

PENGOLAHAN AIR PAYAU MENJADI AIR BERSIH MENGGUNAKAN METODE ELEKTROKOAGULASI

BRACKISH WATER TREATMENT TO CLEAN WATER USING ELECTROCOAGULATION METHOD

Leila Kalsum¹, Fadarina¹, Aneasari Meidinariasty¹, Selastia Yulianti¹, Adi Syakdani¹, M.Bagas Pratama^{1*},
Rachmad Bayu Alpitansyah¹, Fenty Alnafrah¹, Pepi Ismaren¹

¹(Program Studi Teknologi Kimia Industri/ Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Sriwijaya)

Jl. Srijaya Negara Bukit Besar, Palembang 30139, Telp +620711353414/ Fax +62711355918

e-mail : *mbgsp16@gmail.com, rb.bayu@yahoo.com.

ABSTRACT

The limitation of clean water resources in coastal areas is related to the scarcity of fresh water. Water that has too high a salinity can cause harm if it is used for certain activities, for example, it is dangerous for health when used as drinking water, causing crop failure for agriculture, corrosion for equipment and buildings made of metal elements. In order to be used as clean water and suitable for daily household use, brackish water needs special treatment with the aim of reducing the mineral content in it, especially in reducing salinity levels. For this purpose brackish water treatment has been made into clean water which works based on the electrocoagulation process. The performance test was carried out by filling 10 liters of brackish water into the electrocoagulation reactor and using an electric current of 10 volts, 12 volts and 14 volts for each test. The observation times for each test were 60, 120 and 180 minutes. Measurement of salinity, iron, sulfate and organic substances for each test was carried out using a potentiometer, atomic absorption spectrophotometer, turbidimeter, and titrimetry. The optimum results of the test show that the use of 14 volts of electricity and contact time for 120 minutes can reduce iron levels from 1.41 mg / l to 0.98 mg / l, and sulfate levels from 301.97 mg / l to 235.84 mg. / l, levels of organic substances from 3.05 mg / l to 2.25 mg / l and salinity levels from 16.25 ppt to 10.07 ppt.

Keywords: Brackish Water, Clean Water, Electrocoagulation, Electrode.

1. PENDAHULUAN

Air merupakan kebutuhan pokok bagi kehidupan manusia yang semakin hari semakin meningkat kebutuhannya. Sebagian besar penduduk Indonesia tinggal di daerah pesisir. Wilayah pesisir pantai dan pulau-pulau kecil di tengah lautan lepas merupakan daerah-daerah yang sangat miskin akan sumber air bersih sehingga timbul masalah pemenuhan kebutuhan air bersih. Sumber daya air yang terdapat di daerah tersebut umumnya berkualitas buruk, misalnya air tanahnya yang payau atau asin. Kualitas air tersebut sangat buruk karena mengandung kadar garam serta zat organik yang sangat tinggi (Ade,dkk.2017).

Air payau adalah air yang salinitasnya lebih rendah dari pada salinitas rata-rata air laut normal (<35 ppm) dan lebih tinggi dari pada 0,5 ppm yang terjadi karena pencampuran antara air laut dengan air tawar baik secara alamiah maupun buatan. Air payau sukar diolah menjadi air bersih dikarenakan kandungan garamnya yang cukup tinggi. Metode konvensional yang digunakan selama ini sulit untuk mengolah air payau dikarenakan kandungan garam yang terlalu tinggi bagi metode konvensional tersebut. Teknologi modern desalinasi termal secara destilasi dan evaporasi yang dipakai secara luas dewasa ini memang mampu melakukan desalinasi air payau dengan baik untuk menghasilkan air minum. Akan tetapi, teknologi ini membutuhkan energi yang besar,

biaya investasi mahal, struktur peralatan yang kompleks, membutuhkan ruangan yang cukup luas dan biaya perawatan yang mahal menyebabkan teknologi ini kurang kompetitif (Younos dan Tulou,2005).

Elektrokoagulasi merupakan metode pengolahan air secara elektrokimia dimana pada anoda terjadi pelepasan koagulan aktif berupa ion logam (biasanya aluminium atau besi) ke dalam larutan, sedangkan pada katoda terjadi reaksi elektrolisis berupa pelepasan gas hidrogen (Holt,dkk.2005).

Kelebihan metode elektrokoagulasi dibandingkan dengan metode lain yang pernah dilakukan adalah tidak perlu ada penambahan bahan kimia untuk mengikat logam dan bahan organik dalam air baku sehingga tidak memberikan dampak negatif atau efek samping terhadap lingkungan, biaya operasional dan perawatan yang relatif murah serta memiliki efisiensi removal kontaminan yang cukup tinggi. Untuk keperluan proses elektrokoagulasi digunakan elektroda dari bahan aluminium dan sumber listrik arus searah (DC). Selama proses berlangsung terjadi oksidasi aluminium, sehingga berubah menjadi Fe^{2+} atau Al^{+3} dan akan membentuk flok $Fe(OH)^2$ atau $Al(OH)^3$ yang akan mengikat semua polutan baik logam, bahan organik maupun butir padatan lain yang ada dalam air baku.

