

STUDI PENGARUH ZEOLIT ALAM TERMODIFIKASI HDTMA TERHADAP PENURUNAN SALINITAS AIR PAYAU

Study Effects of Natural Zeolite Modified HDTMA to Decrease Salinity from Brackish Water

Ade Kurniawan¹, Bambang Rahadi^{2*}, Liliya Dewi Susanawati²

¹Mahasiswa Keteknikan Pertanian, Universitas Brawijaya, Jl. Veteran, Malang 65145

²Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya, Jl. Veteran, Malang 65145

*Email Korespondensi: jbrahadi@ub.ac.id

ABSTRAK

Air bersih dibutuhkan dalam pemenuhan kebutuhan dasar manusia. Daerah pesisir dan pulau-pulau kecil di Indonesia umumnya memiliki sumberdaya air yang payau karena telah terintrusi air laut. Air payau dapat digunakan sebagai salah satu sumber air bersih setelah melalui proses pengolahan, salah satu yang banyak dilakukan yaitu menggunakan zeolit. Zeolit alam mempunyai gugus aktif penukar kation berupa kation alkali sebagai penyeimbang muatannya. Zeolit alam dapat dimodifikasi untuk meningkatkan sifat tukar anion menggunakan surfaktan hexadecyltrimethylammonium (HDTMA). Percobaan dilakukan untuk mengetahui pengaruh pemberian variasi dosis modifikasi HDTMA terhadap penurunan kadar klorida dan *Total Dissolved Solid* (TDS) pada air payau. Zeolit alam dimodifikasi dengan penambahan HDTMA-Br dan dilakukan pencucian ion bromida menggunakan Na_2CO_3 dan NaOH. Zeolit alam yang digunakan dalam penelitian terdiri dari lima konsentrasi modifikasi HDTMA-Br yang berbeda, yaitu 0 mM (Z0), 25 mM (Z1), 50 mM (Z2), 75 mM (Z3), dan 100 mM (Z4). Hasil terbaik pada zeolit modifikasi HDTMA-Br 100 mmol L^{-1} dengan penurunan klorida sebesar 0.85 g L^{-1} dan TDS sebesar 2.14 g L^{-1} pada waktu kontak pengocokan selama 3 jam. Konsentrasi modifikasi HDTMA-Br berpengaruh nyata pada penurunan klorida dengan R^2 sebesar 0.897 dan berpengaruh nyata pada penurunan TDS dengan R^2 0.962.

Kata kunci : Zeolit, Hexadecyltrimethylammonium bromide, Salinitas, Klorida, TDS

Abstract

Clean water required in basic human need. Coastal areas and small islands in the middle of an open sea have sources brackish or salty water because of sea water intrusion. Brackish water can be used to fresh water resources after treatment process, one of them is using natural zeolite. Natural zeolite having an active group that can be exchanged with other cations. Natural zeolite can be modified to increase the use of anion exchange properties using surfactant Hexadecyltrimethylammonium (HDTMA). This experiment has done to know is there any effect of dose variation HDTMA modification in decreased levels of chloride and Total Dissolved Solid (TDS) in brackish water. Natural zeolite modified with HDTMA-Br and cleaning Bromide ion using Na_2CO_3 and NaOH. Modified natural zeolit in this experiment using five modified concentration that is 0 mM (Z0), 25 mM (Z1), 50 mM (Z2), 75 mM (Z3), dan 100 mM (Z4). The best results are zeolite with HDTMA - Br at concentration of 100 mmol L^{-1} chloride concentrations can be decrease 0.84 g L^{-1} and TDS was 2.14 g L^{-1} with contact shaking for 3 hours. Concentration of zeolite modification with HDTMA-Br affected its chloride decrease with R^2 0.897 and affected its TDS decrease with R^2 0.962.

Keywords : Zeolite, Hexadecyltrimethylammonium bromide (HDTMA-Br), Salinity, Chloride, TDS

PENDAHULUAN

Pemenuhan air bersih dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan dasar manusia. Wilayah pesisir pantai dan pulau-pulau kecil di tengah lautan lepas merupakan daerah-daerah yang sangat miskin akan sumber air tawar sehingga timbul masalah pemenuhan kebutuhan air bersih. Sumberdaya air yang terdapat di daerah tersebut umumnya berkualitas buruk, misalnya air tanahnya yang payau atau asin. Kualitas air sangat buruk karena mengandung kadar garam ataupun *Total Dissolved Solid* (TDS) yang sangat tinggi.

Air payau atau *brackish water* mempunyai salinitas antara 0.5 ppt s/d 17 ppt. Air ini banyak dijumpai di daerah pertambakan dan *estuary* yaitu pertemuan air laut dan air tawar serta sumur-sumur penduduk di pulau-pulau kecil atau pesisir yang telah terintrusi air laut. *Salinity* atau salinitas diukur berdasarkan jumlah garam yang terkandung dalam satu kilogram air. Contoh perbandingan nyata, air tawar mempunyai salinitas < 0.5 ppt dan air minum maksimal 0.2 ppt. Sumber literatur lain menyebutkan standar air tawar mempunyai salinitas maksimal 1 ppt dan salinitas air minum 0.5 ppt sedangkan air laut rata-rata mempunyai salinitas 35 ppt (Jamali *et al.*, 2007).

