

Elektrokoagulasi dalam pengelolaan air gambut: studi komparatif elektroda aluminium dan besi

Electrocoagulation in peat water management: comparative study of aluminium and iron electrodes

Stevin Carolius Angga^{1,3*}, Muh Supwatul Hakim¹, Samsul Arifin², Syahrani Riana Dewi¹, Enjel Elya Resha¹, Tety Wahyuningsih Manurung¹

¹Program Studi Kimia, Universitas Palangka Raya, Palangka Raya, Indonesia

²Program Studi Fisika, Universitas Palangka Raya, Palangka Raya, Indonesia

³Pusat Pengembangan IPTEK dan Inovasi Gambut (PPIIG), Universitas Palangka Raya, Palangka Raya, Indonesia

Abstrak.

Air merupakan kebutuhan utama bagi kehidupan manusia, tetapi beberapa wilayah di Kalimantan Tengah masih kesulitan mengakses air bersih dan hanya memanfaatkan air gambut untuk kebutuhan sehari-hari. Air gambut umumnya tidak layak digunakan untuk air minum maupun sanitasi karena kualitasnya yang buruk dan dapat memicu berbagai masalah kesehatan, mulai dari gangguan pencernaan hingga keracunan logam berat. Salah satu metode yang efektif untuk meningkatkan kualitas air gambut adalah elektrokoagulasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh variasi elektroda Al dan Fe dalam mengolah air gambut. Sampel air gambut diambil dari Kecamatan Sebangau, Palangka Raya, Kalimantan Tengah pada Juni 2024. Hasil penelitian menunjukkan bahwa elektrokoagulasi meningkatkan pH air mendekati netral serta menurunkan kekeruhan, warna, COD, dan Fe terlarut, kecuali pada kombinasi elektroda Fe-Fe yang justru meningkatkan TDS, warna, dan Fe terlarut. Kombinasi elektroda Al-Al terbukti paling efektif dalam meningkatkan kualitas air gambut.

Kata kunci: air gambut, elektrokoagulasi, kualitas air, Sebangau, Kalimantan Tengah

Abstract.

Water is essential for human life, yet several regions in Central Kalimantan face difficulties in accessing clean water and rely on peat water for daily needs. Peat water is generally unsuitable for drinking and sanitation purposes due to its poor quality. Its usage can lead to various health issues, such as digestive disorders skin diseases, tooth damage, and severe risks of heavy metal poisoning. One effective method to improve the quality of peat water is electrocoagulation. This study aims to investigate the effect of electrode variations using Al and Fe in treating peat water. Peat water samples were collected from Sebangau District, Palangka Raya, Central Kalimantan, in June 2024. The study analyzed water quality parameters, including TDS, pH, turbidity, color, COD, and dissolved Fe. The results showed that electrocoagulation increased pH to near-neutral levels and reduced turbidity, color, COD, and dissolved Fe, except for the Fe-Fe electrode combination, which caused an increase in TDS, color, and dissolved Fe. The Al-Al electrode combination proved to be the most effective in improving peat water quality.

Keywords: peat water, electrocoagulation, water quality, Sebangau, Central Kalimantan

1. PENDAHULUAN

Air merupakan kebutuhan dasar manusia untuk berbagai aktivitas sehari-hari. Pada tahun 2023, Provinsi Kalimantan Tengah menempati urutan ke-7 dalam hal akses air bersih, dengan sebesar 77,72% masyarakat terpenuhi kebutuhan air bersihnya (BPS 2024). Hal tersebut menunjukkan lebih dari 20% masyarakat di Kalimantan Tengah kekurangan akses air berkualitas dan masih mengandalkan air gambut sebagai sumber air utama. Sementara itu, Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) 2020-2024 mengamanatkan pencapaian akses air bersih sebesar 100%.

