

PEMANFAATAN ZEOLIT ALAM TERAKTIVASI AMMONIUM NITRAT (NH_4NO_3) UNTUK DESALINASI AIR SUMUR PAYA

Farida Nur Aziza, Arum Septiosari, dan Endah Suci Amalina

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang
Email: nurazizafarida@yahoo.co.id

Abstrak. Daerah terintrusi air laut merupakan daerah yang bermasalah sebab sumber airnya tidak dapat digunakan karena mengandung kadar garam yang tinggi. Solusi untuk menangani masalah tersebut adalah dengan metode desalinasi menggunakan zeolit teraktivasi asam dengan larutan pengaktif NH_4NO_3 . Zeolit teraktivasi NH_4NO_3 ini digunakan pada proses desalinasi air payau. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui konsentrasi optimum NH_4NO_3 untuk aktivasi zeolit serta untuk mengetahui komposisi optimum antara zeolit teraktivasi dengan sampel air payau. Penelitian dilakukan dengan mengaktivasi zeolit menggunakan larutan pengaktif NH_4NO_3 variasi konsentrasi 1N; 1,5N; 2N; 2,5N; 3N dan diperoleh hasil bahwa zeolit teraktivasi NH_4NO_3 2N merupakan zeolit terbaik untuk proses desalinasi dengan % desalinasi sebesar 99 %. Tahap selanjutnya adalah mencari komposisi optimum antara massa ZAA 2N dengan volume sampel air payau. Penentuan komposisi dilakukan dengan menambahkan 2, 4, 6, 8, dan 10 gram zeolit alam teraktivasi NH_4NO_3 2N ke dalam 20 ml air payau. Komposisi optimum diperoleh pada penambahan 6 gram zeolit ke dalam 20 ml air payau dengan % desalinasi sebesar 99,5%.

Kata kunci: zeolit, ammonium nitrat, salinitas

PENDAHULUAN

Air bawah tanah merupakan sumber air baku yang digunakan sebagian besar masyarakat Indonesia untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari. Seiring dengan pertumbuhan penduduk yang semakin pesat, eksploitasi air bawah tanah makin meningkat. Fenomena ini telah menyebabkan dampak negatif terhadap kualitas dan kuantitas air bawah tanah, antara lain penurunan muka air bawah tanah, fluktuasi yang semakin besar, serta terjadinya intrusi air laut di beberapa wilayah (Hendrayana, 2002).

Penelitian Hendrayana (2002) menyatakan bahwa intrusi atau penyusupan air asin ke dalam akuifer di daratan pada dasarnya adalah proses masuknya air laut di bawah permukaan air tanah melalui akuifer di daratan atau di daerah pantai. Adanya intrusi air laut ini merupakan permasalahan pada pemanfaatan air bawah tanah di daerah pantai maupun daerah terintrusi. Hal ini karena air bawah tanah yang mengalami intrusi air laut akan mengalami degradasi mutu

sehingga tidak layak lagi digunakan sebagai sumber air minum.

Air payau atau *brackish water* merupakan air yang mempunyai salinitas antara 0,5 - 17 ppt (Jamali *et al.*, 2003). Salinitas air payau menggambarkan kandungan garam terlarut dalam air payau. Salinitas pada umumnya disebabkan oleh adanya kandungan natrium (Na^+), kalium (K^+), kalsium (Ca^{2+}), magnesium (Mg^{2+}), klorida (Cl^-), sulfat (SO_4^{2-}) dan bikarbonat (HCO_3^-) dalam air (Apriyani & Wensen, 2009). Berdasarkan penelitian Apriyani & Wensen (2009) juga diketahui bahwa air sumur yang terkena intrusi air laut di dalamnya biasanya mengandung ion-ion besi (Fe^{2+}), natrium (Na^+), zink (Zn^{2+}), sulfat (SO_4^{2-}), dan klorida (Cl^-) yang cukup tinggi. Hasil penelitian Jamali *et al.* (2003) menunjukkan bahwa analisis kimia air payau yang diambil dari sumur di daerah pelelangan ikan “Ujung Bom” (Lokasi A), Dusun Rerungai (Lokasi B), Tanjungharapan-Pinang (Lokasi C) dan Tanjungharapan-Pinang (Lokasi D) dengan jarak masing-masing ± 75 m, ± 200 m, ± 300 m dan ± 500 m dari garis pantai menunjukkan bahwa komposisi mineral terbesar dalam air payau adalah Cl^- yaitu sebesar 252 ppm, 1.197 ppm, 515 ppm, dan 77 ppm untuk wilayah A, B, C, dan D.

