

## **PENGARUH PENCUCIAN MEMBRAN UNTUK PROSES ELEKTRODIALISIS (ED) DALAM DESALINASI AIR PAYAU MENJADI AIR TAWAR**

Viktor Edison Hutagaol<sup>1</sup>, Togar Parulian Sitio<sup>1</sup>

<sup>1,2</sup>Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Efarina

E-mail: <sup>1</sup>sulbi@gmail.com

### **ABSTRACT**

Membrane technology that is developed for desalination of brackish water is electro dialysis (ED). During electro dialysis process, there are some inhibitors as scale of ED membrane that affects the results of previous studies. Besides, previous studies about optimum voltage of ED still unknown to desalinate brackish water into become fresh water. Based of that problems, this research analyzes about electro dialysis process in desalination of brackish water into become fresh water which focused on effects of membrane cleansing and voltage. Purposes of this study are to analyze the effect of membrane cleansing and optimum voltage of ED process in desalination of brackish water into become fresh water. This study uses brackish water (TDS 2000±100 mg/L) on a laboratory scale. Variations of membrane cleansing which are cleaned with Chemical Cleaning Agents (CCA) and without CCA and variatons of voltage are 6, 9, and 12 V. Parameters in this study are TDS, salinity, Cl<sup>-</sup> concentration, and pH. The result of this study was found that membrane cleansing with CCA not only had no effect on performance of desalination but also had greater decrease of removal than cleansing without CCA in all parameters and voltage variations. The optimum voltage for ED in this study was 9 V. Variation with 9 V in membrane cleansing with CCA and without CCA has the greatest efficiency of desalination that the kWh/m<sup>3</sup>/% removed value was the least. Variation membrane cleansing with CCA has kWh/m<sup>3</sup>/% removed value 7,23 and variation without CCA has kWh/m<sup>3</sup>/% removed value 4,45. The greatest efficiency of desalination is the least kWh/m<sup>3</sup>/% removed value that means minimum energy was consumed uses to remove the parameters efficiently.

**Keyword:** desalination, electro dialysis energi membrane cleansing, voltage

### **PENDAHULUAN**

Teknologi pengolahan air banyak digunakan saat ini adalah teknologi membran. Negara yang menggunakan teknologi membran elektrodialisis (ED) terbesar di dunia dengan kapasitas 220000 m<sup>3</sup>/hari adalah Barcelona (Spanyol) (Devesa *et al.*, 2010). Akan tetapi teknologi membran di Indonesia belum maksimal digunakan dan masih dalam tahap penelitian untuk mengembangkannya. Salah satu penerapan teknologi membran yang banyak diteliti yaitu ED. ED merupakan sebuah teknologi dimana membran-membran pertukaran ion disusun secara bergantian dalam reaktor dengan voltase DC (*direct current*) sebagai tenaga penggerak utama dalam pemisahan bahan tertentu (Zourmand *et al.*, 2015). Anion dan kation dapat berpindah melewati membran ke

arah anoda dan katoda. Strathmann (2010) menyebutkan bahwa elektrodialisis digunakan lebih dari 50 tahun oleh industri skala besar untuk memproduksi air siap minum dengan air baku menggunakan air payau.

Penelitian ED sebelumnya menggunakan air baku berupa air payau (TDS 1000-2000 mg/L) dengan elektroda tembaga (katoda) dan *stainless steel* (anoda) dilakukan oleh Mirfada (2014). Hasil penelitian tersebut didapatkan ED variasi tegangan 6 V dan 7 kompartemen menunjukkan kinerja terbaik yaitu removal TDS 92%, salinitas 79%,  $\text{Cl}^-$  71% dan pH akhir 8 dalam 72 jam (Mirfada, 2014). Penelitian Mirfada (2014) mendapatkan hasil pada variasi tegangan 6 V removal TDS 92%, 9 V removal TDS 51%, dan 12 V removal TDS 91%. Penurunan kinerja pada 9 V terjadi karena penggunaan membran tidak diganti dan tidak dicuci pada setiap perubahan variasi dimana menimbulkan potensi pengganggu berupa *scaling*.

