

STUDI KELAYAKAN APLIKASI ZEOLIT DALAM PENGOLAHAN AIR PAYAU MENJADI AIR BERSIH

FEASIBILITY STUDY OF ZEOLITE APPLICATION IN THE TREATMENT OF BREACH WATER INTO CLEAN WATER

Eka Prihatinningtyas¹⁾ dan Relita Novianti^{1*)}

1)Pusat Riset Limnologi dan Sumber Daya Air - BRIN, Bogor, Indonesia

*)E-mail: relita.novianti@brin.go.id

Abstrak

Salah satu pengolahan air payau adalah adsorpsi. Dalam penelitian ini, dua jenis zeolit dibandingkan sebagai adsorben. Zeolit A diperoleh melalui aktivasi fisik dengan pemanasan pada suhu 600°C. Zeolit yang termodifikasi menggunakan surfaktan HDTMA-Br akan menghasilkan Zeolit B. Kedua jenis zeolit tersebut dikarakterisasi menggunakan SEM, XRD, dan PSA. Hasil analisis PSA menunjukkan bahwa Zeolit B memiliki luas permukaan, volume, dan ukuran pori yang lebih tinggi dibandingkan Zeolit A. Aktivitas adsorpsi diukur berdasarkan penghilangan salinitas, kekeruhan, TDS, dan konduktivitas pada berbagai massa adsorben dan waktu adsorpsi. Hasil penelitian menunjukkan Zeolit A mampu menurunkan salinitas sebesar 15,38% dalam waktu 30 menit dan massa 6 gram. Zeolit B sebanyak 4 gram mampu menghilangkan salinitas 17,31% sekaligus. Rendahnya rasio nilai Si/Al menyebabkan kapasitas adsorpsi menjadi lemah. Air terproduksi juga belum memenuhi standar persyaratan air bersih dan air minum.

Kata kunci: Adsorpsi, Air payau, HDTMA, Salinitas, Zeolit.

Abstract

One of the brackish water treatments is adsorption. In this research, two kinds of zeolite were compared as adsorbents. Zeolite A is obtained through physic activation by heating at 600°C. Modified zeolite using surfactant HDTMA-Br will produce Zeolite B. Both types of zeolite were characterized using SEM, XRD, and PSA. The results of the PSA analysis showed that Zeolite B had a higher surface area, volume, and pore size compared to Zeolite A. The activity of adsorption was measured based on the removal of salinity, turbidity, TDS, and conductivity at various adsorbent mass and adsorption times. The results showed that Zeolite A was able to reduce salinity by 15.38% in 30 minutes and a mass of 6 grams. Zeolite B as much as 4 grams is able to remove 17.31% salinity at the same time. The low ratio of Si/Al values causes the adsorption capacity to be weak. Produced water also does not comply with the requirement standards for clean water and drinking water.

Keywords: Adsorption, Brackish water, HDTMA, Salinity, Zeolite.

1. PENDAHULUAN

Selain sebagai ibukota negara Republik Indonesia, Jakarta juga menjadi pusat pemerintahan, kegiatan ekonomi, politik dan kebudayaan. Salah satu masalah krusial yang dihadapi oleh pemerintah DKI Jakarta adalah pemenuhan kebutuhan air bersih untuk seluruh

warganya. Hampir seluruh kebutuhan air bersih di Propinsi DKI Jakarta dipenuhi dari Waduk Jatiluhur (82%) dan Tangerang (12%) (BPS Provinsi DKI, 2020). Terdapat 13 sungai yang mengalir di Propinsi DKI Jakarta yaitu Mookervaart, Kali Angke, Kali Pesanggrahan, Krukut, Kali Baru Barat, Ciliwung, Kali Baru Timur, Cipinang, Sunter, Buaran, Jati Kramat

dan Cakung. Keseluruhan sungai bermuara di Teluk Jakarta. Keseluruhan sungai bermuara di Teluk Jakarta. Dari ketiga belas sungai tersebut, hanya 2 sungai yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber air baku air bersih yaitu Kali Krukut dan Sungai Cengkareng Drain (Kali Angke). Kedua sungai tersebut mampu mensuplai 6% dari seluruh kebutuhan air bersih (BPS Provinsi DKI, 2020). Kedua sumber ini pun diindikasikan semakin menurun kualitasnya akibat pencemaran, menyusul 11 sungai lain yang telah tercemar.

Selain pencemaran sungai, faktor lokasi juga mempengaruhi kondisi sumber daya air di Jakarta. Bagian utara Propinsi DKI Jakarta merupakan wilayah pesisir yang berbatasan dengan Laut Jawa. Wilayah pesisir merupakan daerah peralihan antara ekosistem darat dan laut yang dipengaruhi oleh perubahan di darat dan laut (Undang-Undang Republik Indonesia No 1 Tahun 2014 Tentang Perubahan Atas Undang-Undang No. 27 Tahun 2007 Tentang Pengelolaan Wilayah Pesisir Dan Pulau-Pulau Kecil, 2014). Pada umumnya, wilayah pesisir memiliki sumber air yang bersifat payau. Tantangan dalam pengolahan air bersih di daerah pesisir adalah kandungan garam dan salinitas yang cukup tinggi.

Air payau memerlukan pengolahan khusus sebelum dimanfaatkan sebagai air bersih. Karakteristik khas perairan payau adalah nilai salinitas atau kadar garam yang cukup tinggi yaitu berkisar antara 0,5 ppt sampai dengan 17 ppt. (Astuti, 2016; Kurniawan et al., 2014; Purwaningtyas et al., 2020). Pada umumnya, salinitas disebabkan oleh 7 ion utama yaitu: natrium (Na^+), kalium (K^+), kalsium (Ca^{2+}), magnesium (Mg^{2+}), Klorida (Cl^-), sulfat (SO_4^{2-}) dan bikarbonat (HCO_3^-) (Aziza & Septiosari, 2002; Purwaningtyas et al., 2020; Siltri & Kamus, 2015). Kandungan garam dalam air minum dapat menyebabkan dehidrasi dan gagal ginjal jika dikonsumsi secara terus-menerus.