*Korespondensi Penulis
Email : stevin.carolius@mipa.upr.ac.id

Penelitian sebelumnya melaporkan bahwa terdapat hubungan antara penggunaan air gambut dengan munculnya berbagai masalah kesehatan di masyarakat (Suhendra *et al.* 2013; Angga *et al.* 2024). Air gambut umumnya tidak layak untuk digunakan sebagai air minum maupun keperluan sanitasi karena kualitasnya yang buruk. Penggunaan air gambut dapat menyebabkan berbagai masalah kesehatan, baik dalam jangka pendek maupun panjang, seperti gangguan pencernaan berupa muntah dan diare, penyakit kulit seperti dermatitis, kerusakan atau kehilangan gigi, hingga risiko yang lebih serius seperti keracunan akibat keberadaan logam berat yang bersifat toksik (Bashir *et al.* 2020).

Salah satu metode yang efektif untuk mengolah air gambut adalah elektrokoagulasi. Pada teknik ini terjadi proses koagulasi akibat penggunaan arus listrik melalui proses elektrolisis yang bekerja berdasarkan mekanisme reaksi reduksi dan oksidasi untuk menurunkan kandungan ion logam serta partikel di dalam air. Teknik ini memiliki beberapa keunggulan, di antaranya menggunakan peralatan yang sederhana, mudah dioperasikan, dan membutuhkan waktu reaksi yang relatif singkat. Selain itu, elektrokoagulasi mampu menghilangkan berbagai jenis polutan dalam air, seperti partikel tersuspensi, logam berat, zat pewarna, serta berbagai senyawa berbahaya lainnya (Wiyanto *et al.* 2017).

Pada penelitian ini dilakukan studi dampak penggunaan variasi elektroda Al dan Fe sebagai pemicu reaksi oksidasi senyawa organik pada air gambut. Pemilihan variasi elektroda Al dan Fe didasarkan pada pertimbangan ketersediaannya yang mudah diperoleh di pasaran, biaya yang relatif rendah, serta karakteristik elektrokimia yang berbeda sehingga memungkinkan evaluasi konfigurasi elektroda yang aplikatif untuk pengolahan air gambut. Sementara itu, parameter yang dianalisis untuk mengevaluasi efektivitas pengolahan air gambut adalah total padatan terlarut (TDS), pH, kekeruhan, warna, COD, dan Fe terlarut. Penelitian ini diharapkan dapat menunjukkan hasil aplikasi elektrokoagulasi dalam meningkatkan kualitas air gambut, sehingga dapat menjadi alternatif teknologi pengolahan air yang aplikatif dan berkelanjutan dalam mendukung peningkatan akses air di Provinsi Kalimantan Tengah.

2. METODOLOGI

2.1. Lokasi kajian dan waktu penelitian

Sampel air gambut diperoleh dari Kecamatan Sebangau, Palangka Raya, Kalimantan Tengah pada titik koordinat 2°17'50" S 113°53'56" T. Dokumentasi lokasi sampling ditampilkan pada **Gambar 1**. Proses sampling dilakukan pukul 09:00-11:00 WIB pada Juni 2024. Penelitian dilakukan pada Laboratorium Analitik PPIIG, Universitas Palangka Raya. Analisis karakteristik sampel air dilakukan di UPT Laboratorium Kesehatan dan Kalibrasi Provinsi Kalimantan Tengah.



Gambar 1. Lokasi sampling air gambut.

2.2. Prosedur analisis data

Untuk proses elektrokoagulasi, sebanyak 1500 ml air gambut ditambahkan dengan 150 ml larutan NaCl 1% b/v lalu diaduk dengan pengaduk magnet. Sistem elektrokoagulasi dirancang dengan menghubungkan masing-masing elektroda pada *power supply* dengan tegangan 10 volt selama 10 menit. Adapun variasi elektroda disajikan pada **Tabel 1**. Larutan yang telah dielektrokoagulasi kemudian dilakukan analisis meliputi TDS, pH, kekeruhan, warna, COD dan Fe terlarut.

Tabel 1. Variasi elektroda yang digunakan.

