

PENYISIHAN Fe, WARNA, DAN KEKERUHAN PADA AIR GAMBUT MENGUNAKAN METODE ELEKTROKOAGULASI

¹⁾Nandar Suwanto ^{*}, ¹⁾Sudarno ^{**}, ²⁾Ajeng Arum Sari ^{**}, ³⁾Harimawan ^{**})

- ¹⁾ Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. H. Soedarto, S.H Tembalang, Semarang, Indonesia 50275
²⁾ Pusat Penelitian Kimia, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia
³⁾ Pusat Penelitian Metrologi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia
Kawasan PUSPIPTEK Serpong, Tangerang Selatan 15314
email : suwantons@gmail.com

Abstrak

Air gambut umumnya memiliki warna merah kecoklatan, pH asam, kekeruhan tinggi, dan logam besi tinggi yang konsentrasinya melebihi baku mutu air bersih. Elektrokoagulasi merupakan metode elektrokimia untuk pengolahan air dimana pada anoda terjadi pelepasan koagulan aktif berupa ion logam Aluminium ke dalam larutan. Tujuan penelitian ini mengetahui pengaruh waktu kontak dan jenis elektrolit pendukung terhadap penyisihan Fe, warna dan kekeruhan. Penelitian dilakukan dalam skala laboratorium dengan sistem batch dan kontinyu. Variasi yang digunakan adalah jenis elektrolit pendukung NaCl pro analisis 0,01M, NaCl teknis 0,01M, NH₄Cl 0,01M dan K₂SO₄ 0,01M serta waktu kontak 30 menit, 60 menit, 90 menit, dan 120 menit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses elektrokoagulasi dengan penambahan elektrolit pendukung NH₄Cl menghasilkan efisiensi terbaik dengan penyisihan Fe sebesar 90,92%, warna sebesar 84,93%, dan kekeruhan sebesar 99,94% dengan waktu pengolahan 120 menit. Aplikasi elektrokoagulasi menggunakan reaktor kontinyu dengan penambahan elektrolit pendukung NaCl teknis mampu menyisihkan warna sebesar 88,43%, kekeruhan 92,71%, dan logam Fe terlarut sebesar 91,30%. Hasil pengolahan tersebut telah memenuhi baku mutu air bersih.

Kata kunci: Air gambut, elektrokoagulasi, elektrolit pendukung, batch, kontinyu

Abstract

[Removal of Fe, Color, and Turbidity in Peat Water using Electrocoagulation] Peat water generally have a brownish red color, acid pH, high turbidity and high ferrous metals that exceeds concentration clean water quality standards. Electrocoagulation is an electrochemical method for water treatment in which the anode active coagulant release occurred in the form of aluminum metal ions into the solution. The purposes of this research are to determine the effect of contact time and the type of supporting electrolyte to the allowance Fe, color and turbidity. This research was conducted in a laboratory scale in batch and continuous systems. Independent variables used were the type of supporting electrolyte 0.01 M NaCl pro analysis, technical NaCl 0.01 M, 0.01 M NH₄Cl and 0.01 M K₂SO₄ and contact time of 30 minutes, 60 minutes, 90 minutes and 120 minutes. The results showed that electrocoagulation process with the addition of supporting electrolyte NH₄Cl produced the best efficiency of an allowance amounting to 90.92% Fe, 84.93% of the color and turbidity of 99.94% with a processing time of 120 minutes. Applications electrocoagulation using continuous reactor with the addition of NaCl technical supporting electrolyte has able to remove the color of 88.43%, 92.71% turbidity and dissolved metals amounted to 91.30% Fe. The treatment results have fulfilled the quality standard of clean water.

Keyword: Peat water, electrocoagulation, supporting electrolyte, batch, continuous

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Air gambut merupakan air permukaan dari tanah bergambut dengan ciri yang sangat mencolok karena warnanya merah kecoklatan, mengandung zat organik tinggi serta zat besi yang cukup tinggi, rasa asam, pH 3-5 dan tingkat kesadahan yang rendah (Said dan Widayat, 2008). Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki luas lahan gambut terbesar di dunia yaitu 10,8% dari luasan daratan Indonesia (Anggriawan *et al.*, 2015). Di beberapa wilayah di Indonesia, seperti Riau, Jambi, Kalimantan Selatan dan Kalimantan Tengah, air gambut merupakan satu - satunya sumber air permukaan yang tersedia bagi masyarakat di wilayah tersebut (Suherman dan Sumawijaya, 2013). Provinsi Riau memiliki Kesatuan Hidrologi Gambut (KHG) sekitar 5,7 hektar atau sekitar 64% dari daerah Riau (Sutapa, 2015). Masyarakat yang ada di sekitar lahan gambut tersebut kesulitan untuk memperoleh air bersih sehingga memanfaatkan air gambut untuk memenuhi kebutuhan air bersihnya (Sutapa dan Toruan, 2014).

Keadaan alamiah air gambut dari segi kualitas menyebabkan air tersebut tidak layak untuk dijadikan sumber air bersih maupun air minum (Sutapa dan Toruan, 2014). Beberapa hasil analisis kualitas air gambut menunjukkan bahwa konsentrasi Fe, kekeruhan, pH dan warna melebihi baku mutu sesuai Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 907 Tahun 2002 tentang Kualitas Air Minum (Fitria dan Handayani, 2009; Henny *et al.*, 2013; Kurniasih *et al.*, 2016; Sutapa, 2009). Kandungan logam seperti Fe dalam air dapat mengakibatkan warna air keruh dan kecoklatan. Efek dari besi (Fe) memberi rasa yang tidak enak pada minuman di samping dapat membentuk endapan pada pipa-pipa logam dan bahan-bahan cucian. Efek dari pH yang rendah dapat melarutkan lapisan gigi (email) sehingga gigi cepat keropos. Kekeruhan yang tinggi menyebabkan air

kurang estetik dan mengganggu proses desinfeksi karena kekeruhan dapat melindungi mikroorganisme dari pengaruh desinfeksi (Musadad, 1998). Penggunaan air gambut secara langsung dan teratur akan membahayakan kesehatan manusia (Sutapa dan Toruan, 2014). Oleh karena itu diperlukan suatu teknologi untuk mengolah air gambut tersebut sehingga memenuhi baku mutu yang dipersyaratkan dan aman untuk digunakan masyarakat.