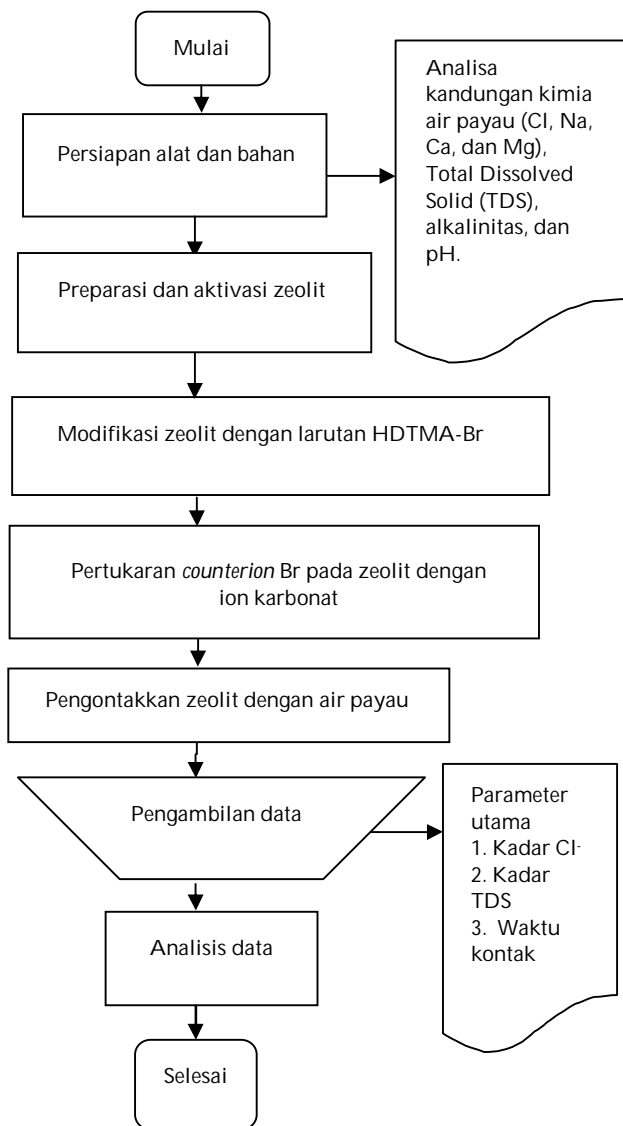
Salah satu cara untuk menurunkan kandungan garam-garaman terlarut pada air payau yaitu dengan perlakuan sorpsi ataupun penukar ion. Pertukaran ion secara luas digunakan untuk pengolahan air dan limbah cair, terutama digunakan pada proses penghilangan kesadahan dan dalam proses demineralisasi air. Metode sorpsi melibatkan interaksi antara analit dengan permukaan zat padat (adsorben) (Diantariani *et al.*, 2008). Adsorben yang sekarang ini banyak digunakan dalam penanganan limbah dan pengolahan air adalah zeolit alam. Zeolit alam bermuatan negatif dengan mempunyai gugus aktif penukar kation berupa kation alkali atau alkali tanah misalnya Na^+ , K^+ , atau Ca^{2+} . Gugus aktif ini berperan sebagai penyeimbang muatannya yang dapat dipertukarkan dengan kation lain misalnya surfaktan kationik (Zhan *et al.*, 2011).

Modifikasi menggunakan surfaktan heksadesiltrimetilammonium (HDTMA^+) telah berhasil dilakukan untuk mengadsorpsi ion bikromat yang bermuatan negatif (Rubai, 2010). Hasil penelitian sebelumnya melaporkan bahwa permukaan zeolit modifikasi yang bermuatan positif dapat digunakan sebagai penukar anion As (V) (Chutia *et al.*, 2009). Berdasarkan fakta ini, dapat mengindikasikan terjadi perubahan permukaan yang semula negatif menjadi positif.

Berdasarkan masalah tersebut dilakukan percobaan untuk mengetahui adakah pengaruh penurunan kadar klorida (Cl^-) dan TDS pada air payau dengan pemberian variasi dosis HDTMA pada modifikasi zeolit alam teraktivasi dengan sistem *batch*.

METODE PENELITIAN

Zeolit alam yang digunakan dalam penelitian berasal dari Gedangan, Malang Selatan dengan ukuran 100 mesh. Kemampuan kapasitas tukar kation zeolit alam yang digunakan adalah sebesar 103.80 meq/100 gr, dengan kandungan kimia lain yaitu air 0.51 %, kalsium 2.63%, magnesium 0.15%, alumina 31.8%, silika 58.61%, natrium 4.16%, dan kalium 2.86%. Sampel air payau yang digunakan diambil dari Pulau Panggang. Lokasi pengambilan sampel berjarak \pm 200 meter dari pinggir laut. Tahapan percobaan dijelaskan pada Gambar 1 untuk memperjelas alur penelitian.



