pada tabel 2 dimana pH larutan yang terukur setelah proses elektrokoagulasi selesai menjadi basa dan netral.

Tabel 2. pH Larutan Sampel Air Asam Tambang (AAT) Setelah Proses Elektrokoagulasi

No	Waktu	Tegangan (V)	Jarak (cm)	Batch	pH _{awal}	pH _{akhir}
1.	120 menit	12	0,5	1	5,35	7,65
2.				2	5,35	7,82
3.			1	1	5,35	6,92
4.				2	5,35	7,05
5.			2	1	5,35	6,15
6.				2	5,35	6,23
7.		20	0,5	1	5,35	8,07
8.				2	5,35	8,18
9.			1	1	5,35	7,38
10.				2	5,35	7,18
11.			2	1	5,35	6,54
12.				2	5,35	6,77
13.	24	0,5	1	5,35	8,43	
14.			2	5,35	8,38	
15.		1	1	5,35	8,30	
16.			2	5,35	8,34	
17.		2	1	5,35	7,69	
18.			2	5,35	7,40	

3.3 Pengaruh Jarak elektroda Terhadap Penyisihan Logam Fe dan Mn

Hasil uji kadar besi (Fe) dalam air asam tambang (AAT) setelah dilakukan pengolahan menggunakan metode elektrokoagulasi dapat dilihat pada Tabel 3, dimana kadar awal logam Fe sebelum pengolahan sebesar 1,10 mg/L :

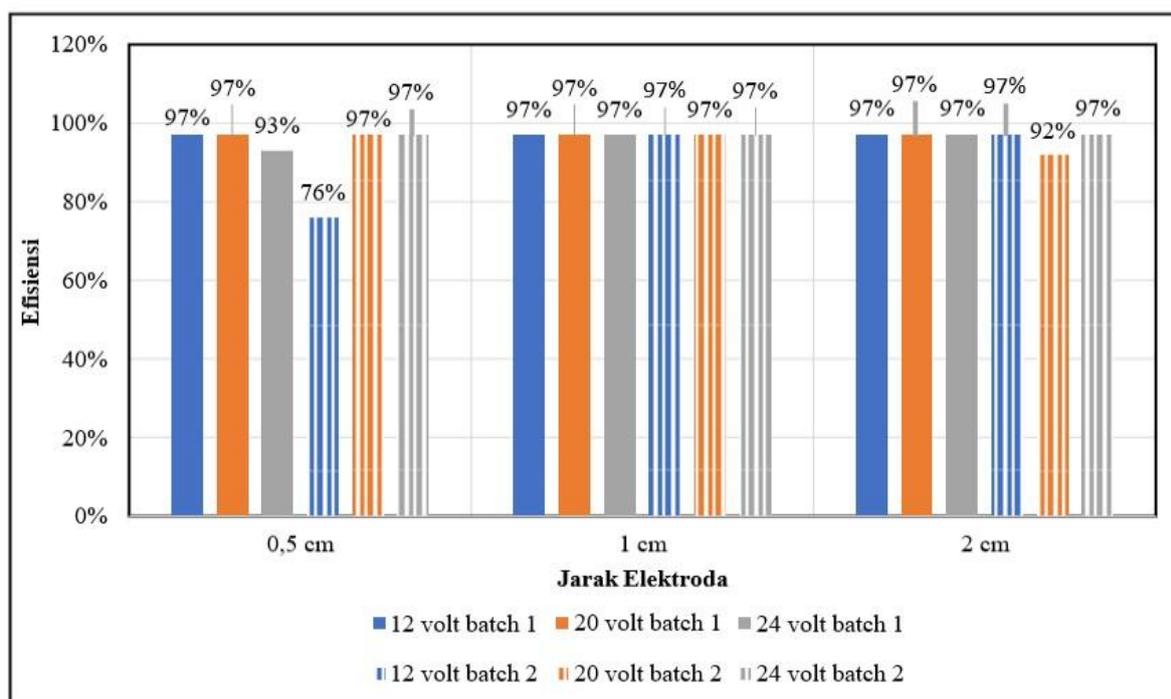
Tabel 3. Konsentrasi Logam Besi (Fe) dalam Air Asam Tambang Setelah Pengolahan Secara Elektrokoagulasi

