

OPTIMASI PROSES ADSORPSI AIR PAYAU KECAMATAN DUDUK SAMPEYAN SEBAGAI SUMBER AIR BERSIH

Fiska Yohana Purwaningtyas*, Mega Umamingrum

Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Gresik
Jl. Sumatera 101 Gresik Kota Baru, Randuagung, Gresik, Jawa Timur 61121

*Email: fiskayohana@umg.ac.id

Abstrak

Kecamatan Duduk Sampeyan adalah kecamatan di kabupaten Gresik yang memiliki air dengan kadar klorida mencapai 9,1 g/L. Tingginya kontaminan dan kadar klorida yang terkandung dalam air menjadikan air dari daerah ini tidak layak digunakan untuk memenuhi kebutuhan hidup. Akibat dari tingginya kadar garam membuat warga di kecamatan Duduk Sampeyan lebih banyak membeli air bersih, sehingga diperlukan proses untuk memurnikan air di daerah ini agar dapat dimanfaatkan oleh warga. Metode pemurnian air yang dapat digunakan digunakan dalam penelitian ini adalah metode adsorpsi. Zeolit alam yang diaktivasi secara fisika pada suhu 400°C digunakan sebagai adsorban dalam adsorpsi air dari Desa Kemudi. Temperatur adsorpsi dibuat tetap pada suhu 30°C dengan 3 jenis ukuran zeolit, yaitu 20, 60, dan 100 mesh. Zeolit yang diaktivasi secara fisika dapat menjerap klorida lebih banyak dibandingkan dengan zeolit non aktivasi, yaitu sebesar 11,1% untuk ukuran 20 mesh; 12,2% untuk ukuran 60 mesh; dan 9,9% untuk ukuran 100 mesh. Kadar besi yang terkandung dalam air juga mengalami penurunan hingga 54,90% untuk ukuran 20 mesh; 63,72% untuk ukuran 60 mesh; dan 61,76% untuk ukuran 100 mesh. Adsorpsi menyebabkan tingkat kekeruhan air mengalami penurunan baik untuk zeolit non aktivasi maupun zeolit teraktivasi dengan penurunan dari 4 NTU menjadi 1 NTU serta skala warna turun menjadi kurang dari 2 TCU. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan zeolit sebagai media adsorban dapat menurunkan kadar kontaminan-kontaminan dalam air payau dari kecamatan Duduk Sampeyan.

Kata kunci: adsorpsi, air payau, zeolit

1. PENDAHULUAN

Air merupakan salah satu unsur utama yang dibutuhkan oleh manusia untuk melangsungkan kehidupan. Pertumbuhan penduduk menyebabkan peningkatan jumlah konsumsi air. Kuantitas dan kualitas sumber daya air dapat mengalami penurunan akibat pencemaran dan eksploitasi air tanah serta air permukaan di berbagai daerah (Etawil dkk., 2009). Air dengan tingkat salinitas tinggi seperti pada air payau dari Kecamatan Duduksampeyan yang salinitasnya mencapai 30,11 g/L tidak dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan hidup tersebut. Air bersih yang dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan adalah air dengan nilai salinitas tidak lebih dari 0,5 ppt. Air tanah yang salinitasnya melebihi air tawar dan kurang dari air laut dengan kadar garam antara 1 – 35 g/L disebut sebagai air payau (Du dkk., 2020). Selain salinitas yang tinggi, air payau dan air laut kemungkinan mengandung bahan-bahan kimia berbahaya, bahan organik, dan juga logam berat (Panagopoulos dkk., 2019).

Proses untuk menurunkan kadar salinitas air disebut sebagai desalinasi. Desalinasi merupakan salah satu cara untuk mengurangi

masalah kelangkaan air bersih ini. Desalinasi sendiri dapat dilakukan dengan menggunakan panas atau tanpa menggunakan panas. Desalinasi dengan menggunakan panas contohnya adalah *multi effect desalination* (Elsayed dkk., 2020), sedangkan desalinasi tanpa menggunakan panas adalah reverse osmosis dan pertukaran ion (Charcosset dan Catherine, 2009). Selain itu ada juga desalinasi menggunakan energi listrik yang disebut elektrodialisis.