Beberapa penelitian mengenai pengolahan air gambut yang telah dilakukan yaitu dengan teknologi *Clean Chemical Bentone* dan *Reverse Osmosis* (Naswir, 2009), proses *Two Stage Coagulation* (Fitria dan Handayani, 2009), metode *Advanced Oxidation Process* (AOPs) (Hutagalung *et al.*, 2013) dan proses membran ultrafiltrasi (Prahady, 2014). Teknologi tersebut membutuhkan koagulan kimia untuk dapat mengadsorpsi warna, kekeruhan serta logam besi. Pengolahan dengan *Reverse Osmosis* dan membran ultrafiltrasi membutuhkan biaya operasi yang tinggi serta mudahnya terjadi penyumbatan pada selaput membran (Naswir, 2009). Pada umumnya, air gambut diolah menggunakan metode pengolahan konvensional yang terdiri dari beberapa tahapan proses yaitu netralisasi, oksidasi, koagulasi-flokulasi, pengendapan, filtrasi serta disinfeksi untuk membunuh kuman yang ada di dalam air (Said dan Widayat, 2008). Pemakaian bahan kimia sebagai bahan utama atau bahan pembantu proses pada pengolahan harus dipertimbangkan. Hal ini akan berdampak pada beban pencemaran lingkungan yang dihasilkan (Djajadiningrat, 2004 dalam Sunardi, 2007).

Elektrokoagulasi merupakan salah satu teknologi dengan menggunakan sel elektrokimia untuk mendegradasi polutan yang terkandung dalam air limbah. Metode elektrokoagulasi telah berhasil digunakan untuk mengolah limbah *black liquor* industri kertas (Zaied, 2009), limbah cair

industri pulp dan kertas (Agustiningsih, 2014), limbah radioaktif (Susetyaningsih *et al.*, 2008), limbah tekstil (Zodi *et al.*, 2009), dan air keran (Ghosh *et al.*, 2008). Hal tersebut mendorong untuk dilakukannya pengolahan air gambut menggunakan elektrokoagulasi. Kelebihan proses elektrokoagulasi untuk mengolah limbah cair adalah tidak diperlukan penambahan kimia (Susetyaningsih, 2008). Selain itu elektrokoagulasi hanya memerlukan peralatan yang sederhana, operasional yang mudah, sedimentasi yang cepat serta sludge yang dihasilkan sedikit (Chen, 2004).

Penggunaan elektrokoagulasi untuk mengolah air gambut dengan variasi waktu kontak dan jenis elektrolit pendukung belum banyak dilaporkan dalam literatur dimana teknologi tersebut cukup potensial untuk meningkatkan efisiensi proses dan kualitas air gambut menjadi air bersih. Oleh karena itu, dilakukan penelitian mengenai penyisihan Fe, warna dan kekeruhan pada air gambut menggunakan metode elektrokoagulasi dengan variasi waktu kontak dan jenis elektrolit pendukung.

1.2. Tujuan Penelitian

1. Menganalisis karakteristik air gambut.
2. Menganalisis pengaruh waktu kontak dan jenis elektrolit pendukung terhadap penurunan konsentrasi Fe, warna dan kekeruhan pada air gambut menggunakan metode elektrokoagulasi.

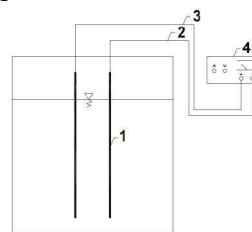
2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Alat dan Bahan

Penelitian ini menggunakan air gambut yang berasal dari Kabupaten Kampar, Provinsi Riau, Indonesia. Elektrolit pendukung yang digunakan yaitu *Sodium chloride* (NaCl) produksi Merck Millipore, Jerman dengan massa molar 58,44 g/mol; *Ammonium chloride* (NH₄Cl) produksi Merck Millipore, Jerman dengan massa molar 53,49 g/mol; *Potassium sulfate*

(K₂SO₄) produksi Merck Millipore, Jerman dengan massa molar 174,27 g/mol; garam dapur Miwon produksi PT. MIWON Indonesia.

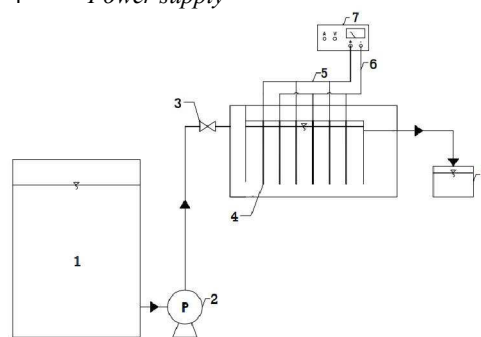
Alat reaktor elektrokoagulasi sistem batch dan kontinu yang digunakan merupakan pilot plant yang dimiliki oleh LIPI Serpong, Indonesia. Elektroda yang digunakan adalah jenis Aluminium. Untuk mengubah arus AC ke DC digunakan *Adaptor/Power Supply* (YOMIKO Model TL-1205). Gambar 1 dan 2 menunjukkan skematik alat elektrokoagulasi.