Pada penelitian ini digunakan sampel air payau dari Kelurahan Tanjung Mas Kecamatan Semarang Utara. Berdasarkan penelitian pendahuluan yang telah dilakukan diketahui bahwa air sumur Kelurahan Tanjung Mas dengan jarak $\pm 700 - 1.000$ m dari laut memiliki kadar Cl^- sebesar 5.680 ppm atau 5680 mg/L. Kandungan Cl^- yang tinggi tersebut dapat menyebabkan gangguan kesehatan dan telah melebihi batas mutu air bersih menurut Peraturan Menteri Kesehatan RI No.492/Menkes/Per/IV/2010 yaitu 250 mg/L untuk parameter klorida. Oleh karena itu perlu dilakukan upaya untuk mengurangi salinitas dalam air payau yaitu dengan metode desalinasi.

Salah satu mineral yang dapat digunakan sebagai penukar ion adalah zeolit alam. Zeolit merupakan mineral alumino silikat terhidrasi dengan unsur utama terdiri dari kation alkali dan alkali tanah dan memiliki pori-pori yang dapat diisi oleh molekul air (Kusumastuti, 2010). Zeolit alam memiliki kelemahan antara lain mengandung banyak pengotor seperti Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} dan Fe^{2+} serta kristalinitasnya kurang baik, sehingga zeolit perlu diaktivasi untuk meningkatkan kemampuan pertukaran ion maupun kemampuan adsorbsinya. Menurut penelitian Kusumastuti (2010) aktivasi dengan ammonium nitrat dapat menyebabkan terjadinya dekationisasi yang menyebabkan bertambahnya luas permukaan zeolit karena berkurangnya jumlah pengotor yang menutupi pori-pori zeolit. Penelitian Kusumastuti (2010) juga menyatakan bahwa efektivitas zeolit teraktivasi dengan NH_4NO_3 dalam penurunan COD dan BOD limbah kertas berbanding lurus dengan kenaikan konsentrasi NH_4NO_3 sehingga makin baik kualitas air yang dihasilkan. Aktivasi menggunakan ammonium nitrat juga merupakan aktivasi dengan asam yang menurut penelitian Lestari (2010) hasil modifikasinya memiliki sifat yang mirip dengan zeolit sintesis tipe A dan tipe X.

Pada penelitian ini dilakukan penurunan kadar garam (desalinasi) air payau pada air sumur penduduk Kelurahan Tanjung Mas. Kelurahan Tanjung Mas merupakan kelurahan yang terletak di Kecamatan Semarang Utara dengan jumlah penduduk 35.555 orang dan terdiri dari 7.550 Kepala Keluarga (KK). Berdasarkan data monografi kelurahan diketahui bahwa sekitar 51% KK menggunakan sumur sebagai sumber air bersih (3.850 sumur), 40% menggunakan PDAM sebagai sumber air (± 3.020 KK) sedangkan sisanya menggunakan air artesis (Laporan Monografi, 2013). Kondisi air di Kelurahan Tanjung Mas termasuk golongan air payau dengan jaraknya yang sekitar 700 m sampai ± 3 km dari Pelabuhan Tanjung Mas. Sehingga penduduk tidak dapat menggunakan sumber airnya untuk sumber air minum. Selain itu kondisi air payau juga terkadang berubah-ubah. Hal tersebut dimungkinkan karena perubahan musim, pengaruh

