



## Desalinasi Air Payau Desa Kemudi Gresik Menggunakan Adsorben Zeolit Teraktivasi

Fiska Yohana Purwaningtyas\*, Zainal Mustakim, Zan Nubah Arifah  
Chafsoh Rohmah, dan Tarisa Dwi Anastasya

Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Gresik, Jalan Sumatera No. 101 Gresik  
Kota Baru (GKB), Gresik

\*E-mail: [fiskayohana@umg.ac.id](mailto:fiskayohana@umg.ac.id)

### Abstract

*The availability of clean water was the main focus in areas with land topography of 2 m above sea level, such as in the Kemudi village of Duduk Sampeyan District, Gresik. Salinity that reached 30.11 g/L made the water in this village included in brackish water. Adsorption was known to reduce the value of water salinity so that the water could be used by residents. In this study physically activated zeolite adsorbents at 400°C were used. Zeolites were able to absorb salts in water, so salinity of brackish water could be lower. The adsorption process used temperature variants of 30 ° C, 40 ° C and 50 ° C with a particle size of 250 microns (60 mesh). From the results of the experiment, it could be concluded that the brackish water adoption using zeolite both activated and non-activated could reduce salinity and Cl-levels. Activated zeolite can reduce Cl-levels higher than non-activated one.*

**Keywords:** adsorption, zeolite, salinity, brackish water

### Pendahuluan

Ketersediaan air bersih merupakan masalah yang cukup umum bagi daerah yang belum terjangkau oleh PDAM. Salah satunya adalah Desa Kemudi di Gresik, Jawa Timur. Desa yang terletak 2 meter di atas permukaan air laut ini memiliki salinitas yang cukup tinggi, yaitu 30,11 g/L. Salinitas yang cukup tinggi ini membuat air menjadi air payau yang tidak dapat digunakan sebagai air minum, memasak, ataupun mencuci. Tingkat salinitas maksimum untuk kegiatan-kegiatan rumah tangga tersebut adalah 0,5 ppt.

Salinitas adalah jumlah garam yang terkandung dalam satu kilogram air. Salinitas ini dinyatakan dalam satuan ppt atau part per thousand karena satu kilogram sama dengan 1000 gram. Salinitas air payau disebabkan oleh 7 ion utama, yaitu: natrium ( $\text{Na}^+$ ), kalium ( $\text{K}^+$ ), kalsium ( $\text{Ca}^{2+}$ ), magnesium ( $\text{Mg}^{2+}$ ), klorida ( $\text{Cl}^-$ ), sulfat ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), dan bicarbonat ( $\text{HCO}_3^-$ ) (Kordi, 1996). Cara sederhana dalam mengukur salinitas air adalah dengan mengukur kadar ion  $\text{Cl}^-$  dalam air dengan menggunakan titrasi perak nitrat (Argonometri).

Salah satu cara untuk mengurangi tingkat salinitas pada air yaitu dengan proses desalinasi. Desalinasi adalah proses pemurnian atau pengurangan garam terlarut dalam air. Desalinasi yang sudah sering dilakukan adalah dengan metode evaporasi dan reverse osmosis, namun biayanya cukup mahal dan perawatannya cukup sulit (Hapsari, 1998). Oleh karena itu pada penelitian ini digunakan metode ion exchange menggunakan zeolit. Zeolit dapat digunakan sebagai adsorben karena memiliki struktur kristal alumina silika dengan rongga-rongga yang berisi ion-ion logam.

Zeolit adalah mineral kristal alumina silika tetrahidrat berpori yang mempunyai struktur kerangka tiga dimensi, terbentuk oleh tetrahedral  $[\text{SiO}_4]^{4-}$  dan  $[\text{AlO}_4]^{5-}$  yang saling terhubung oleh atom-atom oksigen sedemikian rupa, sehingga membentuk kerangka tiga dimensi terbuka yang mengandung kanal-kanal dan rongga-rongga, yang didalamnya terisi oleh ion-ion logam, biasanya adalah logam-logam alkali atau alkali tanah dan molekul air yang dapat bergerak bebas (Cheetam, 1992). Pada awal penukaran ion dalam industri, resin penukar ion berasal dari senyawa inorganik mineral zeolit. Dengan berkembangnya resin sintesis organik yang kapasitas tukar ionnya lebih besar, maka penggunaan mineral zeolit semakin sedikit (Astuti, 2007).

