

Pengurangan Turbiditas pada Air Laut Menggunakan Metode Elektrokoagulasi

Holisaturrahmah dan Suprpto

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: suprpto@chem.its.ac.id

Abstrak—Pengurangan turbiditas air laut menggunakan metode elektrokoagulasi telah dipelajari. Proses koagulasi air laut selama elektrolisis terjadi karena terbentuknya koagulan magnesium hidroksida sehingga pengurangan turbiditas air laut lebih cepat. Hasil analisis ICP-AES menunjukkan bahwa konsentrasi ion magnesium dalam air laut berubah dari 312,35 ppm menjadi 0,03 ppm setelah elektrolisis. Pengukuran turbiditas air laut menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 750 nm. Pada penelitian ini dipelajari pengaruh tegangan terhadap pengurangan turbiditas air laut. Pada proses elektrolisis selama 70 menit dengan variasi tegangan 2 V, 5 V dan 10 V, turbiditas air laut yang berkurang masing-masing sebesar 88%, 94% dan 98%.

Kata Kunci—Air laut; desalinasi; elektrokoagulasi; koagulasi; reverse osmosis; turbiditas.

I. PENDAHULUAN

DESALINASI merupakan proses pemurnian air dengan cara mengurangi kandungan garam-garamnya. Dalam beberapa tahun terakhir, desalinasi air dengan membran menjadi inovasi yang populer salah satunya adalah osmosis balik atau *Reverse Osmosis* (RO) [1]. Teknologi desalinasi dengan RO terbukti dapat menghilangkan salinitas air laut sampai 99% [2]. Prinsip kerja metode ini adalah dengan mendesak air laut melewati membran semi-permeabel untuk menyaring kandungan garamnya. Tetapi perairan alami seperti air laut mengandung berbagai kotoran partikulat termasuk bahan anorganik seperti tanah liat dan oksida logam, bahan organik koloid dan mikroba seperti virus, bakteri, protozoa dan ganggang. Partikel air mencakup berbagai ukuran, dari ukuran nm sampai mm sehingga memerlukan berbagai macam teknologi pengolahan air [3]. Jika membran RO yang dipilih kurang tepat maka akan terjadi penyumbatan (*fouling*) pada membran. Penyumbatan terjadi karena adanya deposisi *irreversible* dari partikel yang tertahan pada membran dan akan merusak daya hantar membran tersebut sehingga dapat menghambat transport ion melewati permukaan membran dan mengurangi perpindahan air [4].

Penyumbatan merupakan permasalahan umum yang selalu ditemukan dalam proses membran. Penyumbatan terjadi karena kekeruhan atau turbiditas air yang disebabkan oleh kontaminan biologis, senyawa makromolekul, senyawa anorganik tak larut dan partikel tersuspensi atau koloid (oksida aluminium, besi dan silika). Metode pengolahan untuk mengurangi turbiditas air laut perlu dikembangkan untuk mengurangi terjadinya penyumbatan pada membran sehingga membran dapat bekerja lebih efektif dalam menyaring zat garam. Pengolahan untuk mengurangi turbiditas air laut yang pernah digunakan meliputi disinfeksi, koagulasi, flokulasi, filtrasi dengan penyesuaian terhadap membran [5].

Pada tahun 2006, Panizza, dkk. menggunakan metode elektrokimia untuk mengurangi partikel-partikel koloid,

COD (*Chemical Oxygen Demand*), zat warna dalam larutan sintesis yang mengandung metilen biru menggunakan anoda tak larut yaitu Ti/TiRuO₂ [6]. Teknik elektrokimia dengan anoda tembaga juga terbukti dapat mengurangi kandungan logam berat (misal tembaga) dalam air limbah dibandingkan menggunakan teknik-teknik lainnya seperti penukar ion, sedimentasi, dan pengendapan secara kimia [7]. Teknik ini meliputi elektrodeposisi, elektrokoagulasi, elektroflotasi dan elektrooksidasi menggunakan anoda DSA (*Dimensionally Stable Anode*/anoda tak larut) yaitu Ti/TiRuO₂ dan katoda Fe/Al. Metode elektrokoagulasi juga digunakan dalam pengolahan limbah cair selama abad terakhir. Teknologi tersebut telah terbukti sebagai pengolahan air yang efektif untuk menghilangkan logam, anion, pewarna, bahan organik, padatan tersuspensi, koloid dan bahkan arsen [8].

