

EFISIENSI REMOVAL BAKTERI PADA FILTER AIR PAYAU DENGAN MEDIA KARBON AKTIF

Ardhana Rahmayanti* dan Laily Noer Hamidah

Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Nahdlatul Ulama Sidoarjo

*e-mail: ardhana.rahma@gmail.com

Abstract

Seawater intrusion causes groundwater in coastal areas to be brackish, so it requires special processing to remove salt levels in raw water so that the water becomes tasteless. In addition to salinity, the presence of bacteria in water can cause disease if consumed without proper processing. Brackish water treatment called desalination can be done by ion exchange using an activated carbon filter. The purpose of this study was to determine the efficiency of the performance of brackish water processing filters in setting aside water quality parameters in the form of: coli bacteria and total bacteria expressed in the Total Plate Count (TPC). The filtration reactor is made using filter media in the form of activated charcoal (20 cm), silica sand (15 cm), zeolite (15 cm), and gravel (10 cm). laying the reactor upright and tilted 45 degrees. The results showed that the reactor filter was effective in reducing Coliform bacteria and total bacteria in raw water up to 100% and 97%, respectively, although it did not meet drinking water quality standards PERMENKES No.492/Menkes/Per/IV/2010. Both reactor variations have performance effectiveness that is not significantly different in processing raw water, but overall reactors with upright variations have better performance.

Keywords: Active Carbon Filtration, Coliform, Total Plate Count.

Abstrak

Intrusi air laut menyebabkan air tanah di wilayah pesisir menjadi payau, sehingga memerlukan pengolahan khusus untuk menghilangkan kadar garam dalam air baku sehingga air menjadi tawar. Selain kadar garam, keberadaan bakteri dalam air dapat menyebabkan penyakit apabila dikonsumsi tanpa pengolahan yang tepat. Pengolahan air payau yang disebut sebagai desalinasi dapat dilakukan dengan pertukaran ion menggunakan filter karbon aktif. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui efisiensi dari kinerja filter pengolah air payau dalam menyisihkan parameter kualitas air berupa: bakteri coli dan total bakteri yang dinyatakan dalam Total Plate Count (TPC). Reaktor filtrasi dibuat dengan menggunakan media filter berupa arang aktif (20 cm), pasir silika (15 cm), zeolit (15 cm), dan kerikil (10 cm). peletakan reaktor dalam keadaan tegak dan miring 45 derajat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa filter reaktor efektif dalam menurunkan bakteri Coliform dan total bakteri pada air baku masing-masing hingga 100% dan 97% meskipun belum memenuhi baku mutu air minum PERMENKES No.492/Menkes/Per/IV/2010. Kedua variasi reaktor memiliki efektifitas kinerja yang tidak berbeda nyata dalam mengolah air baku, namun secara keseluruhan reaktor dengan variasi tegak memiliki kinerja yang lebih baik.

Kata kunci: Filtrasi Karbon Aktif, E. Coli, Total Plate Count.

1. PENDAHULUAN

Air menjadi kebutuhan pokok manusia. Pemanfaatan air sangat kompleks antara lain untuk minum, masak, mandi, mencuci, pertanian, perikanan, dan lain sebagainya.

Menurut perhitungan WHO (*World Health Organisation*), di negara-negara maju setiap orang memerlukan air antara 60-120 liter per hari, sedangkan di negara-negara berkembang, termasuk Indonesia setiap orang memerlukan air antara 30-60 liter per hari.

Permasalahan tentang air merupakan masalah yang mendesak untuk ditangani, karena air merupakan kebutuhan utama dalam kehidupan. Akan tetapi tidak semua setiap daerah memiliki sumber air yang baik terutama daerah pesisir. Pemenuhan kebutuhan air bersih terutama air minum di daerah pesisir sebagian diperoleh dari Perusahaan Daerah air Minum (PDAM), sebagian dengan memanfaatkan sumur air tanah dangkal yang memiliki kualitas dibawah standar baku mutu air bersih.