rob air laut, pengaruh intrusi dll. Pada penelitian ini dilakukan pengujian nilai salinitas awal sampel dan salinitas hasil desalinasi dengan zeolit teraktivasi. sehingga dengan membandingkan salinitas awal dan akhir dapat diketahui sejauh mana kemampuan (efektifitas) zeolit teraktivasi NH_4NO_3 untuk menurunkan kadar garam / salinitas dalam air payau.

METODE

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah: beaker gelas 200 ml, erlemeyer 250 ml, gelas ukur, *furnace*, pipet volume 10 ml, pengaduk, *grinder*, plat tetes, alu porselin, nampan aluminium, pipet tetes, oven, pompa vakum, labu ukur 200 ml, corong, mortal porselin, *Magnetik Stirrer*, *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) Shimadzu FTIR-8201 PC), *X-Ray Diffraction* (XRD) Shimadzu 7000, pompa vakum, ayakan 100 mesh, statif dan buret. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah: larutan ammonium nitrat p.a, kertas saring, perak nitrat p.a, K_2CrO_4 5%, akuades, indikator universal Mn, akuades, aquademin, dan zeolit alam Bayah.

Langkah-langkah penelitian ini adalah:

1. Preparasi zeolit
Sebanyak 1000 gram zeolit alam dihaluskan, disaring dengan ayakan 100 mesh. Zeolit hasil ayakan dicuci dengan aquades kemudian zeolit disaring dengan pompa vakum dan dikeringkan pada suhu $120\text{ }^\circ\text{C}$ selama 4 jam.
2. Aktivasi zeolit Alam
Sebanyak 100 gram zeolit alam ukuran 100 mesh direndam dalam 250 ml NH_4NO_3 1 N selama 24 jam kemudian dicuci dengan akuades sampai netral (pH mendekati 7). Zeolit yang telah netral dikalsinasi pada suhu $500\text{ }^\circ\text{C}$ selama 2 jam. Zeolit hasil kalsinasi yang telah aktif disimpan dalam botol tertutup rapat. Langkah yang sama dilakukan dengan variasi konsentrasi NH_4NO_3 1,5N; 2N; 2,5N; dan 3N.
3. Standarisasi AgNO_3
Sebanyak 0,0585 gram NaCl p.a dilarutkan dalam labu ukur 100 ml sampai tanda batas. Sebanyak 10 ml larutan NaCl 0,1 N diatas dimasukkan ke dalam erlemeyer kemudian ditambahkan 1ml tetes K_2CrO_4 5%. Titrasi dititrasi dengan larutan AgNO_3 sampai terjadi perubahan warna dari kuning menjadi merah bata.
4. Pengukuran Salinitas awal sampel
Sebanyak 5 ml sampel dimasukkan ke dalam erlemeyer kemudian ditambahkan 0,5 ml tetes K_2CrO_4 5%. Sampel yang telah ditambahkan K_2CrO_4 dititrasi menggunakan larutan AgNO_3 0,099 N hingga terjadi perubahan warna dari kuning menjadi merah bata dengan endapan putih.
5. Pengukuran salinitas menggunakan zeolit alam teraktivasi dan tan teraktivasi
Zeolit teraktivasi NH_4NO_3 2 N ditimbang masing-masing sebanyak (2, 4, 6, 8, 10) gram. Sebanyak 20 ml sampel A, B, dan C masing-masing ditempatkan dalam erlemeyer 100 ml yang telah diisi zeolit teraktivasi kemudian dilakukan pengadukan selama 24 jam. Larutan campuran A, B, dan C disaring lalu diambil filtrat yang dihasilkan. Sebanyak 5 ml filtrat A, B, C yang diperoleh masing-masing ditambahkan 0,5 ml tetes K_2CrO_4 5% lalu dilakukan titrasi dengan AgNO_3 0,099 N hingga terjadi perubahan warna menjadi merah bata dengan endapan putih.