*Scaling* atau pengerasan adalah salah satu pengganggu pada membran dimana terjadi karena presipitasi garam-garam anorganik yang melapisi membran sehingga dapat mempengaruhi selektifitas membran dalam melewati ion-ion. Desalinasi air payau pada penelitian ini membentuk *scalant* utama berupa ion  $\text{Na}^+$  dan  $\text{Cl}^-$  dimana merupakan penyusun garam anorganik. Pengganggu berupa kerak pada membran tidak hanya meningkatkan hambatan listrik dan kebutuhan energi, akan tetapi juga memperpendek umur pakai membran (Mulyati *et al.*, 2012 dalam Yan *et al.*, 2015). Usaha untuk mengatasi pengganggu (*inhibitor*) tersebut diantaranya dengan melakukan pengolahan awal pada air baku dan pencucian membran. Pencucian membran dapat dilakukan dengan menggunakan metode *flushing* dan penggunaan *Chemical Cleaning Agents* (CCA). Pencucian membran yang dilakukan oleh Banasiak *et al.* (2007) pada penelitian desalinasi dengan ED menggunakan 0,1 N asam, basa, dan aquades. Menurut Tijing *et al.* (2015) pencucian dengan asam ( $\text{HCl}$  dan  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) efektif dalam menghilangkan kerak anorganik seperti  $\text{NaCl}$ . Pencucian membran dengan asam ( $\text{HCl}$  0,5 M) dalam pemisahan larutan *alumina alkaline* yang mengandung  $\text{NaOH}$  dan  $\text{NaAl}(\text{OH})_4$  dengan elektrodialisis menunjukkan bahwa kinerja membran lebih stabil dalam meremoval  $\text{OH}^-$  yaitu 64,9-68,5% dengan konsumsi energi dapat dikurangi hingga 7,29-7,65 kWh/kg (Yan *et al.*, 2015). Berdasarkan paparan tersebut, dapat diindikasikan terdapat pengaruh dari pencucian membran dalam proses elektrodialisis terhadap kemampuan penyisihan membran dalam desalinasi air payau.

Penelitian yang akan dilakukan pada tugas akhir ini menganalisis tentang pengaruh pencucian membran dan penentuan tegangan optimum pada proses elektrodialisis dalam desalinasi air payau menjadi air tawar. Variasi yang dipilih untuk tegangan yaitu pencucian membran dengan CCA dan tanpa CCA serta tegangan yang digunakan yaitu 6, 9, dan 12 V. Parameter yang diuji pada penelitian ini adalah TDS, salinitas, konsentrasi  $\text{Cl}^-$  dan pH. Baku mutu yang digunakan adalah Peraturan Menteri Kesehatan No. 492 Tahun 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum.

## **PENGUJIAN SISTEM DAN ANALISIS**

### **Analisis Kadar Selulosa Serbuk Gergaji**

Pada penelitian ini, komponen lignoselulosa yang dihidrolisis hanya

selulosa. Hal ini disebabkan karena minimnya ketersediaan enzim hemiselulase dan enzim pendegradasi lignin (lignolitik) terdiri dari lakase (polifenol oksidase), lignin peroksidase (Li-P) dan mangan peroksidase (Mn-P) di pasaran. Selulosa merupakan salah satu komponen utama dari lignoselulosa yang terdiri dari unit monomer D-glukosa yang terikat pada ikatan 1,4-glikosidik.

Pengukuran kadar selulosa serbuk gergaji ini dilaksanakan di laboratorium Teknik Lingkungan Universitas Efarina Pematang Siantar. Analisis selulosa dilakukan setelah proses delignifikasi dan setelah proses hidrolisis. Analisa selulosa setelah proses delignifikasi (sebelum proses hidrolisis) dilakukan untuk mengetahui kadar selulosa awal dari ekstrak serbuk gergaji. Delignifikasi sendiri merupakan suatu proses pembebasan lignin dari suatu senyawa kompleks lignoselulosa. Proses ini dilakukan sebelum proses hidrolisis berlangsung. Karena kandungan lignin dapat menghambat penetrasi enzim sebelum hidrolisis berlangsung. Dengan perlakuan delignifikasi pada substrat serbuk gergaji maka selulosa alami diharapkan menjadi mudah dihidrolisis oleh enzim selulase (Gunam, 2010).

