ISBN No.xxx xxxx xxxxx

Pengolahan Air Payau menggunakan Elektrodialisis dan Ozon

Ulvi Pri Astuti [1]*, Wahyono Hadi [2], Arseto Yekti Bagastyo [3], Alfan Purnomo[4]

Jurusan Teknik Lingkungan,Institut Teknologi Sepuluh Nopember,Surabaya[1]*
ulvi09@mhs.enviro.its.ac.id
Jurusan Teknik Lingkungan,Institut Teknologi Sepuluh Nopember,Surabaya [2,3,4]

Abstrak

Electrodialysis (ED) merupakan teknologi yang hampir sama dengan RO tapi biaya investasi dan operasionalnya lebih rendah. ED berfungsi untuk meremoval TDS yang tinggi dalam air payau. Akan tetapi ED tidak difungsikan untuk meremoval mikroorganisme yang terdapat di air payau sehingga ditambahkan pengolahan menggunakan ozon sebagai desinfektan. Permasalahan yang akan dibahas dalam paper ini adalah menganalisis efektivitas kombinasi dari ED dan Ozon dalam pengolahan air payau menjadi air tawar.

Dalam paper ini terdapat 3 variabel yaitu variabel debit dalam ED (0,67 L/jam, 0,17 L/jam, dan 0,13 L/jam), tegangan (6, 9, dan 12 V), dan waktu pemaparan ozon (5 menit dan $Q_{reaktor}$). Variabel yang paling berpengaruh dalam penelitian ini adalah waktu detensi ED. Semakin lama waktu detensinya maka menghasilkan kualitas air produk yang paling baik. Efektivitas kombinasi ED dan ozon dilihat dari variasi yang menghasilkan kualitas air terbaik dan konsumsi energinya tidak terlalu besar, sehingga didapatkan variasi yang efektif dalam penelitian ini adalah variasi debit 0,13 L/jam pada tegangan 6 V dan lama waktu pemaparan ozon yaitu selama 5 menit dengan total biaya untuk konsumsi energi adalah Rp. 128,71/L atau Rp. 0,13/m^3

Kata kunci : ***Desalinasi, Electrodialysis (ED), Ozon***

1. Pendahuluan

Daerah Pesisir di Negara-negara maju (el Paso dan Texas, Uni Emirat Arab, Inggris, Israel, Trinidad, Cyprus) yang mengalami permasalahan air bersih mengatasinya dengan teknologi desalinasi (Badan Lingkungan Hidup, 2012). Teknologi yang paling banyak digunakan adalah teknologi *Reverse Osmosis* (RO) yaitu sebesar 32% (Eltawil *et al*., 2009).

Teknologi RO adalah salah satu teknologi yang paling efektif dalam mengolah air payau menjadi air tawar karena menggunakan membran yang dapat menurunkan kadar garam hingga (88-95)% (Said, 2003). Akan tetapi RO membutuhkan energi yang tinggi dan biaya operasional yang cukup besar sehingga kurang sesuai untuk masyarakat pesisir Indonesia. Daerah pesisir di Indonesia dikenal sebagai daerah miskin. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS) menyebutkan bahwa 25,14% dari total penduduk miskin nasional bertempat tinggal di daerah pesisir (Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan RI, 2013).

Teknologi yang hampir sama dengan prinsip RO adalah teknologi Elektrodialisis (ED). Kedua teknologi ini merupakan teknologi yang cukup bersaing karena sama-sama menggunakan membran dalam prosesnya (Eltawil *et al*., 2009). Kelebihan ED dibandingkan dengan RO dalam hal tekanan, penggunaan membran, dan biaya investasinya. Tekanan yang dibutuhkan ED lebih rendah daripada RO dan kemampuan membrannya lebih tahan lama dibandingkan RO karena proses ED dapat meminimalkan terjadinya *fouling* pada membran. Selain itu, biaya investasi dan operasional tidak sebesar RO dikarenakan penggunaan bahan kimia pada *pre-treatment* lebih sedikit dan energi yang digunakan adalah energi listrik. Akan tetapi, ED tidak difungsikan untuk meremoval mikroorganisme sehingga diperlukan pengolahan tambahan (Valero *et al.*, 2010).