Air payau atau *brackish water* merupakan air yang mempunyai salinitas (kandungan garam) 0,5 – 17 ppt (Astuti, *et al.*, 2007), pada musim kemarau panjang kualitas air tanah dangkal akan lebih menurun sebagai akibat intrusi air laut, sehingga air payau akan terasa lebih asin karena meningkatnya kadar garam (Widayat, 2005). Kondisi yang seperti ini sangat diperlukan adanya pengolahan air lebih lanjut agar air payau ini layak untuk digunakan. Pengolahan tersebut diharapkan dapat menurunkan kandungan garam dalam air dan parameter kualitas air yang lain.

Proses pengolahan air laut maupun air payau menjadi air tawar dikenal

dengan istilah desalinasi (Astuti, 2007; Said, 2008; Daer, *et al.*, 2015). Desalinasi air payau juga dapat dilakukan dengan menggunakan zeolit (SMZ), hasil menunjukkan penurunan kadar garam mencapai 52% (Astuti, dkk, 2007). Kombinasi membran osmosa balik dengan NaY zeolit mampu menurunkan kadar garam hingga 98,8% (Dong *et al.*, 2015). Ionisasi elektroda juga dapat digunakan untuk mengurangi kadar garam dalam air. Penelitian Zheng *et al.* pada tahun 2016 menerapkan teknologi hemat energi untuk desalinasi air payau dengan resin ionisasi elektroda dan berhasil mengurangi kadar garam sampai 94%. Akan tetapi teknologi tersebut masih membutuhkan biaya yang tinggi.

Pengolahan air payau juga dapat dilakukan dengan metode filtrasi. Sukoco, dkk. (2016) melakukan filtrasi air asin dengan menggunakan karbon aktif arang bambu, hasil penelitian menunjukkan karbon aktif arang bambu dapat menurunkan kadar garam hingga 81,55%. Menurut Putri, dkk. (2013), arang aktif adalah suatu bahan yang mengandung karbon amorf serta memiliki permukaan dalam (*internal surface*), sehingga memiliki daya serap yang tinggi.

Karbon berpori atau lebih dikenal dengan nama karbon aktif, digunakan sebagai adsorben untuk menghilangkan warna, pengolahan limbah, pemurnian air. Karbon aktif sebagian besar terdiri dari karbon bebas dan memiliki permukaan dalam yang berongga, warna hitam, tidak berbau, tidak berasa, dan mempunyai daya serap yang jauh lebih besar dibandingkan dengan karbon yang belum menjalani proses aktivasi (Widyastuti dan Sari, 2011).

Desa Sidoklumpuk yang terletak di Kabupaten Sidoarjo memiliki jarak ± 20 km dari laut, sehingga air tanah yang berada di Desa Sidoklumpuk sebagian bersifat payau. Pemenuhan kebutuhan air bersih di Desa Sidoklumpuk sebagian telah didapatkan dari Perusahaan Daerah Air Minum, dan sebagian lagi masih memanfaatkan sumber air sumur dangkal. Selain terasa asin, air di Desa Sidoklumpuk juga berwarna kekuningan, keruh, berbau, dan berdasarkan hasil uji laboratorium didapatkan pH basa serta kandungan bakteri cukup tinggi. Oleh karena itu, diperlukan suatu pengolahan (*treatment*) dalam mengatasi permasalahan tersebut. Pengolahan dilakukan dengan pembuatan filter penjernih air payau yang nantinya diharapkan dapat membantu masyarakat dalam memperoleh kualitas air yang memenuhi standar parameter kualitas air dari segi fisika, kimia dan biologi sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010 tentang persyaratan kualitas air minum (Ermawan dkk., 2017).

Pengolahan air dengan sistem filtrasi dirancang sesuai dengan tingkat sosial ekonomi dan kebutuhan air bersih masyarakat sekitar, sehingga masyarakat mampu pengoperasikan sistem pengolahan air tersebut secara mandiri dan dapat mengembangkannya di lokasi-lokasi lain yang memiliki kualitas air baku yang sama.

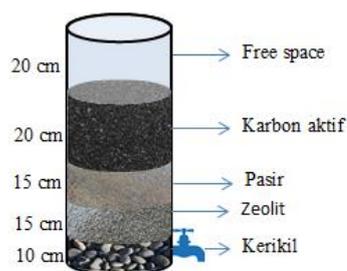
Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui efisiensi dari kinerja filter pengolah air payau dengan menggunakan media karbon aktif dalam mereduksi bakteri Coliform dan total bakteri yang dinyatakan dalam angka

lempeng total atau *Total Plate Count* (CFU/mL).