No	Waktu	Tegangan (V)	Jarak (Cm)	Batch	C ₀ Fe (mg/L)	C _t Fe (mg/L)	Efisiensi (%)
1.	120 menit	12	0	1	1,10	<0,034	97%
2.				2	1,10	0,260	76%
3.			1	1	1,10	<0,034	97%
4.				2	1,10	<0,034	97%
5.			2	1	1,10	<0,034	97%
6.				2	1,10	<0,034	97%
7.		20	0	1	1,10	<0,034	97%
8.				2	1,10	<0,034	97%
9.			1	1	1,10	<0,034	97%
10.				2	1,10	<0,034	97%
11.			2	1	1,10	<0,034	97%
12.				2	1,10	0,084	92%
13.		24	0	1	1,10	0,076	93%
14.				2	1,10	<0,034	97%

Analisis Metode Elektrokoagulasi Pada Air Asam Tambang Dengan Variasi Tegangan Dan Jarak Elektroda

No	Waktu	Tegangan (V)	Jarak (Cm)	Batch	C ₀ Fe (mg/L)	C _t Fe (mg/L)	Efisiensi (%)
15.		4		1	1,10	<0,034	97%
16.			1	2	1,10	<0,034	97%
17.				1	1,10	<0,034	97%
18.			2	2	1,10	<0,034	97%

Besarnya efisiensi penyisihan logam Fe menggunakan metode elektrokoagulasi pada air asam tambang (AAT) dapat dilihat pada gambar 3 :



Gambar 3. Efisiensi Penyisihan Logam Fe dalam Air Asam Tambang (AAT) Setelah Pengolahan Secara Elektrokoagulasi

Secara keseluruhan efisiensi penyisihan logam Fe dalam Air Asam Tambang (AAT) setelah pengolahan menunjukkan nilai tertinggi sebesar 97 % pada semua variasi tegangan dan variasi jarak elektroda dan yang paling rendah sebesar 76 % pada *batch 2* dengan variasi tegangan 12 volt dan jarak elektroda 0,5 cm. Kinerja metode elektrokoagulasi dengan semua variasi jarak (05 cm, 1 cm, 2 cm) dan semua variasi tegangan listrik (12 Volt, 20 Volt, 24 Volt) yang diberikan menunjukkan hasil yang sangat baik dengan efisiensi penyisihan rata-rata di atas 90 %, . Dengan demikian dapat dikatakan bahwa untuk Air asam Tambang (AAT) penyisihan logam Fe menggunakan metode elektrokoagulasi dengan waktu pengolahan 120 menit masih memungkinkan untuk memberikan jarak elektroda di atas 2 cm untuk mendapatkan efisiensi penyisihan di atas 90 %. Pada proses elektrokoagulasi Jarak elektroda memberikan pengaruh pada kecepatan transfer elektron antara katoda dan anoda ketika terjadi reaksi oksidasi-reduksi. Jarak elektroda yang jauh berakibat pada hambatan arus yang besar sehingga konduktivitas menjadi lemah dan ini berdampak pada interaksi molekul-molekul menjadi lemah (Saputra E dkk., 2016). Dengan jarak elektroda yang dekat juga meningkatkan jumlah gelembung gas Hidrogen pada katoda (Ezechi E. H dkk., 2020). Pada

Batch 2 dengan jarak elektroda 0,5 cm dan tegangan listrik yang diberikan sebesar 12 Volt didapatkan Efisiensi penyisihan logam Fe paling kecil yaitu sebesar 76 %, jarak elektroda ini paling dekat dibandingkan dengan jarak elektroda yang lain namun memberikan efisiensi penyisihan yang paling kecil. Hal ini dapat dijelaskan dengan melihat dampak lain yang ditimbulkan jika jarak elektroda terlalu dekat yaitu koagulan yang dihasilkan lebih banyak yang dapat menyebabkan hubungan singkat antar elektroda (Naje A.S dkk.,2016), dimana Jumlah koagulan yang banyak ini akan menutupi ruang antar elektroda jika jarak elektroda terlalu dekat.