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, metode elektrokoagulasi akhirnya dipilih menjadi metode yang digunakan dalam pengolahan air payau menjadi air

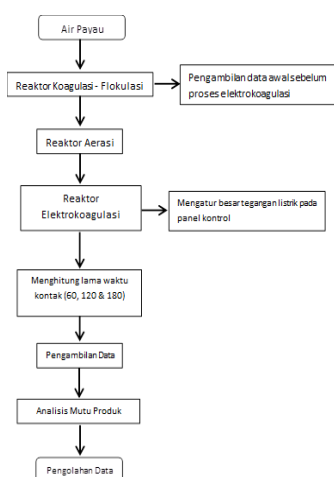
bersih. Permasalahan yang akan di bahas pada penelitian ini adalah bagaimana cara merancang dan membangun alat pengolahan air payau menjadi air bersih serta mengoperasikannya secara efektif dan efisien serta melakukan pengembangan teknologi pengolahan air payau menjadi air bersih dengan meninjau kinerja alat elektrokoagulasi yang dirancang berdasarkan pengaruh tegangan listrik, pengaruh pH dan waktu kontak terhadap penyisihan kadar besi, sulfat, zat organik, kesadahan serta kadar salinitas air baku (air payau) yang dihasilkan agar menghasilkan air bersih dengan parameter-parameter yang memenuhi standar Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No.32 Tahun 2017.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian rancang bangun disertai peninjauan kinerja unit elektrokoagulasi menggunakan sistem penelitian pretest-posttest, yaitu penelitian dengan pengukuran parameter air sebelum dan sesudah proses elektrokoagulasi menggunakan variasi tegangan listrik dan waktu kontak yang berbeda. Penelitian diawali dengan melakukan analisis terhadap air keluaran dari unit koagulasi-flokulasi sebagai umpan. Parameter yang dianalisa yaitu sebagai berikut :

- i. Kadar besi (Atomic Absorption Spectrophotometry)
- ii. Sulfat (Turbidity Meter)
- iii. Zat organik (Titrimetri)
- iv. Salinitas (Potensiometri)

Elektrodayangdipakai adalah *stainless steel*. Pengukuran dilakukan untuk mengetahui pengaruh besar tegangan dan waktu kontak dalam penurunan parameter air umpan sehingga dapat diketahui kinerja dari unit elektrokoagulasi. Diagram alir perlakuan percobaan tersebut dapat dilihat pada gambar 1.



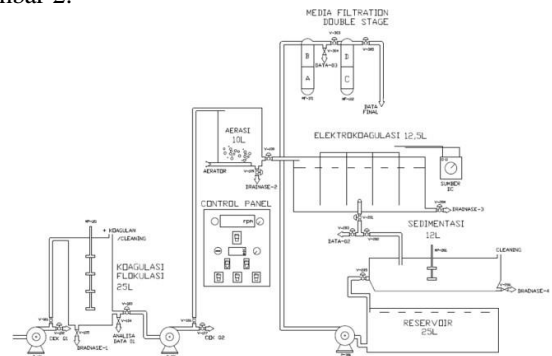
Gambar 1. Diagram Alir Pengolahan Air Payau menjadi Air Bersih Metode Elektrokoagulasi

Pendekatan Desain Struktural

Desain struktural adalah desain yang mengandung unsur-unsur seperti garis, bentuk, dan ukuran dalam suatu alat. Desain tersebut dapat berbentuk alat dalam tiga dimensi maupun dalam bentuk gambar dari suatu alat. Desain struktural menunjukkan bagaimana suatu

alat itu di konstruksikan dan bagaimana alat tersebut memenuhi fungsinya.

Pendekatan desain struktural menjelaskan struktur secara detail dari suatu alat, baik dari material, ukuran maupun proses pembuatannya yang dapat diamati pada Gambar 2.

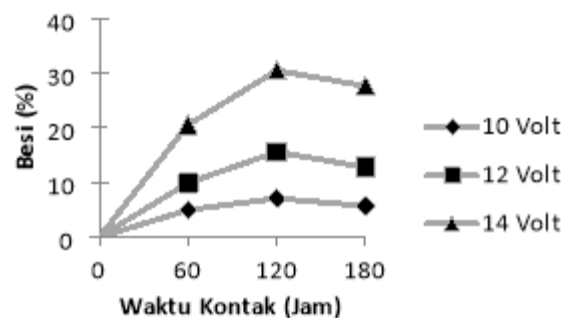


Gambar 2. Desain Prototipe Alat Pengolahan Air Payau menjadi Air Bersih

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengaruh Tegangan Listrik dan Waktu Kontak pada Penyisihan Besi

Besi adalah logam dalam kelompok makromineral di dalam kerak bumi, tetapi termasuk dalam kelompok mikro dalam sistem biologi. Pada umumnya besi yang ada di dalam air berada dapat bersifat terlarut sebagai Fe^{2+} dan Fe^{3+} (Wahyu dan Setyo, 2013). Grafik hubungan antara tegangan listrik dan waktu kontak terhadap penyisihan kadar besi dapat dilihat pada Gambar 3.

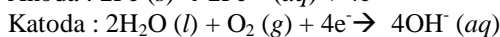
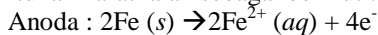


Gambar 3. Hubungan Tegangan Listrik dan Waktu Kontak terhadap Penyisihan Kadar Besi

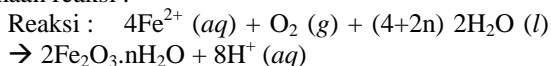
Pada Gambar 3 menunjukkan penyisihan kadar besi tertinggi adalah pada kondisi tegangan listrik 14 Volt dan waktu kontak 120 menit dengan kadar sebesar 0,98 mg/L dan penyisihan sebesar 30,5%. Pada saat tegangan dinaikkan maka jumlah partikel-partikel ion akan semakin besar sehingga menyebabkan arus yang mengalir semakin besar. Arus yang semakin meningkat akan menyebabkan peningkatan pembentukan $Fe(OH)_2$ yang berperan sebagai koagulan, sehingga semakin banyak polutan yang dapat diendapkan pada saat proses elektrokoagulasi berlangsung (Puji Lestari, dkk. 2017).