No	Kode Elektroda	Elektroda	
		Anoda (+)	Katoda (-)
1	A	Al	Fe
2	B	Fe	Al
3	C	Fe	Fe
4	D	Al	Al

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini dilakukan elektrokoagulasi sampel air gambut dengan variasi elektroda yaitu Al dan Fe. Beberapa karakteristik parameter air gambut yang dilakukan elektrokoagulasi dengan variasi tersebut kemudian dibandingkan dengan air gambut sebelum pengolahan. Parameter yang dianalisis yaitu total padatan terlarut (TDS), pH, kekeruhan, warna, kebutuhan oksigen kimia (COD), dan Fe terlarut. Hasil elektrokoagulasi air gambut dengan variasi elektroda ditampilkan pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Hasil analisis pengolahan air gambut.

Kode	Elektroda		TDS (mg/L)	pH	Kekeruhan (NTU)	Warna (Pt.Co)	COD (ppm)	Fe terlarut (ppm)
	Anoda	Katoda						
0 (Air Gambut)	-	-	35	4,0	27	852	127	0,092
A	Al	Fe	799	6,9	8	19,4	19,3	<0,041
B	Fe	Al	902	6,9	16	152	82,8	0,598
C	Fe	Fe	902	6,3	92	1.934	64,5	28,2
D	Al	Al	949	6,3	3	<1,77	18	<0,041

3.1. Keunggulan elektrokoagulasi terhadap air gambut

Pada ekosistem lahan gambut, tumbuhan seperti lumut hidup berdampingan dalam lingkungan yang tergenang air, sisa-sisa tumbuhan mati menumpuk dan mengalami proses dekomposisi yang lambat akibat minimnya oksigen, sehingga menghasilkan endapan gambut. Saat hujan, air meresap melalui endapan tersebut membawa serta zat humat yang terlarut di dalamnya. Proses pencucian antara air hujan dan endapan gambut di ekosistem tropis menghasilkan air gambut yang akhirnya membentuk area genangan air yang luas (Girkin *et al.* 2022). Mempertimbangkan proses tersebut, air gambut berpotensi menjadi sumber air bersih, terutama bagi masyarakat lokal (Wenten *et al.* 2020).

Meskipun berpotensi sebagai air bersih, air gambut memiliki kandungan mineral rendah, pH sedikit asam karena keberadaan asam organik, mengandung bahan organik terlarut dalam jumlah besar, terutama asam humat yang memiliki berat molekul tinggi, sehingga sulit diolah menggunakan sistem membran konvensional (Rahman *et al.* 2023). Keberadaan partikel koloid dan material tersuspensi dalam air gambut juga dapat menyebabkan endapan pada permukaan membran, yang lama-kelamaan menyumbat pori-pori dan mengurangi tingkat permeabilitas membran (Rahman *et al.* 2021). Gao *et al.* (2019) menyebutkan bahwa penggunaan air gambut dapat mengganggu kinerja membran yang berujung pada penurunan produktivitas air dan peningkatan biaya energi operasional.

Sistem elektrokoagulasi memiliki mekanisme fisikokimia yang mirip dengan proses elektrolisis, terutama dalam menghasilkan kation, anion, gas, zat flokulan, destabilisasi kontaminan, serta koagulasi kontaminan (Garcia-Segura *et al.* 2017). Meskipun mirip dengan mekanisme koagulasi kimia, elektrokoagulasi berbeda karena koagulan hidroksida logam dihasilkan secara langsung selama proses berlangsung (AlJaberi *et al.* 2020; Rahman *et al.* 2022). Proses ini juga dilengkapi dengan elektroflotasi, yaitu gelembung gas halus membantu membawa mikroflok ke permukaan air, membentuk flok elektrokoagulasi (Lu *et al.* 2021). Dalam elektrokoagulasi, ion Al atau ion Fe dilepaskan dari anoda yang terkorosi, sedangkan ion hidroksida dihasilkan pada katoda. Koagulan yang terbentuk melalui proses elektrokimia ini akan mengalami hidrolisis spontan, menciptakan spesies monomerik dan polimerik yang kemudian berubah menjadi (oksi)hidroksida yang tidak larut (Rahman *et al.* 2020; Tegladza *et al.* 2021).