Proses pemurnian air payau dapat menggunakan zeolit teraktivasi maupun non aktivasi. Proses aktivasi dapat menggunakan metode secara fisika atau kimia. Adsorpsi sendiri ada 2, yaitu adsorpsi fisika dan adsorpsi kimia. Adsorpsi secara fisika terjadi karena adanya gaya tarik menarik antara adsorbat (zat yang akan dijerap) dan adsorban (zat yang menyerap) akibat dari gaya Van der Waals. Adsorpsi ini bersifat *reversible* atau dapat balik. Zat yang diadsorpsi tidak dapat menembus kisi padatan, tapi hanya menempel saja pada permukaan. Namun jika padatan sangat berpori, maka zat yang diinginkan terpisah dapat terjepit sampai ke dalam adsorben. Sedangkan adsorpsi secara kimia atau *reactive adsorption* terjadi karena interaksi kimia antara adsorban dan adsorbat (Treybal, 1981). Pada penelitian



ini aktivasi dilakukan secara fisika karena sangat sederhana, biaya relative murah, tidak menghasilkan limbah buangan padat, dan dapat dilakukan proses regenerasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan zeolit yang diaktivasi secara fisika dengan suhu tertentu dalam menurunkan salinitas air payau sehingga dapat berfungsi dalam poses desalinasi air payau.

### Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan metode percobaan laboratorium. Bahan yang digunakan adalah zeolit alam, air payau yang berasal dari Desa Kemudi, serta perak nitrat, kalium dikromat, natrium klorida, dan aquadest. Peralatan yang digunakan antara lain instrumen elektrokonduktometer, *magnetic stirrer*, ayakan 60 mesh, kertas pH universal, termometer, dan buret untuk analisis.

### Metode aktivasi zeolit alam

Metode aktivasi zeolit dilakukan dalam 2 tahapan. Tahapan pertama yaitu memperkecil ukuran zeolit dengan menumbuk zeolit dan mengayaknya dengan ukuran 60 mesh. Tahapan kedua adalah proses aktivasi secara fisika pada suhu 400°C selama satu jam.

### Adsorpsi air payau menggunakan zeolit

Adsorpsi air payau menggunakan zeolit dilakukan dengan cara memasukkan 20 gram zeolit ke dalam 700 mL sampel air payau dengan suhu 30, 40, dan 50°C. Aduk menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 200 rpm. Sampel diambil dalam waktu yang ditentukan untuk penentuan kadar  $Cl^-$ .

### Penentuan salinitas dan kadar $Cl^-$

Penentuan salinitas menggunakan alat salinometer, sedangkan penentuan kadar klorida dilakukan dengan cara titrasi larutan sampel yang telah ditambahkan indikator  $K_2CrO_4$  5% dengan larutan  $AgNO_3$  0,05 N sampai terjadi endapan merah bata. Kadar  $Cl^-$  dapat dihitung melalui persamaan di bawah ini:

$$Cl^- = vol.titrasi \times N \times \frac{Ar Cl^- \times 1000}{vol. sampel} \quad (1)$$

Keterangan:

Vol.titrasi : volume rata-rata yang sudah dikurangi dengan blanko

Ar  $Cl^-$  : 35,45

Vol.sampel : volume sampel yang digunakan

### Hasil dan Pembahasan

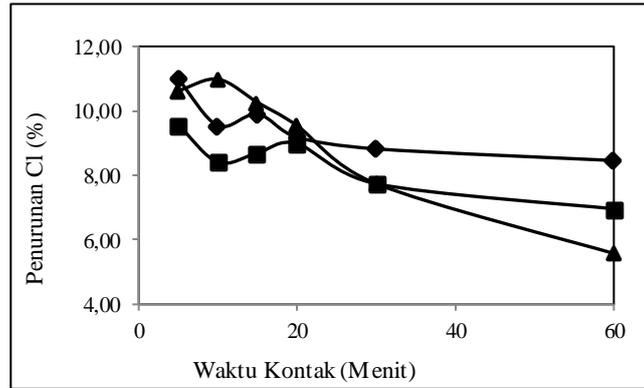
Penelitian ini menggunakan metode percobaan adsorpsi air payau menggunakan zeolit. Adsorpsi dengan zeolit ini bertujuan untuk mengurangi kandungan garam terlarut dalam air tersebut. Air payau yang digunakan berasal dari sumur buatan warga di Desa Kemudi, Gresik. Analisa sampel air payau dilakukan untuk mengetahui salinitas atau kadar garam yang terkandung dalam air tersebut. Hasil analisa sampel air payau sebelum adsorpsi menunjukkan kadar  $Cl^-$  sebesar 9.128,38 mg/L dan salinitas sebesar 30,11 g/L yang ditunjukkan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Salinitas dan Kadar  $Cl^-$  Sampel Air Payau Sebelum Adsorpsi