Selain salinitas, konsentrasi Total Dissolved Solid (TDS) juga menjadi ciri khas air payau. Menurut Efendi dalam (Afifah et al., 2019),

kisaran nilai TDS untuk air payau adalah 1001 sampai dengan 3000 mg/L. Nilai tersebut masih berada di atas standar baku mutu air minum yang telah ditetapkan dalam Permenkes No 492 Tahun 2010. Oleh karena itu, diperlukan teknologi pengolahan air payau agar dapat dimanfaatkan sebagai air bersih dan atau air minum.

Teknologi yang umum digunakan dalam pengolahan air payau adalah *reverse osmosis*. Prinsip kerja *reverse osmosis* adalah memberikan tekanan hidrostatik yang lebih tinggi dari tekanan osmosis larutannya. Hal ini akan mengakibatkan pelarut dari akan berpindah dari larutan berkonsentrasi tinggi ke larutan berkonsentrasi rendah. Berbagai penelitian telah dilakukan untuk mengolah air payau dan air laut menjadi air bersih dengan menggunakan metode *reverse osmosis* (Ariyanti & Widiasta, 2021; Goncharuk et al., 2013).

Kelemahan proses *reverse osmosis* adalah membutuhkan energi yang tinggi dan biaya perawatan yang mahal. Menurut Astuti (2016), faktor biaya harus mendapat perhatian utama karena sebagian masyarakat pesisir adalah kalangan menengah ke bawah. Sehingga, pada penelitian tersebut proses *reverse osmosis* diganti dengan kombinasi elektrodialisis dan ozon. Namun, efisiensi penyisihan TDS yang diperoleh masih rendah.

Alternatif teknologi yang dapat digunakan adalah adsorpsi. Adsorpsi merupakan proses di mana ion atau molekul dalam satu fase cenderung terserap dan berkonsentrasi pada permukaan fase lain. Teknologi ini memberikan beberapa keunggulan seperti efisiensi, selektivitas, kemudahan dalam rancangan dan implementasi, biaya modal yang lebih rendah, ramah lingkungan dan kemampuan regenerasi adsorben (Dimas Rivera et al., 2021; Falyouna et al., 2020; Velarde et al., 2023; Wibowo et al., 2017). Biaya operasional dapat lebih ditekan jika menggunakan adsorben alami yang murah. Salah satu adsorben yang murah dan mudah diperoleh yaitu zeolit. Zeolit adalah mineral dengan struktur kristal alumino silikat yang berbentuk rangka (framework) tiga dimensi,

mempunyai rongga dan saluran, serta mengandung ion Na, K, Mg, Ca dan Fe serta molekul air (Ghassemisahebi et al., 2020; Kurniawan et al., 2014; Rahmawati & Sulistyaningsih, 2018).

Proses aktivasi dan atau modifikasi adsorben bertujuan untuk meningkatkan kemampuan adsorpsi. Proses aktivasi dapat dilakukan secara Fisika (pemanasan pada suhu tinggi) dan kimia (perendaman pada asam atau basa kuat). Proses modifikasi biasanya dilakukan melalui pertukaran kation, dealuminasi, dan substitusi isomorfosis (Qomaruzzaman et al., 2020). Beberapa bahan kimia yang kerap digunakan dalam proses modifikasi adsorben adalah N,N'-Metilenbisakrilamida (NBA) (Rachmawati et al., 2019), trietolamin (Qomaruzzaman et al., 2020), poli anilin (Duhan & Kaur, 2019), poli vinyl alcohol (Isawi, 2020), dan hexadecyltrimethylammonium-bromide (HDTMA-Br) (Dimas Rivera et al., 2021; Dinh et al., 2022; Rachmawati et al., 2019).

Penelitian ini menggunakan zeolit yang dimodifikasi dengan 2 cara yaitu pemanasan pada suhu tinggi dan modifikasi dengan HDTMA-Br. Masing-masing adsorben dikarakterisasi dengan menggunakan SEM, XRD dan PSA. Tujuan utama penelitian ini adalah membandingkan kinerja masing-masing adsorben dalam menurunkan salinitas, kekeruhan, TDS dan konduktivitas air payau.

2. METODE

2.1. Bahan dan Alat

Bahan-bahan utama yang digunakan pada penelitian ini adalah NaCl teknis, aquades, hexadecyltrimethylammonium-bromide (HDTMA-Br) dan zeolit alam. Zeolit diperoleh dari CV Kurnia Jaya dengan ukuran 20 mesh. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat gelas standar, neraca analitik (Ohaus - Pioneer), *shaker* (Big Bill), oven (Heraeus), *furnace* (Thermolyne), *Water Quality Checker* (Lutron), *Scanning Electron Microscope* - SEM (Bruker Quantas EDS), *X-Ray Diffraction* - XRD (Bruker Quantas EDS)

dan *Particle Size Analyzer* - PSA (JWGB- BK 112).