3.2. Studi variasi elektroda dalam proses elektrokoagulasi

Berdasarkan hasil elektrokoagulasi yang dilakukan, terjadi perubahan terhadap 6 parameter yang dianalisis. Secara garis besar, parameter kekeruhan, warna, dan COD mengalami penurunan, sementara pH cenderung menjadi netral. Namun, TDS oleh seluruh elektroda mengalami peningkatan. Sementara itu, parameter Fe terlarut pada variasi C mengalami peningkatan. Pada proses elektrokoagulasi terjadi reaksi pembentukan ion oleh anoda sebagai proses oksidasi sebagaimana yang ditunjukkan pada **Persamaan 1** dan **Persamaan 2**.

Fe sebagai anoda: $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{3+} + 3\text{e}^-$ (1)

Al sebagai anoda: $\text{Al} \rightarrow \text{Al}^{3+} + 3\text{e}^-$ (2)

Ion-ion logam (Fe^{2+} , Fe^{3+} , atau Al^{3+}) yang terbentuk dianoda akan bereaksi dengan air dan menghasilkan hidroksida logam seperti $\text{Fe}(\text{OH})_3$ atau $\text{Al}(\text{OH})_3$. Hidroksida ini berfungsi sebagai koagulan yang mengikat partikel koloid dan zat terlarut pada air (Al-Marri *et al.* 2023). Sementara itu, pada katoda terjadi reduksi air yang menghasilkan gas hidrogen dan ion hidroksida. Ion OH^- yang terbentuk di katoda (**Persamaan 3**) ini yang kemudian meningkatkan pH air menuju netral serta membantu mengikat Al^{3+} atau Fe^{3+} membentuk flok $\text{Al}(\text{OH})_3$ dan $\text{Fe}(\text{OH})_3$.

Katoda: $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$ (3)

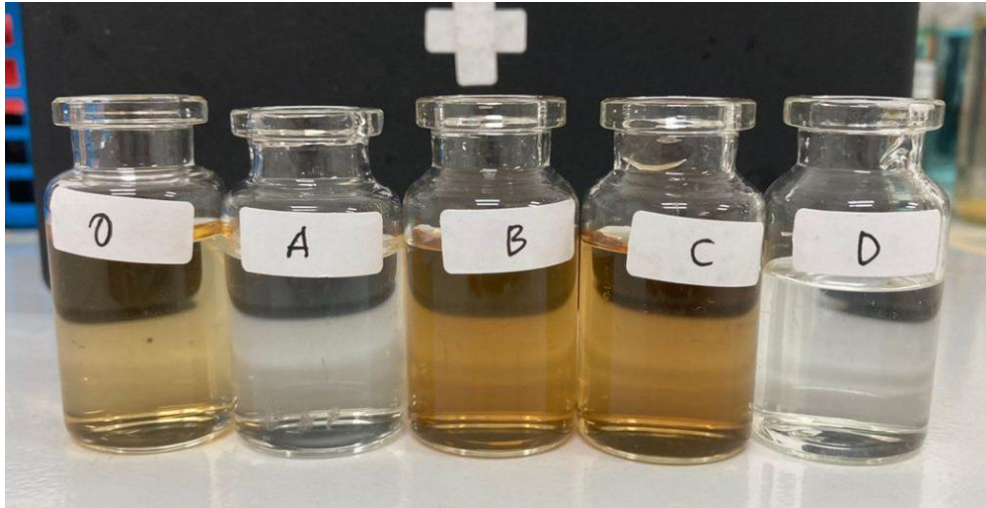
Secara garis besar, kombinasi reaksi pada anoda dan katoda menciptakan sistem yang mendukung pembentukan flok logam hidroksida yang efektif untuk menjernihkan air. Reaksi keseluruhan dituliskan sebagai **Persamaan 4** dan **Persamaan 5** (Mouedhen *et al.* 2008; Hashem *et al.* 2024).