Gambar 1. Prosedur Penelitian

Rancangan Percobaan

Rancangan perlakuan terdiri dari satu faktor. Perlakuan dilakukan dengan memodifikasi zeolit alam teraktivasi dengan menggunakan HDTMA-Br dengan lima level konsentrasi yang berbeda yaitu sebesar 0, 25, 50, 75, dan 100 mmol L⁻¹. Percobaan dilakukan dengan tiga kali ulangan.

Data yang didapatkan akan dianalisa menggunakan metode persamaan matematis dan diolah menggunakan software *IBM SPSS Statistics 19.0*. Persamaan matematis dihasilkan untuk menduga penurunan klorida dan TDS serta mengetahui besar pengaruh variabel independen konsentrasi HDTMA-Br

terhadap variabel dependen (kadar klorida dan TDS).

Proses preparasi dan aktivasi zeolit

Zeolit alam dihancurkan dengan penggerus mortar dan di ayak dengan menggunakan ayakan tipe *Mettler* ukuran lolos 100 mesh. Pengolahan awal zeolit dilakukan pencucian terlebih dahulu dengan dengan cara 100 g zeolit dimasukkan dalam erlemeyer dan ditambahkan 250 mL aquades kemudian dikocok selama 24 jam. Setelah 24 jam zeolit kemudian disaring menggunakan kertas saring dan dikeringkan pada temperatur 105°C selama 4 jam. Selanjutnya diaktivasi dengan cara dipanaskan pada temperatur 350°C selama 4 jam. Setelah suhu dalam tanur turun mendekati suhu lingkungan zeolit yang sudah diaktivasi kemudian dipindahkan ke dalam desikator untuk didinginkan.

Proses modifikasi dengan HDTMA-Br

Ditimbang 25 g zeolit teraktivasi dan dimasukkan dalam tabung reaksi, lalu ditambahkan 100 mL larutan HDTMA-Br dengan konsentrasi 0, 25, 50, 75, dan 100 mmol L⁻¹ dengan masing-masing perlakuan dinotasikan sebagai Z0, Z1, Z2, Z3, dan Z4. Selanjutnya campuran dikocok menggunakan *shaker table* selama 8 jam pada suhu 25°C, kemudian didiamkan selama 48 jam (Wibowo *et al.*, 2011). Setelah diinapkan selama 48 jam larutan disentrifuse pada kecepatan 4500 rpm selama 15 menit. Hasilnya lalu disaring menggunakan kertas saring kemudian dibilas menggunakan air terdemineralisasi dan dikeringkan dalam oven pada suhu 120°C selama 4 jam (Li & Bowman, 2001).

Proses penggantian counterion Br

Zeolit aktif yang sudah dimodifikasi surfaktan sebanyak 50 g dikontakkan dengan 200 mL larutan karbonat yang terdiri atas 0.28 M Na₂CO₃ dan 0.5 M NaOH kemudian dikocok menggunakan *shaker table*. Pengocokan dilakukan pada kecepatan 150 rpm selama 1 jam pada suhu 25°C (Li & Bowman, 2001). Campuran kemudian disentrifugasi pada kecepatan 4500 rpm selama 15 menit. Selanjutnya zeolit dicuci menggunakan 180 mL *demineralized water* sebanyak lima kali atau tidak adanya ion Br

yang dilakukan dengan titrasi larutan AgNO_3 yang menghasilkan endapan putih jika terdapat ion bromida didalam larutan. Selanjutnya zeolit yang sudah dicuci dikering udarakan didalam oven pada suhu 105°C selama 4 jam.

Penentuan waktu jenuh zeolit

Sebanyak 5 g zeolit semua perlakuan dikocok dengan 50 ml larutan standar klorida 0.4 g L^{-1} selama variasi waktu 1, 2, 3, 4, 5, dan 10 jam. Larutan standar klorida 0.4 g L^{-1} digunakan berdasarkan percobaan yang dilakukan peneliti terdahulu yang memasukkan larutan klorida sebesar 0.4 g L^{-1} ke dalam kolom resin dan didiamkan masing-masing dengan variasi waktu untuk mengetahui waktu jenuh resin (Antara *et al.*, 2008). Kemudian *effluent* dari masing-masing waktu diukur konsentrasi klorida menggunakan metode titrasi argentometri. Selanjutnya dibuat grafik antara banyaknya klorida yang terikat oleh zeolit pada masing-masing variasi waktu tersebut untuk mengetahui waktu jenuh adsorpsi zeolit.

Proses percobaan batch

Percobaan untuk mengetahui besar penurunan konsentrasi klorida dan TDS dalam air payau dilakukan dengan mengocok 25 g kontrol dan zeolit termodifikasi dengan 50 ml air payau menggunakan *shaker table* pada kecepatan 150 rpm selama waktu jenuh zeolit.