Gambar 1 Skema Reaktor Batch

Keterangan :

- 1 = Plat elektrode Aluminium
- 2 = Kabel penghantar arus listrik (-) /Katoda
- 3 = Kabel penghantar arus listrik (+)/Anoda
- 4 = Power supply



Gambar 2 Skema Rangkaian Reaktor Kontinu

Keterangan :

- 1 = Bak Penampung Air Gambut
- 2 = Pompa
- 3 = Valve
- 4 = Elektroda Aluminium
- 5,6 = Kabel penghantar arus listrik (+)/(-)
- 7 = Power supply
- 8 = Bak Penampung

2.2. Prosedur Penelitian

2.2.1. Tahap Persiapan

Tahap persiapan meliputi studi pustaka dan penyiapan alat dan bahan. Plat elektroda Aluminium direndam dalam larutan H_2SO_4 5% selama 15 menit untuk menghilangkan kotoran atau zat-zat yang tertempel pada plat. Setelah direndam, plat kemudian di bilas dengan aquades dan dikeringkan. Kemudian ditimbang untuk mengetahui beratnya sebelum digunakan untuk proses elektrokoagulasi.

2.2.2. Tahap Pelaksanaan

1. Tahap Penelitian Awal

Pada penelitian awal ini dilakukan pengolahan air gambut dengan metode elektrokoagulasi menggunakan reaktor batch dengan 1 pasang (2 buah plat) elektrode aluminium yang dialiri dengan tegangan listrik sebesar 12 volt. Volume reaktor yang digunakan adalah 16 liter. Langkah awal yang dilakukan adalah menambahkan elektrolit pendukung ke dalam air gambut. Variasi jenis elektrolit pendukung yang ditambahkan adalah NaCl p.a. 0,01 M, NaCl teknis 0,01 M, K_2SO_4 0,01 M dan NH_4Cl 0,01 M. Setelah air gambut dimasukkan ke dalam reaktor batch. *Power supply* dihidupkan untuk memulai proses elektrokoagulasi. Proses elektrokoagulasi dilakukan dengan variasi waktu kontak 30 menit, 60 menit, 90 menit dan 120 menit. Lalu mematikan *power supply* dan mengambil sampel airnya untuk dilakukan pengujian terhadap konsentrasi Fe, warna dan kekeruhan.

2. Tahap Penelitian Lanjutan

Pada penelitian lanjutan ini, proses elektrokoagulasi menggunakan reaktor kontinyu dengan menggunakan 3 pasang elektrode Aluminium yang dialiri dengan tegangan listrik sebesar 12 volt. Volume reaktor yang digunakan adalah 50 liter. Jenis elektrolit pendukung yang ditambahkan adalah NaCl teknis 0,01 M. Proses elektrokoagulasi dilakukan dengan variasi waktu kontak 30 menit, 60 menit, 90 menit dan 120 menit. Lalu mematikan *power supply* dan mengambil sampel airnya untuk dilakukan pengujian

terhadap konsentrasi Fe, warna dan kekeruhan.

2.3. Analisa dan Perhitungan

Parameter pH, Fe, warna dan kekeruhan diukur berdasarkan *standard method* dan SNI yang berlaku.

- pH (SNI 06-6989.11-2004)
- Fe (SNI SNI 6989.4-2004)
- Kekeruhan (SNI 06-6989.25-2005)
- Warna

Warna air gambut ditentukan secara spektrofotometri. Sebelum mengukur warna air gambut dilakukan *wave length scan* terlebih dahulu untuk menentukan panjang gelombang dari air gambut yang digunakan. Warna air gambut ini memiliki panjang gelombang (λ) maksimum pada 227 nm diukur menggunakan *Hitachi U-2000 Spectrophotometer*.

Perhitungan penyisihan konsentrasi Fe, warna dan kekeruhan didasarkan atas perbandingan selisih konsentrasi zat pada titik masuk (inlet) dan titik keluar (outlet). Nilai efisiensi penyisihan dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$[\text{Fe}] = \frac{(C_{in} - C_{out})}{C_{in}} \times 100 \%$$

$$[\text{Warna}] = \frac{(C_{in} - C_{out})}{C_{in}} \times 100 \%$$

$$[\text{Kekeruhan}] = \frac{(C_{in} - C_{out})}{C_{in}} \times 100 \%$$

Dimana :

[Fe] = Persentase penyisihan konsentrasi Fe (%)

[Warna] = Persentase penyisihan konsentrasi warna (%)

[Kekeruhan] = Persentase penyisihan konsentrasi kekeruhan

C_{in} = Konsentrasi pada titik masuk (inlet) (mg/l)

C_{out} = Konsentrasi pada titik keluar (outlet) (mg/l)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Karakteristik Air Gambut

Air gambut yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Rimbo Panjang, Kecamatan Tambang, Kabupaten Kampar, Provinsi Riau. Sebelum dilakukan pengolahan, terlebih dahulu dilakukan analisis karakteristik

awal air gambut untuk mengetahui kualitas air gambut yang akan diolah. Hasil uji karakteristik air gambut dianalisis sesuai dengan ^{*)}Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air dan ^{*)}Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor 492 Tahun 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum. Hasil uji karakteristik air gambut Kabupaten Kampar, Provinsi Riau adalah sebagai berikut:

Tabel 1 Hasil Uji Karakteristik Air Gambut

Parameter	Satuan	Hasil Uji	Baku Mutu	Keterangan
pH	-	3,92	6,5 - 8,5*	Tidak Memenuhi
Kekeruhan	NTU	8,64	5*	Tidak Memenuhi
Warna	Pt-Co	698	15*	Tidak Memenuhi
Fe	mg/L	0,76	0,4* 0,3**	Tidak Memenuhi

Berdasarkan Tabel 1 dapat diketahui bahwa pH air gambut belum memenuhi baku mutu. Derajat keasaman (pH) asam air gambut disebabkan karena bercampurnya air hujan dengan tanah gambut, sehingga menyebabkan zat organik dalam bentuk asam terlarut dan adanya kation yang berasal dari mineral-mineral terlarut (Said dan Widayat, 2010). Selain itu, parameter warna belum memenuhi baku mutu yaitu 698 Pt-Co. Konsentrasi warna yang tinggi disebabkan oleh senyawa humat atau senyawa organik seperti asam humat, asam fulvat dan humin. Warna akan semakin tinggi disebabkan adanya logam besi yang terikat oleh asam-asam organik yang terlarut dalam air. Adanya ion besi menyebabkan air berwarna kemerahan (Said dan Widayat, 2010).