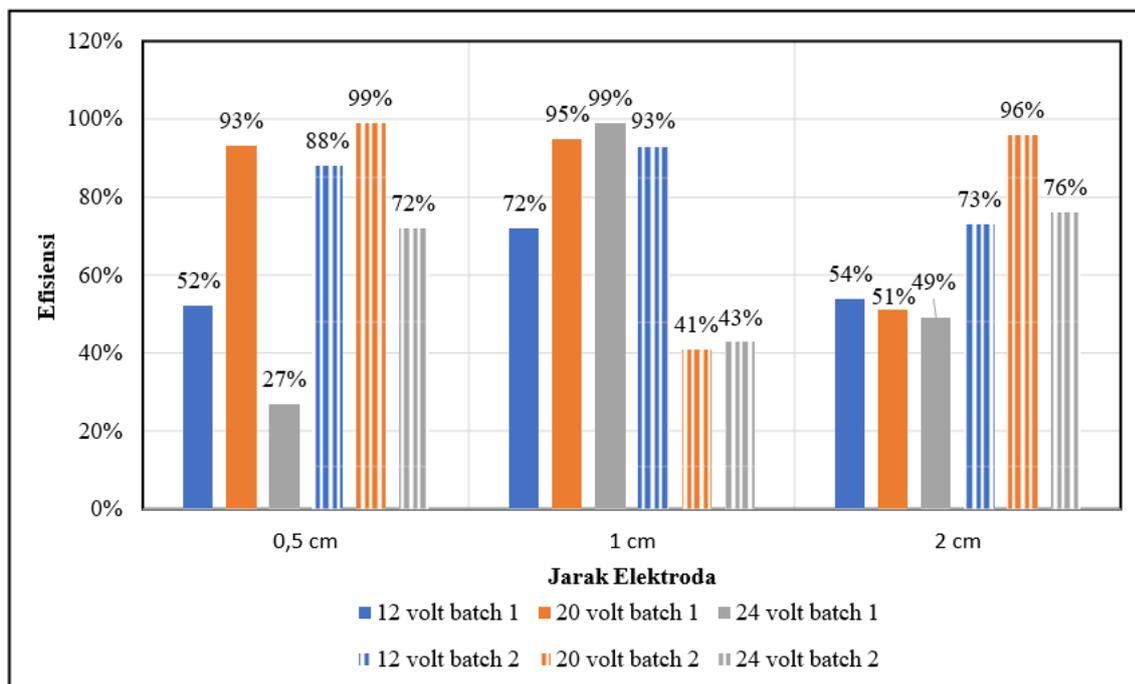
Hasil uji kadar logam Mangan (Mn) dalam Air Asam Tambang (AAT) setelah pengolahan secara elektrokoagulasi dapat dilihat pada tabel 4 dimana kadar Logam Mn Sebelum pengolahan diperoleh 3,02 mg/L:

Tabel 4. Konsentrasi Logam Mangan (Mn) dalam Air Asam Tambang Setelah Pengolahan Secara Elektrokoagulasi

No	Waktu	Tegangan (V)	Jarak (Cm)	Reaktor	C ₀ Mn (mg/L)	C _t Mn (mg/L)	Efisiensi (%)
1.	120 menit	12	0,5	A1	3,02	1,46	52%
2.				A2	3,02	0,361	88%
3.			1	B1	3,02	0,851	72%
4.				B2	3,02	0,212	93%
5.			2	C1	3,02	1,39	54%
6.				C2	3,02	0,802	73%
7.		20	0,5	D1	3,02	0,209	93%
8.				D2	3,02	0,041	99%
9.			1	E1	3,02	0,154	95%
10.				E2	3,02	1,79	41%
11.			2	F1	3,02	1,47	51%
12.				F2	3,02	0,114	96%
13.		24	0,5	G1	3,02	2,21	27%
14.				G2	3,02	0,846	72%
15.		24	1	H1	3,02	<0,037	99%
16.				H2	3,02	1,72	43%
17.			2	I1	3,02	1,55	49%
18.				I2	3,02	0,710	76%