HASIL DAN PEMBAHASAN

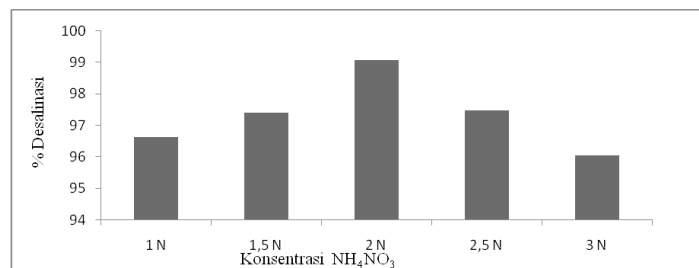
Proses aktivasi zeolit bertujuan agar zeolit lebih aktif dan bersifat hidrofob. Metode yang digunakan adalah pengaktifan zeolit dengan cara perendaman dalam ammonium nitrat (NH_4NO_3) dengan variasi konsentrasi 1 N; 1,5 N; 2 N; 2,5 N; 3 N selama 24 jam. Metode ini termasuk dalam aktivasi zeolit secara kimia (dengan asam).

Keefektifan zeolit alam yang sudah diaktivasi dengan variasi konsentrasi NH_4NO_3 tersebut akan terlihat setelah diaplikasikan pada sampel air payau di Kelurahan Tanjung Mas Semarang, dalam hal ini sampel A (sampel air payau dengan jarak 700 m dari laut), sampel B (sampel air payau berjarak 1 km dari laut) dan sampel C (sampel air payau dengan jarak 2 km dari laut). Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan diperoleh data bahwa salinitas awal sampel disajikan pada tabel 1.

Tabel 1. Salinitas Awal Sampel A, B, dan C di Kelurahan Tanjung Mas

Nama Sampel	V AgNO_3 rata-rata (ml)	Kadar CI (mg/L)	Salinitas (ppt)
Sampel A	8,833 ml	6206,607 mg/L	11,2125 ppt
Sampel B	6,833 ml	4803,1266 mg/L	8,67708 ppt
Sampel C	5,1667 ml	3631,65 mg/L	6,5607 ppt

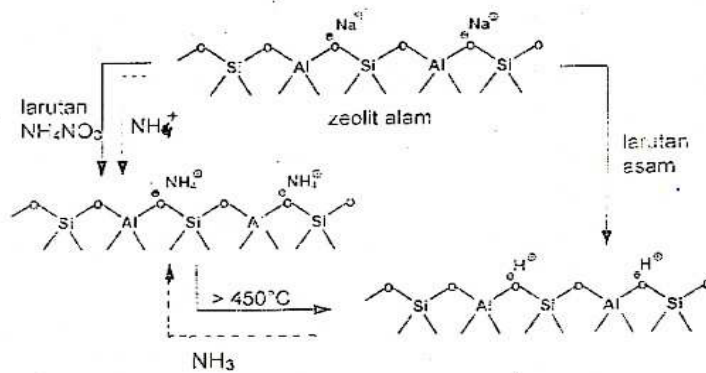
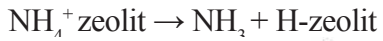
Proses desalinasi dilakukan dengan menggunakan zeolit teraktivasi dengan konsentrasi 1N; 1,5N; 2N; 2,5N; dan 3N. Tujuan dari perlakuan ini adalah untuk mengetahui zeolit teraktivasi dengan konsentrasi manakah yang mampu memberikan penurunan salinitas (desalinasi) terbaik. Pada penelitian ini hanya dilakukan penurunan salinitas pada sampel A saja, hal ini karena dengan satu sampel saja sudah dapat dilihat % desalinasi terbaik yang dihasilkan dari perlakuan zeolit teraktivasi 1N; 1,5N; 2N; 2,5N; 3N. Hasil penelitian menunjukkan bahwa salinitas akhir pada sampel A menggunakan zeolit teraktivasi dengan variasi konsentrasi (1N; 1,5N; 2N; 2,5N; 3N) berturut-turut adalah 0,3809 ppt; 0,2920 ppt; 0,1057 ppt; 0,2857 ppt; dan 0,4444 ppt. Sehingga dengan membandingkan data tersebut dengan salinitas awal didapatkan pula data % desalinasi air payau berturut-turut adalah 96,602%; 97,396%; 99,057%, 97,450%, dan 96,036%. Berdasarkan data diatas diperoleh kesimpulan bahwa zeolit teraktivasi terbaik yang digunakan untuk menurunkan salinitas air payau adalah zeolit alam teraktivasi Ammonium Nitrat 2 N pada sampel A yaitu dengan diperoleh penurunan salinitas sebesar 99,057%. Grafik hubungan konsentrasi NH_4NO_3 dan salinitas disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik penurunan salinitas menggunakan zeolit alam teraktivasi dengan variasi konsentrasi 1 N; 1,5 N; 2 N; 2,5 N dan 3 N.