Ozon merupakan salah satu desinfektan yang mampu mendegradasi senyawa-senyawa organik, menghilangkan warna, bau, dan rasa (Bismo *et al*., 2008). Selain itu, ozon merupakan teknologi yang ramah lingkungan karena sebelum atau setelah bereaksi dengan unsur lain, ozon akan menghasilkan oksigen (O2) (Purwadi *et al.*, 2003). Efektivitas desinfeksi tergantung pada kerentanan dari organisme target, waktu detensi, dan konsentrasi ozon (Solomon *et al.*, 1998). Permasalahan yang akan dibahas dalam paper ini adalah menganalisis efektivitas kombinasi dari ED dan Ozon dalam pengolahan air payau menjadi air tawar. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini meliputi variabel debit, tegangan, dan waktu pemaparan ozon.

2. Metode

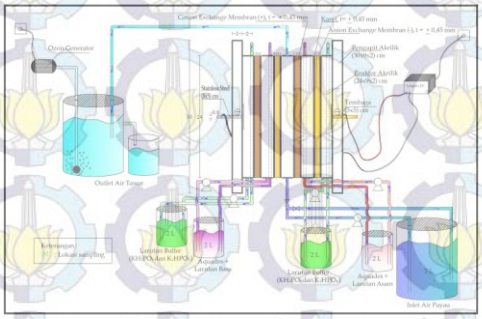
2.1 Alat dan Bahan

2.1.1 Alat

Alat yang digunakan adalah :

ISBN No.xxx xxxx xxxxx

1. Paket Reaktor
   Reaktor yang digunakan dalam penelitian ini terbuat dari bahan akrilik berbentuk persegi panjang dengan dimensi luar 24 cm x 9 cm x 2 cm, sedangkan dimensi dalam 20 cm x 5 cm x 2 cm. Reaktor didesain dengan sistem tertutup dalam skala laboratorium. Selain itu, terdapat pengapit reaktor yang terbuat dari akrilik dan berbentuk persegi panjang dengan dimensi 24 cm x 13 cm x 2 cm. pengapit ini terdapat pada bagian luar reaktor untuk menahan reaktor dan mengantisipasi kebocoran (Gambar 1).



Gambar 1. Reaktor ED dan Ozon

2. Membran
   Membran yang digunakan ada dua, yaitu *Cation Exchange Membrane*(CEM/+) dan *Anion Exchange Membrane* (AEM/-) dengan dimensi 24 cm x 9 cm. Membran AEM dan CEM terbuat dari kombinasi *gel polystyrene* dan *divinylbenzene*.
3. Pompa resirkulasi
   Pompa berfungsi untuk memompa air baku ke dalam reaktor. Pompa yang digunakan adalah pompa *submersible* yang memiliki spesifikasi debit 200 L/jam atau 0,003 mL/menit. Dalam penelitian ini pompa resirkulasi yang digunakan terdapat 5 buah yang terdiri dari tiga pompa debit 200 L/jam dan 2 pompa debit 250 L/jam.
4. Adaptor
   Adaptor yang digunakan adalah adaptor DC yang memiliki batas hingga 12 volt dan memiliki kekuatan arus sebesar 2 A. Adaptor berfungsi sebagai sumber aliran listrik pada proses ED.
5. Anoda dan Katoda
   Stainless steel berfungsi sebagai katoda dan tembaga berfungsi sebagai anoda dengan ukuran masing-masing 5x5 cm.
6. Multimeter
   Multimeter berfungsi untuk mengukur kuat arus (I) dan tegangan yang dialirkan
7. Kabel dan Selang Medis
   Selang medis yang digunakan terbuat dari silikon yang tahan terhadap asam kuat dan basa kuat. Selain itu juga dapat digunakan selang biasa.
8. Tangki Reservoir
   Tangki sebagai tempat penyimpanan air umpan dan sebagai bak resirkulasi.
9. Ozon Generator
   Ozone Generator yang digunakan adalah Ozonizer dengan spesifikasi RESUN RSO25 series kapasitas 0,25g/jam.