Prinsip kerjanya adalah menghilangkan garam dengan cara mengangkut ion-in di dalam air garam menggunakan membran pertukaran ion di bawah pengaruh medan listrik (Wang dkk., 2021). Biaya desalinasi sendiri tergantung dari biaya konstruksi, biaya listrik, dan banyak penelitian yang berfokus pada konsumsi energi untuk desalinasi (Chu dkk., 2021). Desalinasi dengan menggunakan panas seperti *multi effect desalination* membutuhkan energi yang besar. Energi yang besar ini mempengaruhi tingginya biaya operasi untuk desalinasi (Alatiqi dkk., 1999). Solusi untuk menekan biaya operasi yang tinggi ini adalah dengan menggunakan desalinasi tanpa panas yang tidak memerlukan

energi besar, yaitu dengan metode adsorpsi. Adsorpsi adalah proses penjerapan ion-ion terlarut dalam air dengan menggunakan adsorban (Treybal, 1981). Ion-ion tersebut akan terjerap pada permukaan adsorban, sehingga kadar kontaminan dalam air berkurang.

Zeolit alam memiliki harga yang relatif murah dan tersedia dalam jumlah banyak. Zeolit memiliki struktur tiga dimensi yang berpori atau berongga (Al-Anber dkk., 2008). Zeolit alam mengandung kation seperti Mg^{2+} , Ca^{2+} , K^+ , dan Na^+ (Wajima, 2018), dimana kation-kation ini dapat bertukar dengan kation yang berada di dalam air. Selain itu telah diketahui juga bahwa desalinasi menggunakan membran zeolit dapat mengurangi salinitas air (Swenson dkk., 2012). Untuk meningkatkan keefektifan zeolit dalam melakukan adsorpsi, maka diperlukan perlakuan awal terlebih dahulu.

Perlakuan awal ini disebut sebagai aktivasi. Proses aktivasi dibedakan menjadi dua, yaitu aktivasi fisika dan aktivasi kimia. Proses aktivasi fisika dilakukan dengan cara memanaskan adsorban pada suhu yang tinggi, sedangkan proses aktivasi kimia dilakukan dengan menambahkan zat asam. Proses adsorpsi juga dapat dilakukan secara fisika dan kimia. Proses adsorpsi yang disebabkan oleh gaya tarik antar molekul yang terjerap (adsorbat) dengan adsorban karena adanya gaya Van der Waals disebut adsorpsi secara fisika. Sedangkan adsorpsi yang terjadi karena adanya interaksi kimia antara adsorbat dan adsorban disebut sebagai adsorpsi secara kimia. Pada penelitian ini dilakukan aktivasi secara fisika dengan berbagai ukuran partikel yaitu 20, 60, dan 100 mesh untuk mengetahui kondisi operasi optimumnya.

2. METODOLOGI

2.1. Preparasi Zeolit

Zeolit alam ditumbuk dan diayak ukuran 20 mesh, 60 mesh, dan 100 mesh. Aktivasi zeolit secara fisika dilakukan pada temperatur $400^{\circ}C$ di dalam *furnace*.

2.2. Adsorpsi Air Payau

Zeolit dimasukkan ke dalam air payau dan diaduk dengan *magnetic stirrer* pada suhu $30^{\circ}C$. Ambil sampel air hasil adsorpsi tiap waktu untuk dilakukan analisis hasil setelah adsorpsi. Lakukan proses adsorpsi untuk zeolit yang tidak diaktivasi maupun zeolit yang telah

diaktivasi secara fisika pada suhu $400^{\circ}C$ untuk semua ukuran zeolit.

2.3. Uji Warna

Uji warna dianalisis dengan menggunakan spektrofotometer (APHA, 2012).

2.4. Kekeruhan

Uji kekeruhan dianalisis menggunakan turbidimeter (APHA, 2012).

2.5. Total Besi Terlarut

HCl 37% sebanyak 2 mL dan hidrosilamin 10% sebanyak 1 mL dimasukkan ke dalam 50 mL sampel. Sampel dipanaskan hingga volume menjadi 20 mL kemudian didinginkan. Kemudian ditambahkan bufer asetat sebanyak 10 mL dan orto penantrolin sebanyak 4 mL, diamkan sampel selama 5 menit. Setelah itu tambahkan akuades hingga volume mencapai 100 mL dan analisis menggunakan spektrofotometer pada absorbansi 510 nm (APHA, 2012).

