

Desalinasi Air Payau Menggunakan *Surfactant Modified Zeolite* (SMZ)

Widi Astuti, Adil Jamali dan Muhammad Amin

UPT. Balai Pengolahan Mineral Lampung – LIPI
Jl. Ir. Sutami Km. 15 Tanjung Bintang, Lampung Selatan
Telp. (0721) 350054 Fax. (0721) 350056 e-mail : widi004@lipi.go.id

ABSTRAK

Intrusi air laut pada daerah pantai di Bandar Lampung dan pantai Timur Lampung menyebabkan berbagai macam masalah bagi manusia dikarenakan adanya perputaran air pada air payau. Air payau adalah air yang mempunyai salinitas antara 0.5 ppt sampai dengan 17 ppt. Air payau tidak dapat digunakan sebagai air minum, memasak atau mencuci karena tingkat salinitas maksimum untuk kepentingan tersebut adalah sebesar 0.5 ppt. Desalinasi air payau merupakan suatu proses pengurangan tingkat salinitas pada air payau. Pada penelitian ini, zeolit alam yang berasal dari Lampung dimodifikasi dengan surfaktan, sehingga menjadi *Surfactant Modified Zeolite* (SMZ). SMZ tersebut digunakan sebagai penukar ion pada proses desalinasi air payau. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat salinitas air payau dapat dikurangi menjadi 52% dari nilai awalnya. Hasil terbaik yang diperoleh pada kontak waktu 4 jam dan salinitas awal 0.863 ppt.

Kata Kunci: Air payau, desalinasi, salinitas, surfactant-modified zeolite.

ABSTRACT

DESALINATION OF THE BRACKISH WATER USING SURFACTANT MODIFIED ZEOLITE (SMZ). *The intrusion of seawater in the beach area of Bandar Lampung and the Eastern beach of Lampung causes many problems for people because it turns the water into a brackish water. The brackish water is the water whose salinity is between 0.5 ppt until 17 ppt. The brackish water cannot be used for drinking, cooking or washing because the maximum degree of salinity for such purposes is 0.5 ppt. Desalination of brackish water is a process of reducing the salinity of a brackish water. In this research, natural zeolite from Lampung was modified with surfactant to become surfactant-modified zeolite (SMZ). It was used as ion exchanger in the desalination of a brackish water. The result showed the salinity of the brackish water could be reduced to 52% from the initial value. The best results were obtained at the contact time of 4 hours and the initial salinity 0.863 ppt.*

Keywords: Brackish water, desalination, salinity, surfactant-modified zeolite.

PENDAHULUAN

Masalah penyediaan air bersih merupakan masalah global yang mendesak untuk segera ditangani. Intrusi air laut di daerah pesisir terutama di Bandar Lampung dan pantai timur Lampung telah menimbulkan masalah penyediaan air minum bagi penduduk di daerah tersebut. Masalah serupa telah lama ada bagi daerah tambak dan pulau-pulau kecil yang kandungan air tawarnya terbatas. Di daerah tersebut terdapat bahan pengotor yang melebihi

batas standar air minum yaitu Na, Ca, Mg dan Cl.

Penelitian terhadap sumur penduduk di daerah pesisir Teluk Betung menunjukkan bahwa telah terjadi intrusi air laut sampai satu km garis pantai dengan kadar salinitas 1,2 permil (ppt = *part per thousand*). Intrusi lebih parah terjadi di

$$S = 0,03 + 1,8050 Cl'$$

Dengan : S = salinitas, ppt.

Cl' = kadar Cl dalam air disebut juga klorinitas, ppt.

daerah pertambakan yang dibangun dengan menebang pohon bakau seperti terjadi di pantai timur Lampung. Salinitas tertinggi sumur penduduk telah mencapai 4 permil dengan jarak intrusi mencapai 2,5 km dari garis pantai.