2.1.2 Bahan

Bahan yang digunakan adalah :

1. Air Baku dari air payau
   Air baku diambil dari air sumur di Pulau Mandangin dengan TDS 10.000 mg/L, kemudian diencerkan hingga range TDS 2.000 – 2.300 mg/L
2. Lem Sealant, berfungsi sebagai perekat antar kompartemen untuk menghindari kebocoran.
3. Aquades berfungsi sebagai *flushing*, sehingga ion-ion pada elektrolit pekat dapat diresirkulasi dengan bantuan aquades.
4. Larutan penyangga PO4 berfungsi untuk menjaga pH dalam kompartemen elektroda tetap netral, sehingga elekroda tahan lama. Larutan penyangga yang digunakan adalah larutan KH_2PO4 dan K_2HPO4.

2.2 Pelaksanaan Penelitian

2.2.1 Variabel Penelitian

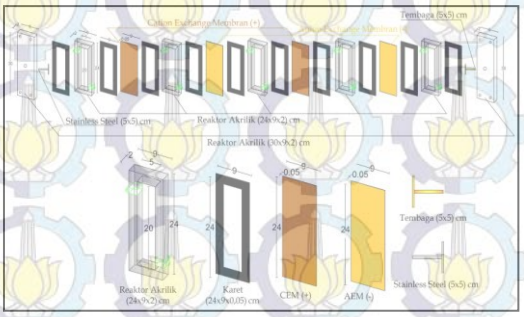
Variabel yang digunakan dalam penelitian ini ada 3 aspek, yaitu :

1. Variabel Debit di ED
   Debit yang digunakan adalah Q_1 = 0,67 L/jam, Q_2 = 0,17 L/jam, dan Q_3 = 0,13 L/jam.
2. Variabel Tegangan/ Voltase
   Variasi tegangan yang digunakan adalah 6 V, 9 V, dan 12 V
3. Variabel Waktu Pemaparan Ozon
   Variasi waktu pemaparan ozon ada dua yaitu 5 menit dan waktu pemaparan ozon sama dengan waktu detensi ED (7,42 jam, 28,72 jam, dan 38 jam).

2.2.2 Persiapan Pelaksanaan

Persiapan yang dilakukan sebelum melakukan penelitian adalah sebagai berikut :

1. Menyiapkan serangkaian reaktor seperti pada Gambar 1 dan menyusunnya seperti rangkaian pada Gambar 2.



Gambar 2. Pemasangan Reaktor ED

ISBN No.xxx xxxx xxxxx

2. Melakukan *pre-conditioning* terhadap membran dengan cara merendamnya terlebih dahulu dengan konsentrasi NaCl 5% pada temperature 40°C selama 24 jam supaya mengalami ekspansi sehingga larutan elektrolit dapat melewati membran.
3. Melakukan uji kebocoran terhadap reaktor yang dipakai

2.2.3 Pelaksanaan Penelitian

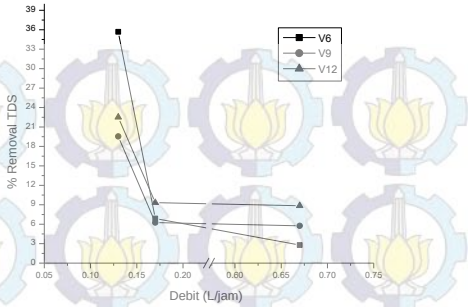
Tahapan- tahapan yang dilakukan selama penelitian adalah :