#### 4.1 Analisis Gula Reduksi Limbah Serbuk Gergaji

Bahan lignoselulosa merupakan material yang susah untuk diurai secara biologi menjadi bentuk gula dikarenakan materi lignin menyelimuti seluruh bagian dinding sel. Sehingga diperlukan perlakuan pendahuluan untuk memecah lignin agar enzim dapat masuk ke dalam sel. Proses pretreatment ini disebut juga sebagai proses delignifikasi, yaitu dengan cara perendaman limbah serbuk gergaji ke dalam senyawa basa yang disertai dengan pemanasan. Senyawa basa yang dimaksud adalah larutan NaOH 10% ( 50 gram kristal NaOH dilarutkan dengan akuades hingga 500 ml) dan dipanaskan 121°C selama 60 menit menggunakan *autoclaved*. Oleh karena itu, sebelum penambahan enzim selulase, dilakukan proses pretreatment untuk memecah struktur kompleks dari materi lignin sehingga dapat menambah material selulosa. Material selulosa ini nantinya pada tahap hidrolisis akan diubah oleh enzim selulase menjadi bentuk yang lebih sederhana yaitu gula.

Semakin banyak materi selulosa yang terpecah menjadi senyawa gula, maka semakin banyak gula pula yang akan direduksi oleh bakteri *Clostridium acetobutylicum*, sehingga semakin tinggi kadar butanol yang dihasilkan. Gula yang dihasilkan dari proses hidrolisis akan difermentasi oleh bakteri *Clostridium acetobutylicum* menjadi senyawa pembentuk hidrokarbon, antara lain aseton, etanol, dan butanol. Namun pada penelitian ini, yang akan dianalisis lebih dalam adalah pembentukan butanol.

#### 4.2 Pengaruh Penambahan Enzim Selulase Sebagai Katalis Terhadap Kadar Butanol

Hidrolisis adalah proses penguraian zat kompleks menjadi yang lebih sederhana dengan menggunakan air untuk memisahkan ikatan kimia dari substansinya. Pada penelitian ini, proses hidrolisis menggunakan jenis hidrolisis dengan penambahan enzim. Enzim merupakan katalis dari proses biologi. Meskipun senyawa katalis dapat berubah pada reaksi awal, pada reaksi akhir molekul katalis akan kembali ke bentuk semula. Selulase merupakan enzim kompleks yang terdiri dari eksoselulose atau eksobiohidrolase, endoselulase atau endo- $\beta$ -1,4- glukonase dan  $\beta$ -1,4-glukosidase atau selobiase yang mampu

memecahkan ikatan kompleks selulosa menjadi ikatan yang lebih sederhana, yaitu selodextrin, selobiosa, dan glukosa (Anindyawati, 2009).

Pengukuran kadar butanol dilaksanakan di laboratorium Energi dan Rekayasa Gedung Robotika Universitas Efarina Pematang Siantar. Pada penelitian ini, analisa yang dilakukan hanya sebatas enzim selulase memecah ikatan kompleks selulosa menjadi gula (glukosa), sedangkan senyawa sederhana seperti maltosa, laktosa, pentosa, selodextrin, selobiosa diabaikan. Enzim selulase yang memecahkan ikatan selulosa menjadi glukosa ini berpengaruh terhadap proses fermentasi. Yakni, glukosa yang dihasilkan pada proses hidrolisis difermentasi menjadi butanol oleh bakteri *Clostridium acetobutylicum*.

Proses hidrolisis enzim selulase berlangsung selama 3 hari dengan dilakukan pengadukan menggunakan shaker dengan kecepatan putaran 100 rpm. Sehingga enzim selulase yang dicampurkan dapat bercampur rata dengan sampel dan gula yang dihasilkan pada proses hidrolisis semakin meningkat. Setelah proses hidrolisis selama 3 hari selanjutnya sampel diatur pH-nya sesuai dengan varias sampel yaitu 5 dan 7. Selanjutnya tiap sampel ditambahkan bakteri *Clostridium acetobutylicum* kemudian difermentasi hingga 12 hari. Hasil fermentasi selanjutnya dianalisis kadar butanolnya menggunakan metode gas kromatografi.