Salinity atau salinitas adalah jumlah garam yang terkandung dalam satu kilogram air. Kandungan garam dalam air ini dinyatakan dalam ppt atau *part per thousand* karena satu kilogram sama dengan 1000 gram. Faktor temperatur dan tekanan terhadap besaran salinitas untuk air permukaan dan daerah tropis dalam percobaan ini dapat diabaikan.

Cara sederhana mengukur salinitas air laut adalah dengan mengukur kadar ion Cl^- dalam air dengan titrasi perak nitrat (*argentometri*). Hasil kadar Cl^- digunakan untuk menghitung salinitas dengan rumus. Air payau atau *brackish water* adalah air yang mempunyai salinitas antara 0,5 ppt s/d 17 ppt. Air ini banyak dijumpai di daerah pertambakan, yang disebut *estuary* yaitu pertemuan air laut dan air tawar serta sumur-sumur penduduk di pulau-pulau kecil atau pesisir yang telah terintrusi air laut. Sebagai perbandingan, air tawar mempunyai salinitas < 0,5 ppt dan air minum maksimal 0,2 ppt. Dari sumber literatur lain, air tawar maksimal mempunyai salinitas 1 ppt sedangkan air minum 0,5 ppt. Sementara itu air laut rata-rata mempunyai salinitas 35 ppt. Pada umumnya dengan komposisi kimia air payau yang perlu diperhatikan dalam pengolahan ini, adalah kandungan Cl^- , Ca, Mg, dan Na.

Air payau yang mengandung Na melebihi batas, misalnya lebih besar dari 200 ppm, jika dikonsumsi dalam waktu yang lama dapat mengganggu kesehatan. Demikian pula jika air tersebut digunakan untuk menyiram tanaman misalnya sayuran, maka hasil panen yang diperoleh berkurang jika dibandingkan dengan hasil penyiraman air tawar. Jumlah penurunan hasil panen tergantung dari besaran salinitas air dan jenis tanaman. Untuk

keperluan industri, adanya NaCl dan MgCl_2 dalam air yang melebihi batas akan menyebabkan korosi pada pipa-pipa dan peralatan proses.

Proses pertukaran ion dapat digunakan sebagai proses desalinasi untuk memperoleh air minum. Untuk tujuan tersebut diperlukan beberapa persyaratan di antaranya :

- Resin penukar ion atau mineral penukar ion harus mempunyai kapasitas tukar yang tinggi.
- Keperluan asam dan basa untuk regenerasi hendaknya murah
- Pencucian resin setelah regenerasi hendaknya memerlukan air yang sedikit sehingga tidak banyak mengurangi kapasitas operasi resin
- Volume regenerasi yang terbuang dapat diminimalisir dan regenerasi yang tidak terpakai dapat digunakan lagi di kesempatan berikutnya.

Zeolit adalah mineral alami yang merupakan senyawa aluminium silikat hidrat yang mempunyai luas permukaan yang besar dan kapasitas tukar kation yang tinggi. Pada awal pemanfaatan proses pertukaran ion dalam industri, resin penukar ion berasal dari senyawa inorganik mineral zeolit. Dengan berkembangnya resin sintesis organik yang berkapasitas tukar kation lebih besar daripada pemakaian mineral zeolit sebagai penukar ion semakin sedikit. Pemakaiannya dapat ditingkatkan jika kapasitas tukar kation dapat ditingkatkan mendekati resin-resin organik dengan harga yang lebih murah.

Dalam pengolahan air payau diperlukan material penukar ion baik kation maupun anion, oleh sebab itu zeolit alam perlu dimodifikasi atau diaktifkan agar dapat menyerap keduanya.