1. Mengisi tangki reservoir dengan larutan buffer/penyangga yang terbuat dari campuran KH_2PO4 dan K_2PO4 (ada sebanyak 2 buah dan masing- masing diisi sebanyak 2 L) dan aquades (ada sebanyak 2 buah dan masing-masing diisi sebanyak 2 L), air payau sebanyak 5 L.
2. Melakukan pengaturan valve sesuai dengan debit yang akan digunakan dalam penelitian pendahuluan. Pengaturan debit diatur secara manual dengan membuka/ menutup valve untuk memperbanyak/ mengurangi jumlah air yang masuk ke dalam ED.
3. Mengisi reaktor ED hingga penuh untuk tiap kompartemennya dengan urutan dari kompartemen kiri ke kanan adalah larutan buffer/penyangga dan aquades, air payau, aquades, dan larutan buffer/penyangga. Ini merupakan titik awal pengoperasian reaktor
4. Menyalakan pompa submersible yang terletak di tangki air payau, aquades, dan larutan penyangga.
5. Menyalakan Adaptor untuk memberikan tegangan dengan variasi tegangan yang berbeda-beda yaitu 6, 9, dan 12 Volt untuk tiap variasi waktu detensi di ED dan ozon. Arus listrik dialirkan melalui katoda dan anoda dimana katoda kutub (-) dan anoda kutub (+). Kemudian menyalakan pompa di bak larutan penyangga.
6. Melakukan uji parameter yang terdiri dari DHL, TDS, salinitas, pH, klorida, zat organik, dan total koliform. Pengukuran dilakukan pada bak inlet dan bak outlet untuk melakukan perbandingan kualitas air.

3. Pembahasan Hasil

3.1 Pengaruh Tegangan dan Waktu Detensi terhadap Persentase Removal TDS

Faktor yang berpengaruh adalah tegangan dan waktu detensi. Berikut ini hasil analisi variasi tegangan dan waktu detensi pada reaktor ED untuk analisa TDS yang terdapat pada Gambar 3.

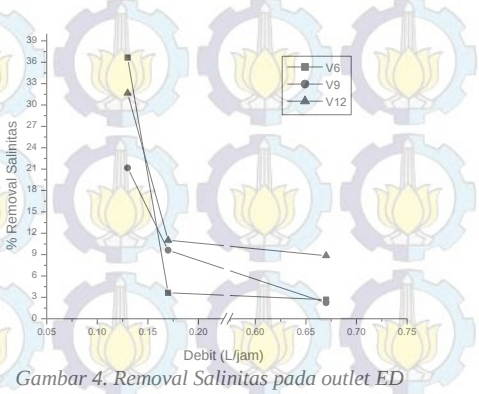


Gambar 3. Removal TDS pada outlet ED

Pada Gambar 3. menunjukkan bahwa pada tegangan 6V terjadi perubahan drastis pada debit 0,13 L/jam untuk persentase removal TDS. Persentase removal yang awalnya 2.78% pada debit 0,67 L/jam menjadi 6.88% pada debit 0,17 L/jam, sedangkan pada debit 0,13 L/jam persentase removalnya langsung menjadi 35.68%. Sedangkan pada tegangan 9V dan 12 V kenaikan persentase removal yang terjadi tidak sedrastis pada tegangan 6V dan persentase removalnya pun tidak sebesar tegangan 6V. Persentase removal TDS maksimum untuk tegangan 9 V adalah 19.55%, dan untuk tegangan 12 V sebesar 22.51%. Pada debit 0,67 L/jam persentase removal untuk 6V adalah persentase removal terendah dibandingkan yang lain, akan tetapi ketika debit 0,13 L/jam persentase removal tertinggi terjadi pada tegangan 6V. Hal ini menunjukkan bahwa waktu detensi lebih memberikan pengaruh dibandingkan tegangan.

3.2 Pengaruh Tegangan dan Waktu Detensi terhadap Persentase Removal Salinitas

Salinitas adalah garam terlarut dalam air yang merupakan bagian dari TDS, salinitas pada air payau dapat berkurang jika melewati membran diantara kedua elektroda. Hasil analisis salinitas pada berbagai variasi tegangan terdapat pada Gambar 4.



Gambar 4. Removal Salinitas pada outlet ED

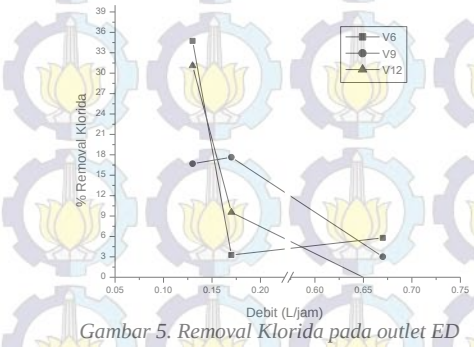
Gambar 4. menunjukkan hasil yang sama seperti pada analisa TDS, yaitu tegangan yang paling maksimal adalah 6V pada debit 0,13 L/jam. Hal ini dikarenakan salinitas merupakan bagian dari TDS sehingga menunjukkan hasil yang linier.