Pada pengaruh waktu kontak terjadi penurunan pada persen penyisihan kadar besi setelah 180 menit. Hal ini disebabkan oleh faktor korosi yang terjadi terhadap elektroda

besi. Korosi ini sendiri disebabkan oleh beberapa faktor, pertama karena elektrolit yang bereaksi adalah air payau yang mengandung garam yang dapat mempercepat laju korosi dengan menambah terjadinya reduksi tambahan. Kedua, air payau yang bereaksi mempunyai $pH < 7$ menyebabkan adanya reaksi reduksi tambahan yaitu reduksi H^+ pada katoda. Ketiga suhu pada reaktor elektrokoagulasi yang tinggi menyebabkan bertambahnya laju korosi dari elektroda besi. Faktor-faktor inilah yang menyebabkan terjadinya korosi pada elektroda besi. Korosi tersebut menghasilkan lapisan oksida $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$ yang berpori dan mudah retak yang mengakibatkan O_2 dan H_2O mudah masuk dan menjangkau permukaan logam. Elektroda besi pun akan teroksidasi dengan membebaskan elektron pada anoda yang kemudian mengalir ke katoda dimana oksigen tereduksi. Pada anoda akan terbentuk ion besi (II) yang selanjutnya terdispersi dalam air dan bereaksi dengan O_2 membentuk ion besi (III) yang kemudian membentuk oksida terhidrasi yaitu karat besi (Anggaretno, 2012). Faktor-faktor tersebut menyebabkan bertambahnya kadar besi meskipun waktu kontak semakin lama (60-180 menit). Persamaan reaksi pembentukan karat ialah sebagai berikut :

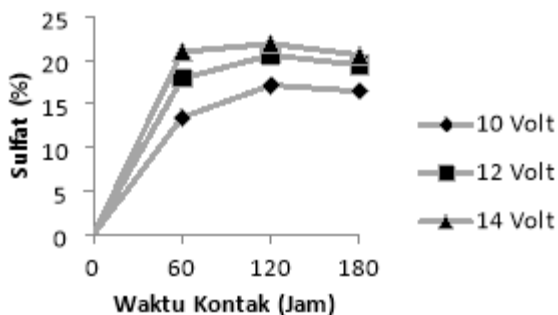


Ion Fe^{2+} mengalami Oksidasi menjadi Fe^{3+} dengan persamaan reaksi :



3.2 Pengaruh Tegangan Listrik dan Waktu Kontak pada Penyisihan Sulfat

Sulfat terdiri dari atom pusat sulfur yang dikelilingi oleh empat atom oksigen dalam susunan tetrahedron ion sulfat bermuatan dua negatif. Ion sulfat adalah salah satu anion utama yang muncul di air alami atau alam. Sulfat adalah salah satu ion penting dalam ketersediaan air karena efek pentingnya bagi manusia saat ketersediaannya dalam jumlah besar (Desti, dkk.2018). Grafik hubungan antara tegangan listrik dan waktu kontak terhadap penyisihan sulfat dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Hubungan Tegangan Listrik dan Waktu Kontak terhadap Penyisihan Kadar Sulfat

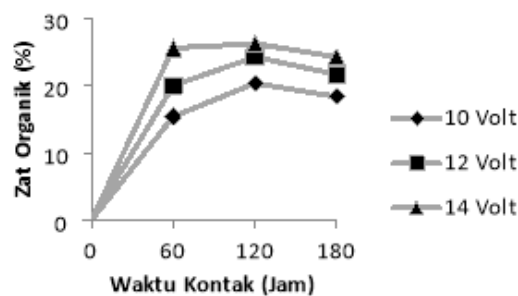
Pada Gambar 4 menunjukkan penyisihan kadar sulfat tertinggi adalah pada kondisi tegangan listrik 14 Volt dan waktu kontak 2 jam dengan kadar sebesar

235,84 mg/L dan penyisihan sebesar 21,9%. Hasil ini bersesuaian dengan pernyataan yang dikemukakan oleh Parangkirana, dkk (2018) dalam penelitiannya mengenai pengaruh tegangan listrik terhadap penyisihan kadar sulfat, bahwa semakin tinggi tegangan pada proses elektrokoagulasi maka nilai persentase penyisihan ion sulfat akan meningkat (Parangkirana, dkk.2018). Peningkatan tegangan tersebut berbanding lurus dengan persen penyisihan kadar sulfat (SO_4^{2-}) pada air payau dengan menggunakan elektrokoagulasi. Apabila voltase atau tegangan diperbesar maka reaksi reduksi dan oksidasi (redoks) yang terjadi didalam reaktor elektrokoagulasi tersebut semakin cepat terjadi. Semakin cepat reaksi redoks maka jumlah senyawa organik yang teroksidasi juga semakin banyak. Voltase atau tegangan listrik merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi proses elektrokoagulasi (Klamklang, dkk.2012).

Pada pengaruh waktu kontak terjadi penurunan pada penyisihan kadar sulfat setelah 3 jam. Hal ini dikarenakan lempeng elektroda yang mengalami kejenuhan sesuai dengan penelitian Hamid, dkk (2017) menyatakan ketika tegangan diberikan ke dalam larutan terus menerus akan menghasilkan jumlah Fe^{2+} dari elektroda yang terbentuk semakin bertambah sehingga jumlah flok $Fe(OH)_2$ juga bertambah. Jumlah flok yang terlalu banyak menyebabkan kejenuhan pada plat elektroda, sehingga kemampuan elektroda untuk menarik ion-ion sulfat dalam air payau berkurang. Dampak dari kondisi ini menyebabkan penyisihan medan magnet.