2.2. Aktivasi dan Karakterisasi Adsorben

Pada penelitian ini, dilakukan 2 jenis variasi aktivasi zeolit alam. Variasi yang pertama adalah metode fisik yaitu dengan memanaskan zeolit alam di dalam *furnace* pada suhu 600°C selama 2 jam. Untuk selanjutnya disebut sebagai zeolit A. Zeolit B diperoleh dengan merendam Zeolit A ke dalam larutan HDTMA-Br 5% selama 5 jam. Zeolit yang telah direndam larutan HDTMA-Br kemudian dicuci dengan menggunakan aquades dan dikeringkan pada suhu 105°C dengan menggunakan oven.

2.3. Pembuatan Air Payau

Percobaan ini menggunakan air payau artifisial dengan menggunakan NaCl sebagai sumber garam pada pembuatannya. Sebanyak 5 gram NaCl teknis dilarutkan dalam 1000 mL air kran, kemudian larutan ini diaduk dengan menggunakan *stirrer* selama 15 menit untuk memastikan bahwa semua garam NaCl terlarut sempurna.

2.4. Adsorpsi secara *Batch*

Proses adsorpsi dilakukan secara *batch* sebanyak 100 mL sampel air payau dimasukkan ke dalam erlenmeyer. Ke dalam erlenmeyer dimasukkan adsorben (Zeolit A dan Zeolit B) dengan dosis masing-masing 2, 4, 6, 8 dan 10 gram. Proses adsorpsi dilakukan dengan menggunakan alat *shaker*. Campuran air payau dan adsorben diputar dengan kecepatan 115 rpm. Proses adsorpsi dilakukan selama masing-masing 30, 60, 90, 120, 150 dan 180 menit. Sebelum dan setelah proses adsorpsi dilakukan pengukuran salinitas, kekeruhan dan TDS.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Karakteristik Air Payau

Kadar garam dan salinitas yang tinggi merupakan ciri khas dari air payau. Pada percobaan ini digunakan air payau artifisial yang terbuat dari larutan garam NaCl teknis. Adapun karakteristik air payau artifisial dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik fisik air payau artifisial

Parameter	Unit	Konsentrasi
Salinitas	ppt	5,2
pH	-	5,6
Konduktivitas	mS/cm	10,01
Oksigen terlarut	mg/l	4,6
Kekeruhan	NTU	9,9
Total padatan terlarut (TDS)	mg/l	318

Air payau artifisial mempunyai nilai salinitas sebesar 5,2 ppt. Hal ini memenuhi kriteria sebagai air payau, yaitu memiliki nilai salinitas berkisar antara 0,5 - 17 ppt. Selain salinitas, tingkat kekeruhan pada air payau artifisial juga masih tinggi yaitu sebesar 9,9 NTU. Nilai ambang batas yang diijinkan adalah 5 NTU Permenkes No 492 Tahun 2010.

3.2. Karakterisasi Zeolit Alam dan Zeolit Aktif

Beberapa karakter adsorben seperti bentuk morfologi, luas permukaan, ukuran pori dan komposisi senyawa penyusun sangat mempengaruhi efektivitas proses adsorpsi. Oleh karena itu, karakterisasi adsorben memegang peranan penting dalam proses adsorpsi. Observasi morfologi dilakukan terhadap Zeolit A dan Zeolit B seperti yang terlihat dalam Gambar 1. Hasil foto SEM menunjukkan bahwa kedua adsorben (Zeolit A dan Zeolit B) berbentuk gumpalan yang tersusun atas beberapa partikel. Baik Zeolit A maupun zeolit B mempunyai ukuran gumpalan dan partikel yang bervariasi.

Difraktogram analisis sampel Zeolit A dan Zeolit B dapat dilihat pada Gambar 2. Pola difraksi terhadap kedua adsorben menunjukkan bahwa Zeolit A dan Zeolit B mempunyai struktur kristal. Hal ini dapat dilihat dari puncak difraksi yang tinggi dan tajam (Putri et al., 2019). Zeolit A dan Zeolit B masing-masing tersusun atas silikon, aluminium, natrium, besi, magnesium dan kalium. Keberadaan aluminium

dan silikon dalam zeolit A dan B mengindikasikan adanya kemampuan untuk mengadsorpsi polutan (Afifah et al., 2019). Kemampuan ini biasanya ditengarai dengan nilai perbandingan antara konsentrasi silikon dan aluminium. Pada penelitian ini diperoleh nilai perbandingan Si/Al untuk Zeolit A dan Zeolit B masing-masing sebesar 4,7 dan 4,58.

Parameter luas permukaan berperan penting dalam proses adsorpsi. Pada umumnya, kemampuan penjerapan akan semakin meningkat seiring dengan semakin besarnya luas permukaan adsorben (Darmawansa et al., 2014; Dinh et al., 2022; Wibowo et al., 2017). Hasil analisis PSA untuk Zeolit A menunjukkan luas permukaan sebesar 22,861 m²/g; volume pori 0,114 cm³/g dan ukuran pori 20,010 nm. Sedangkan luas permukaan, volume dan ukuran pori untuk Zeolit B masing-masing sebesar 22,293 m²/g; 0,125 cm³/g; dan 21,819 nm. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa nilai luas permukaan, volume dan ukuran pori Zeolit B sedikit lebih besar daripada Zeolit A. Penambahan HDTMA dapat merubah sedikit karakterisasi adsorben.