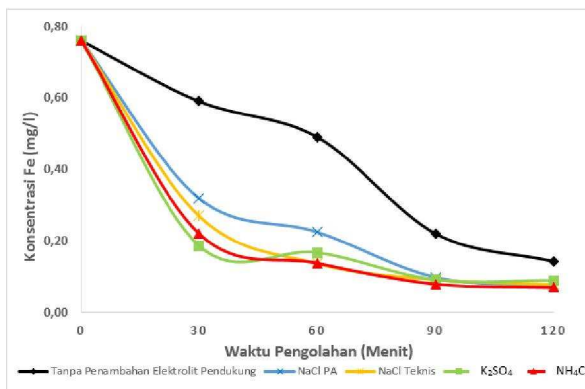
Kandungan logam Fe dalam air gambut juga melebihi baku mutu kualitas air bersih maupun air minum yaitu 0,3 mg/L. Kadar pH yang kurang dari 7 menyebabkan larutnya logam (besi), semakin rendah pH maka kelarutan logam akan semakin tinggi (Fatriani, 2009). Nilai kekeruhan air gambut

melebihi baku mutu yaitu 8,64 NTU atau lebih dari yang dipersyaratkan sebesar 5 NTU. Oleh karena itu, air gambut Kabupaten Kampar Provinsi Riau ini perlu dilakukan pengolahan agar sesuai dengan persyaratan kualitas air bersih dan dapat digunakan masyarakat secara aman. Pengolahan yang digunakan adalah menggunakan metode elektrokoagulasi

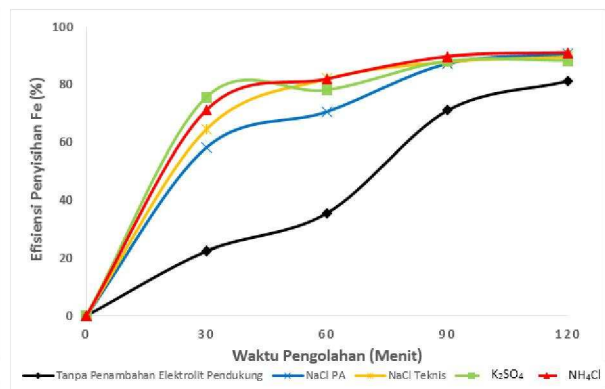
3.2. Pengaruh Waktu Kontak dan Jenis Elektrolit Pendukung Terhadap Penyisihan Fe

Hasil analisis konsentrasi logam Fe terlarut pada masing-masing variasi waktu kontak dan jenis elektrolit pendukung dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4. Berdasarkan hasil efisiensi penyisihan, keempat jenis elektrolit pendukung yang digunakan memiliki efisiensi yang relatif tinggi dari 88,28% sampai 90,92% dibandingkan dengan proses elektrokoagulasi tanpa penambahan elektrolit pendukung. Hasil tersebut menunjukkan adanya pengaruh variasi penambahan jenis elektrolit pendukung. Selain itu, semakin lama waktu pengolahan maka semakin kecil konsentrasi logam Fe terlarut yang ada dalam air gambut. Hasil tersebut menunjukkan adanya pengaruh variasi waktu kontak terhadap efisiensi penyisihan Fe. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan Ghosh *et al.* (2007) bahwa penyisihan besi terlarut akan semakin tinggi seiring dengan lamanya waktu pengolahan dengan terbentuknya $Al(OH)_3$.

Elektrokoagulasi menggunakan elektrolit pendukung dapat menghasilkan efisiensi penyisihan yang tinggi dengan waktu pengolahan yang relatif cepat, sedangkan elektrokoagulasi tanpa menggunakan elektrolit pendukung akan menghasilkan efisiensi yang tinggi namun memerlukan waktu pengolahan yang relatif lama. Hal ini sesuai dengan yang dikemukakan oleh Trompette *et al.* (2009) bahwa salah satu kunci untuk mendapatkan penyisihan yang efisien adalah dengan melakukan kontrol



Gambar 3. Penyisihan Konsentrasi logam Fe

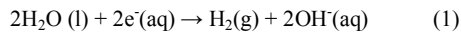


Gambar 4. Efisiensi Penyisihan logam Fe

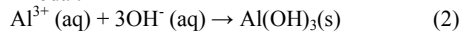
perilaku dan pengaruh jenis ion yang berbeda yang ada dalam medium.

Penyisihan Fe terjadi ketika semakin banyaknya ion Al³⁺ yang dihasilkan pada anoda dan membentuk flok Al(OH)₃ yang berperan sebagai koagulan. Kemudian flok Al(OH)₃ tersebut dapat mengikat senyawa organik dan logam-logam yang terkandung dalam air (Retna, 2013). Berikut ini adalah mekanisme penyisihan Fe yang terjadi selama proses elektrokoagulasi.

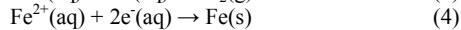
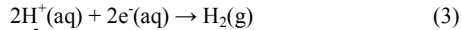
Reaksi awal:



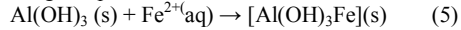
Anoda :



Katoda :

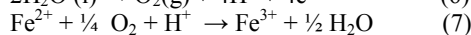
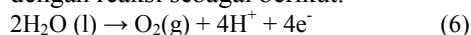


Pengendapan:



Selama berlangsungnya waktu, semakin banyak kation aluminium yang terbentuk kemudian membentuk Al(OH)₃ yang akan mengikat polutan-polutan atau yang dikenal *sweep coagulation* yang diikuti mekanisme pengendapan. Kemudian agregat hasil koagulasi tersebut akan berinteraksi dengan gelembung-gelembung dan terflotasi ke permukaan atau mengendap di dasar reaktor. Ion Fe³⁺ memberi warna coklat dalam bentuk hidroksidanya (Ghosh *et al.*, 2007).