Hasil penyisihan logam Mn dalam air asam tambang (AAT) menggunakan metode elektrokoagulasi memberikan hasil yang fluktuatif untuk semua variasi jarak elektroda dan variasi tegangan listrik. Hasil yang paling menonjol adalah pada *batch 1* dengan jarak elektroda 0,5 cm dan tegangan listrik sebesar 24 volt hanya menghasilkan efisiensi penyisihan sebesar 27 % meskipun terdapat efisiensi penyisihan sebesar 99 % yaitu *batch 2* dengan jarak elektroda 0,5 cm dan tegangan listrik 20 Volt dan *batch 1* dengan jarak elektroda 1 cm dan tegangan listrik 24 Volt, Namun secara keseluruhan rata-rata efisiensi penyisihan logam Mn memberikan efisiensi penyisihan di bawah 80 %. Kondisi logam Mn dalam Air Asam Tambang (AAT) ITU sendiri sangat berpengaruh terhadap proses penyisihan secara elektrokoagulasi. Dalam Air Asam Tambang (AAT) Mangan berada dalam bentuk Mangan terlarut yaitu Mn²⁺ namun pada saat proses elektrokoagulasi berjalan pH sampel akan bergeser menjadi menjadi basa. Dalam kondisi pH tinggi (kondisi Basa) Akan terbentuk mangan yang tidak larut seperti pada MnO₂, Mn₃O₄ atau MnCO₃ dari proses oksidasi Mn²⁺ yang berjalan lambat (Achmad ,2004). Keadaan ini menjadi penyebab sulitnya penyisihan logam Mn²⁺ dari Air Asam Tambang (AAT).

Besarnya efisiensi penyisihan logam Mn menggunakan metode elektrokoagulasi pada air asam tambang (AAT) dapat dilihat pada gambar 4 :



Gambar 4. Efisiensi Penyisihan Logam Mn dalam Air Asam Tambang (AAT) Setelah Pengolahan Secara Elektrokoagulasi

3.4 Pengaruh Tegangan Listrik terhadap Penyisihan Logam Fe dan Mn

Pengaruh tegangan listrik yang divariasikan pada proses elektrokoagulasi untuk penyisihan logam Fe didapatkan efisiensi penyisihan di atas 90 % untuk tegangan 20 Volt (jarak elektroda 0,5 cm , 1 cm, 2 cm) dan 24 Volt (jarak elektroda 0,5 cm , 1 cm, 2 cm), sedangkan untuk tegangan 12 Volt terdapat satu hasil yang menunjukkan efisiensi penyisihan di bawah 80% yaitu pada *batch 2* dengan jarak elektroda 0,5 cm, selain itu semuanya memberikan nilai diatas 90 %. Dari hasil penyisihan ini jelas terlihat pengaruh tegangan listrik yang diberikan terhadap proses elektrokoagulasi. Besarnya tegangan listrik yang diberikan berpengaruh besar terhadap kerapatan arus (Chen, 2003). Kerapatan arus ini menentukan jumlah koagulan, pengembangan flok, pembentukan gelembung, dan ukuran gelembung. Kemudian pada akhirnya mempengaruhi pembentukan dan pertumbuhan flok (Asfaha Y.G, dkk., 2022). Jika terjadi peningkatan kerapatan arus maka laju pelarutan anoda meningkat. Hal ini mengakibatkan peningkatan jumlah flok hidroksida logam yang menghasilkan peningkatan efisiensi penyisihan polutan (Bazrafshan E, dkk., 2015).

Pengaruh pemberian tegangan listrik terhadap penyisihan logam Mn memberikan hasil rata-rata di bawah 80 % bahkan dengan pemberian tegangan listrik yang paling besar yaitu 24 Volt. Selain karena Mn^{2+} itu sendiri yang sulit disisihkan akibat teroksidasi pada kondisi basa selama proses elektrokoagulasi juga Variasi tegangan listrik yang diberikan pada pengolahan sampel air asam tambang dengan metode elektrokoagulasi masih terlalu besar jika menggunakan variasi jarak 0,5 cm, 1 cm, dan 2 cm. Tegangan listrik yang terlalu besar tentu akan memicu naiknya kerapatan arus dan berakibat meningkatnya jumlah flok hidroksida logam atau koagulan dalam jumlah yang lebih banyak. Flok hidroksida logam atau koagulan yang banyak jika tidak proporsional dengan jarak elektroda hanya akan menghambat efisiensi penyisihan. Kondisi ini mengakibatkan sistim terganggu karena terjadi