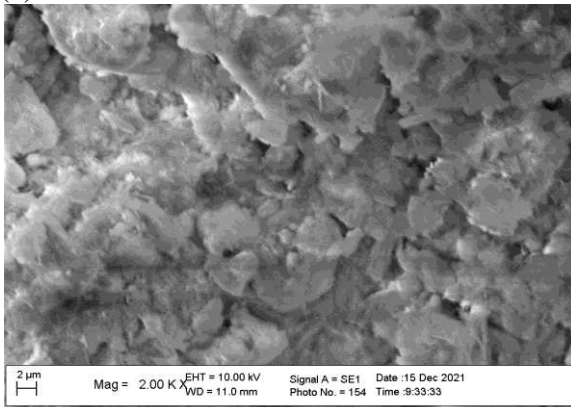
3.3. Pengukuran Salinitas

Kadar salinitas menunjukkan konsentrasi garam yang terlarut dalam air. Semakin tinggi kadar garam terlarut maka nilai salinitas juga akan meningkat. Kandungan garam yang tinggi dalam air minum dapat menyebabkan dampak buruk bagi kesehatan manusia. Hasil pengukuran salinitas akhir dengan menggunakan zeolit dapat dilihat pada Gambar 3.

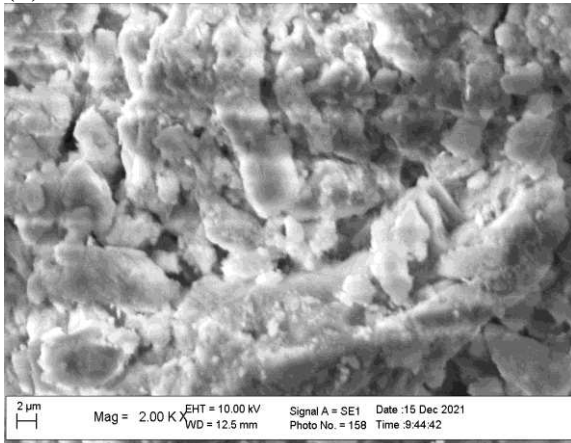
Salinitas awal air payau pada penelitian ini bernilai 5,2 ppt. Aplikasi zeolit A selama 30 menit dapat menurunkan nilai salinitas menjadi 4,4 ppt dan 4,8 ppt masing-masing pada penambahan dosis sebesar 6 dan 8 gram. Efisiensi penurunan yang diperoleh pada kondisi tersebut adalah 15,38% dan 7,69%. Penggunaan dosis Zeolit A sebesar 2, 8 dan 10 gram tidak memberikan efek penurunan salinitas. Fenomena serupa juga terjadi pada penggunaan Zeolit B. Proses adsorpsi selama 30 menit dengan dosis 4 gram Zeolit B dapat menurunkan

salinitas air payau menjadi 4,3 ppt. Aplikasi dengan penambahan dosis sebesar 2, 6,8 dan 10 gram juga tidak dapat menurunkan salinitas. Hasil serupa juga diperoleh oleh (Purwaningtyas et al., 2020) yang mengolah air payau dari Desa Kemudi, Gresik. Proses aktivasi dilakukan dengan pemanasan pada suhu 400°C selama 1 jam. Sebanyak 60 gram zeolit berukuran 60 mesh hanya mampu menurunkan salinitas sebesar 0,02 g/L atau setara dengan efisiensi penyisihan salinitas sebesar 0,06%. Aktivasi zeolit secara fisika dengan pemanasan pada suhu 110°C selama 4 jam dilanjutkan dengan perendaman dalam NaOH 0,5 M selama 2 jam telah dilakukan untuk mengolah air sumur payau di Daerah Cilegon. Pada penelitian tersebut, kadar salinitas diukur dalam kandungan ion klorida. Penyisihan ion klorida terbesar diperoleh sebesar 19,10% pada penggunaan 100 gram zeolit berukuran 100 mesh (Islamiyati et al., 2022).

(a)

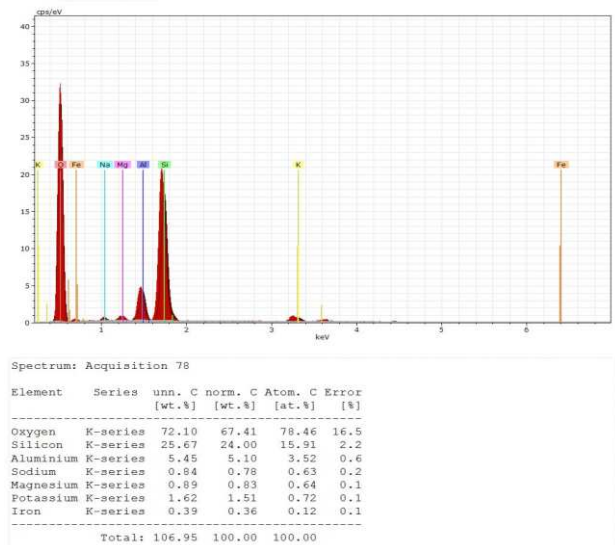


(b)

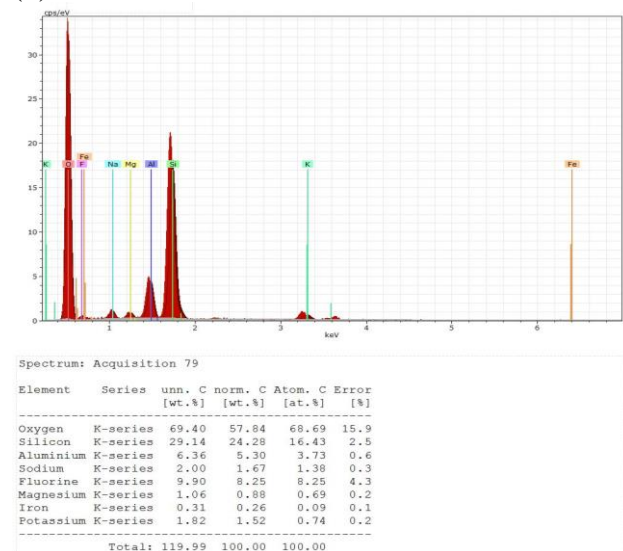


Gambar 1. Hasil analisis morfologi Zeolit A (a) dan Zeolit B (b) pada perbesaran 5000x