2.6. Analisis Kadar Klorida

Analisis kadar klorida dilakukan dengan menambahkan K_2CrO_4 dengan konsentrasi 5% dan larutan $AgNO_3$ dengan konsentrasi 0,05 N hingga terbentuk endapan (SNI, 2004).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Adsorpsi air payau bertujuan untuk menurunkan kadar kontaminan-kontaminan dalam air seperti kadar klorida, besi terlarut, zat-zat organik, dan lain-lain. Air payau sebelum adsorpsi dianalisis terlebih dahulu karakteristiknya. Hasil analisis menunjukkan bahwa air payau dari desa di Kecamatan Duduksampeyan mengandung klorida sebesar 9,1 g/L. Kadar klorida dalam air payau ini sangat berlebih jika dibandingkan dengan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 416/MENKES/PER/IX/1990 tentang standar kualitas air. Menurut peraturan ini konsentrasi klorida maksimal yang ada di dalam air bersih adalah sebesar 0,6 g/L sedangkan standar kualitas air yang dapat diminum adalah 0,25 g/L. Sedangkan kadar besi pada air bersih adalah 1 mg/L dan untuk kadar besi air minum adalah 0,3 mg/L. Untuk memenuhi standar kualitas air tersebut, maka perlu dilakukan proses pemurnian yang bertujuan untuk menurunkan kadar klorida dalam air, salah satunya adalah dengan cara adsorpsi menggunakan adsorban zeolit. Zeolit

diharapkan mampu menjerap kontaminan dalam air dengan baik sehingga diperoleh air yang memiliki kualitas lebih baik bahkan memenuhi standar kualitas air. Karakterisasi air yang ada dalam penelitian ini antara lain uji warna, kekeruhan, total besi terlarut, serta analisis perubahan kadar klorida sebelum dan setelah adsorpsi baik untuk zeolit yang belum diaktivasi maupun zeolit yang telah diaktivasi.

3.1. Perubahan Warna Air

Warna merupakan salah satu parameter pada standar kualitas air bersih dan air minum yang telah ditetapkan oleh Permenkes Nomor 416/MENKES/PER/IX/1990. Parameter warna dalam persyaratan air bersih adalah sebesar 50 TCU dan untuk air minum adalah sebesar 15 TCU. Perubahan warna air payau sebelum dan setelah adsorpsi dianalisis menggunakan spektrofotometer. Data perubahan warna yang terjadi ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Pengujian warna air

Ukuran Partikel (mesh)	Sebelum adsorpsi (TCU)	Setelah adsorpsi (TCU)	
		Non aktivasi	Aktivasi
20	5,3	3,8	<0,2
60	5,3	3,6	<0,2
100	5,3	2,4	<0,2

Tabel 1 menunjukkan bahwa air sebelum adsorpsi telah memenuhi standar warna baik untuk air minum maupun air bersih yang telah ditetapkan oleh Permenkes. Proses adsorpsi menggunakan zeolit yang belum diaktivasi dan zeolit yang telah diaktivasi dapat menurunkan nilai parameter warna. Hal ini disebabkan karena kontaminan-kontaminan dalam air dijerap oleh adsorban zeolit, sehingga membuat warna air menjadi lebih jernih. Proses aktivasi zeolit membuat kontaminan dalam air lebih banyak dijerap dibandingkan dengan tanpa aktivasi. Aktivasi membuat kontaminan organik dan anorganik dalam pori-pori zeolit berkurang, sehingga dapat menjerap kontaminan dalam air lebih banyak (Djaeni dkk., 2010).

3.2. Kekeruhan Air

Parameter kekeruhan yang diatur oleh Permenkes adalah sebesar 5 NTU untuk air minum dan 25 NTU untuk air bersih. Hasil uji kekeruhan air payau ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Pengujian kekeruhan air

Ukuran Partikel (mesh)	Sebelum adsorpsi (NTU)	Setelah adsorpsi (NTU)	
		Non aktivasi	Aktivasi
20	4	2	1
60	4	2	1
100	4	2	1

Air payau sebelum adsorpsi telah memenuhi parameter kekeruhan pada standar kualitas air bersih dan air minum. Proses adsorpsi sendiri dapat mengurangi kekeruhan air karena kontaminan-kontaminan dalam air terjerap pada permukaan pori zeolit. Zeolit yang telah diaktivasi dapat menurunkan tingkat kekeruhan dalam air lebih baik dibandingkan dengan zeolit yang tidak diaktivasi. Ukuran partikel zeolit menunjukkan pengaruh yang tidak signifikan terhadap tingkat kekeruhan air.