Konsentrasi klorida dengan titrasi Mohr

Senyawa klorida dalam contoh uji air dapat dititrasi dengan larutan perak nitrat dalam suasana netral atau sedikit basa (pH 7 sampai dengan pH 10), menggunakan larutan indikator kalium kromat. Perak klorida diendapkan secara kuantitatif sebelum terjadinya titik akhir titrasi, yang ditandai dengan mulai terbentuknya endapan perak kromat yang berwarna merah kecoklatan. Kalium kromat (K_2CrO_4) dalam larutan netral atau sedikit alkali dapat menunjukkan titik akhir pada penitaran klorida dengan perak nitrat (AgNO_3). Perak klorida (AgCl) diendapkan seluruhnya sebelum terbentuk perak kromat (AgCrO_4) yang berwarna kuning kemerah-merahan (Day, 1989).

Normalitas AgNO_3 diukur dengan melakukan titrasi perak nitrat (AgNO_3) dengan NaCl 0.0141 N (N_1). Prosedur analisisnya yaitu pipet 10 ml larutan NaCl 0.0141 N yang mempunyai nilai pH 7 sampai 10 (V_1) ditambahkan 2 ml indikator K_2CrO_4 . Kemudian larutan dititrasi dengan larutan standar perak nitrat (AgNO_3) sampai timbul warna merah bata (V_A). Selanjutnya dilakukan titrasi blanko (B) pada 10 ml aquades yang memiliki pH 7-10 dan ditambahkan 2 ml indikator K_2CrO_4 . Kemudian larutan dititrasi dengan larutan standar perak nitrat (AgNO_3) sampai timbul warna merah bata (V_B). Selanjutnya normalitas larutan baku AgNO_3 dapat dihitung dengan cara mengalikan volume larutan NaCl yang digunakan dengan normalitas larutan NaCl yang digunakan dibagi dengan volume larutan baku AgNO_3 untuk titrasi larutan NaCl yang dikurangi dengan volume larutan baku AgNO_3 untuk titrasi blanko (Persamaan 1).

$$\text{N AgNO}_3 \text{ (mgrek mL}^{-1}\text{)} = \frac{V_1 \times N_1}{V_A - V_B} \dots\dots\dots (1)$$

Pengukuran klorida dilakukan dengan mengambil 10 mL contoh yang mempunyai nilai pH 7 sampai 10 (V), apabila contoh tidak berada dalam kisaran pH tersebut, tambahkan H_2SO_4 0.1 N atau NaOH 0.1 N sampai menjadi pH 7 sampai 10. Selanjutnya ditambahkan 2 ml indikator K_2CrO_4 yang menjadikan warna larutan menjadi kuning. Kemudian larutan dititrasi dengan larutan standar perak nitrat (AgNO_3) sampai timbul warna merah bata (A). Selanjutnya dilakukan titrasi blanko dengan mengukur dengan 10 ml aquades yang memiliki pH 7-10 (B) dan selanjutnya kerjakan sama dengan perlakuan contoh. Kemudian konsentrasi klorida (Cl^-) dalam sampel diukur dengan mengurangi volume AgNO_3 yang dipakai penitaran sampel dengan volume AgNO_3 yang dipakai pada penitaran blanko kemudian dikalikan dengan normalitas AgNO_3 dan 35450 kemudian hasilnya dibagi dengan volume contoh yang digunakan (Persamaan 2).

$$\text{Cl (mgL}^{-1}\text{)} = \frac{(A-B)N \times 35450}{v} \dots\dots\dots (2)$$

Pengukuran konsentrasi TDS dengan metode Gravimetri

TDS dianalisa menggunakan metode gravimetri berdasarkan SNI 01-3554-2006. Prosedur analisa dilakukan dengan membilas cawan poselain dengan aquades kemudian dioven pada temperatur 105 °C selama 1 jam dan didinginkan didalam desikator. Setelah berat cawan kosong konstan kemudian diukur dan dicatat beratnya dalam satuan gram (B). Selanjutnya sampel disaring menggunakan kertas saring Whatman dengan ukuran pori 0.45 µm. Kertas saring yang digunakan sebelumnya telah dibilas dengan aquades dan dikeringkan dalam oven pada temperatur 105 °C selama 1 jam.

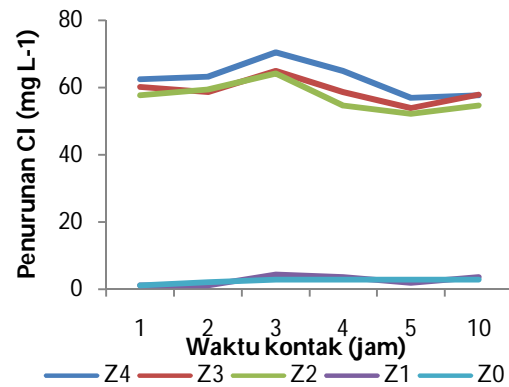
Sebanyak 50 mL filtrat yang dihasilkan dari penyaringan (V) kemudian dikeringkan dengan oven pada temperatur 98 °C sampai kering dan dilanjutkan pada temperatur 105 °C. Endapan didinginkan dalam desikator dan ditimbang sampai didapat berat yang konstan. Setelah kering cawan petri ditimbang dan dicatat beratnya dalam satuan gram (A). Selanjutnya konsentrasi TDS dihitung dengan cara mengurangi berat padatan terlarut beserta cawan dengan berat awal cawan dikalikan 1000 kemudian dibagi dengan volume larutan sampel yang digunakan (Persamaan 3).