(a)



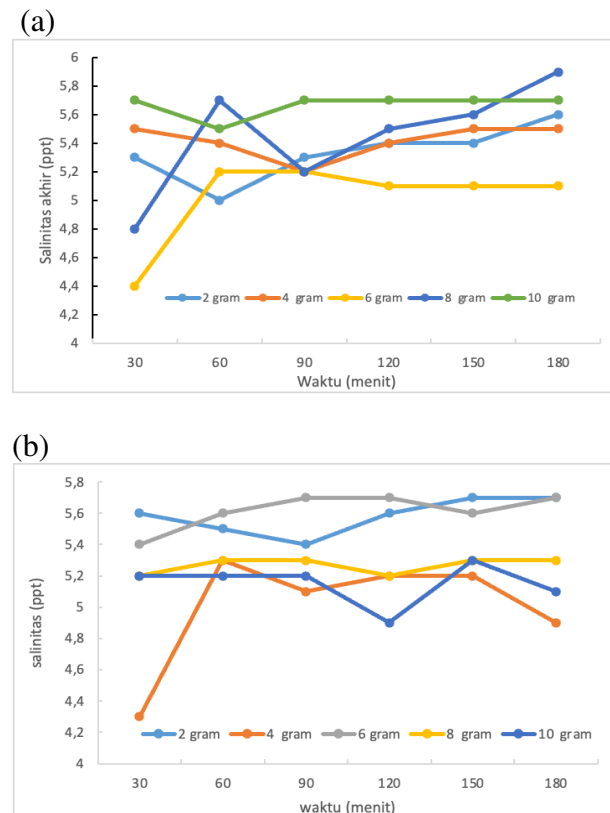
(b)



Gambar 2. Hasil analisis difraksi untuk Zeolit A (a) dan Zeolit B (b).

Aplikasi Zeolit B memberikan hasil pengukuran salinitas akhir lebih rendah jika dibandingkan dengan Zeolit A. Proses modifikasi zeolit dengan menggunakan surfaktan HDTMA akan meningkatkan kemampuan penyerapan spesies anionik (Dimas Rivera et al., 2021; Dinh et al., 2022). Ketika HDTMA teradsorpsi ke permukaan luar zeolit, sifat zeolit dapat berubah dari permukaan hidrofilik menjadi hidrofobik dan dari permukaan bermuatan negatif menjadi permukaan bermuatan positif (Dinh et al., 2022). Meskipun demikian, hasil akhir masih memiliki nilai salinitas yang masih cukup tinggi.

Konsentrasi HDTMA-Br yang digunakan masih tergolong rendah. Sehingga kemampuan pertukaran ionnya menjadi rendah. Akibatnya, jumlah ion klorida air payau yang terjerap oleh molekul HDTMA-Br sedikit. Rendahnya konsentrasi HDTMA-Br tidak mampu menciptakan lapisan bilayer pada permukaan zeolit.



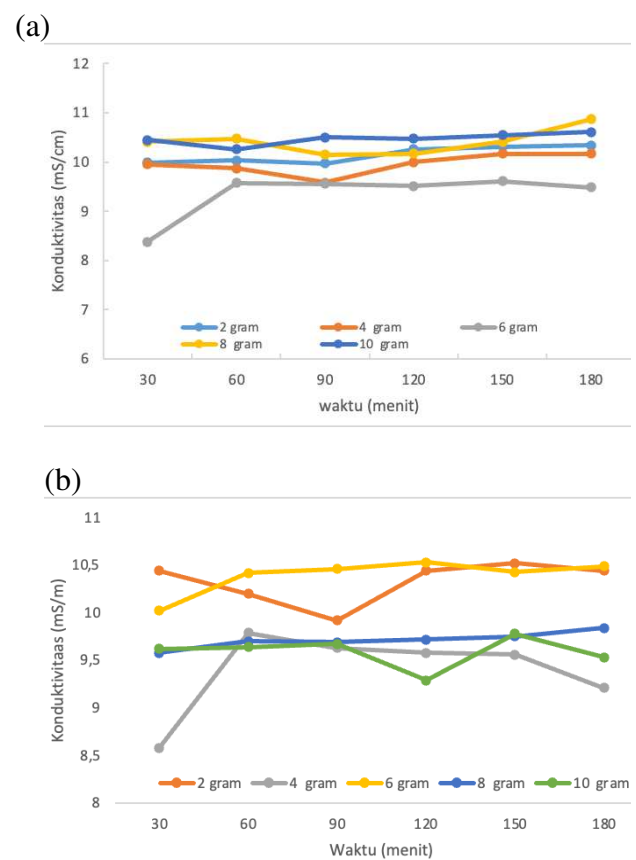
Gambar 3. Hasil pengukuran salinitas setelah adsorpsi dengan (a) Zeolit A dan (b) Zeolit B

3.4. Pengukuran Konduktivitas

Konduktivitas sering juga diistilahkan dengan daya hantar listrik dan menyangkut kemampuan suatu cairan untuk menghantarkan arus listrik. Adsorpsi selama 30 menit dapat menurunkan nilai konduktivitas menjadi 9,99; 9,95 dan 8,38 mS/cm masing-masing dengan massa adsorben sebesar 2, 4 dan 6 gram Zeolit A. Efisiensi penurunan konduktivitas yang diperoleh pada kondisi tersebut adalah sebesar 0,2 %; 0,6 % dan 16,28%. Hasil pengukuran konduktivitas akhir dapat dilihat pada Gambar 4.