3.3. Total besi terlarut

Kandungan bahan kimia anorganik, yang berupa logam dan unsur-unsur lain menjadi syarat yang menentukan kualitas air. Salah satu unsur logam yang terkandung di dalam air adalah besi. Kandungan besi yang terlalu tinggi menyebabkan air berwarna kekuningan dan menjadikan air tidak layak digunakan sebagai air minum. Kandungan besi yang diijinkan sesuai Permenkes adalah sebesar 0,3 mg/L untuk air minum dan 1 mg/L untuk air bersih. Untuk mengukur kandungan besi dalam air digunakan spektrofotometer. Hasil analisis kadar besi ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Kadar besi terlarut

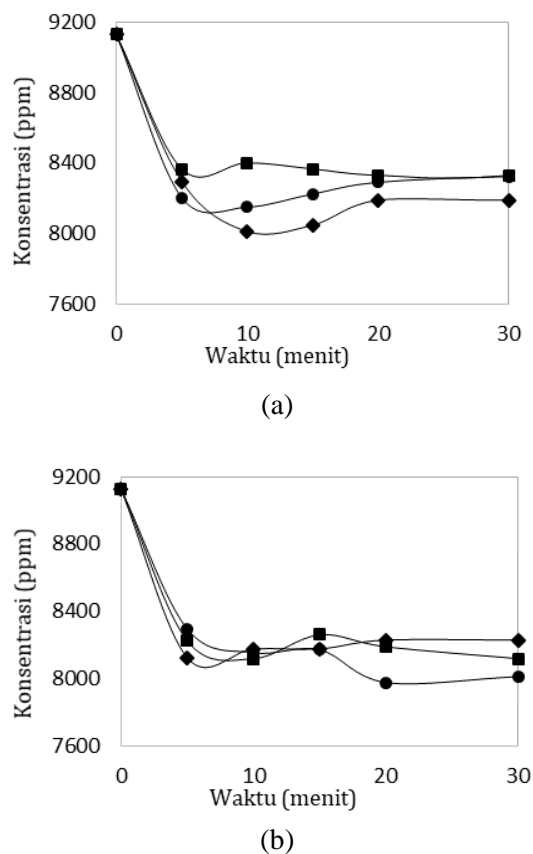
Ukuran Partikel (mesh)	Sebelum adsorpsi (mg/L)	Sesudah adsorpsi (mg/L)	
		Non aktivasi	Aktivasi
20	1,02	0,84	0,46
60	1,02	0,84	0,37
100	1,02	0,69	0,39

Tabel 3 menunjukkan bahwa kadar besi dalam air sebelum adsorpsi melebihi batas standar kualitas air yang diijinkan oleh Permenkes. Proses adsorpsi menyebabkan kandungan besi di dalam air turun dan sesuai dengan standar kualitas air bersih, namun tidak dapat memenuhi standar kualitas air minum. Ukuran adsorban zeolit yang semakin kecil akan menyebabkan semakin banyak total besi terlarut yang dijerap pada permukaan adsorban.

Ukuran adsorban yang kecil menyebabkan luas permukaan adsorban yang digunakan untuk kontak dengan adsorbat semakin besar. Semakin besar luas kontak antara adsorban dan air, maka semakin tinggi kadar besi yang dijerap oleh adsorban. Selain itu aktivasi juga meningkatkan kemampuan zeolit dalam menyerap kandungan besi dalam air. Kadar besi terlarut mengalami penurunan hingga 54,90% untuk zeolit yang telah diaktivasi ukuran 20 mesh; 63,72% untuk zeolit yang telah diaktivasi ukuran 60 mesh; dan 61,76% untuk zeolit yang telah diaktivasi ukuran 100 mesh. Sedangkan untuk zeolit yang belum diaktivasi, kadar besi terlarut dalam air mengalami penurunan sebesar 17,65% untuk ukuran 20 mesh dan 60 mesh; 32,35% untuk ukuran 100 mesh. Perbedaan kadar besi terlarut dalam air setelah adsorpsi tanpa aktivasi dan dengan aktivasi memberikan hasil yang berbeda cukup signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa aktivasi secara fisika merupakan langkah yang efektif dalam proses adsorpsi di penelitian ini.