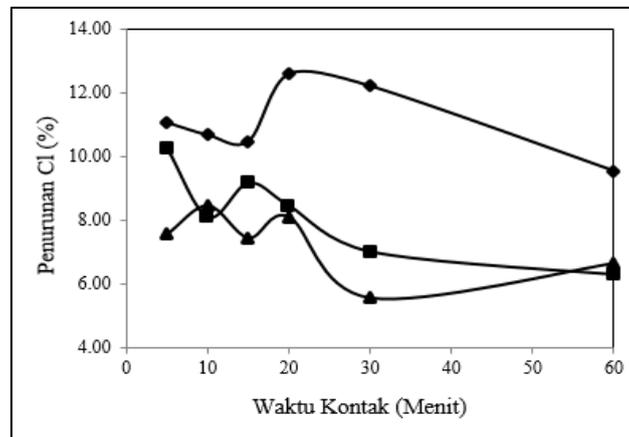
Sampel	$Cl^-$	Salinitas
Air Payau	9.128,38 mg/L	30,11 g/L

Berdasarkan hasil analisa, air payau Desa Kemudi memiliki kadar garam yang cukup tinggi. Kadar garam ini melebihi standar salinitas yaitu sekitar 1,53 mg/liter atau 0,92 g  $Cl^-$  /liter. Merujuk pada standar baku mutu air bersih (Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor. 416/MENKES/PER/IX/1990), kandungan klorida dalam air bersih maksimal sebesar 0,6 g  $Cl^-$  /liter.

Zeolit mempunyai kemampuan untuk mengadsorpsi garam yang ada di air payau. Daya adsorpsi zeolit dapat ditingkatkan dengan proses aktivasi. Pada penelitian ini akan digunakan 2 jenis zeolit, yaitu zeolit teraktivasi dan non aktivasi. Zeolit yang digunakan adalah zeolite dengan ukuran partikel 60 mesh. Penentuan ukuran zeolit ini bertujuan untuk memperoleh luas permukaan yang cukup besar sehingga dapat meningkatkan kemampuan adsorpsi zeolit. Aktivasi zeolit dilakukan dengan suhu 400°C selama 1 jam. Proses ini bertujuan untuk menguapkan air yang terperangkap dalam pori-pori kristal zeolit, sehingga luas permukaan pori-pori bertambah. Proses adsorpsi air payau menggunakan variabel suhu 30°C, 40°C, dan 50°C. Pengambilan sampel uji dilakukan pada menit ke-5, 10, 15, 20, 30, dan 60 menit. Hasil adsorpsi air payau menggunakan zeolit teraktivasi dan non aktivasi dapat dilihat pada Gambar 1.



(a)



(b)

**Gambar 1.** Grafik presentasi penurunan Cl<sup>-</sup> (a) zeolit non aktivasi (b) zeolit teraktivasi. Note: ♦ = suhu 30°C, ■ = suhu 40°C, ▲ = suhu 50°C