2. METODE PENELITIAN

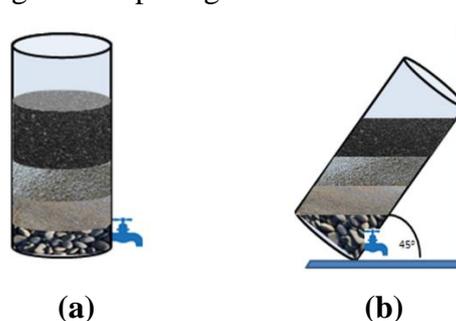
2.1 Preparasi Reaktor

Reaktor filter menggunakan pipa PVC diameter 6 inchi dan panjang 80 cm, dengan bagian bawah dipasang *valve* (kran) untuk keluarnya effluen. Media filter yang digunakan adalah berupa arang aktif dengan ketebalan 20 cm, pasir silika dengan ketebalan 15 cm, zeolit dengan ketebalan 15 cm, dan kerikil dengan ketebalan 10 cm. Jenis media filter yang digunakan dan ketebalannya merupakan hasil modifikasi yang mengacu pada penelitian Ermawan, dkk. (2017). Media filter dibungkus dengan paranet untuk menghindari tercampurnya media filter. variasi susunan media dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Susunan Media Filtrasi

Dalam penelitian ini digunakan 2 jenis reaktor yaitu reaktor yang disusun tegak dan reaktor yang disusun miring, seperti yang terlihat pada gambar 2 berikut:

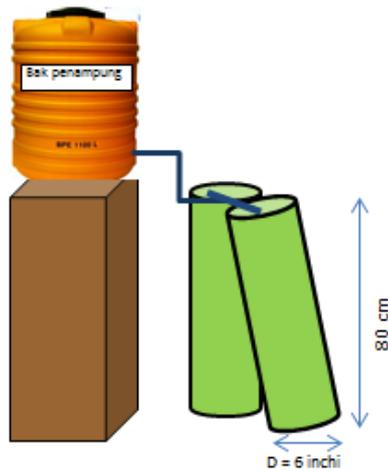


Gambar 2. (a) Reaktor 1 dipasang tegak, (b) Reaktor 2 dimiringkan 45°

2.2 Running Reaktor

Air baku yang diolah merupakan air tanah di Desa Sidoklumpuk, Kabupaten Sidoarjo yang bersifat payau dikarenakan jarak dengan pesisir pantai Kalanganyar Sidoarjo cukup dekat yaitu ± 22 km. Air baku ditampung dalam sebuah bak penampung dengan kapasitas 200L, selanjutnya dialirkan melalui pipa filtrasi dengan *flow rate* 5ml/det. Bak penampung diletakkan pada ketinggian tertentu agar air dapat mengalir secara gravitasi kedalam reaktor filtrasi. Penyusunan reaktor dapat dilihat pada Gambar 3.

Running reaktor dilakukan selama ± 3 jam, dimana sampel diambil setiap 30 menit, yaitu dimulai pada menit ke 60, 90, 120, 150, dan 180. Pengambilan sampel dilakukan di dua tempat yaitu pada *inlet* dan *outlet* untuk selanjutnya dilakukan uji kualitas air berupa jumlah bakteri dan *Coliform*.



Gambar 3. Susunan reaktor filtrasi

2.3 Analisis Parameter Kualitas Air

Sampel yang telah diambil pada inlet dan outlet dilakukan analisa kualitas air berupa: total bakteri dinyatakan dalam *Total Plate Count* (TPC) dan *Coliform*.

Analisa TPC dilakukan di Laboratorium Pengelolaan Limbah Padat dan Limbah B3 Departemen Teknik Lingkungan ITS, sedangkan uji *Coliform* dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi dan Bioteknologi Departemen Biologi ITS.

3. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Hasil Analisis Jumlah Bakteri

Jumlah bakteri yang dianalisis dalam penelitian ini dinyatakan dalam *Total Plate Count* (TPC) adalah total bakteri yang terdapat dalam air baku maupun air hasil olahan yang diukur dengan cara menumbuhkan sel mikroorganisme yang masih hidup pada media agar, sehingga mikroorganisme akan berkembang biak dan membentuk koloni yang dapat dilihat langsung dan dihitung dengan mata tanpa menggunakan mikroskop. Satuan TPC dinyatakan dalam *Colony Forming Unit*/mL (CFU/mL). Hasil analisis TPC pada air baku dan air hasil olahan adalah pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil Analisis TPC Air Baku serta Air Hasil Pengolahan/Filtrasi

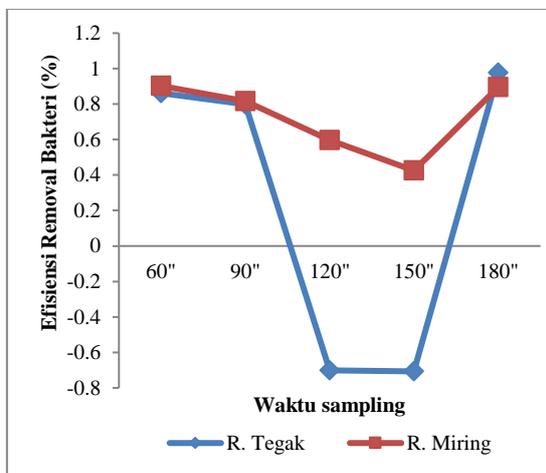
No	Waktu sampling	INLET (CFU/mL)	Reaktor Filtrasi	
			Tegak (T)	Miring (M)
1	60"	174×10^{-2}	24×10^{-2}	17×10^{-2}
2	90"	174×10^{-2}	35×10^{-2}	32×10^{-2}
3	120"	174×10^{-2}	296×10^{-2}	70×10^{-2}
4	150"	174×10^{-2}	297×10^{-2}	100×10^{-2}
5	180"	174×10^{-2}	4×10^{-2}	18×10^{-2}

Berdasarkan tabel 1 diatas dapat dilihat adanya perbedaan jumlah bakteri pada inlet dan outlet dari kedua reaktor. Perbedaan ini menunjukkan adanya

penurunan atau penghilangan bakteri dalam air baku setelah dilakukan pengolahan menggunakan filter pengolah air payau.

Pada inlet jumlah bakteri mencapai 174×10^{-2} CFU/ml, yang artinya setiap 0,01 ml air baku mengandung ± 174 sel bakteri yang membentuk koloni. Selanjutnya jumlah bakteri ini menurun pada outlet kedua reaktor hingga mencapai 4×10^{-2} CFU/ml pada reaktor tegak dan 18×10^{-2} CFU/ml pada reaktor miring.

Untuk mengetahui kinerja dari kedua reaktor dapat dilihat melalui efisiensi pengurangan (removal) jumlah bakteri yang ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik Efisiensi Removal Bakteri pada Kedua Reaktor

Berdasarkan Gambar 4 dapat dilihat pengurangan jumlah bakteri pada kedua reaktor naik turun. Pada reaktor tegak terdapat penurunan jumlah bakteri terbesar terjadi pada awal pengambilan sampel yaitu menit ke 180 yaitu sebesar 97%. Sedangkan reaktor pada miring penurunan terbesar terjadi pada menit ke 60, yaitu sebesar 90%. Namun secara keseluruhan kualitas air hasil filtrasi

belum memenuhi baku mutu PERMENKES No.492/Menkes/Per/IV/2010 tentang persyaratan kualitas air minum mensyaratkan kadar maksimum yang diperbolehkan untuk jumlah bakteri yaitu sebesar 0/100mL air.

Selain itu pada grafik juga menunjukkan nilai minus pada reaktor tegak dikarenakan jumlah bakteri outlet lebih besar dibandingkan inlet, hal ini dimungkinkan terdapat kontaminasi disaat proses pengambilan sampel serta *flow rate* yang tidak stabil.