3.4. Kandungan Klorida dalam Air

Air payau yang dikonsumsi dalam jangka waktu lama dapat menyebabkan berbagai macam masalah kesehatan antara lain infeksi, hipertensi, serta batu ginjal sebagai akibat dari tingginya kandungan garam dalam air tersebut (Du dkk., 2020). Air payau dari desa di Kecamatan Duduk Sampeyan mengandung klorida sebesar 9,1 g/L. Kadar klorida dalam air payau ini sangat berlebih jika dibandingkan dengan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 416/MENKES/PER/IX/1990. Kadar klorida maksimal yang diijinkan dalam air bersih adalah sebesar 0,6 g/L, sedangkan untuk air minum adalah 0,25 g/L. Proses adsorpsi dapat digunakan untuk mengurangi kadar garam pada air payau. Proses adsorpsi pada penelitian ini menggunakan dua jenis zeolit alam yaitu zeolit yang telah diaktivasi dan zeolit yang belum diaktivasi dengan ukuran 20 mesh, 60 mesh, dan 100 mesh. Hasil dari penelitian penurunan kadar klorida dalam air payau menggunakan zeolit yang belum diaktivasi ditunjukkan pada Gambar 1(a) dan penurunan kadar klorida menggunakan zeolit yang telah diaktivasi ditunjukkan pada Gambar 1(b).



Gambar 1. Penurunan kadar klorida pada (a) zeolit yang belum diaktivasi (b) zeolit yang telah diaktivasi. ■ = zeolit ukuran 20 mesh, ● = zeolit ukuran 60 mesh, ◆ = zeolit ukuran 100 mesh

Gambar 1 menunjukkan bahwa adsorpsi menggunakan zeolit dapat mengurangi kadar klorida di dalam air, baik itu untuk zeolit yang belum diaktivasi maupun zeolit yang telah diaktivasi. Namun jumlah adsorban zeolit yang diperlukan masih kurang cukup untuk menyerap kadar klorida yang sangat tinggi. Zeolit yang telah diaktivasi secara fisika dapat menyerap klorida lebih banyak dibandingkan dengan zeolit non aktivasi, yaitu sebesar 11,1% untuk ukuran 20 mesh; 12,2% untuk ukuran 60 mesh; dan 9,9% untuk ukuran 100 mesh. Hal ini disebabkan karena proses aktivasi zeolit menggunakan suhu tinggi menyebabkan kontaminan-kontaminan di dalam zeolit seperti air, zat organik, dan zat anorganik menjadi berkurang. Aktivasi membuat pori-pori pada zeolit yang semula terisi oleh kontaminan-kontaminan menjadi terbuka, akibatnya luas kontak antara zeolit dan air menjadi lebih besar. Semakin besar luas kontak antara adsorban (zeolit) dan adsorbat (klorida dalam air), maka

semakin banyak pula adsorbat yang terjerap pada permukaan adsorban, sehingga kadar klorida dalam air menjadi berkurang lebih banyak. Namun pada zeolit ukuran 100 mesh terjadi penurunan jumlah klorida yang dapat dijerap. Kemungkinan hal ini disebabkan karena proses aktivasi pada zeolit ukuran 100 mesh membuat pori-pori zeolit rusak karena ukurannya yang terlalu kecil. Kerusakan pori-pori zeolit ini berakibat pada turunnya luas permukaan zeolit sehingga luas area penjerapan berkurang. Apabila luas area penjerapan ini berkurang maka jumlah adsorbat yang dapat dijerap pun akan semakin sedikit. Gambar 1 juga menunjukkan bahwa pada 5 menit pertama adsorpsi terjadi penurunan kadar klorida yang cukup signifikan. Penurunan yang signifikan ini kemungkinan disebabkan karena adsorpsi berlangsung secara spontan atau cepat.