$\text{Al} + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Al}(\text{OH})_3 + 1,5\text{H}_2$ (4)

$\text{Fe} + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_3 + 1,5\text{H}_2$ (5)

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan kombinasi elektroda yang berbeda pada metode elektrokoagulasi menghasilkan variasi yang signifikan terhadap parameter kualitas air gambut. Secara umum, elektrokoagulasi mampu meningkatkan kualitas air, dengan indikator utama berupa kenaikan pH mendekati netral dan penurunan kadar kekeruhan, warna, COD, serta besi (Fe) terlarut dibandingkan air gambut awal. Visualisasi perbandingan hasil elektrokoagulasi dengan variasi elektroda ditampilkan pada **Gambar 2**.

Pada variasi elektroda kode A, TDS meningkat menjadi 799 mg/L, sementara pH naik menjadi 6,9. Adapun kekeruhan, warna, COD, dan Fe masing-masing menurun menjadi 8 NTU, 19,4 Pt.Co, 19,3 ppm, dan <0,041 ppm. Variasi ini menunjukkan efisiensi yang baik dalam menurunkan parameter air pada kekeruhan dan warna. Variasi Fe sebagai anoda dan Al sebagai katoda (kode B) menghasilkan hasil serupa dengan pH 6,9 dan TDS 902 mg/L, namun penurunan kekeruhan 16 NTU dan warna 152 Pt.Co masih kurang optimal dibandingkan kode A. COD dan Fe terlarut juga mengalami penurunan, meskipun tidak lebih efisien dari variasi elektroda Al-Fe.



Gambar 2. Perbandingan hasil elektrokoagulasi dengan variasi elektroda.

Variasi elektroda Fe-Fe (kode C) menghasilkan pH 6,3 dan TDS 902 mg/L, namun kekeruhan 92 NTU dan warna 1934 Pt.Co masih sangat tinggi, menunjukkan bahwa variasi ini kurang efektif dalam menghilangkan partikel tersuspensi dan zat warna dalam air gambut. Variasi Al-Al (kode D) memberikan hasil terbaik dengan pH 6,3, TDS 949 mg/L, kekeruhan 3 NTU, warna <1,77 Pt.Co, COD 18 ppm, dan Fe terlarut <0,041 ppm. Variasi ini menunjukkan kemampuan paling efektif dalam menghilangkan kekeruhan, warna, dan Fe terlarut, sehingga dapat dianggap sebagai konfigurasi elektroda yang optimal untuk pengolahan air gambut menggunakan elektrokoagulasi.

Di sisi lain, terjadi peningkatan parameter TDS pada seluruh variasi kombinasi elektroda. Peningkatan TDS pada proses elektrokoagulasi diakibatkan oleh pelepasan ion-ion dari elektroda ke dalam larutan. Pada kombinasi elektroda Fe-Fe, anoda Fe mengalami korosi dan melepaskan ion Fe^{2+} atau Fe^{3+} . Demikian juga dengan elektroda kombinasi lainnya seperti Al yang melepaskan ion Al^{3+} . Ion-ion ini kemudian meningkatkan konsentrasi total zat terlarut, yang tercermin dalam kenaikan nilai TDS. Dengan demikian, meskipun terjadi proses penghilangan polutan tertentu, pelepasan ion logam dari elektroda turut berkontribusi pada peningkatan TDS.

Khusus pada elektroda kode C, terdapat peningkatan warna dan Fe terlarut. Warna air gambut setelah proses elektrokoagulasi pada kode C mengalami peningkatan signifikan menjadi 1.934 Pt.Co. Hal ini dapat disebabkan oleh pembentukan kompleks ion logam dengan zat organik dalam air gambut, seperti asam humat atau fulvat. Kompleks ini dapat memberikan warna lebih gelap pada air, sehingga meningkatkan nilai warna yang terukur.