$$\text{TDS (g L}^{-1}\text{)} = \frac{(A-B) \times 1000}{v} \dots\dots\dots (3)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Waktu Jenuh Penyerapan Ion Klorida

Hasil penelitian pendahuluan menunjukkan bahwa konsentrasi klorida yang dapat dijerap oleh zeolit pada tiap waktu kontak berbeda tiap perlakuan (Gambar 2).



Gambar 2. Hubungan antara waktu kontak terhadap penurunan klorida

Hasil percobaan menunjukkan bahwa zeolit yang sudah dimodifikasi surfaktan mampu mengadakan pertukaran secara efektif dengan klorida pada waktu 3 jam, sedangkan di atas waktu 3 jam tidak terjadi peningkatan jumlah klorida yang terikat oleh zeolit karena zeolit telah jenuh sehingga tidak mampu lagi melakukan pertukaran dengan ion klorida, sehingga yang terjadi justru ion klorida yang sudah teradsorpsi terlepas kembali ke dalam larutan. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian terdahulu yang menyatakan apabila permukaan adsorben sudah jenuh atau mendekati jenuh terhadap adsorbat, dapat terjadi tidak terbentuknya lapisan kedua dan seterusnya di atas adsorbat yang telah terikat di permukaan sehingga adsorbat yang belum teradsorpsi berdifusi keluar pori dan kembali ke arus fluida (Nurhasni & Nubzah, 2010).

Salinitas Air Payau di Pulau Panggang

Sampel air payau diambil di Jl. Masjid Anni'mah Rt 005/02, Pulau Panggang pada 11 Oktober 2013 pukul 12.33 WIB disimpan menggunakan dirigen plastik. Lokasi pengambilan sampel berjarak ± 200 meter dari pinggir laut. Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa besarnya TDS yang diambil dari air tanah Pulau Panggang sebesar 13.11 g L⁻¹ dengan pH sebesar 8.5 dan alkalinitas sebesar 4.4 mg L⁻¹. Konsentrasi TDS yang sangat tinggi dalam air payau yaitu sebesar 13.11 g L⁻¹ jauh melebihi besarnya TDS maksimal yang disyaratkan dalam air bersih menurut Peraturan Pemerintah RI nomor 82 tahun 2001 adalah sebesar 1 g L⁻¹ dan konsentrasi

maksimal TDS dalam air minum menurut Peraturan Menteri Kesehatan No.492 tahun 2010 hanya sebesar 0.5 g L⁻¹.

Berdasarkan hasil analisa kandungan kimia di payau di Pulau Panggang (Tabel 1) dapat terlihat bahwa konsentrasi ion klorida dalam air tanah di Pulau Panggang yaitu sebesar 7.54 g L⁻¹ jauh melebihi batas maksimal kualitas air bersih sebesar 0.60 g L⁻¹ dan standar air minum sebesar 0.25 g L⁻¹. Klorida biasanya terdapat dalam bentuk senyawa natrium klorida (NaCl), kalium klorida (KCl), dan kalsium klorida (CaCl₂). Selain klorida ion sulfat dengan konsentrasi 1.07 g L⁻¹ melebihi batas yang ditentukan dibandingkan standar kualitas air minum sebesar 0.25 g L⁻¹ dan standar air bersih sebesar 0.4 g L⁻¹. Parameter kimia lainnya dapat diabaikan dengan pertimbangan unsur kimia seperti kalsium, magnesium, dan sodium, dan bikarbonat merupakan unsur utama yang umum dijumpai dalam air (Sudadi, 2003).

Tabel 1. Kandungan kimia dalam air payau

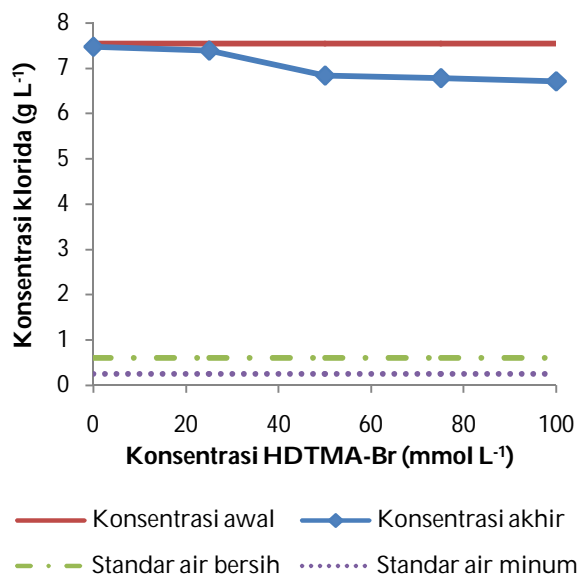
Parameter	Satuan	Konsentrasi
Klorida (Cl)	g L ⁻¹	7.54
Sulfat (SO ₄)	g L ⁻¹	1.07
Natrium (Na)	g L ⁻¹	225.70
Kalium (K)	mg L ⁻¹	Tidak terdeteksi
Magnesium (Mg)	g L ⁻¹	0.27
Kalsium (Ca)	g L ⁻¹	0.43