Selain itu, penyisihan Fe dapat terjadi melalui mekanisme oksidasi oleh oksigen yang dihasilkan dari anoda dengan reaksi sebagai berikut.



Oksigen yang dihasilkan pada anoda kemudian mengoksidasi ion Fe²⁺ menjadi Fe³⁺ dimana ion feri ini dalam air bersifat tidak larut dan akan mengendap. Kondisi-kondisi tersebut yang memungkinkan terjadinya penyisihan Fe dalam air gambut.

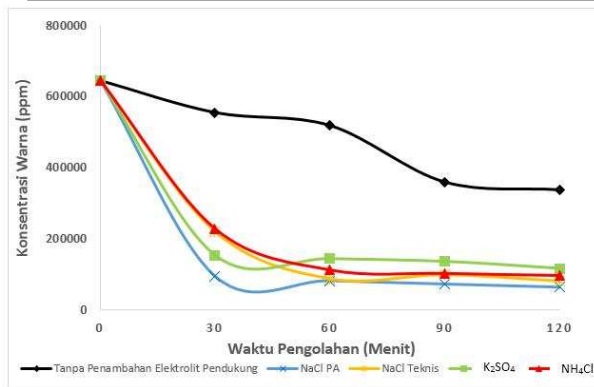
Jenis elektrolit pendukung NH₄Cl merupakan elektrolit yang memiliki efisiensi tertinggi. Hal ini disebabkan ion klorin yang terkandung dalam larutan (berasal dari NH₄Cl) dan dengan potensial anode yang cukup tinggi sehingga terbentuk senyawa klorin aktif (Cl₂, HClO, OCl). Senyawa tersebut mampu mengoksidasi polutan-polutan dan pada saat itu juga secara kimia mengoksidasi material anode dan meningkatkan efisiensi dari reaktor elektrokoagulasi (Kuokkanen *et al.*, 2015).



Anoda



Efisiensi terendah terjadi dengan penambahan elektrolit pendukung K₂SO₄. Hal ini disebabkan kehadiran ion sulfat menghambat korosi pada elektroda aluminium (Hu *et al.*, 2003). Anion sulfat bersifat agen pasif pada permukaan aluminium sehingga melindungi lapisan permukaan oksidanya, yang mempersulit terbentuknya kation aluminium untuk proses koagulasi (Kolics *et al.*, 1998). Hal ini sesuai dengan penelitian yang

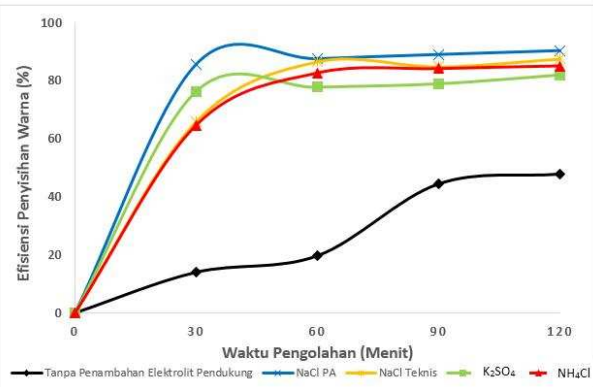


Gambar 5. Penyisihan Konsentrasi Warna

dilakukan Trompette *et al.*(2009) bahwa anion sulfat yang pertama teradsorpsi ke anoda aluminium yang disebabkan ion charge sulfat sehingga mudah tertarik. Kemudian ketika ion klorida mendekati permukaan elektroda Aluminium, efek oksidator yang dihasilkan melalui proses korosi pitting. Urutan *lyotropic* anion untuk Al³⁺ adalah F⁻ > SO₄²⁻ >> Cl⁻ > NO₃⁻ (Hu *et al.*, 2003). Afinitas anion SO₄²⁻ yang lebih besar dibandingkan anion Cl⁻ menyebabkan proses korosi pitting berjalan lambat. Penggunaan anion sulfat akan menyebabkan pemborosan energi listrik karena membutuhkan voltase yang tinggi untuk memungkinkannya reaksi pada elektroda aluminium dan mendapatkan kondisi pengolahan yang tinggi (Trompette *et al.*, 2009). Lapisan isolasi yang terjadi akan meningkatkan potensial antara elektroda dan menghasilkan penurunan signifikan pada efisiensi arus (Chen, 2004).

3.3. Pengaruh Waktu Kontak dan Jenis Elektrolit Pendukung Terhadap Penyisihan Warna

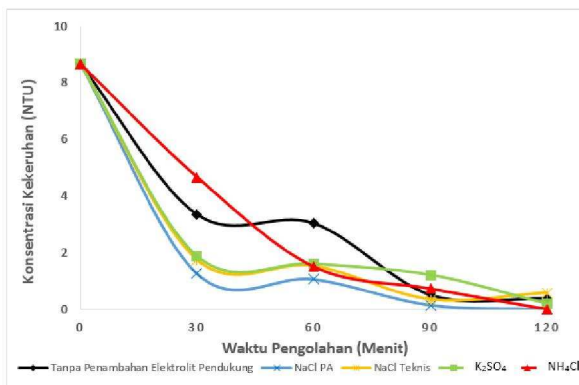
Hasil analisis konsentrasi warna pada masing-masing variasi waktu kontak dan jenis elektrolit pendukung dapat dilihat pada Gambar 5 dan Gambar 6. Hasil penyisihan warna tersebut menunjukkan bahwa proses elektrokoagulasi dengan penambahan elektrolit pendukung membutuhkan waktu pengolahan yang lebih singkat atau cepat dibandingkan dengan proses elektrokoagulasi tanpa penambahan elektrolit pendukung. Hasil tersebut



Gambar 6. Penyisihan Konsentrasi Warna

menunjukkan adanya pengaruh variasi penambahan jenis elektrolit pendukung. Selain itu dapat disimpulkan bahwa semakin lama waktu pengolahan elektrokoagulasi maka semakin besar efisiensi penyisihan warna yang terjadi. Hasil tersebut menunjukkan adanya pengaruh variasi waktu kontak terhadap efisiensi penyisihan warna.