Gambar 1 (a) menunjukkan presentase penurunan kadar Cl<sup>-</sup> dengan menggunakan adsorben zeolit non aktivasi. Penurunan %Cl<sup>-</sup> yang cukup drastis pada menit ke 50, pada menit ke 40 salinitas mengalami peningkatan. Dan pada menit ke 30 salinitas pada air payau dapat dikatakan turun stabil. Pada Gambar 1 (b) berbeda dengan zeolit non aktivasi, zeolit teraktivasi disini pada menit ke 50 presentase dapat dikatakan mengalami ketidakstabilan %Cl<sup>-</sup> yang dimana grafik tersebut bergelombang. Sedangkan pada menit ke 40 terjadi grafik yang turun tetapi terjadi kenaikan dan turun dengan stabil. Pada menit 30 %Cl<sup>-</sup> dikatakan tinggi dan terjadi kenaikan pada grafik lalu terjadi penurunan drastis pada %Cl<sup>-</sup>. Sehingga didapatkanlah grafik perbedaan penurunan %Cl<sup>-</sup> terhadap selang waktu yang telah ditentukan. Dimana hasil terbaik ditemukan pada suhu 50°C pada zeolit non aktivasi dan pada suhu 30°C pada zeolit yang teraktivasi. Hasil Penurunan nilai %Cl<sup>-</sup> terjadi karena zeolit mempunyai kapasitas yang tinggi sebagai penyerap terbaik dalam pengolahan air bersih maupun air limbah. Sedangkan %Cl<sup>-</sup> naik bisa disebabkan karna beberapa faktor salah satunya ketidakstabilan zeolit dalam penyerapan karena kemungkinan masih banyak zat pengotor yang ikut dan juga suhu yang tidak stabil, sehingga proses penyerapan %Cl<sup>-</sup> nya sedikit dan tidak stabil.

**Tabel 2.** Salinitas dan Kadar Cl<sup>-</sup> Air Payau Setelah Adsorpsi

No.	Variabel	Salinitas (g/L)	Kadar Cl <sup>-</sup> (mg/L)
1	Sampel Air	30,11	9.128,38
2	NA30	30,05	8.355,99
3	ZA30	30,13	8.257,30
4	NA40	30,08	8.492,68
5	ZA40	30,08	8.553,38
6	NA50	29,99	8.619,17
7	ZA50	30,10	8.520,48

Tabel 2 menunjukkan bahwa baik adsorpsi menggunakan zeolit traktivasi maupun non aktivasi sama-sama menunjukkan penurunan kadar garam klorida. Zeolit non aktivasi pada suhu 30°C mengalami penurunan kadar garam dan salinitas, sedangkan zeolit aktivasi suhu 30°C juga mengalami penurunan kadar garam. Untuk zeolit non aktivasi dan zeolit aktivasi suhu 40°C hanya mengalami penurunan pada parameter garam tetapi %Cl<sup>-</sup> nya mengalami kenaikan, sedangkan untuk salinitasnya turun. Untuk zeolit non aktivasi suhu 50°C mengalami penurunan baik salinitas maupun kadar garamnya. Namun kadar garam untuk suhu operasi 50°C memiliki kadar garam akhir yang lebih tinggi dibandingkan dengan adsorpsi pada suhu 30°C. Hal ini disebabkan karena dengan meningkatnya suhu, maka kelarutan garam dalam air akan naik, sehingga jumlah garam teradsorpsi lebih sedikit. Zeolit dengan aktivasi pada suhu operasi 50°C juga mengalami hal yang sama dengan zeolit non aktivasi. Jika dibandingkan antara zeolite teraktivasi dan non aktivasi, maka dapat diketahui bahwa zeolite teraktivasi dapat menyerap ion lebih baik.

Berdasarkan data adsorpsi dalam penelitian ini dapat diketahui bahwa untuk memperoleh zeolit alam dengan kemampuan tinggi diperlukan beberapa perlakuan antara lain aktivasi dan modifikasi. Aktivasi secara umum ada dua, yaitu aktivasi secara fisika dan aktivasi secara kimia. Aktivasi secara fisika dilakukan dengan cara pemanasan. Pemanasan ini bertujuan untuk menguapkan air yang terperangkap dalam pori-pori kristal zeolit, sehingga luas permukaan pori-pori untuk penyerapan bertambah. Sedangkan aktivasi secara kimia yaitu dengan menggunakan larutan asam atau basa. Aktivasi secara kimia bertujuan untuk membersihkan permukaan pori, membuang senyawa pengotor, dan mengatur letak atom yang dapat dipertukarkan. Faktor penting yang harus diperhatikan dan dipertimbangkan adalah luas permukaan, ukuran pori, keseragaman ukuran pori, dan komposisi kandungan mineral yang menyertainya. Untuk memperoleh penurunan salinitas dan %Cl<sup>-</sup> yang baik digunakan adsorben yang teraktivasi dengan kimia, karena senyawa kimia dapat membersihkan permukaan berpori, membuang senyawa pengotor, dan mengatur letak atom yang dapat dipertukarkan.