Penelitian Kirk dan Ledas (1982) menunjukkan bahwa selama elektrolisis air laut, komposisi endapan yang dihasilkan di katoda utamanya disebabkan oleh kation magnesium (~95%) dan kalsium (~6%) [9]. Sedangkan komposisi anion utamanya disebabkan oleh ion hidroksida (residu air) dan karbonat. Pengendapan menggunakan logam hidroksida sering digunakan dalam memperoleh atau mengetahui konsentrasi beberapa elemen dalam larutan. Diantara logam-logam hidroksida, magnesium hidroksida merupakan yang paling efektif mempercepat proses pengendapan (koagulan) dalam menghilangkan atau memisahkan beberapa logam-logam berat [10]. Metode elektrokoagulasi salah satunya dipengaruhi oleh rapatannya beda potensial (tegangan) yang diberikan dan waktu elektrolisis.

II. URAIAN PENELITIAN

2.1 Proses Elektrokoagulasi

Reaktor elektrokimia dibuat dari kaca ukuran 10×10×7 cm. Air laut sebanyak 350 mL dimasukkan ke dalam reaktor. Anoda grafit dan katoda *stainless steel* dicelupkan ke dalam cuplikan air laut. Anoda grafit dihubungkan dengan arus listrik positif dan katoda *stainless steel* dihubungkan dengan arus listrik negatif. Ukuran katoda sebesar 7,7×6 cm sedangkan ukuran anoda sebesar 9×7 cm. Ukuran Anoda tercelup sebesar 4,5×7 cm dan katoda tercelup sebesar 4,5×6 cm. Jarak antara kedua elektroda sebesar 55 mm. Tegangan (sumber arus DC/arus searah) yang digunakan diatur sesuai dengan (dengan beberapa variasi yaitu 2 V, 5 V, dan 10 V. Waktu elektrolisis yang digunakan adalah waktu optimum saat elektrolisis dengan tegangan tertinggi (absorbansi air laut mendekati 0,000). Arus listrik yang terukur diamati dan dicatat. tegangan dinaikkan sebesar 1 Volt pada menit ke-30 untuk mengurangi adsorpsi endapan ke katoda. Reaktor ini dilengkapi dengan lubang di bagian penutupnya yang berfungsi sebagai tempat keluarnya gas hasil elektrolisis dan untuk pengukuran pH menggunakan pH meter. Air laut hasil elektrokoagulasi disaring

Tabel 3.1.

Konsentrasi ion utama dalam cuplikan awal air laut dan air laut yang telah dielektrolisis

Parameter	Ca ²⁺	Mg ²⁺
Cuplikan awal air laut, (ppm)	177,05	312,35
Air laut yang telah dielektrolisis, (ppm)	161,64	0,03
Endapan (ppm)	9,101	20,57

menggunakan kertas saring dan corong sehingga diperoleh filtrat yang ditampung dalam erlenmeyer. Kadar ion logam Ca²⁺ dan Mg²⁺ dalam filtrat diukur dengan ICP-AES (*Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry*). Endapan yang diperoleh didestruksi menggunakan HNO₃ pekat (65 %) sebanyak 7,5 mL kemudian diukur kadar ion logam Ca²⁺ dan Mg²⁺ nya. Kekeruhan air laut sebelum dan sesudah elektrokoagulasi diukur dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 750 nm.

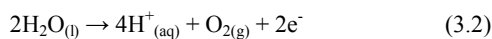
III. HASIL DAN DISKUSI

Selama proses elektrolisis, terjadi reaksi oksidasi-reduksi pada masing-masing elektroda, sebagai berikut:

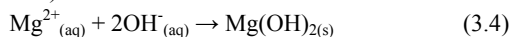
Katoda :



Anoda :

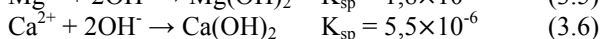
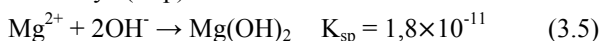


Larutan (air laut) :



Selama elektrolisis 10-30 menit, terlihat adanya endapan yang menempel di katoda. Endapan yang menempel di katoda dapat mengurangi daerah permukaan aktif pada katoda. Kirk dan Ledas (1982) mengatakan bahwa jumlah endapan yang menempel di katoda cenderung berkurang setelah peningkatan densitas arus [9], sehingga pada menit ke-30 besar tegangan dinaikkan sebesar 1 V. Penambahan tegangan juga berfungsi untuk mempertahankan besarnya arus listrik yang mengalir selama elektrolisis.