3.3 Pengaruh Tegangan Listrik dan Waktu Kontak pada Penyisihan Zat Organik

Zat organik adalah bagian dari binatang atau tumbuh-tumbuhan dengan komponen utamanya adalah karbon, protein dan lemak lipid. Zat organik ini mudah sekali mengalami pembusukan oleh bakteri dengan menggunakan oksigen terlarut. Grafik hubungan antara tegangan listrik dan waktu kontak terhadap penyisihan zat organik dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Hubungan Tegangan Listrik dan Waktu Kontak terhadap Penyisihan Kadar Zat Organik

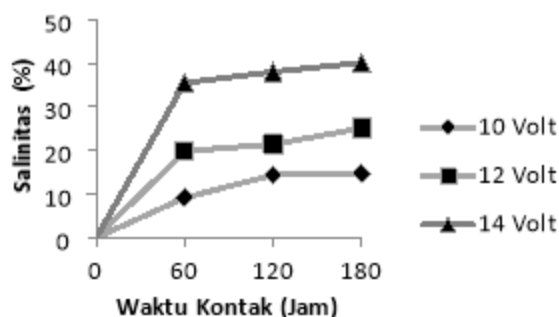
Pada Gambar 5 menunjukkan penyisihan kadar zat organik tertinggi adalah pada kondisi tegangan listrik 14 volt dan waktu kontak 2 jam dengan kadar sebesar 2,25 mg/L dan penyisihan sebesar 26,23%. Hal ini bersesuaian dengan pendapat yang dikemukakan oleh Klamklang, dkk (2012) dalam penelitiannya yakni apabila voltase atau

tegangan diperbesar maka reaksi reduksi dan oksidasi (redoks) yang terjadi dalam reaktor elektrokoagulasi tersebut semakin cepat terjadi. Semakin cepat reaksi redoks maka jumlah senyawa organik yang teroksidasi juga semakin banyak. Kuat tegangan berbanding lurus dengan besarnya arus listrik yang mengalir pada elektroda.

Pada pengaruh waktu kontak terjadi penurunan pada penyisihan kadar zat organik setelah 3 jam di setiap variasi tegangan listrik. Nilai kadar zat organik yang dihasilkan menunjukkan hasil yang fluktuatif (turun naik). Hal ini juga disebabkan karena adanya gejala desorpsi, yaitu proses melepaskan kembali zat organik yang telah diadsorpsi, karena koagulan yang dihasilkan dari reaksi oksidasi reduksi pada proses elektrokoagulasi ini telah mengalami titik jenuh yang diakibatkan salah satunya oleh zat organik (Suyata, 2009). Dewi, dkk (2013) juga menyebutkan dalam penelitiannya bahwa waktu kontak antara air sampel dan elektroda mempengaruhi efisiensi removalnya. Tetapi karena kemampuan elektroda dalam mereduksi air sampel terbatas maka meskipun waktu kontak diperlama kemampuan elektroda dalam menaikkan persen penyisihan berkurang karena elektroda mengalami kejenuhan. Salah satu penyebab penurunan persen penyisihan diatas yakni pembentukan OH^- pada katoda semakin berkurang dikarenakan adanya endapan yang menempel pada katoda. Semakin besar endapan yang menempel, semakin besar pula permukaan katoda yang tertutup yang mengakibatkan terhambatnya pembentukan OH^- . Jika OH^- yang dihasilkan berkurang mengakibatkan pengikatan Fe^{2+} untuk membentuk koagulan juga akan berkurang. Sehingga penyisihan yang terjadi pada reaktor elektrokoagulasi akan mengalami kenaikan yang mengakibatkan turunnya persen penyisihan kadar zat organik (Dewi, dkk. 2013). Faktor-faktor inilah yang menyebabkan bertambahnya kadar zat organik meski waktu kontak semakin lama (60-180 menit).

3.4 Pengaruh Tegangan Listrik dan Waktu Kontak pada Penyisihan Salinitas

Salinitas adalah tingkat keasinan atau kadar garam terlarut dalam air. Salinitas air payau menggambarkan kandungan garam dalam suatu air payau. Garam yang dimaksud adalah NaCl (Ratih dan Putu, 2010). Grafik hubungan antara tegangan listrik dan waktu kontak terhadap penyisihan salinitas dapat dilihat pada Gambar 6.



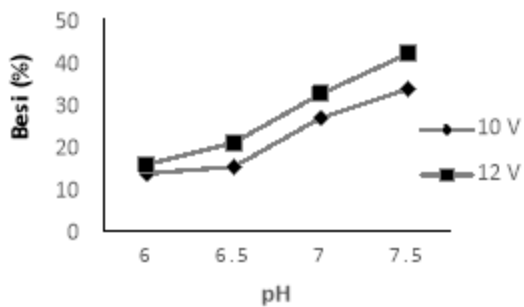
Gambar 6. Hubungan Tegangan Listrik dan Waktu Kontak terhadap Penyisihan Kadar Salinitas

Pada Gambar 6 menunjukkan penyisihan kadar sulfat tertinggi adalah pada kondisi tegangan listrik 14 Volt dan waktu kontak 3 Jam dengan kadar sebesar 9,73 ppt dan penyisihan sebesar 40,12%. Hal ini bersesuaian dengan pernyataan yang dikemukakan oleh Wijayanto (2015) dalam penelitiannya mengenai model alat penawar air tanah terintrusi air laut (air payau) dengan proses elektrokoagulasi, bahwa jika tegangan listrik semakin besar maka penyisihan kadar salinitas semakin tinggi. Peningkatan tegangan tersebut berbanding lurus dengan persen penyisihan kadar salinitas pada air payau dengan menggunakan elektrokoagulasi. Peningkatan ini mengindikasikan bahwa semakin besartegangan yang diberikan akan mengakibatkan persen penyisihan kadar salinitas semakin naik. Penyisihan kadar salinitas mengindikasikan bahwa pada proses elektrokoagulasi terjadi koagulasi dalam air payau dan terbentuk flok yang akan mengendap, sehingga kadar dari polutan dalam air semakin berkurang. Pada saat tegangan dinaikkan maka jumlah partikel-partikel ion akan semakin besar sehingga menyebabkan arus yang mengalir semakin besar. Arus yang semakin meningkat akan menyebabkan peningkatan pembentukan $\text{Fe}(\text{OH})_2$ yang berperan sebagai koagulan, sehingga semakin banyak polutan yang dapat diendapkan pada saat proses elektrokoagulasi berlangsung.