Berdasarkan Gambar 4, penggunaan massa Zeolit A sebesar 6 gram dapat menurunkan

konduktivitas pada setiap waktu adsorpsi. Rerata efisiensi penurunan konduktivitas yang dicapai sebesar 3,46%. Hal serupa juga terjadi pada penggunaan Zeolit B. Penggunaan massa adsorben sebanyak 4, 8 dan 10 gram Zeolit B dapat menurunkan konduktivitas pada setiap waktunya dengan rerata efisiensi penurunan konduktivitas masing-masing sebesar 6,18 %; 2,96% dan 4,21%. Hasil yang serupa juga diperoleh oleh (Islamiyati et al., 2022) dengan perolehan rerata efisiensi penurunan konduktivitas tertinggi senilai 8,94%.



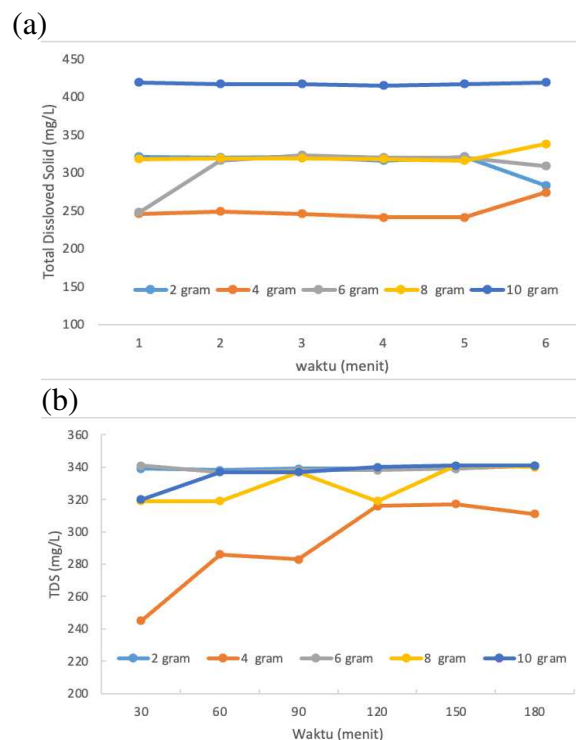
Gambar 4. Hasil pengukuran konduktivitas setelah adsorpsi dengan (a) Zeolit A dan (b) Zeolit B.

Fenomena penurunan konduktivitas hampir serupa dengan penurunan salinitas. Nilai salinitas berbanding lurus dengan kadar konduktivitas. Semakin tinggi nilai salinitas, maka jumlah garam-garam terlarut, yang pada umumnya dalam bentuk ion bebas, semakin bertambah. Semakin tinggi jumlah ion maka kemampuan untuk menghantarkan listrik juga

semakin tinggi. Akibatnya, nilai konduktivitas juga meningkat (Siltri & Kamus, 2015).

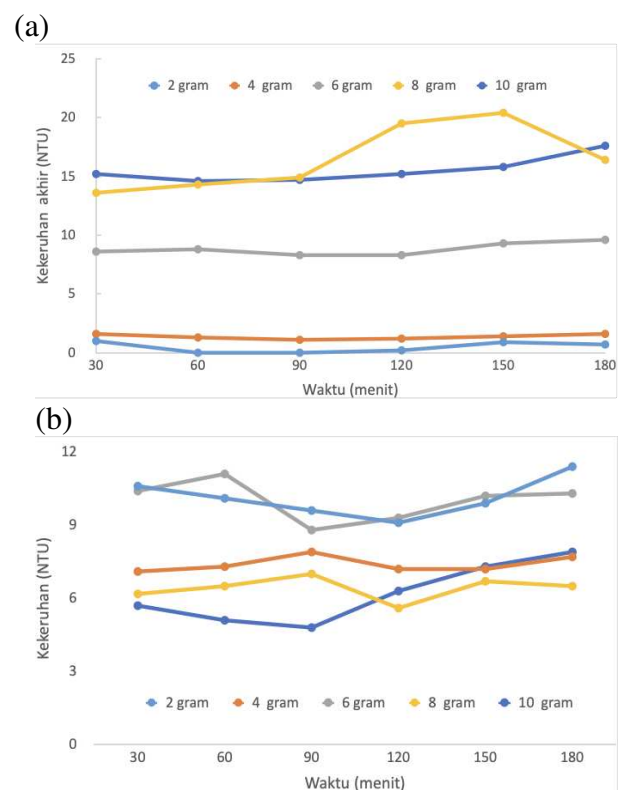
3.5 Pengukuran TDS dan Kekeruhan

TDS mengindikasikan jumlah padatan, baik organik maupun anorganik yang terlarut. Air payau memiliki konsentrasi TDS yang cukup tinggi. Hasil pengukuran TDS pada setiap akhir proses adsorpsi dengan menggunakan Zeolit A dan B dapat dilihat pada Gambar 4. Massa zeolit A dan B sebesar 4 gram menjadi massa optimum dalam penurunan TDS. Pada kondisi tersebut, TDS akhir yang terukur dengan penggunaan Zeolit A berkisar antara 241 - 279 mg/l, sehingga efisiensi penurunan TDS yang diperoleh berada pada kisaran 13,84 - 24,21%. Dengan massa yang sama. Zeolit B mampu menurunkan kadar TDS dari 318 mg/l menjadi 317 - 245 mg/l. Efisiensi penurunan TDS oleh Zeolit B berkisar antara 0,31 - 22,96%. Adsorpsi dengan menggunakan massa adsorben seberat 2, 6, 8 dan 10 gram cenderung meningkatkan nilai TDS.