4. KESIMPULAN

Adsorpsi menggunakan zeolit dapat mengurangi kontaminan-kontaminan di dalam air. Air berubah menjadi lebih jernih tidak berwarna dan tingkat kekeruhan berkurang. Aktivasi zeolit secara fisika memberikan pengaruh yang cukup signifikan dalam menurunkan kadar besi terlarut dan juga kadar klorida dalam air. Dengan aktivasi, kadar besi terlarut mengalami penurunan dari 54,90% menjadi 17,65% untuk ukuran 20 mesh; 63,72% menjadi 17,65% untuk ukuran 60 mesh; dan 61,76% menjadi 32,35% untuk ukuran 100 mesh. Selain itu aktivasi zeolit mampu menurunkan kadar klorida dari 8,7% menjadi 11,1% untuk zeolit berukuran 20 mesh; 8,8% menjadi 12,2% untuk zeolit berukuran 60 mesh; dan 10,3% menjadi 9,9% untuk zeolit berukuran 100 mesh. Ukuran partikel zeolit juga mempengaruhi banyaknya kontaminan yang dijerap oleh zeolit. Kontaminan yang terjerap akan semakin banyak dengan semakin kecilnya ukuran partikel adsorban. Hal ini disebabkan oleh luas kontak adsorban dan adsorbat semakin besar dengan semakin kecilnya ukuran partikel adsorban. Namun ukuran partikel yang terlalu kecil juga dapat mengurangi luas kontak karena kemungkinan ukuran partikel yang terlalu kecil ini membuat pori-pori adsorban menjadi rusak saat proses aktivasi menggunakan suhu tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

Al-Anber, Mohammed dan Zaid A. Al-Anber. (2008). Utilization of Natural Zeolite as

Ion-Exchange and Sorbent Material in the Removal of Iron. *Desalination* 225(1-3):70-81.

- Alatighi, Imad, Ettouney, H., dan El-Dessouky, H. (1999). Process Control in Water Desalination Industry: An Overview. *Desalination* 126(1-3):15-32.
- APHA. (2012). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA) and Water Environment Federation (WEF).
- Charcosset, Catherine. (2009). A Review of Membrane Processes and Renewable Energies for Desalination. *Desalination* 245(1-3):214-31.
- Chu, K. H., Oh, B. G., Kook, S., Ko, J., Lim, J., Kim, H. K., Chae, K., Hwang, M. (2021). Operational Strategies for Brackish Water Desalination Plants in Island Regions of South Korea. *Journal of Cleaner Production* 278: 123540.
- Djaeni, Mohamad, Kurniasari, L., Purbasari, A., dan Sasongko, S. B. (2010). Activation of Natural Zeolite as Water Adsorbent for Mixed-Adsorption Drying. *Proceeding of the 1 St International Conference on Materials Engineering* (November):25-26.
- Du, Runhong, J., Zhang, X., Feng, X., Wu, Y., Cheng, F., dan Ali, M. A. E. (2020). Desalination of High Salinity Brackish Water by an NF-RO Hybrid System. *Desalination* 491(March): 114445.
- Elsayed, Eman, AL-Dadah, R., Mahmoud, S., Anderson, P., dan Elsayed, A. (2020). Experimental Testing of Aluminium Fumarate MOF for Adsorption Desalination. *Desalination* 475 (October 2019): 114170.
- Eltawil, Mohamed A., Zhengming, Z., dan Yuan, L. (2009). A Review of Renewable Energy Technologies Integrated with Desalination Systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 13(9):2245-62.
- Panagopoulos, A., Haralambous, K., Loizidou, M. (2019). Desalination Brine Disposal Methods and Treatment Technologies - A Review. *Science of the Total Environment* 693: 133545.
- Standar Nasional Indonesia (SNI). (2004). Air dan Air Limbah – Bagian 19: Cara Uji Klorida (Cl⁻) dengan Metode

- Argentometri (Mohr). SNI 06-6989.19-2004.
- Swenson, Paul, Tanchuk, B., Gupta, A., An, W., dan Kuznicki, S. M. (2012). Pervaporative Desalination of Water Using Natural Zeolite Membranes. *Desalination* 285:68–72.
- Treybal, R. E. (1981). *Mass Transfer Operation*. Singapore: McGraw-Hill Book Company.
- Wajima, T. (2018). Desalination Properties of a Natural Zeolite and Calcined Hydrotalcite Mixture in Seawater. *International Journal of Chemical Engineering and Applications* 9(4):128–34.
- Wang, L., Patel, S. K., Elimelech, M. (2021). Corellation Equation for Evaluating Energy Consumption and Process Performance of Brackish Water Desalination by Electrodialysis. *Desalination* 510: 115089.