Nilai pH sekitar katoda semakin tinggi selama proses elektrolisis berlangsung. Abdel dan Hussein (1993) mengatakan bahwa peningkatan pH di katoda disebabkan karena terjadi pembentukan OH⁻ [11]. Pembentukan magnesium hidroksida selama elektrolisis dipengaruhi oleh nilai pH di sekitar katoda. Semakin tinggi pH sekitar katoda maka semakin besar pengurangan turbiditas air laut. Kirk dan Ledas (1982) mengatakan bahwa selama proses elektrolisis air laut, magnesium hidroksida akan terbentuk jika pH ≥ 9 [9]. Pada pH 9 juga terbentuk padatan kalsium hidroksida [12]. Magnesium hidroksida memiliki kelarutan sangat rendah. Endapan magnesium hidroksida lebih banyak dibanding kalsium hidroksida karena nilai tetapan kelarutannya (K_{sp}) lebih rendah.



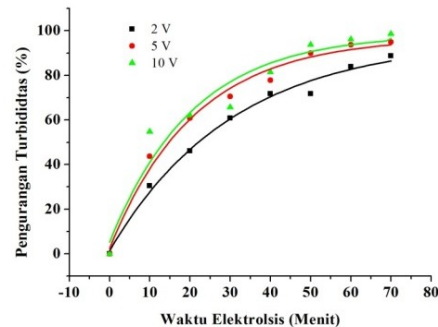
Hal tersebut juga dibuktikan dari pengurangan konsentrasi ion-ion dalam air laut setelah proses elektrolisis, seperti yang terlihat pada Tabel 3.1.

Konsentrasi Ca²⁺ tidak berubah secara signifikan, sedangkan konsentrasi Mg²⁺ berubah sangat signifikan dari 312,35 ppm menjadi 0,03 ppm setelah elektrolisis 70 menit dengan tegangan 10 V. Konsentrasi Mg²⁺ dalam endapan

Tabel 3.2.

Pengaruh tegangan terhadap pengurangan turbiditas air laut

Waktu (Menit)	Pengurangan Turbiditas (%)		
	2 V	5 V	10 V
0	0	0	0
10	30,41	43,79	54,74
20	46,22	60,82	62,04
30	60,82	70,55	65,69
40	71,77	77,85	81,50
50	71,77	90,01	93,67
60	83,94	93,67	96,10
70	88,80	94,88	98,53



Gambar 3.1. Pengaruh tegangan terhadap pengurangan turbiditas air laut

yang sudah didestruksi juga cukup besar dibanding Ca²⁺. Hal ini menunjukkan bahwa endapan magnesium hidroksida terbentuk selama elektrolisis dan mengambil peran penting dalam pengurangan turbiditas

3.1 Pengaruh Tegangan terhadap Pengurangan Turbiditas

Tegangan (beda potensial) berbanding lurus dengan besarnya arus listrik yang mengalir pada elektroda. Arus listrik menyebabkan terjadinya transfer elektron dari elektroda ke larutan elektrolit (air laut). Adanya aliran listrik ini menyebabkan terjadinya reaksi kimia dalam larutan. Semakin besar tegangan yang diberikan maka semakin besar aliran elektron pada elektroda sehingga semakin cepat terjadinya reaksi kimia dalam larutan yaitu semakin banyaknya magnesium hidroksida maupun gelembung (gas) yang terbentuk. Pengaruh tegangan terhadap pengurangan turbiditas terlihat pada Tabel 3.2 dan Gambar 3.1. Pengurangan turbiditas masing-masing sebesar 88%, 94% dan 98% untuk masing-masing elektrolisis dengan tegangan 2 V, 5 V, dan 10 V selama 70 menit. Saat tegangan tinggi, hidroksil yang larut dan kecepatan pembentukan magnesium hidroksida meningkat sehingga endapan yang dihasilkan lebih banyak dan meningkatkan penurunan turbiditas.

Tabel 3.3 dan Gambar 3.2 Menunjukkan pola peningkatan nilai pH selama proses elektrolisis dengan tegangan 2 V, 5 V, dan 10 V. Semakin besar tegangan yang digunakan maka semakin besar pula peningkatan pH yang terjadi.