hubungan singkat antar elektroda (Saputra E dkk., 2016). Dengan demikian untuk penyisihan logam Mn dalam Air Asam Tambang (AAT) besarnya tegangan listrik yang digunakan dalam penelitian ini masih dianggap terlalu besar jika mengacu pada variasi jarak elektroda yang diberikan pada penelitian ini untuk mendapatkan hasil penyisihan yang optimal.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa metode elektrokoagulasi untuk pengolahan Air Asam Tambang (AAT) efektif dari segi kinerja dan efisien dari biaya operasional. Metode elektrokoagulasi dalam pengoperasiannya tidak menggunakan bahan kimia, pengoperasiannya yang sederhana, serta biaya yang murah. Penyisihan Logam Fe dalam Air Asam Tambang (AAT) dengan metode elektrokoagulasi diperoleh efisiensi penyisihan rata-rata di atas 90 % untuk semua variasi jarak elektroda yaitu 0,5 cm, 1 cm, 2 cm dan semua variasi tegangan listrik yaitu 12 Volt, 20 Volt, 24 Volt dimana yang paling besar adalah 97 % dan yang terkecil adalah 76 % pada jarak elektroda 0,5 cm dan tegangan listrik 12 Volt. Penyisihan logam Mn memberikan nilai penyisihan rata-rata dibawah 80 % untuk semua variasi jarak elektroda dan semua variasi tegangan listrik. Efisiensi penyisihan paling tinggi sebesar 99 % yaitu pada jarak elektroda 0,5 cm dengan tegangan listrik 20 Volt (*batch 2*), kemudian pada jarak elektroda 1 cm dengan tegangan listrik 24 Volt (*batch 1*). Efisiensi penyisihan logam Mn paling rendah 27 % pada jarak 0,5 cm dengan tegangan listrik 24 Volt (*batch 1*). Dari nilai efisiensi penyisihan logam Mn dalam air Asam Tambang (AAT) disimpulkan bahwa perlu dilakukan penurunan tegangan listrik yang diberikan pada proses elektrokoagulasi dengan jarak elektroda 0,5 cm, 1 cm, dan 2 cm dengan waktu elektrokoagulasi 120 menit untuk mendapatkan yang hasil optimal.

PERSANTUNAN

Penelitian ini adalah salah satu program Penelitian, Pengabdian Kepada Masyarakat Dan Insentif Dana Fakultas Teknik Universitas Mulawarman. Dengan selesainya penelitian ini kami menghaturkan Terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Tim Pusat Kajian *Tropical Engineering* Fakultas Teknik Universitas Mulawarman yang telah memfasilitasi penelitian ini dalam bentuk pendanaan dan bentuk dukungan lainnya sehingga penelitian dapat kami rampungkan dengan tepat waktu. Semoga penelitian ini menjadi sumbangsih yang nyata ke depannya bagi Fakultas Teknik Universitas Mulawarman dan menjadi amal jariyah khususnya bagi kami tim Peneliti.

DAFTAR PUSTAKA

- Ashari. (2016). Analisa Elektrokoagulasi Air Asam Tambang Terhadap Nilai pH dan Kadar Fe, Progam Studi Teknik Elektro. UMPalembang.
- Asfaha, Y. G., Zewge, F., Yohannes, T., & Kebede, S. (2022). Investigation of cotton textile industry wastewater treatment with electrocoagulation process: performance, mineralization, and kinetic study. *Water Science & Technology* Vol 85 No 5, 1549.
- Achmad, R. (2004). Kimia Lingkungan. Yogyakarta. Hal. 132-135.
- Bazrafshan, E., Mohammadi, L., Moghaddam, A. A., & Mahvi, A. H. (2015). Heavy metals removal from aqueous environments by electrocoagulation process– a systematic review. *Journal of Environmental Health Science & Engineering*, 13:74.
- Chen, G. (2003). Electrochemical technologies in waswater treatment. *Separation and Purification technology* 38. 11-41

Analisis Metode Elektrokoagulasi Pada Air Asam Tambang Dengan Variasi Tegangan Dan Jarak Elektroda