Penurunan Klorida dalam Air Payau

Hasil percobaan menunjukkan bahwa penurunan klorida oleh zeolit modifikasi HDTMA-Br akan semakin meningkat pada konsentrasi modifikasi yang semakin tinggi. Nilai penurunan klorida pada zeolit yang dimodifikasi HDTMA-Br paling tinggi dihasilkan pada perlakuan Z4 yaitu sebesar 0.84 g L⁻¹ dan penurunan paling rendah pada perlakuan Z0 (kontrol) yaitu sebesar 0.08 g L⁻¹. Perlakuan lainnya yaitu perlakuan Z1 dapat menurunkan klorida sebesar 0.17 g L⁻¹, perlakuan Z2 sebesar 0.72 g L⁻¹, perlakuan Z3 sebesar 0.77 g L⁻¹.

Berdasarkan hasil percobaan pada penurunan klorida dapat terlihat bahwa karakterisasi hasil percobaan penurunan klorida pada air payau menggunakan zeolit modifikasi pada seluruh konsentrasi

HDTMA-Br belum memenuhi standar kualitas air bersih maupun standar kualitas air minum. Hal ini disebabkan karena konsentrasi klorida yang sangat tinggi dalam air payau yaitu sebesar 7.54 g L⁻¹ tidak sebanding dengan kemampuan zeolit termodifikasi HDTMA-Br dalam menurunkan klorida (Gambar 3).



Gambar 3. Hasil perbandingan penurunan klorida dalam air payau

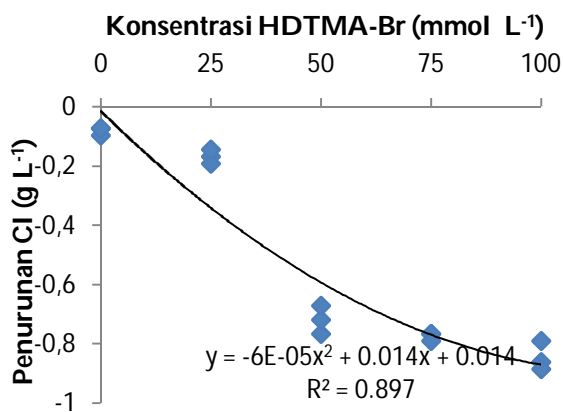
Hasil percobaan menunjukkan bahwa karakterisasi hasil percobaan penurunan klorida pada air payau menggunakan zeolit modifikasi HDTMA-Br belum memenuhi standar kualitas air bersih maupun air minum. Hasil modifikasi yang belum memenuhi standar tersebut dapat disebabkan oleh keterbatasan molekul HDTMA-Br yang dapat menyerap ion klorida, sehingga proses pertukaran ion belum dapat terjadi lebih besar lagi.

Laju penurunan klorida maksimal dicapai oleh perlakuan modifikasi terbesar dengan HDTMA-Br 100 mmol L⁻¹. Diperkirakan karena HDTMA⁺ yang diadsorpsi oleh zeolit dalam bentuk *bilayer*. Mekanisme adsorpsi klorida pada permukaan zeolit-HDTMA⁺ adalah dengan berinteraksinya antara ion Cl⁻ dari larutan yang bermuatan negatif teradsorpsi pada permukaan zeolit-HDTMA⁺ dengan menukar ion CO₃²⁻ dari permukaan *bilayer* HDTMA. Menurut Mutngimaturohmah *et al.* (2009) penyerapan surfaktan kation

terhadap permukaan bermuatan negatif melibatkan pertukaran kation dan ikatan hidrofob. Pada level muatan yang rendah, monomer-monomer surfaktan tertahan oleh pertukaran ion dan membentuk *monolayer*. Seiring dengan peningkatan surfaktan yang tersedia, interaksi antara ekor hidrokarbon menyebabkan pembentukan *bilayer*.

Rendahnya penurunan klorida pada zeolit modifikasi konsentrasi HDTMA-Br 25 mmol L⁻¹ dimungkinkan karena konsentrasi surfaktan masih terlalu kecil dan belum terjadi lapisan *bilayer* pada permukaan zeolit. Perlakuan kontrol yaitu zeolit alam yang diaktivasi dengan pemanasan dapat menurunkan klorida dalam jumlah yang rendah dibanding perlakuan lain. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian terdahulu bahwa zeolit alam yang tidak diaktifkan dan hanya dikeringkan pada suhu 110°C sudah dapat mengurangi kadar garam sebesar 4% (Gustian, 2005).