Penyisihan warna terjadi pada saat flok Al(OH)₃ yang terbentuk ketika arus listrik mengalir pada anoda. Kemudian flok yang dihasilkan mengikat molekul organik yang ada dalam air sehingga menghasilkan penurunan warna selama waktu elektrolisis (Kalyani *et al.*, 2008). Semakin lama waktu pengolahan maka semakin banyak flok Al(OH)₃ yang terbentuk dan mengadsorpsi senyawa organik dalam air gambut. Mekanisme penyisihan warna terjadi karena adanya reaksi aluminium hidroksi kompleks yang terbentuk bereaksi dengan elektron yang tereksitasi pada atom C dari gugus kromofor molekul asam humat (Kurniasih *et al.*, 2016). Semakin banyak aluminium hidroksida yang terbentuk, maka semakin banyak senyawa tersebut yang bereaksi dengan senyawa-senyawa organik yang mengandung asam humat dalam air gambut sehingga mengakibatkan warna semakin berkurang. Aluminium hidroksida bereaksi dengan lignin pada asam humat, sehingga terjadi perusakan gugus kromofor dalam senyawa asam humat tersebut, selanjutnya terjadi penguraian polimer menjadi senyawa yang mempunyai berat molekul kecil dan tidak



Gambar 7. Penyisihan Konsentrasi Kekeruhan

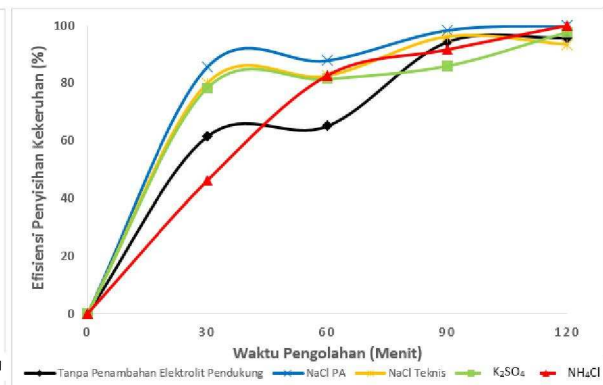
berwarna, sehingga mengakibatkan presentase penurunan warna semakin meningkat (Kurniasih *et al.*, 2016).

Penambahan elektrolit pendukung NaCl p.a. memiliki efisiensi yang paling tinggi pada waktu pengolahan 120 menit. Kemudian secara berurutan NaCl teknis, NH₄Cl dan K₂SO₄. Penambahan elektrolit pendukung dalam proses elektrokoagulasi menyebabkan penyisihan parameter lebih efisien. Efisiensi terendah terjadi dengan penambahan elektrolit pendukung K₂SO₄. Hal ini disebabkan seperti yang terjadi pada mekanisme penyisihan Fe.

3.4. Pengaruh Waktu Kontak dan Jenis Elektrolit Pendukung Terhadap Penyisihan Kekeruhan

Hasil analisis konsentrasi kekeruhan pada masing-masing variasi waktu kontak dan jenis elektrolit pendukung dapat dilihat pada Gambar 7 dan Gambar 8. Semakin lama waktu pengolahan menggunakan elektrokoagulasi maka semakin besar efisiensi penyisihan kekeruhan yang didapatkan. Hal ini menunjukkan adanya pengaruh variasi waktu kontak terhadap proses elektrokoagulasi. Menurut Bukhari (2008), kekeruhan mengalami penurunan sebanding dengan meningkatnya waktu kontak.

Proses elektrokoagulasi dengan penambahan elektrolit pendukung mampu menyisihkan kekeruhan lebih besar dibandingkan dengan proses elektrokoagulasi tanpa penambahan elektrolit pendukung kedalamnya. Hal ini



Gambar 8. Penyisihan Konsentrasi Kekeruhan

menunjukkan adanya pengaruh variasi jenis elektrolit pendukung terhadap proses elektrokoagulasi. Konsentrasi kekeruhan meningkat kembali pada penambahan elektrolit pendukung NaCl teknis pada menit ke-120. Hal ini disebabkan adanya gelembung gas hidrogen yang kecil bersamaan dengan partikel solid yang terbentuk dengan hidroksida logam (Zodi *et al.*, 2009).

Mekanisme penyisihan kekeruhan terjadi ketika koloid-koloid penyebab kekeruhan yang bermuatan negatif akan terdestabilisasi oleh koagulan Al(OH)₃ yang terbentuk seperti pada persamaan (2). Koloid-koloid yang telah terdestabilisasi akan akan bergabung menjadi mikro flok. Mikro flok yang telah terbentuk akan bergabung dengan mikro flok lain sehingga membentuk agregat yang lebih besar sehingga dapat mengendap atau terflotasi oleh gas hidrogen yang dihasilkan pada katoda. Menurut Zodi *et al.* (2009) gelembung-gelembung gas hidrogen yang dihasilkan katoda akan menyerap partikel-partikel tersuspensi. Pemisahan partikel padat akan terjadi dengan flotasi gelembung-gelembung gas hidrogen ke permukaan dan dengan pengendapan. Penyisihan kekeruhan tertinggi dicapai dengan penambahan elektrolit pendukung NaCl p.a. dan NH₄Cl sedangkan K₂SO₄ merupakan elektrolit pendukung yang menghasilkan efisiensi terkecil dalam penyisihan kekeruhan. Hal ini disebabkan seperti yang terjadi pada mekanisme penyisihan Fe.