Selain itu, proses elektrokoagulasi pada elektroda Fe diduga tidak cukup efektif dalam menghilangkan zat organik berwarna, sehingga terjadi akumulasi atau transformasi zat organik yang justru memperburuk parameter warna. Lalu tingginya parameter konsentrasi Fe terlarut pada kombinasi elektroda Fe-Fe 28,2 ppm dapat dijelaskan oleh korosi anoda Fe yang berlebihan, terutama jika arus listrik yang digunakan terlalu tinggi atau proses berlangsung terlalu lama. Ion Fe^{2+} atau Fe^{3+} yang dilepaskan ke larutan mungkin tidak sepenuhnya mengalami koagulasi atau presipitasi menjadi senyawa (oksi)hidroksida yang tidak larut, sehingga tetap berada dalam bentuk terlarut. Selain itu, ketidakseimbangan dalam proses elektrokimia, seperti kurang optimalnya pH untuk presipitasi $\text{Fe}(\text{OH})_3$, juga dapat menyebabkan Fe tetap dalam larutan.

Terjadinya peningkatan TDS, warna, dan Fe terlarut pada variasi Fe-Fe Kode C menunjukkan bahwa jenis elektroda, parameter operasional, dan kondisi lingkungan seperti pH sangat memengaruhi efektivitas proses elektrokoagulasi. Variasi tersebut, meskipun efektif dalam menghasilkan ion koagulan, dapat menyebabkan masalah tambahan jika ion logam yang dilepaskan tidak sepenuhnya terendapkan atau justru membentuk kompleks baru yang lebih sulit dihilangkan. Untuk mengatasi hal ini, diperlukan optimasi arus, waktu operasi, atau modifikasi penggunaan elektroda untuk meningkatkan efisiensi proses.

3.3. Evaluasi kualitas air hasil elektrokoagulasi terhadap baku mutu Permenkes nomor 2 tahun 2023

Baku mutu sebagai pembanding kualitas air dalam penelitian ini mengacu pada Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 yang mengatur standar parameter air minum serta keperluan higiene dan sanitasi. Meskipun peraturan tersebut mencakup sejumlah parameter yang luas, penelitian ini hanya menganalisis enam parameter utama, yaitu pH, total padatan terlarut (TDS), kekeruhan, warna, Fe terlarut, dan *chemical oxygen demand* (COD) karena parameter-parameter tersebut merupakan karakteristik dominan air gambut dan paling relevan terhadap mekanisme proses elektrokoagulasi.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses elektrokoagulasi dengan variasi kombinasi elektroda Al dan Fe mampu meningkatkan kualitas air gambut pada beberapa parameter. Nilai pH pada variasi A dan B telah memenuhi standar air minum dan higiene sanitasi (6,5–8,5), sedangkan parameter warna pada variasi D telah memenuhi baku mutu yang ditetapkan dengan nilai maksimum 10. Namun demikian, parameter total padatan terlarut (TDS) dengan standar <300 mg/L serta kekeruhan dengan standar <3 NTU pada seluruh variasi perlakuan masih belum memenuhi baku mutu. Selain itu, konsentrasi Fe terlarut pada air gambut yang semula telah berada di bawah ambang batas baku mutu ($\leq 0,2$ mg/L) justru meningkat dan melampaui standar pada variasi B dan C. Hal ini mengindikasikan bahwa air hasil pengolahan belum dapat dikategorikan sebagai air siap minum maupun untuk keperluan higiene dan sanitasi.

Meskipun parameter COD tidak tercantum secara langsung dalam baku mutu Permenkes Nomor 2 Tahun 2023, parameter ini dapat digunakan sebagai indikator beban senyawa organik air gambut. Penurunan nilai COD yang signifikan setelah proses elektrokoagulasi menunjukkan efektivitas metode ini dalam mereduksi senyawa organik terlarut. Berdasarkan hasil tersebut, elektrokoagulasi berpotensi digunakan sebagai proses pengolahan awal (*pre-treatment*) air gambut di Kalimantan Tengah. Peningkatan kualitas pada parameter kunci menunjukkan bahwa teknologi ini dapat mendukung upaya penyediaan air bersih apabila dikombinasikan dengan proses pengolahan lanjutan guna memenuhi baku mutu yang dipersyaratkan.