Hasil analisa persamaan matematis didapatkan hubungan yang kuadratik antara perlakuan modifikasi zeolit dengan konsentrasi surfaktan HDTMA-Br terhadap penurunan konsentrasi klorida (Cl) dalam air payau dengan persamaan $-6E-05x^2 + 0.014x + 0.014$ (Gambar 4).



Gambar 4. Persamaan matematis hubungan penurunan klorida dengan konsentrasi HDTMA-Br

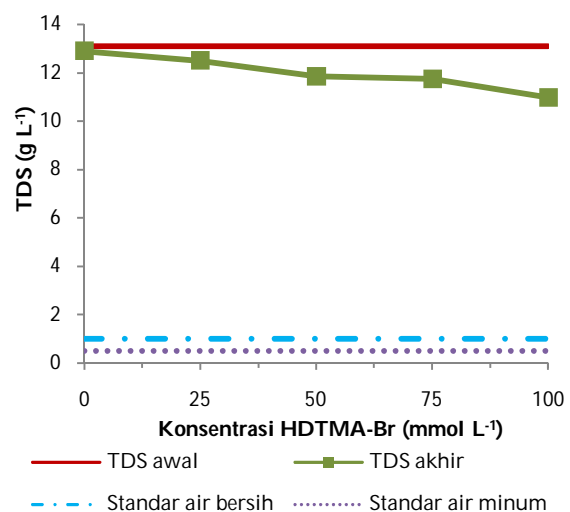
Keeratan hubungan antara perlakuan modifikasi zeolit menggunakan surfaktan HDTMA-Br terhadap penurunan konsentrasi klorida yang ditunjukkan dengan nilai koefisien determinasi R² sebesar 0.89 atau 89.7%. Uji t pada P < 0.05 menunjukkan bahwa koefisien konstanta

yang didapatkan signifikan terhadap model persamaan matematis.

Penurunan TDS dalam Air Payau

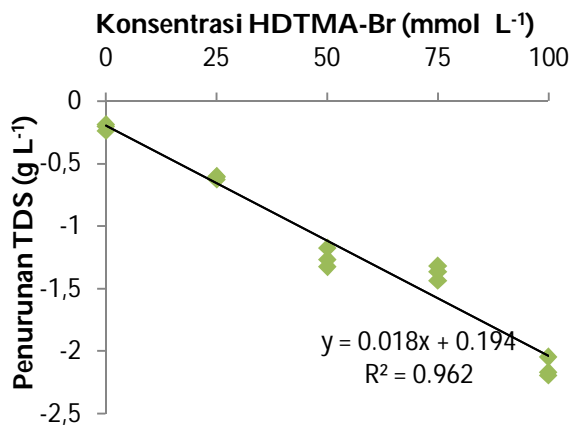
Hasil percobaan menunjukkan bahwa penurunan TDS meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi HDTMA-Br dalam modifikasi zeolit. Perlakuan modifikasi dengan perlakuan Z0 dapat menurunkan TDS 0.21 g L⁻¹, perlakuan Z1 sebesar 0.61 g L⁻¹, perlakuan Z2 sebesar 1.26 g L⁻¹, perlakuan Z3 sebesar 1.37 g L⁻¹ dan penurunan TDS tertinggi pada perlakuan Z4 yaitu sebesar 2.14 g L⁻¹.

Berdasarkan hasil percobaan pada penurunan TDS dapat terlihat bahwa karakterisasi hasil percobaan penurunan TDS pada air payau menggunakan zeolit modifikasi pada seluruh konsentrasi HDTMA-Br belum memenuhi standar kualitas air bersih maupun standar kualitas air minum. Hal ini disebabkan karena konsentrasi TDS yang sangat tinggi dalam air payau yaitu sebesar 13.11 g L⁻¹ tidak sebanding dengan kemampuan zeolit termodifikasi HDTMA-Br dalam menurunkan TDS, sedangkan besarnya TDS maksimal yang disyaratkan dalam air bersih menurut Peraturan Pemerintah RI nomor 82 tahun 2001 adalah sebesar 1 g L⁻¹ dan konsentrasi maksimal TDS dalam air minum menurut Peraturan Menteri Kesehatan No.492 tahun 2010 hanya sebesar 0.5 g L⁻¹ (Gambar 5).



Gambar 5. Hasil penurunan TDS dalam air payau

Hasil analisa persamaan matematis didapatkan hubungan yang linier antara perlakuan modifikasi zeolit dengan surfaktan HDTMA-Br yang berbeda dengan penurunan TDS dalam air payau dapat dibuat persamaan garis $18.46x + 194.6$ (Gambar 6).



Gambar 6. Persamaan matematis hubungan penurunan TDS dengan konsentrasi HDTMA-Br dalam air payau

Keeratan hubungan antara perlakuan modifikasi zeolit menggunakan surfaktan HDTMA-Br terhadap penurunan TDS yang ditunjukkan dengan nilai koefisien determinasi R^2 sebesar 0.962 atau 96.2%. Uji t yang dilakukan menunjukkan bahwa pada $P < 0.05$ koefisien konstanta yang dihasilkan signifikan terhadap model persamaan matematis.