Berbeda dengan penyisihan kadar besi, sulfat dan zat organik pada persen penyisihan salinitas berdasarkan pengaruh waktu kontak (60-180 menit) terjadi kenaikan persen penyisihan yang signifikan. Hal ini bersesuaian dengan penelitian yang dilakukan oleh Wijayanto (2015) yang berkesimpulan bahwa semakin lama waktu proses mengakibatkan terjadinya penyisihan kadar sodium, potasium, magnesium, klorida, dan bikarbonat. Hal ini disebabkan semakin banyaknya pembentukan senyawa koagulan $\text{Fe}(\text{OH})_2$ pada saat arus ditingkatkan atau waktu proses yang semakin lama. Semakin bertambahnya pembentukan $\text{Fe}(\text{OH})_2$ membawa dampak semakin banyak sodium/natrium (Na^+), kalium (K^+), kalsium (Ca^{2+}), magnesium (Mg^{2+}), klorida (Cl^-), dan bikarbonat (HCO_3^-) yang dapat diikat oleh $\text{Fe}(\text{OH})_2$ dan membentuk senyawa yang lebih berat, sehingga mudah diendapkan. Faktor-faktor inilah yang menyebabkan kadar salinitas turun secara signifikan diiringi dengan penambahan waktu kontak.

3.5 Pengaruh pH dan Tegangan Listrik pada Penyisihan Besi

Besi adalah logam dalam kelompok makromineral di dalam kerak bumi, tetapi termasuk dalam kelompok mikro dalam sistem biologi. Pada umumnya besi yang ada di dalam air berada dapat bersifat terlarut sebagai Fe^{2+} dan Fe^{3+} (Wahyu dan Setyo, 2013). Grafik hubungan antara pH dan tegangan listrik terhadap penyisihan kadar besi dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Hubungan pH dan Tegangan Listrik terhadap Penyisihan Besi

Penurunan kadar Fe dari air payau menjadi jernih disebabkan karena semakin besar tegangan listrik maka persen penyisihan kadar besi semakin tinggi. Dimana kondisi ini bersesuaian dengan teori bahwa semakin besar tegangan listrik maka semakin cepat waktu pelepasan ion Fe^{2+} dan OH^- yang berfungsi sebagai koagulan. Pada saat tegangan dinaikkan maka jumlah partikel-partikel ion akan semakin besar sehingga menyebabkan arus yang mengalir semakin besar. Arus yang semakin meningkat akan menyebabkan peningkatan pembentukan $Fe(OH)_2$ yang berperan sebagai koagulan, sehingga semakin banyak polutan yang dapat diendapkan pada saat proses elektrokoagulasi berlangsung (Puji Lestari, 2017).

Dalam keadaan tereduksi ion besi di dalam air berada dalam bentuk ferro (ion besi dengan valensi II). Apabila terdapat bahan oksidator maka bentuk ferro cepat teroksidasi menjadi ion ferri (ion besi dengan valensi III) dan dapat bereaksi lagi menjadi oksida yang tidak larut. Dalam keadaan asam, dimana pH-nya < 3,5 maka ion ferri akan melarut (Joko, 2010). Sedangkan Bila dioksidasi pada kisaran pH 3.5 hingga 7, besi hampir tidak larut dalam air dan konsentrasinya dalam air dapat dikurangi sampai lebih kecil dari 0,4 mg/L (Budiyono dan Siswo, 2013).

Maka dari itu pengaruh variasi pH 6, 6,5, 7 dan 7,5 mampu menambah laju koagulasi pada kadar besi sehingga dapat menurunkan kadar besi menjadi rendah. Namun, pengolahan dengan variasi pH didapatkan kadar optimum pada pH 7 dimana besi tidak bisa dioksidasi dengan kondisi pH >7 menurut Budiyono dan Siswo (2013). Pada tegangan 10 volt variasi pH 7, kadar Fe menurun sebanyak 87,5% dengan kadar 1,01. Tetapi Optimum pengolahan ini didapatkan pada tegangan elektroda 12 Volt dengan kadar 0,98 mg/L dan persentase penyisihan sebesar 87,81%. Menurut PERMENKES RI No.32 Tahun 2017 tentang persyaratan kualitas air bersih mensyaratkan kadar maksimum yang diperbolehkan untuk Besi (Fe) yaitu sebesar 1 mg/L. Dalam penelitian ini air hasil olahan memenuhi standar air bersih dari segi parameter Kadar Baku Mutu.

3.6 Pengaruh pH dan Tegangan Listrik pada Penyisihan Kesadahan

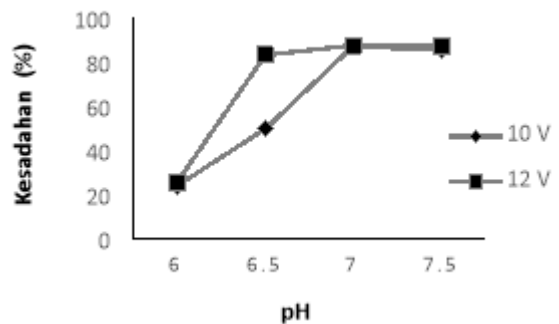
Kesadahan pada prinsipnya adalah terkontaminasi air dengan unsur kation Ca dan Mg, kesadahan yang paling banyak dijumpai didalam air laut. Kesadahan

ISSN: 1693-9050

E-ISSN: 2623-1417

<https://jurnal.polsri.ac.id/index.php/kimia/index>

dalam air sebagian besar adalah berasal dari kontakannya dengan tanah dan pembentukan batuan (Dian,dkk.2016). Grafik hubungan antara pH dan tegangan listrik terhadap penyisihan kesadahan dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Hubungan pH dan Tegangan Listrik terhadap Penyisihan Kesadahan