- El-Ashtoukhy, E. Z., Amin, N. K., Fouad, Y. O., & Hamad, H. A. (2020). Intensification of a new electrocoagulation system characterized by minimum energy consumption and maximum removal efficiency of heavy metals from simulated wastewater. *Chemical Engineering & Processing: Process Intensification*.
- Ezechi, E. H., Isa, M. H., Muda, K., & Kutty, S. R. M. (2020). A comparative evaluation of two electrode systems on continuous electrocoagulation of boron from produced water and mass transfer resistance. *Journal of Water Process Engineering* 34.
- Garcia-Segura, S., Eiband, M. M. S. G., de Melo, J. V., & Martínez-Huitle, C. A. (2017). Electrocoagulation and advanced electrocoagulation processes: A general review about the fundamentals, emerging applications and its association with other technologies. In *Journal of Electroanalytical Chemistry* (Vol. 801, pp. 267–299). Elsevier B.V.
- Hidayah, R. A. dkk., (2020). Pengolahan Air Asam Tambang di Penambangan Mineral Logam Kabupaten Pacitan Provinsi Jatim dengan Metoda Elektrokoagulasi. Indonesia.
- Hidayat, L. (2017). Pengelolaan Lingkungan Areal Tambang Batubara (Studi Kasus Pengelolaan Air Asam Tambang (Acid Mining Drainage) di PT. Bhumi Rantau Energi Kabupaten Tapan Kalimantan Selatan, *Jurnal Adhum*, 1(1), 44–51.
- Ibrahim., Setiawan, Y., Rahayu, D. E., & Surya, R. A. (2023). Uji Kinerja Metode Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Alumunium (Al) Untuk Penyisihan Logam Fe dan Mn Pada Air Bersih Berdasarkan Efisiensi Penyisihan dan Konsumsi Energi. *Teknik Lingkungan Universitas Mulawarman*. e-ISSN 2987-0119
- Liu, Y., Deng, Y. Y., Zhang, Q., & Liu, H. (2021). Overview of recent developments of resource recovery from wastewater via electrochemistry-based technologies. *Science of the Total Environment* 757.
- Mouedhen, G., Feki, M., Wery, M. D. P., & Ayedi, H. F. (2008). Behavior of aluminum electrodes in electrocoagulation process. *Journal of Hazardous Materials*, 150(1), 124–135.
- Naje, A. S., Chelliapan, S., Zakaria, Z., & Abbas, S. A. (2016). Enhancement of an Elektrocoagulation Process for the Treatment of Textile Wastewater under Combined Electrical Connections Using Titanium Plates. *International Journal of Electrochemical Science*. 4495-4512.
- Oliveira, M. T., Torres, I. M. S., Ruggeri, H., Scalize, P., Albuquerque, A., & Gil, E. S. (2021). Application of Electrocoagulation with a New Steel-Swarf-Based Electrode for the Removal of Heavy Metals and Total Coliforms from Sanitary Landfill Leachate. *Applied Sciences*.
- Prasetyaningrum, A., Ariyanti, D., Widayat, W., & Jos, B. (2021). Copper and Lead Ions Removal by Electrocoagulation: Process Performance and Implications for Energy Consumption. *Int. Journal of Renewable Energy Development*, 10 (3), 415-424.
- Pulkka, S., Martikainen, M., Bhatnagar, A., & Sillanpaa, M. (2014). Electrochemical methods for the removal of anionic contaminants from water – A review. *Separation and Purification Technology*, 252-271.
- Rusdianasari. (2016). Model Pengelolaan Limbah Cair Terpadu dengan Metode Elektrokoagulasi. Laporan Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi. Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Said, N. I. (2014). Teknologi Pengolahan Air Asam Tambang Batubara "Alternatif Pemilihan Teknologi". Pusat Teknologi Lingkungan, BPPT. Vol 7 No.2.
- Saputra, E., & Hanum, F. (2016). Pengaruh Jarak Antara Elektroda Pada Reaktor Elektrokoagulasi Terhadap Pengolahan Effluent Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit. *Jurnal Teknik Kimia USU*, Vol. 5, No. 4.
- Song, P., Yang, Z., Xu, H., Huang, J., Yang, X., Yue, X., Yue, F & Wang, L. (2014). Arsenic removal from contaminated drinking water by electrocoagulation using hybrid Fe–Al

electrodes: response surface methodology and mechanism study. Mortimer House, 37-41 Mortimer Street, London W1T 3JH, UK.

Setiawan, Y., Pratama., & Sulaiman. (2016). Pengaruh Tegangan dan Waktu pada Proses Elektrokoagulasi Pengaduk Pneumatis Terhadap Air. Jurusan Teknik Mesin. Universitas Bangka Belitung. (Vol. 2, No.2).