Teknik rinci cara memodifikasi tidak disebutkan dalam literatur mengenai zeolit, secara garis besar terdapat beberapa petunjuk sebagai berikut :

1. Dengan perlakuan asam zeolit dapat dimodifikasi menjadi H⁺Z atau zeolit dengan kation H⁺. Bentuk H⁺Z diperlukan dalam pengolahan air payau untuk menukar Ca, Mg dan Na tanpa menambahkan kation lain selain H⁺.
2. Zeolit terkenal kemampuannya menyerap NH₃. Zeolit yang mengandung NH₃ kemungkinan dapat menyerap anion misalnya Cl⁻ dan SO₄²⁻.
3. Melakukan modifikasi permukaan dengan surfaktan sebagaimana dilakukan oleh Prof. R. S. Bowman, dkk. Mereka mereaksikan surfaktan misalnya hexa decyltrimethylammonium (HDTMA) dengan clinoptilolite menghasilkan SMZ atau *Surfactant Modified Zeolite*. Sifat yang menarik dari SMZ adalah kemampuannya menyerap anion, senyawa organik dan masih menyisakan kemampuan menyerap kation.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan zeolit alam Lampung yang telah dimodifikasi dengan surfaktan (*Surfactant Modified Zeolite/ SMZ*) dalam menurunkan salinitas air payau sehingga dapat berfungsi dalam proses desalinasi air payau.

METODOLOGI PENELITIAN

Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah zeolit alam Lampung jenis *clinoptilolite* dengan sifat kimia dan fisika sebagai berikut :

Zeolit alam yang akan digunakan diaktivasi (dimodifikasi) terlebih dahulu menggunakan surfaktan jenis hexadecyltrimethylammonium (HDTMA) menghasilkan SMZ atau *Surfactant Modified Zeolite*. SMZ yang diperoleh akan digunakan untuk menurunkan salinitas air payau yang akan diolah. Sistem yang dipakai adalah pertukaran ion pada

tumpukan (*bed*) SMZ dengan ukuran kolom adalah D = 10 cm dan H = 70 cm. Dalam penelitian ini percobaan dibatasi untuk mengetahui kemampuan SMZ dalam menurunkan salinitas air payau.

Tabel 1. Sifat Fisika dan Kimia Zeolit Alam Lampung

| Parameter | Sifat |
|---------------------------------------|--|
| Si/Al ratio | 5.117 |
| <i>Cation Exchange Capacity (CEC)</i> | 85.71 meq/100 gr. |
| <i>Bulk Density</i> | 0.8 gr/cm ³ |
| <i>True Density</i> | 1.99 |
| Ukuran | 20 – 10 mesh |
| Komposisi Mineral | <i>Clinoptilolite</i> dan <i>Montmorillonite</i> |

Percobaan yang dilakukan masih dalam skala laboratorium dengan variabel yang dipakai adalah :

1. Konsentrasi surfaktan yang dipakai untuk modifikasi yaitu 0,5%; 1%; 1,5%; 2%; 2,5%; dan 3%
2. Waktu kontak air payau dengan SMZ
3. Salinitas awal air payau

Analisa hasil yang dilakukan adalah perubahan salinitas setelah air dilewatkan pada SMZ yang ditunjukkan oleh kadar Cl⁻ dalam air.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Percobaan Pendahuluan

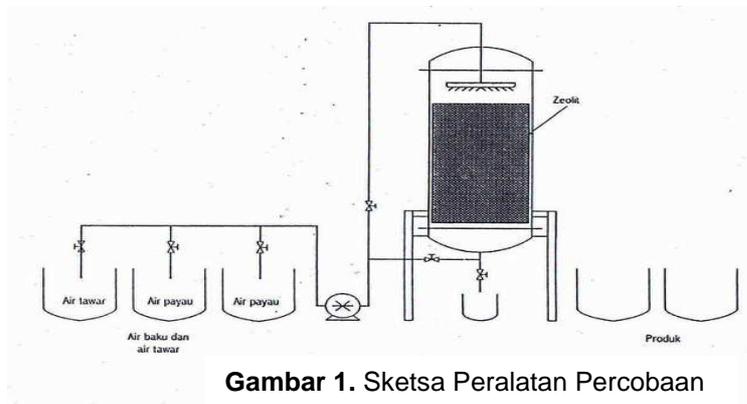
Percobaan pendahuluan ini dimaksudkan sebagai penjajagan awal atau eksplorasi apakah gagasan mengolah air payau (penurunan salinitas air) menggunakan SMZ dapat dilakukan. Sebagai bahan baku percobaan pendahuluan adalah larutan NaCl dengan salinitas 863 ppm. Surfaktan yang digunakan dalam percobaan pendahuluan divariasikan dari 0,5%; 1%; 1,5%; 2%; 2,5% dan 3%.