ISBN No.xxx xxxx xxxxx

Trend yang ditunjukkan oleh grafik pada Gambar 4. juga menunjukkan perubah drastis yang terjadi pada tegangan 6V. Hal ini semakin membuktikan bahwa pada reaktor ED dalam penelitian ini hal yang lebih berpengaruh adalah waktu detensi dibandingkan dengan tegangan. Persentase removal maksimum yang didapatkan untuk tiap tegangan terjadi pada waktu detensi paling lama yaitu 38 jam yaitu sebesar 36.65% pada tegangan 6 V, 21.17% untuk tegangan 9V, dan 31.67% pada tegangan 12V.

3.3 Pengaruh Tegangan dan Waktu Detensi terhadap Persentase Removal Klorida

Tegangan menjadi salah satu faktor yang menjadi variabel dalam penelitian ini dikarenakan ingin menganalisis tegangan optimum agar didapatkan kualitas air produk yang paling baik. Hasil analisis TDS dan salinitas pada berbagai variasi tegangan menunjukkan hal yang sama yaitu tegangan yang maksimal adalah 6V. sementara itu untuk hasil analisis klorida terdapat pada Gambar 5.



Gambar 5. Removal Klorida pada outlet ED

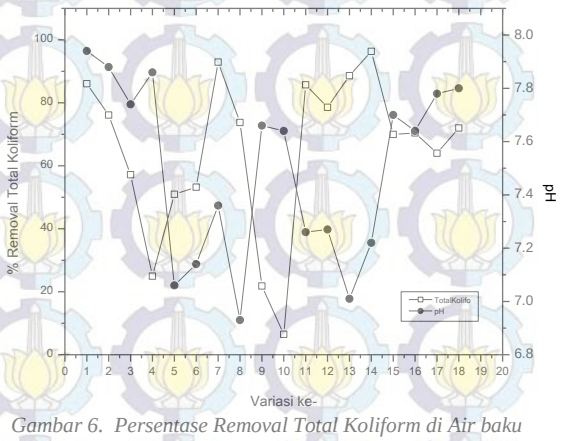
Gambar 5. menunjukkan bahwa persentase removal klorida tertinggi terdapat pada tegangan 6V pada debit 0,13 L/jam yaitu sebesar 34.75%. Sementara itu, persentase removal maksimum untuk tegangan 9 V adalah 17.65% pada debit 0,17 L/jam, dan pada tegangan 12 V persentase removal maksimum adalah 31.09% pada debit 0,13 L/jam. Hal ini sedikit berbeda dengan trend pada persentase removal TDS dan Salinitas. Salah satu penyebabnya adalah adanya unsur pengganggu ketika melakukan analisis. Akan tetapi, trend pada tegangan 6V sama dengan persentase removal TDS dan Salinitas yaitu sama-sama menunjukkan perubahan yang drastis pada debit 0,13 L/jam.

Selama penelitian berlangsung, membran paling sering mengalami *fouling* terjadi pada tegangan 12 V pada debit 0,17 L/jam dan 0,13 L/jam, pada tegangan 9V debit 0,13 L/jam. Membran yang mengalami *fouling* adalah membran yang berdekatan dengan elektroda. Kondisi seperti ini sangat rawan terjadi membran *fouling*, oleh karena itu, pH disekitar elektroda perlu dijaga agar terdapat disekitar 7, apabila pH sudah berubah drastis dengan tegangan yang besar, maka *fouling* pada membran akan cepat terjadi. Kondisi pH disekitar elektroda dapat dijaga dengan cara memutar outlet pada kompartemen buffer 1 dengan kompartemen buffer 2. Hal ini dapat mencegah terjadinya perecepatan *fouling* pada membran.