### Kesimpulan

Desalinasi air payau menggunakan metode adsorpsi dengan zeolit alam mampu menurunkan kadar garam dalam air. Zeolit yang di aktivasi secara fisika mengalami penurunan kadar Cl<sup>-</sup> dari 0,913% menjadi 0,836% untuk suhu operasi 30°C; 0,849% untuk suhu operasi 40°C; dan 0,862% untuk suhu operasi 50°C. Sedangkan untuk zeolit non aktivasi mengalami penurunan kadar Cl<sup>-</sup> dari 0,913% menjadi 0,858% untuk suhu operasi 30°C, 0,855% untuk suhu operasi 40°C, dan 0,852% untuk suhu operasi 50°C. Zeolit teraktivasi dan non aktivasi sama-sama menurunkan kadar garam dalam air. Zeolit teraktivasi dapat menyerap ion lebih baik dibandingkan dengan non aktivasi. Suhu operasi juga menentukan kemampuan ion terjerap dalam zeolit. Suhu operasi yang tinggi akan menyebabkan kelarutan Cl<sup>-</sup> yang tinggi, sehingga jumlah Cl<sup>-</sup> yang terjerap dalam zeolit akan lebih sedikit.

### Ucapan Terima Kasih

Terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam proses penelitian ini, mulai dari Kepala Desa dan warga Desa Kemudi, laboratorium internal Universitas Muhammadiyah Gresik maupun laboratorium eksternal.

### Daftar Notasi

NA30	: Non Aktivasi Suhu 30°C
ZA30	: Zeolit Aktivasi Suhu 30°C
NA40	: Non Aktivasi Suhu 40°C
ZA40	: Zeolit Aktivasi Suhu 40°C
NA50	: Non Aktivasi Suhu 50°C
ZA50	: Zeolit Aktivasi Suhu 50°C

### Daftar Pustaka

- Astuti W, Jamali A dan Amin M. Desalinasi air payau menggunakan *Surfactant Modified Zeolite (SMZ)*. Jurnal Zeolit Indonesia. 2007; 6: 32-37.
- Cheetam DA. Solid state compound. Oxford University Press; 1992: 234-237.
- Hapsari T. Pengaruh salinitas dan pH pada kestabilan solidifikasi logam berat. Program studi Teknik Kimia, ITS, Surabaya. 1998.
- Kordi MGHK. Parameter Kualitas Air. Penerbit Karya Anda Surabaya: Surabaya. 1996.
- Treybal RE. Mass Transfer Operation. 3th ed. McGraw-Hill Book Company: Singapore. 1981.



## Lembar Tanya Jawab

**Moderator** : Retno Ringgani (UPN "Veteran" Yogyakarta)  
**Notulen** : Perwitasari (UPN "Veteran" Yogyakarta)

1. Penanya : Perwitasari (UPN "Veteran" Yogyakarta)  
Pertanyaan : Mengapa dipilih zeolite sebagai adsorben dibandingkan dengan arang aktif ?  
Jawaban : Sudah banyak penelitian menggunakan arang aktif sebagai adsorben dalam desalinasi air payau. Oleh karena itu dipilih zeolite untuk adsorbsi pada penelitian ini sebagai pembanding untuk adsorbsi menggunakan arang aktif.
  
2. Penanya : Retno Ringgani (UPN "Veteran" Yogyakarta)  
Pertanyaan :
  - a. Apa alat yang digunakan untuk analisis salinitas?
  - b. Apakah yang mendasari peneliti dalam menentukan nilai variasi suhu dalam penelitian ini ?
  - c. Bagaimana keefektifan zeolite sebagai adsorben baik dengan aktivasi ataupun tidak ?Jawaban :
  - a. Analisis salinitas dilakukan menggunakan alat salinometer.
  - b. Penentuan nilai suhu dalam variasi berdasarkan studi literature yang telah dilakukan dimana ketika suhu tinggi maka proses adsorbsi akan semakin menurun. Akan tetapi kami belum mencoba untuk adsorbsi di atas suhu 50°C.
  - c. Keefektifan zeolite lebih baik dengan aktivasi secara kimia dibandingkan dengan aktivasi secara fisika. Akan tetapi dalam penelitian ini dipilih aktivasi zeolite secara fisika dengan pertimbangan lebih ramah lingkungan dan biaya lebih murah.