3.2 Hasil Analisis Coliform

Dalam penelitian ini pengujian Coliform dilakukan dalam 2 tahapan yaitu uji praduga/perkiraan (*presumptive test*) dan uji konfirmasi/penegasan (*confirmative test*). Uji *presumptive* dilakukan dengan menggunakan media LB (*Lactose Broth*) seri 3 tabung, tabung yang diduga positif mengandung bakteri Coliform ditandai dengan terbentuknya gas pada tabung durham. Selanjutnya untuk memastikan bahwa gas yang terbentuk pada tabung durham merupakan hasil fermentasi laktosa oleh bakteri Coliform dan bukan disebabkan oleh kerjasama beberapa spesies lain sehingga menghasilkan gas, maka dilakukan *confirmative test*, tabung positif pada media LB diinokulasikan pada tabung berisi media BGLBB (*Brilliant Green Lactose Bile Broth*).

Pada uji ini juga dihitung tabung positif yang ditandai dengan terbentuknya gas pada tabung durham serta asam yang ditunjukkan oleh media yang berubah menjadi keruh (Gambar 5). BGLBB merupakan media selektif yang mengandung laktosa dan garam empedu sehingga memungkinkan bakteri jenis

Coliform untuk tumbuh optimal. Jumlah tabung positif disesuaikan dengan indeks MPN seri 3 tabung.

Hasil analisis *Coliform* pada air baku dan air hasil olahan untuk reaktor tegak disajikan pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil Analisis Coliform Air Baku serta Air Hasil Pengolahan/Filtrasi Reaktor Tegak

No	Reaktor	Jumlah Tabung Positif			Indeks MPN (per 100 ml)
		10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	
1	INLET	3	2	1	150
2	R1 (120'')	1	1	0	7
3	R2 (120'')	2	1	0	15
4	R3 (120'')	2	1	1	20

Hasil analisis *Coliform* pada air baku dan air hasil olahan untuk reaktor miring disajikan pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil Analisis Coliform Air Baku serta Air Hasil Pengolahan/Filtrasi Reaktor Miring

No	Reaktor	Jumlah Tabung Positif			Indeks MPN (per 100 ml)
		10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	
1	INLET	3	2	1	150
2	R1 (120'')	1	2	0	11
3	R2 (120'')	0	0	0	0
4	R3 (120'')	3	2	2	210

Berdasarkan tabel 2 dan 3 diatas dapat dilihat adanya penurunan jumlah Coliform yang cukup besar, dimana pada reaktor miring menit ke 120 terjadi penurunan 100%, namun naik kembali dikarenakan karbon aktif dalam kondisi jenuh sehingga tidak mampu menyaring,

selain itu *flow rate* yang tidak stabil juga dapat mempengaruhi kinerja karbon aktif dalam menyisihkan bakteri Coliform.