Dari ketiga hasil analisis kualitas air produk dapat diambil kesimpulan bahwa tegangan yang maksimum adalah 6V. Faktor yang lebih berpengaruh terhadap kualitas air produk pada reaktor ED dengan desain seperti pada Gambar 3 hingga Gambar 5 adalah waktu detensi. Penambahan tegangan yang diberikan pada reaktor tidak terlalu memberikan pengaruh dibandingkan tegangan awal yaitu 6V.

3.4 Efektivitas Ozon dalam Meremoval Total Koliform

Setelah melewati proses ED, air produk akan masuk ke dalam reaktor selanjutnya yaitu ozon. Reaktor ini berfungsi untuk membunuh mikroorganisme yang terdapat dalam air baku air payau. Parameter yang digunakan untuk mengetahui removal mikroorganisme dalam reaktor ozon adalah Total Koliform. Bakteri koliform merupakan mikroorganisme indikator yang digunakan untuk mengatahui efektivitas ozonisasi. Hasil analisis bakteri koliform terdapat pada Gambar 6.



Gambar 6. Persentase Removal Total Koliform di Air baku

Berdasarkan pada Gambar 6. didapatkan bahwa persentase maksimum removal total koliform adalah 92,92% yaitu pada debit 0,17 L/jam dengan variasi waktu pemaparan ozon selama 5 menit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses ozonisasi lebih maksimum ketika lama waktu pemaparan ozon yaitu 5 menit, sedangkan untuk ozon yang terus dinyalakan selama proses, persen removalnya lebih kecil dibandingkan dengan waktu pemaparan 5 menit.

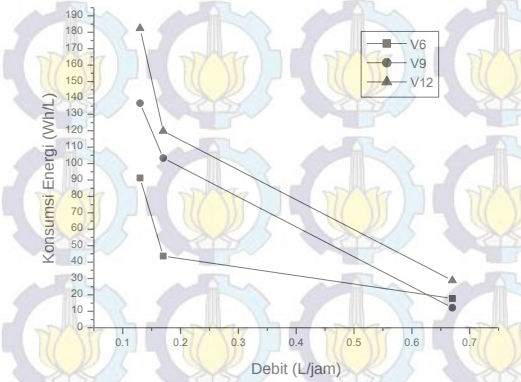
Salah satu faktor yang mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme adalah pH. Pada

ISBN No.xxx xxxx xxxxx

Gambar 6 menunjukkan bahwa pH berbanding terbalik dengan persentase removal total Koliform. Hal ini dikarenakan mikroorganisme lebih cenderung dapat bertahan pada pH asam, sehingga ketika pHnya mendekati basa, persentase removalnya menjadi turun,sedangkan ketika dalam reaktor ED pHnya bersifat asam maka persentase removalnya menjadi naik.

3.5 Konsumsi Energi pada Proses ED dan Ozon

Dalam proses elektrokimia kelayakan proses dievaluasi dari persentase penurunan polutan, sedangkan dari segi ekonomi kelayakan ditentukan oleh konsumsi energi spesifik. Penurunan konsentrasi polutan selama proses elektrokimia. Kebutuhan energi menjadi salah satu indikator penting untuk mengetahui besarnya konsumsi yang digunakan tiap prosesnya, sehingga bisa diketahui efisiensi dari suatu proses dari segi ekonomi. Konsumsi energi yang digunakan dalam penelitian ini dijelaskan pada Gambar 7. dan Tabel 1.



Gambar 7. Konsumsi Energi berdasarkan debit dan waktu pengoperasian ED

Pada Gambar 7. menunjukkan bahwa semakin besar tegangan yang diberikan dan semakin lama waktu detensinya, maka konsumsi energi yang diperlukan juga akan semakin besar dengan kondisi volume yang tetap yaitu 5 L. konsumsi energi terbesar terdapat pada tegangan 12 V pada debit 0,13 L/jam dan konsumsi energi terendah adalah tegangan 9V pada debit 0,67 L/jam.