Pertama-tama temperatur detector dan inlet kromatografi diatur terlebih dahulu pada suhu 250°C. Selain itu, beberapa hal yang harus diatur pada kondisi kerja alat kromatografi adalah laju alir gas pembawa, besar arus yang melalui detector, attenuator, kecepatan kertas rekorder, dan posisi pen pada rekorder.

## KESIMPULAN

Hasil dari penelitian ini menyimpulkan beberapa hal, diantaranya:

1. Pencucian pada membran membuat kinerja membran mengalami penurunan karena akumulasi deposit pada membran. Penurunan kinerja pada 6 V pada pencucian membran dengan CCA yaitu TDS 10,91% sementara pencucian tanpa CCA yaitu TDS 3,89%. Sementara variasi 9 V pencucian dengan CCA mengalami penurunan sebesar 2,18% dan pencucian tanpa CCA meningkat sebesar 11,68%. Begitu juga dengan variasi 12 V mengalami penurunan setelah dicuci dengan CCA yaitu 1,93% dan tanpa CCA yaitu 11,98%. Berdasarkan hasil uji signifikansi dengan ANOVA disimpulkan bahwa pada penelitian ini penurunan yang terjadi setelah membran dicuci tidak memberikan pengaruh pada removal TDS, salinitas, dan Cl<sup>-</sup>.
2. Tegangan optimum didapatkan menurut efisiensi desalinasi yaitu 9 V. Tegangan 9 V pada variasi pencucian dengan dan tanpa CCA memiliki efisien desalinasi terbesar yaitu nilai kWh/m<sup>3</sup>/% removal yang kecil. Variasi pencucian dengan CCA memiliki nilai kWh/m<sup>3</sup>/% removal sebesar 7,23 sedangkan variasi pencucian tanpa CCA sebesar 4,45.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adhikary, S. K., Narayanan, P. K., Thampy, S. K., Dave, N. J., Chauhan, D. K., dan Indusekhar, V. K. 1991. *Desalination of Brackish Water of Higher Salinity by Electrodialysis*. Desalination 84, 189-200.
- Anonim. 2013. *Subjek: Kimia/Materi: Elektrokimia*.  
<https://id.wikibooks.org/wiki/Subjek:Kimia/Materi:Elektrokimia> diakses pada 30 Mei 2015 pukul 1.49 WIB.

- Anderson, M. A., Cudero, A. L., dan Palma, J. 2010. *Capacitive Deionization as an Electrochemical Means of Saving Energy and Delivering Clean Water. Comparison to Present Desalination Practices: Will It Compete?*. *Electrochimica Acta* 55, 3845-3856.
- Anglada, A. Urtiaga, A. dan Ortiz, I. 2009. *Contribution of Electrochemical Oxidation to Wastewater Treatment: Fundamental and Review of Application*. *Emerging Technologies*.
- APHA. 1992. *Standart Methods for The Examination of Water and Wastewater 18<sup>th</sup> Edition*. American Public Health Association. Washington, DC.
- APHA. 2005. *Standart Methods for The Examination of Water and Wastewater 21<sup>th</sup> Edition*. American Public Health Association. Washington, DC.
- Apriani, R. S dan Wesen P. 2010. *Penurunan Salinitas Air Payau dengan Menggunakan Resin Penukar Ion*. Surabaya: Progdil Teknik Lingkungan, FTSP-UPN "Veteran" Jawa Timur.
- AWWA. 1995. *Electrodialysis and Electrodialysis Reversal*. American Water Works Association. Denver, CO.
- Badan Standar Nasional. 1998. SK SNI M-03-1989-F *Tentang Metode Pengujian Kualitas Fisik Air*.
- Banasiak, L. J., Kruttschnitt, T. W., dan Schäfer, A. I. 2007. *Desalination Using Electrodialysis as a Function of Voltage and Salt Concentration*. *Desalination* 205, 1-3, 38-46.
- Banasiak, L. J. dan Schäfer, A. I. 2009. *Removal of Boron, Fluoride, and Nitrate by Electrodialysis in The Presence of Organic Matter*. *Journal of Membrane Science* 334, 1, 101-109.