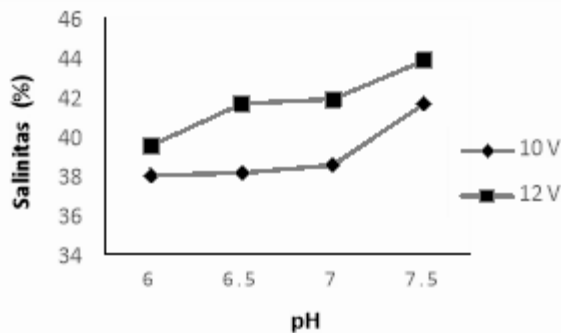
Menurut Malakootian, M. dkk, (2009) dengan meningkatnya arus listrik, efisiensi semakin besar. Pada potensial yang tinggi, ukuran dan kecepatan terbentuknya flok meningkat, sehingga semakin efektif proses elektrokoagulasi. Selain itu, dengan meningkatnya kerapatan arus, kecepatan terbentuknya gelembung gas hidrogen di katoda meningkat dan ukuran gelembung gas hidrogen yang dihasilkan kecil. Gelembung yang lebih kecil memberi area permukaan yang lebih luas untuk mengikat partikel di larutan sehingga menghasilkan efisiensi pemisahan yang lebih baik (Yusbarina,2014).

Dalam pengolahan kadar kesadahan menggunakan elektrokoagulasi, ion kalsium dihilangkan dari air dalam bentuk endapan $CaCO_3$ dan ion magnesium dihilangkan dalam bentuk endapan $Mg(OH)_2$ (Tua, 2015). Keberadaan konsentrasi asam karbonat dan variasi pH berperan penting di dalam pengendapan kedua padatan tersebut. Kesadahan yang disebabkan oleh karbonat dapat diatasi dengan peningkatan pH dengan mengkonversikan ion bikarbonat menjadi bentuk karbonat yang mempunyai pH netral (+7). Karena peningkatan konsentrasi karbonat, terjadi pengendapan kalsium karbonat. Kalsium yang tertinggal tidak dapat dihilangkan hanya dengan pengolahan air sederhana. Oleh karena itu, proses elektrokoagulasi dengan peningkatan variasi pH sangat membantu pengurangan kadar kesadahan pada air payau tersebut.

Penurunan konsentrasi terbesar terjadi pada tegangan elektroda 12 volt dengan variasi pH 7,5 yaitu 306,6 mg/L dari konsentrasi awal 527,1 mg/L dengan efisiensi mencapai 41,83%. Menurut PERMENKES RI No.32 Tahun 2017 tentang persyaratan kualitas air bersih mensyaratkan kadar maksimum yang diperbolehkan untuk Kesadahan yaitu sebesar 500 mg/L. Dalam penelitian ini air hasil olahan memenuhi standar air bersih dari segi parameter Kadar Baku Mutu.

3.7 Pengaruh pH dan Tegangan Listrik pada Penyisihan Salinitas

Salinitas adalah tingkat keasinan atau kadar garam terlarut dalam air. Salinitas air payau menggambarkan kandungan garam dalam suatu air payau. Garam yang dimaksud adalah NaCl (Ratih dan Putu, 2010). Grafik hubungan antara pH dan tegangan listrik terhadap penyisihan salinitas dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Hubungan pH dan Tegangan Listrik terhadap Penyisihan Salinitas

Pada Gambar 9 menunjukkan penyisihan kadar salinitas tertinggi adalah pada kondisi tegangan listrik 12 Volt dan Variasi pH 7,5 dengan kadar sebesar 9,73 ppt dan persen penyisihan sebesar 43,82%. Hal ini bersesuaian dengan pernyataan yang dikemukakan oleh Wijayanto (2015) dalam penelitiannya mengenai model alat penawar air tanah terintrusi air laut (air payau) dengan proses elektrokoagulasi, bahwa jika tegangan listrik semakin besar maka penyisihan kadar polutan semakin tinggi. Peningkatan tegangan tersebut berbanding lurus dengan variasi pH pada air payau dengan menggunakan elektrokoagulasi. Peningkatan ini mengindikasikan bahwa semakin besar tegangan dan pH yang diberikan akan mengakibatkan persen penyisihan kadar salinitas semakin naik.

Pada rentang pH 6-8 air akan mengalami peningkatan pembentukan $\text{Fe}(\text{OH})_3$, inilah yang mendorong terjadinya koagulasi (Rachmawati S.W, 2009) sehingga semakin banyak polutan yang dapat diendapkan pada saat proses elektrokoagulasi berlangsung. Hal ini bersesuaian dengan penelitian yang dilakukan oleh Wijayanto (2015) yang berkesimpulan bahwa semakin baik pH air (+7) maka akan mengakibatkan terjadinya penyisihan kadar sodium, potasium, magnesium, klorida, dan bikarbonat. Hal ini disebabkan semakin banyaknya pembentukan senyawa koagulan $\text{Fe}(\text{OH})_3$ pada saat arus ditingkatkan atau waktu proses yang semakin lama. Semakin bertambahnya pembentukan $\text{Fe}(\text{OH})_3$ membawa dampak semakin banyak sodium/natrium (Na^+), kalium (K^+), kalsium (Ca^{2+}), magnesium (Mg^{2+}), klorida (Cl^-), dan bikarbonat (HCO_3^-) yang dapat diikat oleh $\text{Fe}(\text{OH})_3$ dan membentuk senyawa yang lebih berat, sehingga mudah diendapkan. Faktor-faktor inilah yang menyebabkan kadar salinitas turun diiringi dengan variasi pH.