IV. KESIMPULAN/RINGKASAN

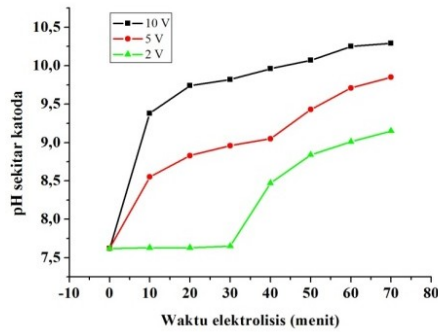
Proses pengurangan turbiditas air laut menggunakan metode elektrokoagulasi dilakukan dengan cara bervariasi beda potensial. Waktu optimum elektrolisis diperoleh pada waktu elektrolisis selama 70 menit dengan tegangan 10 Volt. Pengurangan turbiditas pada waktu optimum tersebut sebesar 98% dengan pH optimum sebesar 10,29. Pengurangan turbiditas masing-masing sebesar 88%, 94% dan 98% untuk masing-masing elektrolisis dengan tegangan 2 V, 5 V, dan 10 V selama 70 menit.

Tabel 3.3.

Peningkatan pH di sekitar katoda selama elektrolisis dengan tegangan 2 V, 5 V, dan 10 V

Waktu elektrolisis (menit)	pH		
	10 V	5 V	2 V
0	7,62	7,62	7,62
10	9,38	8,55	7,63
20	9,74	8,83	7,63
30	9,82	8,96	7,65
40	9,96	9,05	8,47
50	10,07	9,43	8,84
60	10,25	9,71	9,01
70	10,29	9,85	9,15

[12] S. El-Manharawy dan A. Hafez, "Study of seawater alkalization as a promising RO pretreatment method", *Desalination*, Vol. 153 (2002) 109-120.



Gambar 3.2. Peningkatan pH di sekitar katoda selama elektrolisis dengan tegangan 2 V, 5 V, dan 10 V.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Agama, Departemen Pendidikan dan Pondok Pesantren Republik Indonesia yang telah memberikan dukungan finansial melalui Beasiswa PBSB tahun 2009-2013.

DAFTAR PUSTAKA

[1] M. Sadrzadeh dan T. Mohammadi, "Treatment of sea water using electro dialysis: Current efficiency evaluation", *Desalination*, Vol. 249 (2009) 279-285.

[2] L.F. Greenlee, D.F. Lawler, B.D. Freeman, B. Marrot, Moulin dan Philippe, "Review Reverse osmosis desalination: Water sources, technology, and today's challenges", *Water Research*, Vol. 43 (2009) 2317-2348.

[3] J. Duan dan J. Gregory, "Coagulation by hydrolysing metal salts". *Advances in Colloid and Interface Science*, Vol. 100-102 (2003) 475-502.

[4] W. Ma, Y. Ma, dan L. Wang, "The pretreatment with enhanced coagulation and a UF membrane for seawater desalination with reverse osmosis", *Desalination*, Vol. 203 (2006) 256-259.

[5] N.P. Isaia, "Experience in reverse osmosis pretreatment", *Desalination*, Vol. 139 (2003) 57-64.

[6] M. Panizza, A. Barbucci, R. Ricotti, dan G. Cerisola, "Electrochemical degradation of methylene blue", *Separation and purification technology*, Vol. 54 (2006) 382-387.

[7] M.M. Zaki, I. Nirdosh, dan G.H. Sedahmed, "Mass transfer characteristics of reciprocating screen stack electrochemical reactor in relation to heavy metal removal from dilute solution", *Chemical Engineering Journal*, Vol. 126 (2006), 67-77.

[8] H.A. Moreno-Casillas, D.L. Cocke, J.A.G. Cocke, P. Morkovsky, J.R. Parga, dan E. Peterson, "Electrocoagulation mechanism for COD removal", *Separation and Purification Technology*, Vol. 56 (2007) 204-211.

[9] D.W. Kirk dan A.E. Leds, "Precipitate formation during sea water electrolysis", *Hydrogen Energy*, Vol. 7 (1982) 925-932.

[10] L. Elci dan S. Saracoglu, "Applying magnesium hydroxide coprecipitation method for trace analysis to dialysis concentrate", *Talanta*, Vol. 46 (1988) 1305-1310.

[11] H.K. Abdel-Aal dan I.A. Hussein, "Parametric study for saline water electrolysis: part III-precipitate formation and recovery of magnesium salts", *Hydrogen Energy*, Vol. 18 (1993) 553-556.