Gambar 5. Hasil pengukuran Total Dissolved Solid (TDS) setelah adsorpsi dengan (a) Zeolit A dan (b) Zeolit B

Hasil penelitian yang sama juga dilaporkan oleh (Kurniawan et al., 2014), Modifikasi zeolit menggunakan HDTMA dengan variasi konsentrasi 0, 25, 50, 75 dan 100 mmol/l belum mampu menurunkan TDS hingga memenuhi baku mutu standar untuk air bersih dan air minum. Konsentrasi HDTMA sebesar 100 mmol/l hanya mampu menyisihkan TDS sebesar 2,14 g/l dengan efisiensi penyisihan sebanyak 16,32%. Penelitian serupa dengan menggunakan zeolit aktif berukuran 100 mesh telah memberikan hasil penurunan TDS sebesar 17,27% (Islamiyati et al., 2022).



Gambar 6. Hasil pengukuran kekeruhan setelah adsorpsi dengan (a) Zeolit A dan (b) Zeolit B

Aplikasi massa Zeolit A sebesar 2, dan 4 gram dapat menurunkan nilai kekeruhan sampai ambang batas air minum yang diijinkan, yaitu sebesar 5 NTU. Efisiensi penurunan kekeruhan bahkan mencapai 100% pada penggunaan massa Zeolit A sebesar 2 gram pada waktu adsorpsi 60 dan 90 menit. Pada massa zeolit A sebesar 4 gram, efisiensi penurunan kekeruhan berkisar antara 83,84 - 88,89%. Selain pada kondisi tersebut, nilai kekeruhan akhir masih belum

memenuhi standar baku mutu untuk air minum (Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/ Menkes/ PER/ IV/ Tahun 2010 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum, 2010). Rerata efisiensi penurunan yang didapat pada penggunaan Zeolit A masing-masing sebesar 95,29%; 86,20% dan 10,94% dengan massa sebesar 2, 4 dan 6 gram. Massa Zeolit A seberat 8 dan 10 gram justru akan meningkatkan nilai kekeruhan akhir. Gambar 6 mendeskripsikan hasil pengukuran kekeruhan akhir.

Zeolit B mampu menurunkan kekeruhan dengan efisiensi yang lebih rendah dibandingkan dengan Zeolit A. Nilai kekeruhan akhir terendah yang diperoleh sebesar 4,8 NTU pada aplikasi massa Zeolit B sebesar 10 gram dan waktu adsorpsi selama 90 menit. Rerata efisiensi penurunan kekeruhan yang diperoleh dalam penggunaan Zeolit B adalah 25,25%; 35,22% dan 37,54% masing-masing pada aplikasi 4,8, dan 10 gram Zeolit B. Secara keseluruhan, nilai kekeruhan akhir yang diperoleh dengan penggunaan Zeolit B masih berada di atas ambang batas air minum sesuai dengan Permenkes No 492 Tahun 2010. Secara umum dapat dikatakan bahwa penambahan massa adsorben akan menambah jumlah partikel padatan dalam cairan sehingga meningkatkan nilai kekeruhan.

KESIMPULAN

Penelitian ini menggunakan dua metode modifikasi zeolit yaitu pemanasan pada suhu 600°C (Zeolit A) dan HDTMA-Br (Zeolit B). Keduanya dikarakterisasi untuk mengetahui sifat morfologi, bentuk kristal, luas permukaan, volume pori dan ukuran pori. Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa modifikasi dengan HDTMA dapat menaikkan luas permukaan, volume dan ukuran pori adsorben. Keduanya memiliki kesamaan dalam bentuk morfologi dan kristal. Zeolit A dan B mengandung silikon, aluminium, natrium, besi, magnesium dan kalium. Silikon dan aluminium memiliki peranan Penting dalam proses adsorpsi. Meskipun demikian, nilai perbandingan Si/Al yang diperoleh cukup rendah sehingga baik zeolit A maupun Zeolit B tidak mempunyai

banyak sisi aktif sehingga kemampuan adsorpsi menjadi rendah. Hal tersebut dapat dibuktikan dengan nilai efisiensi penurunan salinitas, kekeruhan, TDS dan konduktivitas yang sangat rendah. Hasil akhir yang diperoleh menunjukkan bahwa output proses adsorpsi belum memenuhi standar baku air minum.

Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini dibiayai oleh Riset Pengembangan Kapasitas *Coral Reef Rehabilitation Management Program – Coral Triangle Initiative* (COREMAP-CTI) pada Tahun Anggaran 2021 dan 2022.

DAFTAR PUSTAKA

- Afifah, N., Yogafanny, E., & Sungkowo, A. (2019). Pengolahan air payau dengan filter zeolit dan bentonit. 11(2003), 122–131.
- Ariyanti, D., & Widiasta, I. N. (2021). Aplikasi Teknologi Reverse Osmosis untuk Pemurnian Air Skala Rumah Tangga. *Lingkungan*, 32(3), 193. <https://ejournal.undip.ac.id/index.php/teknik/article/view/1735>
- Astuti, U. P. (2016). Pengolahan Air Payau Menggunakan Elektrodialisis Dan Ozon. *Jurnal Konversi Energi Dan Manufaktur*, 3(1), 23–28. <https://doi.org/10.21009/jkem.3.1.4>
- Aziza, F. N., & Septiosari, A. (2002). Pemanfaatan Zeolit Alam Teraktivasi Ammonium Nitrat (NH₄) untuk Desalinasi Air. 3, 119–126.
- BPS Provinsi DKI. (2020). Statistik Air Bersih Water Supply Statistik DKI Jakarta 2018 - 2020.
- Darmawansa, Wahyuni, N., & Jati, D. R. (2014). Desalinasi Air Payau dengan Media Adsorben Zeolit di Daerah Pesisir Pantai Kecamatan Sungai Kunyit, Kabupaten Mempawah. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 2, 1–10.
- Dimas Rivera, G. L., Martínez Hernández, A., Pérez Cabello, A. F., Rivas Barragán, E.