Dari percobaan pendahuluan yang dilakukan diketahui bahwa pada konsentrasi surfaktan 0,5% s/d 2%, salinitas air tidak berubah walaupun sudah dikontakkan dalam waktu yang cukup lama yaitu ± 24 jam (sehari semalam). Perubahan salinitas terjadi jika digunakan

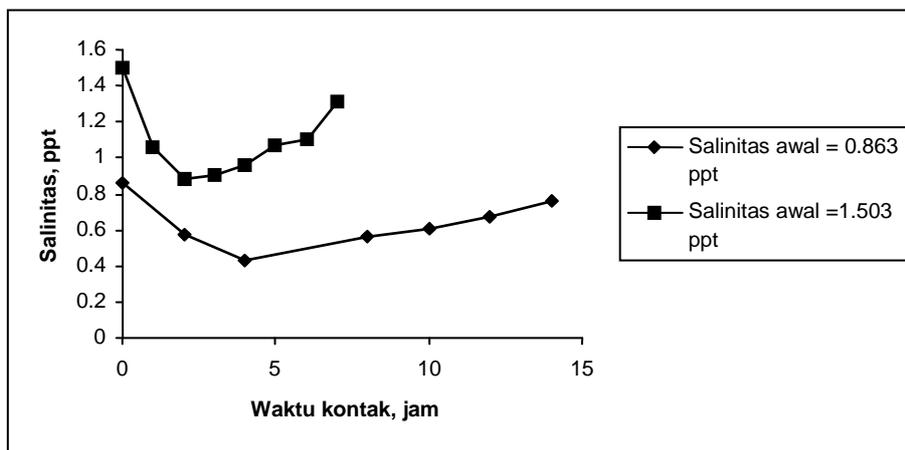
SMZ yang modifikasinya menggunakan surfaktan dengan konsentrasi 2,5%. Untuk mengetahui harga optimal konsentrasi surfaktan yang harus digunakan, maka dicoba dilakukan peningkatan konsentrasi surfaktan yang digunakan sampai 3% dan hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa pada konsentrasi 3%, kemampuan SMZ untuk menukar ion Cl tidak jauh berbeda dengan SMZ pada konsentrasi surfaktan 2,5% sehingga konsentrasi surfaktan yang digunakan pada percobaan selanjutnya adalah 2,5%.

dicoba penggunaan SMZ untuk menukar ion lain yang mungkin terdapat pada air payau ataupun air sadah yaitu ion Mg dan Ca. Percobaan ini menunjukkan hasil bahwa SMZ juga mempunyai kemampuan untuk menurunkan kandungan ion Mg dan Ca yang ada dalam air. Dalam hal ini, konsentrasi SMZ yang digunakan bisa dipakai mulai dari 0,5%. Hasil percobaan dapat dilihat pada tabel berikut ini dan juga dibandingkan dengan pemakaian zeolit yang telah diaktifkan dengan larutan kimia yang lain (NaZ, HZ, Z-NH₃).

Selain digunakan untuk menukar NaCl, pada percobaan pendahuluan ini juga



Gambar 1. Sketsa Peralatan Percobaan



Gambar 2. Grafik Breakthrough Penurunan Salinitas Air oleh SMZ (Surfactant Modified Zeolite)

Desalinasi Air Payau Menggunakan SMZ

Dari percobaan pendahuluan diketahui bahwa SMZ (*surfactant modified zeolite*) dapat digunakan untuk menurunkan salinitas air. Konsentrasi surfaktan yang digunakan untuk modifikasi zeolit adalah 2,5%. Setelah dilakukan modifikasi dengan konsentrasi yang telah ditetapkan tersebut, maka diperoleh SMZ yang siap digunakan untuk menurunkan salinitas air payau. Debit air yang digunakan adalah 250 ml/jam. Hasil percobaan dapat dilihat pada gambar 2 berikut.