Pada Tabel 1. dijelaskan bahwa konsumsi energi yang terbesar adalah pada tegangan 12 V dan debit 0,13 L/jam dengan kualitas air produk menengah. Akan tetapi pada tegangan 6V dan debit 0,13 L/jam didapatkan konsumsi energi yang lebih rendah tapi kualitas air produknya lebih baik dibandingkan pada tegangan 9V dan 12 V. Perhitungan konsumsi energi tersebut memperhatikan aspek tegangan, volume, waktu detensi, dan juga arus yang digunakan dalam proses. Dalam penelitian ini arus yang digunakan adalah 2 A yang bersumber dari adaptor, sehingga faktor yang paling mempengaruhi dalam besarnya konsumsi energi yang digunakan dalam penelitian ini besarnya tegangan dan waktu detensi dalam ED.

Tabel 1. Persentase Removal Kualitas Air Produk di ED dan Konsumsi Energi yang Dikeluarkan

Debit (L/jam)	6V			
	Konsumsi Energi (Wh/L)	% TDS	% Salinitas	% Klorida
0.13	91.20	35.68	36.65	34.75
0.17	43.68	6.88	3.64	3.27
0.67	17.80	2.78	2.68	5.79
Debit	**9V**			
	Konsumsi Energi	**% TDS**	**% Salinitas**	**% Klorida**
0.13	119.84	19.55	21.17	16.69
0.17	103.38	6.25	9.62	17.65
0.67	43.68	5.75	2.25	3.02
Debit	**12V**			
	Konsumsi Energi	**% TDS**	**% Salinitas**	**% Klorida**
0.13	182.40	22.51	31.67	31.09
0.17	136.80	9.33	11.02	9.55
0.67	91.20	8.85	8.85	-1.42

Menurut Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No.19 Tahun 2014 tentang Perubahan atas Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No. 9 Tahun 2014 tentang Tarif tenaga listrik yang disediakan oleh Perusahaan Perseroan (Persero) Perusahaan Listrik Negara, semenjak 1 Juli 2014 tarif tenaga listrik akan mengalami perubahan secara bertahap dua bulanan sampai 1 Nopember 2014, dengan tarif untuk Bulan November 2014 untuk Rumah Tangga Skala Kecil dengan Daya 1.300 VA hingga 2.200 VA adalah Rp. 1.352/kWh, sehingga perhitungan konsumsi energi yang dikeluarkan pada reaktor ED dan Ozon terdapat pada Tabel 2.

Pada Tabel 2. menjelaskan bahwa biaya terbesar yang dikeluarkan dalam proses ED dan Ozon untuk konsumsi energi adalah debit 0,13 L/jam pada tegangan 12 V dan waktu pemaparan ozon 38 jam yaitu sebesar Rp. 2712.65/L. Sementara itu, efektivitas kombinasi ED dan ozon dilihat dari variasi yang menghasilkan kualitas air terbaik dan konsumsi energinya tidak terlalu besar, sehingga didapatkan variasi yang efektif dalam penelitian ini adalah variasi debit 0,13 L/jam pada tegangan 6 V dan lama waktu pemaparan ozon yaitu selama 5 menit dengan total biaya untuk konsumsi energi adalah Rp. 128,71/L.

4. Kesimpulan

Kesimpulan dari paper ini adalah :

1. Tegangan memberikan pengaruh terhadap kualitas air akan tetapi yang lebih berpengaruh adalah waktu detensi dalam proses ED. Hal ini dibuktikan dengan tegangan maksimum yang dapat menghasilkan kualitas air produk yang paling