Secara keseluruhan, variasi elektroda yang digunakan dalam proses elektrokoagulasi sangat memengaruhi efektivitas pengolahan air gambut. Variasi elektroda aluminium sebagai anoda dan katoda (Al–Al) menunjukkan kinerja paling unggul dalam meningkatkan beberapa parameter kualitas air, khususnya penurunan warna dan beban senyawa organik. Meskipun belum seluruh parameter memenuhi baku mutu air minum dan higiene sanitasi sebagaimana diatur dalam Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023, peningkatan kualitas yang dicapai menunjukkan bahwa elektrokoagulasi berpotensi digunakan sebagai proses pengolahan awal (*pre-treatment*) air gambut. Dengan demikian, konfigurasi elektroda Al–Al dapat direkomendasikan sebagai alternatif teknologi yang aplikatif untuk mendukung upaya peningkatan akses air bersih di Provinsi Kalimantan Tengah apabila dikombinasikan dengan proses pengolahan lanjutan.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, penggunaan variasi Al sebagai anoda dan katoda merupakan elektroda yang paling baik bila dibandingkan dengan variasi lainnya dalam meningkatkan kualitas air gambut untuk mendekati standar baku mutu. Terjadi perubahan parameter pH dari 4 menjadi 6,3, kekeruhan 7 NTU menjadi 3 NTU, warna 852 Pt.Co menjadi <1,66 Pt.Co, COD 127 ppm menjadi 18 ppm dan Fe terlarut 0,092 ppm menjadi <0,041 ppm. Namun demikian, parameter TDS mengalami peningkatan dari 35 mg/L menjadi 949 mg/L. Secara keseluruhan, elektrokoagulasi berpotensi digunakan sebagai salah satu metode pengolahan awal air gambut dalam upaya peningkatan kualitas air bersih.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih atas pendanaan oleh PNBP LPPM Universitas Palangka Raya melalui Hibah Penelitian Dosen Pemula dengan Nomor Kontrak: 2187/UN24.13/AL.04/2024.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Aljaberi FY, Ahmed SA and Makki HF. 2020. Electrocoagulation treatment of high saline oily wastewater: evaluation and optimization. *Heliyon* 6(6):e03988. doi:10.1016/j.heliyon.2020.e03988.
- Al-Marri JS, Abouedwan AB, Ahmad MI and Bensalah N. 2023. Electrocoagulation using aluminum electrodes as a sustainable and economic method for the removal of kinetic hydrate inhibitor (*polyvinyl pyrrolidone*) from produced wastewaters. *Front Water* 5:1305347. doi:10.3389/frwa.2023.1305347.
- Angga SC, Rahman S, Toepak EP and Patrix F. 2024. Preliminary monitoring of water quality at Banturung Village, Bukit Batu District, Palangka Raya City. *Eduproxima* 6(3):766–773. doi:10.29100/.v6i3.6001.
- Bashir I, Lone FA, Bhat RA, Mir SA, Dar ZA and Dar SA. 2020. Concerns and threats of contamination on aquatic ecosystems. *Bioremediation and Biotechnology*:1-26.
- Badan Pusat Statistik. 2024. Indikator perumahan dan kesehatan lingkungan 2023. BPS. Jakarta.