4. KESIMPULAN

1. Karakteristik air gambut Rimbo Panjang, Kecamatan Tambang, Kabupaten Kampar Provinsi Riau memiliki pH 3,99 dengan konsentrasi warna 698 Pt-Co, kekeruhan 8,64 NTU dan konsentrasi logam Fe sebesar 0,76 mg/L. Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air dan Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor 492 Tahun 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum, parameter pH, kekeruhan, warna serta logam Fe air gambut Kabupaten Kampar ini melebihi baku mutu air bersih maupun air minum.
2. Proses elektrokoagulasi air gambut dengan penambahan elektrolit pendukung dengan waktu pengolahan 120 menit menggunakan reaktor batch mampu menyisihkan warna sebesar 81,96% - 90,18%, kekeruhan sebesar 93,29% - 99,94% dan logam Fe sebesar 88,28% - 90,92%. Aplikasi elektrokoagulasi menggunakan reaktor kontinyu dengan penambahan elektrolit pendukung NaCl teknis mampu menyisihkan warna sebesar 88,43%, kekeruhan 92,71% dan logam Fe terlarut sebesar 91,30%. Parameter Fe dan kekeruhan dari hasil pengolahan air gambut telah memenuhi baku mutu Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air dan Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor 492 Tahun 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Novita Hariyani, Eka yang telah membantu selama penelitian. Penelitian ini didanai oleh Kegiatan Penelitian Unggulan Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Implementasi Sistem Pemantau Pengolahan dan Distribusi Air

Minum untuk PDAM, pada tahun 2015 - 2016.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, I., Gupta, V. K., Khan, T. A., Asim, M. 2012. *Removal of arsenate from aqueous solution by electro-coagulation method using Al-Fe electrodes*. Int. J. Electrochem Sci, 7, 1898-1907
- Anggriawan, Ade, Edy S., Monita O.. 2015. *Penyisihan Kadar Logam Fe dan Mn Pada Air Gambut dengan Pemanfaatan Geopolimer dari Kaolin Sebagai Adsorben*. Jom. FTEKNIK 2,1
- Bukhari, A. A. 2008. *Investigation of the electro-coagulation treatment process for the removal of total suspended solids and turbidity from municipal wastewater*. Bioresource technology, 99(5), 914-921.
- Chen, G .2004. *Electrochemical technologies in wastewater treatment*. Sep. Purif. Technol., 38(1), 11-41.
- Eri, Iva Rustanti. 2009. *Kajian Pengolahan Air Gambut Menjadi Air Bersih Dengan Kombinasi Proses Upflow Anaerobik Filter dan Slow Sand Filter*. Jurusan Teknik Lingkungan. Institut Teknologi Surabaya.
- Fatriani, F. 2009. *Pengaruh Konsentrasi dan Lama Perendaman Arang Aktif Tempurung Kelapa Terhadap Kadar Fe dan pH Air Gambut*. Universitas Lambung Mangkurat
- Fitria, D & L. Handayani. 2008. *Penurunan Warna dan Zat Organik Air Gambut dengan Cara Two Staged Coagulation*. Bandung Digital Library ITB.
- Ghosh, D., Solanki, H., Purkait, M. K. 2008. *Removal of Fe (II) from tap water by electrocoagulation technique*. J. Hazard. Mater., 155(1), 135-143.
- Henny, C., Nomosatryo, S., Susanti, Kurniawan E, Rosidah R, I.

- Akhdiana. 2013. *Kondisi Limnologis Danau Gambut Pulau Besar Di Kawasan Margasatwa Zamrud Kabupaten Siak Propinsi Riau*. Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan MLI I (pp. 453-468)
- Holt, P. K., Barton, G. W., Wark, M., Mitchell, C. A. 2002. *A quantitative comparison between chemical dosing and electrocoagulation*. Colloids Surf. A: Physicochem. Eng. Asp., 211(2), 233-248.
- Holt, P. K., Barton, G. W., Mitchell, C. A. 2005. *The future for electrocoagulation as a localised water treatment technology*. Chemosphere, 59(3), 355-367.
- Hu, C. Y., Lo, S. L., Kuan, W. H. 2003. *Effects of co-existing anions on fluoride removal in electrocoagulation (EC) process using aluminum electrodes*. Water Res., 37(18), 4513-4523.
- Izquierdo, C. J., Canizares, P., Rodrigo, M. A., Leclerc, J. P., Valentin, G., Lapique, F. 2010. *Effect of the nature of the supporting electrolyte on the treatment of soluble oils by electrocoagulation*. Desalination, 255(1), 15-20.
- Kalyani, K. P., Balasubramanian, N., Srinivasakannan, C. 2009. *Decolorization and COD reduction of paper industrial effluent using electrocoagulation*. Chem. Eng. J., 151(1), 97-104.
- Khoirulloh, M. 2001. *Pengaruh Dosis Koagulan Jenis Poly Aluminium Chlorida (PAC) Terhadap Penurunan Intensitas Warna Air Gambut Di Kecamatan Gambut Kabupaten Banjar Kalimantan Selatan*. PS. Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro. Semarang.
- Kolics, A., Polkinghorne, J. C., Wieckowski, A. 1998. *Adsorption of sulfate and chloride ions on aluminum*. Electrochim. Acta, 43(18), 2605-2618.
- Kuokkanen, V., Kuokkanen, T., Rämö, J., Lassi, U. 2015. *Electrocoagulation treatment of peat bog drainage water containing humic substances*. Water Res., 79, 79-87.
- Kurniasih, R. F., Gunawan, R., Panggabean, A. S. 2016. *Aplikasi Metode Elektrokoagulasi Terhadap Penurunan Kadar Ion Logam Fe dan Mn, Keberuhan Serta Warna Pada Pengolahan Air Gambut Secara Batch*. Jurnal Atomik, 1(1).
- Kusuma, Adi Surya. 2014. *Uji Pengaruh Kuat Arus, Jarak Elektroda dan Jumlah elektroda Terhadap Kinerja Elektrokoagulasi Dalam Menurunkan Warna dan COD Backwash Pada Limbah Ion Exchange Resin di Pabrik ulu Rafinasi PT. Angels Product*. Universitas Indonesia. Depok
- Lu, J., Li, Y., Yin, M., Ma, X., Lin, S. 2015. *Removing heavy metal ions with continuous aluminum electrocoagulation: A study on back mixing and utilization rate of electro-generated Al ions*. Chem. Eng. J., 267, 86-92.
- Musadad, D. A. 1998. *Pengaruh Air Gambut Terhadap Kesehatan dan Upaya Pemecahannya*. Media Penelitian dan Pengembangan Kesehatan, 8(01 Mar).
- Naswir. 2009. *Kajian Pemanfaatan Air Gambut Untuk Air Minum Rumah Tangga (Penggunaan Teknologi Clean Chemical Bentone (CCBN-RO))*. Badan Penelitian dan Pengembangan Daerah Provinsi Jambi. Jambi
- Nguyen, D. D., Ngo, H. H., Guo, W., Nguyen, T. T., Chang, S. W., Jang, A., Yoon, Y. S. 2016. *Can electrocoagulation process be an appropriate technology for phosphorus removal from*