Na^+ zeolit + $\text{NH}_4\text{NO}_3 \rightarrow \text{NH}_4^+$ zeolit + NaNO_3 Dari grafik hubungan konsentrasi NH_4NO_3 dan salinitas diketahui bahwa nilai salinitas cenderung turun dengan bertambahnya konsentrasi optimum ammonium nitrat pada konsentrasi 2 N pada sampel A, B, dan C. Hal ini sesuai dengan penelitian Gustian & Suharto (2005) bahwa rasio Si/Al pada zeolit akan lebih besar pada konsentrasi NH_4NO_3 2 N..

Reaksi dan mekanisme aktivasi zeolit dengan Ammonium Nitrat disajikan pada Gambar 3 :



(Banon *et al.*, 2008)

Gambar 3. Mekanisme aktivasi zeolit alam dengan larutan NH_4NO_3

Zeolit teraktivasi terbaik yang digunakan dalam penelitian ini adalah zeolit alam teraktivasi NH_4NO_3 2 N sehingga pada penelitian selanjutnya hanya digunakan zeolit teraktivasi NH_4NO_3 2 N.

Hasil aplikasi zeolit yang telah dilakukan menunjukkan bahwa zeolit alam teraktivasi 2 N mampu menurunkan salinitas air maksimum sebesar 99,5 % dengan perbandingan ZAA/ sampel C sebesar (3:10) atau 6 gram zeolit alam teraktivasi (ZAA) per 20 ml sampel air payau C. Penurunan salinitas air menggunakan zeolit alam teraktivasi NH_4NO_3 2 N pada sampel A, B, dan C disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik hubungan komposisi dan salinitas

Berdasarkan grafik diatas dapat diketahui bahwa salinitas air mengalami penurunan pada

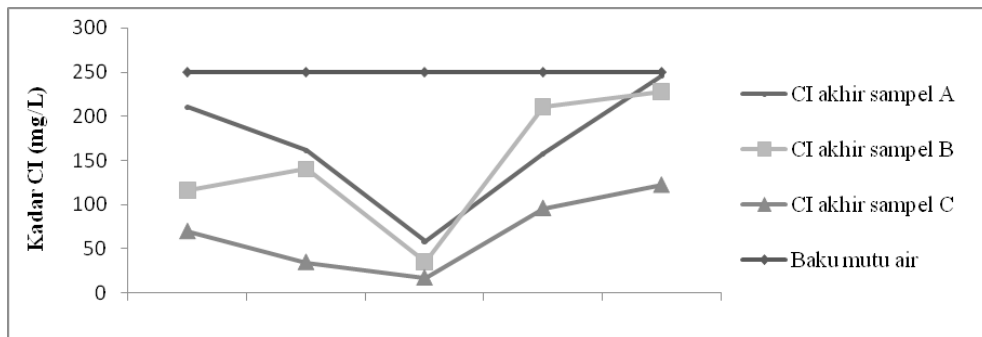
perbandingan massa ZAA/ sampel C sebesar (1:10), (1:5) dan (3:10), sedangkan dengan rasio lainnya yaitu (2:10) dan (1:2) justru terjadi peningkatan nilai salinitas air. Hal ini dimungkinkan karena massa zeolit yang berlebihan dapat menyebabkan larutan menjadi sangat jenuh sehingga daya adsorbsinya menurun.