- Gao Y, Qin J, Wang Z and Østerhus SW. 2019. Backpulsing technology applied in MF and UF processes for membrane fouling mitigation: A review. *Journal of Membrane Science* 587:117136. doi:10.1016/j.memsci.2019.05.060.
- Garcia-Segura S, Eiband MMSG, De Melo JV and Martínez-Huitle CA. 2017. Electrocoagulation and advanced electrocoagulation processes: A general review about the fundamentals, emerging applications and its association with other technologies. *Journal of Electroanalytical Chemistry* 801:267–299. doi:10.1016/j.jelechem.2017.07.047.
- Girkin NT, Cooper HV, Ledger MJ, O'Reilly P, Thornton SA, Åkesson CM, Cole LES, Hapsari KA, Hawthorne D and Roucoux KH. 2022. Tropical peatlands in the Anthropocene: The present and the future. *Anthropocene*. 40:100354. doi:10.1016/j.ancene.2022.100354.
- Hashem SAM, Gaber GA, Hussein WA and Ahmed ASI. 2024. Electrocoagulation process with Fe/Al electrodes to eliminate pollutants from real and synthetic wastewater. *Results in Materials*.23:100606. doi:10.1016/j.rinma.2024.100606.
- Lu J, Zhang P and Li J. 2021. Electrocoagulation technology for water purification: An update review on reactor design and some newly concerned pollutants removal. *Journal of Environmental Management* 296:113259. doi:10.1016/j.jenvman.2021.113259.
- Mouedhen G, Feki M, Wery MDP and Ayedi HF. 2008. Behavior of aluminum electrodes in electrocoagulation process. *Journal of Hazardous Materials* 150(1):124–135. doi:10.1016/j.jhazmat.2007.04.090.
- PerMenKes RI (Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia) Nomor 2 Tahun 2023 tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan.
- PerPres RI (Peraturan Presiden Republik Indonesia) Nomor 18 Tahun 2020 tentang rencana pembangunan jangka menengah nasional 2020-2024.
- Rahman NA, Jol CJ, Linus AA, Ismail V. 2021. Emerging application of electrocoagulation for tropical peat water treatment: a review. *Chemical Engineering and Processing - Process Intensification*. 165:108449. doi:10.1016/j.cep.2021.108449.

- Rahman NA, Albania L, Gilan UJ, Jihed EE, Kumar NKMF, Yassin A and Philip A. 2020. Experimental study of batch electrocoagulation treatment of peat water in Sarawak with aluminium electrodes. *IOP Conference Series Materials Science and Engineering* 778(1):012126. doi:10.1088/1757-899X/778/1/012126.
- Rahman NA, Jose Jol C, Albania Linus A, Dampam FL, Abdul Jalal NS, Baharudin N and Wan Borhan WWS. 2022. Desalination of Borneo tropical brackish peat water with adsorption process in continuous electrocoagulation treatment. *Desalination*. 527:115574. doi:10.1016/j.desal.2022.115574.
- Rahman NA, Albania LA, Jose JC, Abdul JNS, Kwong Ming C, Wan BWWS, Baharuddin N, Samsul SNA and Abdul MN. 2023. Kinetic modelling of peat water treatment with continuous electrocoagulation using aluminium electrodes. *Journal of Environmental Chemical Engineering* 11(3):109559. doi:10.1016/j.jece.2023.109559.
- Suhendra DS, Marsaulina I dan Santi DN. 2013. Analisis kualitas air gambut dan keluhan kesehatan pada masyarakat di Dusun Pulo Gombut Desa Suka Rame Baru Kecamatan Kuala Hulu Kabupaten Labuhan Batu Utara tahun 2012. *Jurnal Lingkungan dan Kesehatan Kerja* 2(3):1–10.
- Tegladza ID, Xu Q, Xu K, Lv G and Lu J. 2021. Electrocoagulation processes: A general review about role of electro-generated flocs in pollutant removal. *Process Safety and Environmental Protection* 146:169–189. doi:10.1016/j.psep.2020.08.048.
- Wenten IG, Khoiruddin K, Wardani AK, Aryanti PTP, Astuti DI and Komaladewi AAIAS. 2020. Preparation of antifouling polypropylene/ZnO composite hollow fiber membrane by dip-coating method for peat water treatment. *Journal of Water Process Engineering*. 34:101158. doi:10.1016/j.jwpe.2020.101158.
- Wiyanto E, Harsono B, Makmur A, Pangputra R, Julita J dan Kurniawan MS. 2017. Penerapan elektrokoagulasi dalam proses penjernihan limbah cair. *Jurnal Ilmiah Teknik Elektro* 12(1):19–36. doi:10.25105/jetri.v12i1.1449.