Penurunan jumlah bakteri disebabkan oleh pori-pori yang terdapat pada karbon aktif dan zeolit mampu mengikat atau menyerap sel bakteri pada air baku, sehingga jumlah bakteri pada outlet menjadi berkurang. Menurut Yulianti, *et al.* (2016) dalam Kubota, *et al.* (2006) menyatakan bahwa zeolit mampu mengadsorpsi sel bakteri dengan permukaannya dan selektif dalam mengadsorpsi untuk mikroorganisme yang spesifik. Hal tersebut berhubungan dengan interaksi elektrisitas dua lapisan antara permukaan zeolit dengan sel bakteri dan interaksi hidrofobik yang terjadi antara permukaan zeolit dan dinding sel bakteri, menyebabkan zeolit mampu mengadsorpsi sel bakteri. Arang aktif juga memiliki sifat yang sama dengan zeolit sehingga keduanya sering digunakan sebagai adsorben.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah filter reaktor efektif dalam menurunkan jumlah bakteri hingga 97% dan *Coliform* hingga 100%, namun belum memenuhi baku mutu PERMENKES No.492/Menkes/Per/IV/2010 tentang persyaratan kualitas air minum.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat, Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi yang telah mendanai penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Aliaman, 2017. *Pengaruh Absorpsi Karbon Aktif dan Pasir Silika Terhadap Penurunan Kadar Besi (Fe), Fosfat (PO₄), dan Deterjen dalam Limbah Laundry*. Skripsi Program Studi Fisika FMIPA: Yogyakarta.
- Astuti, W., Jamali, A., dan Amin, M., 2007. Desalinasi Air Payau menggunakan *Surfactant Modified Zeolite (SMZ)*. *Jurnal Zeolit Indonesia*, 6 (1), pp.32-37.
- Daer, S., Kharraz, J., Giwa, A., Hasan, S.W., 2015. Recent Applications of Nanomaterials in Water Desalination: A Critical Review and Future Opportunities. *Desalination*, 367, pp.37-48.
- Dahlan, H., 2013. *Prototipe Alat Penyaring Air Payau (Sungai Sugihan) Menjadi Sumber Air Bersih Menggunakan Tabung Filter bagi Masyarakat Pangkalan Sakti Kecamatan Air Sugihan Kabupaten Ogan Komering Ilir Sumsel*. Proposal Penelitian Doktor Jurusan Teknik Kimia: Universitas Sriwijaya.
- Dong, H., Zhao, L., Zhang, L., Chen, H., Gao, C., Ho, W.S.W. 2015. High-flux reverse osmosis membranes incorporated with NaY zeolite nanoparticles for brackish water desalination. *Journal of Membrane Science*. Vol 476, Hal: 373-383.
- Endarko; Putro, T.; Nuzula, N.I.; Armawati, N.; Wardana, A.; Rubiyanto A.; dan Untin, M., 2013. Rancang Bangun Sistem Penjernihan dan Dekontaminasi Air Sungai Berbasis Biosand Filter dan Lampu Ultraviolet. *Jurnal Berkala Fisika*, 16 (13), pp.75-84.
- Ermawan, R.P., Paryogo, T.B., Cahya, E.N., 2017. *Studi Efektifitas Filter Penjernih Air Tanah Menggunakan Media Zeolite, Karbon Aktif, Pasir Silika, dan Kerikil Untuk Mengurangi Kadar Parameter Pada Kualitas Air Minum*. Skripsi Teknik Pengairan: Universitas Brawijaya Malang.
- Prihartini, I., 2015. Kajian Kualitas Air Tanah Dangkal di Desa Jimbaran Kulon Kecamatan Wonoayu Kabupaten Sidoarjo. *Jurnal Swara Bhumi*, 2 (2), pp.01-06.
- Putri, D.S., Santosa, S.S., dan Sulistyowati, M. 2013. Pengaruh Dosis Penambahan Arang Aktif Terhadap Kandungan Protein Dan Bau Perengus Pada Susu Kambing Pasteurisasi. *Jurnal Ilmiah Peternakan* 1(3): 1014-1020.
- Said, Nusa I. 2008. *Teknologi Pengolahan Air Minum: Teori dan Pengalaman Praktis*. Jakarta: Pusat Teknologi Lingkungan BPPT.
- Sukoco, M.H.; Barid, B., Ikhsan, J., 2016. *Model Unit Pengolahan Air Asin dengan Metode Filtrasi*. Seminar Tugas Akhir Prodi Teknik Sipil: Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Widayat, Wahyu. 2005. Pengolahan Air Payau Menggunakan Teknologi Membran Sistem Osmosa Balik Sebagai Alternatif Pemenuhan Kebutuhan air Minum Masyarakat Kepulauan Seribu. *JAI*. Vol 1, No. 3, Hal: 264-271.
- Widyastuti, S., dan Sari, A.S. 2011. Kinerja Pengolahan Air Bersih dengan Proses Filtrasi dalam Mereduksi Kesadahan. *Jurnal Teknik WAKTU*, Vol.09 (01): 1412 – 1867.
- Yulianti, D. W., Aminatun, T., dan Yuliaty. 2016. Pengaruh Umur Pemakaian Zeolit Alam Dan Arang dalam Penyaringan Air Sumur Sistem Adsorpsi Terhadap Kualitas Bakteriologis Air. *Jurnal Prodi*

- Biologi FMIPA UNY*, Vol. 5 (02):
01-05.
Zheng, X.Y., Pan, S.Y., Tseng, P.C.,
Zheng, H.L., Chiang, P.C. 2018.
Optimization of resin wafer
electrodeionization for brackish
water desalination. *Separation and
Purification Technology*. Vol 194,
Hal: 346-354.