ISBN No.xxx xxxx xxxxx

Tabel 2. Total Biaya per m^3 untuk Konsumsi Energi pada Proses ED dan Ozon

No.	Variasi ke-			Konsumsi Energi (Wh/L)		Konsumsi Energi (kWh/L)			Total Biaya (Rp./L)
	Debit (L/jam)	Tegangan (Volt)	Waktu Pemaparan Ozon (jam)	ED	Ozon	ED	Ozon	Total	
1	0.67	6	0.08	17.80	4	0.02	0.00	0.02	29.47
2			7.42		356		0.36	0.37	505.38
3		9	0.08	12.18	4	0.01	0.00	0.02	21.88
4			7.42		356		0.36	0.37	497.78
5		12	0.08	28.80	4	0.03	0.00	0.03	44.35
6			7.42		356		0.36	0.38	520.25
7	0.17	6	0.08	43.68	4	0.04	0.00	0.05	64.46
8			28.72		1378.4		1.38	1.42	1922.65
9		9	0.08	103.38	4	0.10	0.00	0.11	145.18
10			28.72		1378.4		1.38	1.48	2003.37
11		12	0.08	119.84	4	0.12	0.00	0.12	167.43
12			28.72		1378.4		1.38	1.50	2025.62
13	0.13	6	0.08	91.20	4	0.09	0.00	0.10	128.71
14			38.00		1824		1.82	1.92	2589.35
15		9	0.08	136.80	4	0.14	0.00	0.14	190.36
16			38.00		1824		1.82	1.96	2651.00
17		12	0.08	182.40	4	0.18	0.00	0.19	252.01
18			38.00		1824		1.82	2.01	2712.65

baik adalah 6V dibandingkan dengan tegangan 9V dan 12V yaitu pada debit 0,13 L/jam dengan persentase removal TDS sebesar 35,68%, Salinitas 36,65%, dan Klorida sebesar 34,75%.

2. Efektivitas kombinasi ED dan ozon dilihat dari variasi yang menghasilkan kualitas air terbaik dan konsumsi energinya tidak terlalu besar, sehingga didapatkan variasi yang efektif dalam penelitian ini adalah variasi debit 0,13 L/jam pada tegangan 6 V dan lama waktu pemaparan ozon yaitu selama 5 menit dengan total biaya untuk konsumsi energi adalah Rp. 128,71/L.

5. Penghargaan

Penulis menyampaikan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada Alfan Purnomo, ST., MT., dan Arseto Yekti Bagastyo, ST, MT., Mphil., Ph.D atas bantuan dana penelitian ini serta kepada Ayah dan Ibu atas dukungan dana dan doa. Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada Suherman Hidayat yang membantu penulis dalam menyediakan air baku untuk penelitian.

6. Pustaka

Badan Lingkungan Hidup. (2012). Desalinasi Memanfaatkan Air Laut untuk Air Minum. Badan Lingkungan Hidup Kabupaten Grobogan. (online).http://blh.grobogan.go.id /artikel/217-desalinasi-memanfaatkan-air laut-untuk-minum.html.

Bismo, S, Indar K., Jayanudin, Febri H., dan Hergi J. S., (2008). Studi Awal Degradasi Fenol dengan Teknik Ozonasi di dalam Reaktor Annular. Semarang: Universitas Diponegoro

Eltawil, M. A. Zhao Z., Liqiang Y. (2009). A Review of Renewable Energy Technologies Integrated with Desalination System. Elsevier : *Renewable and Sustainable Energy Review* 13 (2009) 2245-2262.

Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral. (2014). Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No.19 Tahun 2014 tentang Perubahan atas Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No. 9 Tahun 2014 tentang Tarif tenaga listrik yang disediakan oleh Perusahaan Perseroan (Persero) Perusahaan Listrik Negara. Jakarta

Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan. (2013). Peraturan Menteri Kelautan Dan Perikanan Republik Indonesia. Nomor 2/Permen-Kp/2013 Tentang Pedoman Pelaksanaan Program Nasional Pemberdayaan Masyarakat Mandiri Kelautan Dan Perikanan, Jakarta.

Said, N., I. (2003). Aplikasi Teknologi Osmosis Balik untuk Memenuhi Kebutuhan Air Minum di Kawasan Pesisir atau Pulau Terpencil. BPPT : Kelompok Teknologi Pengelolaan Air Bersih dan Limbah Cair, Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan.

Solomon, C., Peter C., Collen M., dan Andrew L. (1998). Ozone Disinfection. U.S. Environmental Protection Agency under Assistance Agreement No. CX824652. *National Small Flows Clearinghouse*.

Valero, F., Barcelo A., and Arbos R. 2011. Electrodialysis technology: theory and application. *Desalination, Trends and Technology. Michael Schorr (Ed.)* Spain.