Gambar 2 menunjukkan bahwa SMZ memiliki kemampuan untuk menurunkan salinitas air payau. Hasil yang paling optimal diperoleh pada waktu kontak 4 jam dengan konversi optimal 52%. Setelah waktu kontak 4 jam, kemampuan SMZ mulai menurun. Hal ini diperlihatkan dari grafik bahwa setelah 4 jam, salinitas air mulai naik lagi mendekati salinitas awal. Oleh karena itu, operasi berlangsung sampai 4 jam dan setelah itu SMZ yang digunakan harus diganti dengan SMZ yang baru. Tetapi SMZ yang telah dipakai dapat diregenerasi kembali menggunakan beberapa cara, salah satunya adalah menggunakan kapur.

Proses yang dilakukan pada penelitian ini masih skala laboratorium sehingga harus diintegrasikan ke skala yang lebih besar agar dapat diaplikasikan di masyarakat untuk digunakan dalam proses pengolahan air payau.

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari studi literatur dan percobaan yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa :

1. Zeolit alam dari Kalianda, Lampung Selatan yang dianalisa terdiri dari mineral Clinoptilolite dan Montmorillonite dengan KTK = 85 me/100 gram
2. Secara kualitatif telah ditunjukkan bahwa air payau dan air laut dapat

diolah menjadi air tawar menggunakan SMZ dengan prinsip pertukaran ion.

3. Konsentrasi surfaktan yang optimal untuk modifikasi zeolit adalah 2,5% dan kondisi operasi yang optimal yang dapat digunakan untuk menurunkan salinitas air adalah waktu kontak 4 jam.
4. Konversi maksimum yang berhasil diperoleh adalah penurunan salinitas air sampai 52%.
5. Sampai pada tahap penelitian ini dapat dikatakan bahwa mineral zeolit alam sudah dapat dimanfaatkan untuk mengolah air payau menjadi air minum.

DAFTAR PUSTAKA

1. -----, Pantai Timur dan Telukbetung terintrusi, Lampung Post, 8-12-1997.
2. -----, (formulir) Hasil Pemeriksaan Air Minum Balai Laboratorium Kesehatan Tanjungkarang, Departemen Kesehatan RI.
3. -----, Remco Engineering, Water Systems and Controls Ion Exchange, Summary Report : Controls and Treatment Technology for The Metal Finishing Industry-Ion Exchange USEPA-EPA 625/-81-007, June 1981.
4. -----, (chapter 8) Ion Exchange, www.usace.army.mil/publications/armytm/tm5-813-8/c-8-pdf.
5. Dyer, A, Ion Exchange Capacity, <http://www.izasynthesis.org/vol2%20intro%20articles/IonExchqe.html>.
6. Stewart, J.C. (editor), Lemby, A. T., Weismiller, R. A., Drinking Water Standards and The Health Effects, Cooperative Extension System, <file://al/waterstand.html>.
7. Artegiani, A., Temperature and Salinity Measurement of Sea Water, <http://www.cetis.fr/mtp/gaps/S-TFINAL.html>
8. -----, Ion Exchange and Demineralization, Tech Brief A

- National Drinking Water Clearing House Fact Sheet, May 1997.
9. De Silva, F. J., Essentials of Ion Exchange, 25th Annual WQA Conference March, 1999.
 10. Parise, J. B., X-Ray and Neutron Studies of The Optimised Synthesis, The Structure and The Transformations Involving Novel Ion Exchange, ESRF, Newsletter No. 35, June 2001.
 11. Bowman, R., Surfactant Modified Zeolite (ZMS) and Their Applications to Environmental Remediation, <http://www.ees.nmt.edu/Hydro/faculty/Bowman/Research/Zeopage>
 12. Bowman, R., Properties of Zeolites, <http://www.ees.nmt.edu/bowman/research/SMZ/ZeoProp.html>