- L., Liñán Montes, A., Flores Escamilla, G. A., Sandoval Rangel, L., Suarez Vazquez, S. I., & De Haro Del Río, D. A. (2021). Removal of chromate anions and immobilization using surfactant-modified zeolites. *Journal of Water Process Engineering*, 39(August). <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2020.101717>
- Dinh, V., Nguyen, P., Tran, M., & Luu, A. (2022). Chemosphere HTDMA-modified bentonite clay for effective removal of Pb (II) from aqueous solution. 286(July 2021).
- Duhan, M., & Kaur, R. (2019). Environmental Nanotechnology , Monitoring & Management Phytic acid doped polyaniline nano fi bers : An advanced adsorbent for methylene blue dye. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, 12(March), 100248. <https://doi.org/10.1016/j.enmm.2019.100248>
- Falyouna, O., Eljamal, O., Maamoun, I., Tahara, A., & Sugihara, Y. (2020). Journal of Colloid and Interface Science Magnetic zeolite synthesis for efficient removal of cesium in a lab-scale continuous treatment system. *Journal of Colloid And Interface Science*, 571, 66–79. <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2020.03.028>
- Ghassemisahebi, F., Mohammadrezapour, O., Delbari, M., Khasheisiuki, A., Ritzema, H., & Cherati, A. (2020). Effect of utilization of treated wastewater and seawater with Clinoptilolite- Zeolite on yield and yield components of sorghum. *Agricultural Water Management*, 234(February), 106117. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106117>
- Goncharuk, V. V., Deremeshko, L. A., Balakina, M. N., & Kucheruk, D. D. (2013). Purification of waters containing fluorine by low pressure reverse osmosis for their complex treatment. *Journal of Water Chemistry and Technology*, 35(3), 122–127. <https://doi.org/10.3103/S1063455X13030053>
- Isawi, H. (2020). Using Zeolite/Polyvinyl alcohol/sodium alginate nanocomposite beads for removal of some heavy metals from wastewater. *Arabian Journal of Chemistry*, 13(6), 5691–5716. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2020.04.009>
- Islamiyati, I., Sumiardi, A., Masyruroh, A., Studi, P., Lingkungan, T., Teknik, F., Jaya, U. B., & Serang, K. (2022). Optimasi Zeolit Terkativasi dalam Proses Desalinasi Air Sumur Payau (Kajian di Lingkungan Sukarela Kelurahan Mekarsari , Kecamatan Pulomerak , Cilegon). 5, 84–96.
- Kurniawan, A., Rahadi, B., & Susanawati, L. D. (2014). Studi Pengaruh Zeolit Alam Termofifikasi HDTMA terhadap Penurunan Salinitas Air Payau. *Jurnal Sumberdaya Alam Dan Lingkungan*, 1(2), 38–46.
- Undang-Undang Republik Indonesia No 1 Tahun 2014 tentang Perubahan atas Undang-Undang No. 27 Tahun 2007 tentang Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil, (2014).
- Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/ Menkes/ PER/ IV/ Tahun 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum, Pub. L. No. Permenkes No. 492 Tahun 2010 (2010).
- Purwaningtyas, F. Y., Mustakim, Z., Umaminingrum, M. T., & Ghofar, M. A. (2020). Pengaruh Ukuran Zeolit Teraktivasi terhadap Salinitas Air Payau di Desa Kemudi dengan Metode Adsorpsi. 14–15.
- Putri, Y. E., Saputri, M., Anwar, R., Andriani, N., Najeela, R., Ilmi, T., Wellia, D. V., & Hidayat, A. (2019). The Role of Capping

- Agent on the Morphology of SrTiO₃ Hollow Sphere Built by Assembly of Nanocubes under Solvothermal Conditions. *Jurnal Kimia Valensi*, 5(1), 124–132.
<https://doi.org/10.15408/jkv.v5i1.9972>
- Qomaruzzaman, I., Sariatun, & Suhartana. (2020). Modifikasi Zeolit Alam menggunakan Trietanolamin (TEA) sebagai Adsorben Ion Logam Kromium (III). *AKTA KIMIA INDONESIA*, 5(2), 62–75.
<https://doi.org/10.12962/j25493736.v5i2.7807>
- Rachmawati, D. E., Elia, N., & Asijati, E. (2019). Modifikasi Serat Rayon sebagai Adsorben Logam Berat. 53(2).
- Rahmawati, A. W., & Sulistyaningsih, T. (2018). Zeolit Alam Termodifikasi Surfaktan Heksadesiltrimetilammonium (HDTMA) dan Pemanfaatannya sebagai Adsorben Zat Warna Congo Red. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 7(2).
- Siltri, D. M., & Kamus, Z. (2015). Pembuatan Alat Ukur Salinitas dan Kekeruhan Air Menggunakan Sensor Elektroda dan LDR. VII(2), 126–139.
- Velarde, L., Nabavi, M. S., Escalera, E., Antti, M. L., & Akhtar, F. (2023). Velarde 2023 Adsorption of heavy metals on natural zeolites□: A review. *Chemosphere*, 328.
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.138508>
- Wibowo, E., Rokhmat, M., Sutisna, S., Khairurrijal, K., & Abdullah, M. (2017). Reduction of seawater salinity by natural zeolite (Clinoptilolite) Adsorption isotherms, thermodynamics and kinetics. *Desalination*, 409, 146–156.
<https://doi.org/10.1016/j.desal.2017.01.026>