3.8 Perbandingan antara Penelitian Sebelumnya dan Penelitian Sekarang

Tegangan Listrik	Waktu Kontak	pH	Penyisihan Besi (%)	Pustaka
12 Volt	45 menit	TD	98,7	Rasman & Firdaus (2019)
15 Volt	45 menit	TD	97,9	Rasman & Firdaus (2019)
20 Volt	45 menit	TD	99,7	Rasman & Firdaus (2019)
10 Volt	120 menit	TD	7,09	Penelitian Sekarang
12 Volt	120 menit	7,5	15,6	Penelitian Sekarang
14 Volt	120 menit	TD	30,5	Penelitian Sekarang

Tegangan Listrik	Waktu Kontak	pH	Penyisihan Sulfat (%)	Pustaka
20 Volt	80 menit	TD	TD	Parangkirana, Dkk (2018)
25 Volt	80 menit	TD	TD	Parangkirana, Dkk (2018)
30 Volt	80 menit	TD	86,3	Parangkirana, Dkk (2018)
10 Volt	120 menit	TD	7,09	Penelitian Sekarang
12 Volt	120 menit	7,5	15,6	Penelitian Sekarang
14 Volt	120 menit	TD	30,5	Penelitian Sekarang

Tegangan Listrik	Waktu Kontak	pH	Penyisihan Zat Organik (%)	Pustaka
10 Volt	60 menit	TD	64,0	Deghani & Mehdi (2012)
20 Volt	60 menit	TD	75,0	Deghani & Mehdi (2012)
30 Volt	60 menit	TD	87,1	Deghani & Mehdi (2012)
10 Volt	120 menit	TD	7,09	Penelitian Sekarang
12 Volt	120 menit	7,5	15,6	Penelitian Sekarang
14 Volt	120 menit	TD	30,5	Penelitian Sekarang

4. SIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa :

1. Proses elektrokoagulasi dengan elektroda besi (Stainless Steel) mampu menurunkan kadar salinitas, kadar besi, sulfat dan zat organik pada air payau sehingga menghasilkan air dengan kualitas yang telah memenuhi standar baku mutu air bersih berdasarkan standar Permenkes Republik Indonesia No.32 Tahun 2017.
2. Persentase penurunan untuk kondisi optimum pada penurunan parameter besi adalah pada tegangan 14 volt dan waktu kontak 2 jam yaitu 0,98 mg/l dengan persen penurunan sebesar 30,5%, kondisi optimum pada penurunan parameter sulfat adalah pada tegangan 14 volt dan waktu kontak 2 jam yaitu 235,84 mg/l dengan persen penurunan sebesar 21,9%, kondisi optimum pada penurunan parameter zat organik adalah pada tegangan 14 volt dan waktu kontak 2 jam yaitu 2,25 mg/l dengan persen penurunan

sebesar 26,23%, serta kondisi optimum pada penurunan parameter salinitas adalah pada tegangan 14 volt dan waktu kontak 3 jam yaitu 9,73 ppt dengan persen penurunan sebesar 40,12 %. Variasi pH berpengaruh terhadap optimum penurunan kadar Salinitas, Besi dan Kesadahan produk Elektrokoagulasi. Semakin pH netral (+7), maka hasil analisa produk akan semakin mendekati standar Permenkes No 32 tahun 2017.

3. Kondisi pH optimum penurunan salinitas, besi dan kesadahan pada proses Elektrokoagulasi pengolahan air payau yaitu pada pH 7 dan 7,5 tegangan elektroda 12Volt.
4. Pada tegangan elektroda 10 volt kadar polutan menurun sesuai standar baku mutu tetapi tidak cukup optimum seperti pada tegangan 12 volt dikarenakan semakin besar arus listrik maka penyisihan kadar polutan semakintinggi.
5. Produk air bersih yang memiliki karakteristik memenuhi standar Permenkes No 32 tahun 2017 adalah produk dengan variasi pH 7,5, yang setelah dilakukan analisa didapatkan kadar Salinitas 10,11 ppm dan Kesadahan 306 mg/L. Tetapi pada kadar Besi optimum pengolahannya pada pH 7, dikarenakan besi hanya bisa teroksidasi pada pH 3,5 sampai 7.

DAFTAR PUSTAKA

Amalia, Pranawati. 2014. *Pengolahan Air Gambut Dengan Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Aluminium*. Palembang: Politeknik Negeri Sriwijaya

Anggaretno, Gita., 2012. *Analisa Pengaruh Jenis terhadap Laju Korosi pada Pengelesan Pipa API 5L Grade X65 dengan Media Korosi FeCl3*. Jurnal Teknik ITS. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.

Angraini, S., 2017. *Proses Penjernihan Air Payau Dengan Media Filtrasi Karbon Aktif Dan Pasir Silika*. Palembang :Politeknik Negeri Sriwijaya.

Apriani, R.S. and Wesen, P., 2010. *Penurunan Salinitas Air Payau dengan Menggunakan Resin Penukar Ion*. Envirotek: Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan 2 (1) ISSN 2085-501-X Hal 64, 77

Ardhani, A.F., dan Dwi, Ismawati. 2007. *Penangana Limbah Cair Rumah Pemotongan Hewan dengan Metode Elektrokoagulasi*. Skripsi. Semarang: Universitas Diponegoro

Ardiyanto, A., Rohmiyati, S. M., &Hartati, R. M., 2018. *Respon Bibit Kelapa Sawit Di Prenursery Pada Beberapa Jenis Tanah Terhadap Pemberian Air Payau*. JurnalAgromast, 3(1).

Dewi, L. K., R.A.Afzah, dan E.S Soedjono. 2011. *Rancang Bangun Alat Pemurni Air Payau Sederhana dengan Membran Reverse Osmosis untuk Memenuhi Kebutuhan Air Minum Masyarakat Miskin Daerah Pesisir*. Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.

EF, Karamah dan A, Septiyanto., 2008. *Pengaruh Suhu dan Tingkat Keasaman (pH) pada Tahap Pralakuan Koagulasi (Koagulan Aluminium Sulfat) dalam Proses Pengolahan Air Menggunakan Membran Mikrofiltrasi Polipropilen Hollow Fibre*. Depok: Departemen Teknik Gas dan Petrokimia, Fakultas Teknik Universitas Indonesia

Holt, P., K, B., G, W., dan Mitchell, C. A. (2005). *The Future For Electrocoagulation as A Localised Water Treatment Technology*. ChemospHere, 59, 367.

Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. 2017. *Peraturan Menteri Kesehatan RI No.32 Tahun 2017 Tentang Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, Solus Per Aqua dan Pemandian Umum*. Jakarta: Menteri Kesehatan Republik Indonesia.

Klamklang, S, H. Vergnes, K. Pruksathorn, dan S. Damronglerd. 2012. *Electrochemical Incineration of Organic Pollutants for Wastewater Treatment : Past, Present and Prospect*. In Tech. Croatia.

Lestari, Puji, Amri, Choirul, dan Sudaryanto, Sigid. 2017. *Efektifitas Jumlah Pasangan Elektroda pada Proses Elektrokoagulasi terhadap Penurunan Kadar Fosfat Limbah Cair Laundry*. Jogjakarta: Jurnal Sanitasi Kesehatan Lingkungan Vol. 9, No.1, Agustus 2017, pp.38-50.

Masita, Dewi, Samudro, Ganjar dan Handayani, Dwi Swi. 2012. *Studi Penurunan Konsentrasi Kromium dan Tembaga Dalam Pengolahan Limbah Cair Elektroplating Artificial Dengan Metode Elektrokoagulasi*. Semarang: Universitas Diponegoro.

Marsidi, Ruliasih. 2001. *Zeolit untuk Mengurangi Kesadahan Air*. Jurnal Teknologi Lingkungan. Vol. 2, No. 1. Januari 2001: 1-10.

Mellisani, B., Gusrizal, Wahyuni, N., 2013, *Penurunan Kandungan Besi (II) oleh Pasir Terlapis Mangan Dioksida (MnO2)*, J. Kimia Khatulistiwa, 2(3): 123-126.

- Mollah, M. 2001. *Electrocoagulation (EC) – Science and Applications. Journal of Hazardous Materials, Vol B(84)*, 29-41.
- Mollah, M. Y. A. 2004. *Fundamentals, Present, and Future Perspectives of Electrocoagulation. Journal of Hazardous Materials*, B114, 199-210.
- Nouri. 2010. *Application of Electrocoagulation Process in Removal of Copper from Aqueous Solution by Aluminum Electrodes. International Journal of Environment*, vol 2, p.201-208.
- Parangkirana, Hamengku Samudro dan Nasution, Sofyan Abdullah. (2018). *Penyisihan Kadar Sulfat (SO_4^{2-}) Pada Limbah Cair Industri Pertambangan Batubara Menggunakan Teknik Elektrokoagulasi*. Malang : Universitas Brawijaya.
- Suprayogi, I., Nadjnjdi, A., dan Mohammad, I. 2006. *Fenomena Intrusi Air Laut Di Estrusi Akibat Pengaruh Tinggi Pasang Air Laut Dengan Debit Hulu Sungai Menggunakan Pendekatan Model Fisik*. Parifikasi Vol. 7 No.2. Halaman 133-138.
- Suriawiria, C.T. 1991. *Teknologi Penyediaan Air Bersih*. Jakarta: PT Rineka Cipta.
- Suryanta. 2012. *Pengolahan Air Sumur Untuk Bahan Baku Air Minum. Water Treatment*, Halaman 1-12.
- Susetyaningsih, Retno. 2008. *Kajian Proses Elektrokoagulasi Untuk Pengolahan Limbah Cair*, Seminar Nasional IV SDM Teknologi Nuklir Sekolah Tinggi Teknik Lingkungan Yogyakarta.
- Sutanto, Hidjan, dan Wijayanto, Danang. 2010. *"Pembuatan Air Bersih dari Air Limbah Menggunakan Proses Elektrokoagulasi dan Fotokatalitik Secara Simultan dengan Pengaktif Tenaga Surya"*, Laporan Penelitian Strategis Nasional, DP3M-DIKTI, Jakarta.
- Suyata dan Irmanto. 2009. *Penurunan TSS, BOD, COD Limbah Cair Tahu Di Desa Cilongok Kabupaten Banyumas Menggunakan Sistem Zeolit Teraktivasi dan Teraktivasi dan Terimpregnasi TiO_2* . Molekul, Vol. 4. No. 2. November, 2009 : 83-93.
- Suwanto, N., Sudarno, Sari, A.A., dan Harimawan. 2017. *Penyisihan Fe, Warna dan Kekeruhan pada Elektrokoagulasi pada Air Gambut Menggunakan Metode Elektrokoagulasi*. Jurnal Teknik Lingkungan. Vol.6, No. 2 (2017).
- Tamim, Younos dan E. Tulou Kimberly 2005. *Overview of Desalination Techniques. Journal of Contemporary Water Research & Education Issue 132*, pages 3-10.
- Wahyulis N.C, Ulfin I, Harmami. 2014. *Optimasi Tegangan pada Proses Elektrokoagulasi Penurunan Kadar Kromium dari Filtrat Hasil Hidrolisis Limbah Padat Penyamakan Kulit*. Jurnal Sains dan Seni Pomits. Volume 3 (No 2) 2337-3520. Fakutlas MIPA. Institut Teknologi Sepuluh November (ITS). Surabaya.
- Wijayanto, Danang. dan Sutanto. 2015. *Model Alat Penawar Air Tanah Terintrusi Air Laut (Air Payau) Dengan Proses Elektrokoagulasi*. Jakarta : Politeknik Negeri Jakarta.
- Deghani, Mansooreh., dan Mehdi Taghizadeh, Mohammad. (2012). *Optimization of organic compounds removal from Wastewater by Electrocoagulation*. Hormozgan Medical Journal ,Vol 19, No.1, April-May, 2015.
- Rasman, Rasman dan Firdaus, Muh. (2019). *Kemampuan Elektrokoagulasi Dalam Menurunkan Kadar Besi (Fe) Pada Air Sumur Bor*. Media Komunikasi Sivitas Akademika & Masyarakat.