Selain perhitungan salinitas, perhitungan kadar Cl^- juga dilakukan pada penelitian ini. Perhitungan kadar Cl^- ini dimaksudkan untuk mengetahui kualitas air sebelum dan setelah diaplikasikan dengan zeolit alam teraktivasi NH_4NO_3 2 N. Berikut ini disajikan perbandingan konsentrasi Cl^- awal dan akhir air payau.

Tabel 2 Tabel perbandingan salinitas awal dan salinitas akhir

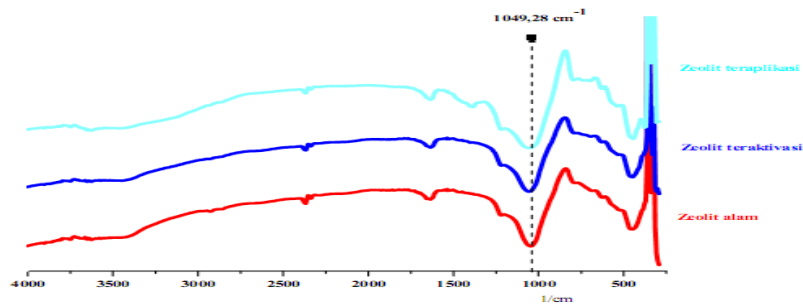
Sampel A (ppm)		Sampel B (ppm)		Sampel C (ppm)		Baku Mutu Air
CI awal	CI akhir	CI awal	CI akhir	CI awal	CI akhir	memenuhi
6206,6	210,87	4803,1	116,15	3631,6	70,29	memenuhi
6206,6	161,67	4803,1	140,58	3631,6	35,14	memenuhi
6206,6	58,551	4803,1	35,14	3631,6	17,50	memenuhi
6206,6	158,15	4803,1	210,87	3631,6	96,6	memenuhi
6206,6	246,00	4803,1	228,44	3631,6	123	memenuhi

Berdasarkan tabel 2 diketahui bahwa semua air hasil aplikasi telah memenuhi baku mutu air berdasarkan aturan Permenkes RI No.492/Menkes/Per/IV/2010 yang menyatakan bahwa parameter kimia klorida (Cl^-) memiliki nilai ambang batas sebesar 250 mg/L. Kadar Cl^- terbaik yang diperoleh pada penelitian ini adalah pada sampel C dengan kadar Cl^- sebesar 17,5 mg/L. Berikut ini disajikan pula grafik perbandingan antara kadar Cl^- air hasil aplikasi dibandingkan baku mutu air.



Gambar 5. Kadar Cl^- air hasil aplikasi pada sampel A, B, C dibandingkan dengan baku mutu Permenkes RI No.492/Menkes/Per/IV/2010

Karakterisasi zeolit alam dilakukan dengan menggunakan *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) dan *X-Ray Diffraction* (XRD). Spektra inframerah zeolit alam, zeolit alam teraktivasi, dan zeolit alam teraktivasi disajikan dalam Gambar 6.