- municipal wastewater?*. Sci. Total Environ., 563, 549-556.
- Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor 492 Tahun 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum
- Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air
- Peter, H. B Geoffrey, C Mitchell. 2006. *Electrocoagulation As a Wastewater Treatment, Departement of Chemical Engeneering*. The University of Sydney. New South Wales
- Prahady, S., Juang, P., Ahmad, R. 2014. *Pengolahan Air Rawa Menjadi Air Bersih di Daerah Timbangan Indralaya (-3, 201341 LS 104, 6513881 BT) Menggunakan Membran Ultrafiltrasi*. Teknik Kimia Universitas Sriwijaya
- Retna, Wenny Dwi. 2013. *Studi Penurunan Kromium dan Nikel Pada Pengolahan Limbah Elektroplating Dengan Metode Elektrokoagulasi*. PS. Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro. Semarang
- Said, N. I., & Widayat, W.. 2008. *Teknologi Pengolahan Air Minum : Teknologi Pengolahan Air Gambut Sederhana*. Pusat Teknologi Lingkungan, Deputi Bidang Teknologi Pengembangan Sumberdaya Alam, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, 337-386.
- Samosir, A. 2009. *Pengaruh Tawas Dan Diatomea (Diatomaceous Earth) Dalam Proses Pengolahan Air Gambut Dengan Metode Elektrokoagulasi*. Departemen Kimia Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Suherman, D., & Sumawijaya, N. 2013. *Menghilangkan Warna dan Zat Organik Air Gambut dengan Metode Koagulasi-Flokulasi Suasana Basa*. Jurnal Riset Geologi dan Pertambangan, 23(2), 125-137.
- Sunardi. 2007. *Pengaruh Tegangan Listrik Dan Kecepatan Alir Terhadap Hasil Pengolahan Limbah Cair Yang Mengandung Logam Pb,Cd dan TSS Menggunakan Alat Elektrokoagulasi*. SDM Teknologi Nuklir. Yogyakarta.
- Susetyaningsih, R, Endro Kismolo, Prayitmono. 2008. *Kajian Proses Elektrokoagulasi Untuk Pengolahan Limbah Cair*. In Seminar Nasional IV SDM Teknologi Nuklir.
- Susilawati. 2010. *Model Pengolahan Air Gambut Untuk Menghasilkan Air Bersih Dengan Metode Elektrokoagulasi (Disertasi)*. Program Doktor Ilmu Kimia FMIPA Universitas Sumatera Utara. Medan
- Sutapa, Ignasius D.A. 2009. *Kajian Jar Test Koagulasi-Flokulasi Sebagai Dasar Perancangan Instalasi Pengolahan Air Gambut (IPAG) Menjadi Air Bersih* Research. Centre for Limnology – LIPI. Cibinong.
- Sutapa, Ignasius. 2011. *Pengembangan Sistem Pengolahan Air Gambut Menjadi Air Bersih Di Propinsi Kalimantan Tengah : Kajian Efisiensi Penambahan Koagulan Dalam Proses Koagulasi*. Pusat Penelitian Limnologi – LIPI. Cibinong
- Sutapa, I. D., & Toruan, R. L. 2014. *The Effect Of Coagulant Type On Color Reduction Variation Pattern Of Peat Water In Coagulation-Flocculation Process*. Jurnal Teknologi Indonesia (JTI), 37(3).
- Sutapa, I. D. A. 2015. *Clasification Of Peat Water Quality In Giam Siak Kecil Bukit Batu Biosphere Reserve, Province Of Riau*. Jurnal Teknologi Indonesia (JTI), 38(2).
- Sutrisno, C Totok dan Eni Suciastuti. 2010. *Teknologi Penyediaan Air Bersih*. Jakarta : Rineka Cipta

- Trapsilasiwi, Karina Rindang. 2010. *Aplikasi Elektrokoagulasi Menggunakan Pasangan Elektroda Aluminium Untuk Pengolahan Air Dengan Sistem Kontinyu* (Skripsi). PS Teknik Lingkungan ITS.Surabaya.
- Trompette, J. L., Vergnes, H. 2009. *On the crucial influence of some supporting electrolytes during electrocoagulation in the presence of aluminum electrodes*. J. Hazard. Mater., 163(2), 1282-1288.
- Yıldız, Y. Ş., Koparal, A. S., Keskinler, B. 2008. *Effect of initial pH and supporting electrolyte on the treatment of water containing high concentration of humic substances by electrocoagulation*. Chem. Eng. J., 138(1), 63-72.
- Zaied, M.,Bellakhal, N. 2009. *Electrocoagulation treatment of black liquor from paper industry*. J. Hazard. Mater., 163(2), 995-1000.
- Zodi, S., Potier, O., Lopicque, F.,Leclerc, J. P. 2009. *Treatment of the textile wastewaters by electrocoagulation: Effect of operating parameters on the sludge settling characteristics*. Separ. Purif. Technol., 69(1), 29-36.