KESIMPULAN

Hasil dari percobaan pengontakkan zeolit modifikasi HDTMA-Br dengan air payau didapatkan bahwa zeolit hasil modifikasi HDTMA-Br dapat menurunkan konsentrasi klorida dan TDS. Penurunan konsentrasi klorida dan TDS terbesar didapatkan pada zeolit modifikasi pada perlakuan Z4 (HDTMA-Br 100 mmol L⁻¹) selama waktu kontak pengocokan 3 jam dengan penurunan klorida sebesar 0.84 g L⁻¹ dan penurunan TDS dalam air payau sebesar 2.14 g L⁻¹ pada air payau dengan konsentrasi klorida awal sebesar 7.54 g L⁻¹ dan TDS awal sebesar 13.11 g L⁻¹.

Konsentrasi modifikasi zeolit dengan HDTMA-Br berpengaruh pada kemampuan

menurunkan konsentrasi klorida dengan nilai koefisien determinasi R^2 sebesar 0.89 dan TDS dengan nilai R^2 0.96. Analisa data menggunakan persamaan matematis kuadratik didapatkan hubungan konsentrasi HDTMA-Br terhadap penurunan konsentrasi klorida dengan dengan persamaan $-6E-05x^2 + 0.014x + 0.014$. Hubungan konsentrasi modifikasi zeolit dengan HDTMA-Br terhadap penurunan TDS menggunakan persamaan matematis linier menghasilkan pendugaan persamaan model penurunan TDS $0.018x + 0.194$.

DAFTAR PUSTAKA

- Antara, I K. G., *et al.* 2008. *Kajian Kapasitas dan Efektivitas Resin Penukar Anion untuk Mengikat Klor dan Aplikasinya Pada Air*. Laboratorium Penelitian Jurusan Kimia FMIPA Universitas Udayana, Bukit Jimbaran. *Jurnal Kimia* 2 (2), Juli 2008 : 87-92.
- Chutia, P., *et al.* 2009. *Adsorption of As (V) on Surfactant-Modified Natural Zeolite*. *J. Hazard. Mater.* 162, 204- 211.
- Day, R.A. Jr., A.L. Underwood. 1989. *Analisa Kimia Kuantitatif*. edisi keempat. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Diantariani N.P. 2008. *Proses Biosorpsi dan Desorpsi Ion Cr (VI) Pada Biosorben Rumput Laut Euscheumaspinosum*. Jurusan Kimia FMIPA Universitas Udayana, Bukit Jimbaran. *Jurnal Kimia* 2(1), Januari 2008 :45-52.
- Gustian, Irfan dan Suharto, Totok E. 2005. *Studi Penurunan Salinitas Air dengan Menggunakan Zeolit Alam yang Berasal dari Bengkulu*. *Jurnal Gradien*, Vol.1 No.1 Januari 2005 : 38-42.
- Jamali, *et al.* 2007. *Desalinasi Air Payau Menggunakan Surfactant Modified Zeolite (SMZ)*. UPT. Balai Pengolahan Mineral Lampung – LIPI. Lampung.
- Li, Zhaohui and Bowman, Robert S. 2001. *Regeneration Of Surfactant-Modified Zeolite After Saturation With Chromate and Perchloroethylene*. *Wat. Res.* Vol. 35, No. 1, Pp. 322-326.
- Mutngimaturrohmah, Gunawan and Khabibi .2009. *Aplikasi Zeolit Alam Terdealuminasi dan Termodifikasi HDTMA Sebagai Adsorben Fenol*.

- Skripsi. Jurusan Kimia FMIPA
UNDIP. Semarang.
- Nurhasni & Nubzah. 2010. Penyerapan Ion Logam Cd dan Cr dalam Air Limbah Menggunakan Sekam Padi. Program Studi Kimia, FST. UIN Syarif Hidayatullah. Jakarta.
- Peraturan Menteri Kesehatan (Permenkes) No. 416 Tahun 1990. *Tentang Syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air*. Jakarta.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia (PPRI) No.82 Tahun 2001. *Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Lingkungan*. Jakarta.
- Rubai, M., 2010. *Modifikasi Zeolit Alam Dengan Surfaktan Hexadecyltrimethylammonium (HDTMA+) Sebagai Adsorben Bakteri Escherichia coli dan Staphylococcus aureus*. Skripsi. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Sudadi, Purwanto. 2003. *Penentuan Kualitas Air Tanah Melalui Analisis Unsur Kimia Terpilih*. *Buletin Geologi Tata Lingkungan*, Volume 13, No.2 : 81-89.
- Wibowo, W., *et al.* 2011. *Anion Exchange Capacity Of Chromate On Modified Zeolite Clinoptilolite With HDTMA-Br and Its Regeneration*. *Makara Sains*, Vol. 15, No. 1, April 2011: 53-57.
- Zhan, Y., *et al.* 2011. *Removal of Nitrate from Aqueous Solution Using Cetylpyridinium Bromide (CPB) Modified Zeolite as Adsorbent*, *J. Hazard. Mater*, 186, 1972-1978.