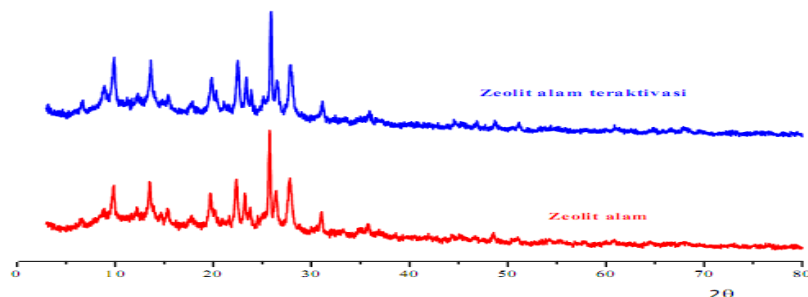
Gambar 6. Spektra Inframerah zeolit alam, zeolit teraktivasi, dan zeolit teraplikasi

Pada bilangan gelombang 3749.62 cm^{-1} menunjukkan bahwa perlakuan NH_4NO_3 menyebabkan hilangnya serapan vibrasi O-H pada struktur zeolit. Pada kisaran bilangan gelombang $2900\text{-}3000\text{ cm}^{-1}$ (C-H regang dari bahan anorganik) teramati adanya perbedaan antara ZA dan ZAA (Florensyona, 2010). Dimana pada zeolit alam serapan muncul pada bilangan gelombang $2931,90\text{ cm}^{-1}$, sedangkan pada zeolit alam teraktivasi tidak ditemui adanya serapan pada rentang gelombang tersebut. Ini berarti bahwa zeolit alam teraktivasi telah kehilangan gugus C-H organik yang disebabkan karena proses kalsinasi.

Terjadinya dealuminasi dapat diamati dari adanya pergeseran pada spektra vibrasi internal dan eksternal. Bila terjadi proses dealuminasi, maka akan ada pergeseran spektra ke arah bilangan gelombang yang lebih tinggi pada vibrasi ulur internal zeolit dan pergeseran pita ke arah bilangan gelombang yang lebih rendah pada vibrasi eksternal. Hal ini seiring dengan menurunnya jumlah Al dan struktur zeolit (Flanigen *et al.*, 1997). Hasil penelitian sesuai dengan penjelasan diatas, bahwa terjadi pergeseran pita pada daerah vibrasi internal zeolit alam pada $1049,28\text{ cm}^{-1}$ menjadi $1056,99\text{ cm}^{-1}$ pada zeolit alam teraktivasi. Ini diperkuat dengan adanya pergeseran pada vibrasi *pore opening* yaitu dari $339,47$ pada zeolit alam menjadi $331,76\text{ cm}^{-1}$ pada zeolit teraktivasi.

Pada penelitian ini juga dilakukan pengujian FTIR pada zeolit alam teraktivasi yang telah diaplikasikan pada sampel air payau yang selanjutnya disebut sebagai zeolit teraplikasi. Pada spektra inframerah zeolit teraplikasi, didapatkan serapan dalam range $770\text{-}540\text{ cm}^{-1}$ yaitu pada $540,07\text{ cm}^{-1}$. Serapan ini menunjukkan adanya spektra halogen yaitu Cl yang terperap dalam zeolit. Hal inilah yang menyebabkan nilai salinitas menurun.

Difaktogram untuk zeolit alam dan zeolit alam teraktivasi $\text{NH}_4\text{NO}_3\ 2\text{N}$ disajikan pada Gambar 7.



Gambar 7. Difaktogram zeolit alam dan zeolit alam teraktivasi

Pada difaktogram muncul puncak pada $2\theta = 20,2200^\circ$ yang merupakan puncak untuk kuarsa (Quartz), JCPDS no 5-0490. Puncak pada 2θ lainnya muncul pada $22,4824^\circ$ merupakan puncak untuk mineral mordenit (Kristal zeolit), JCPDS no 13-35. Puncak pada $25,8554^\circ$ dan $20,2200^\circ$ mengindikasikan adanya komponen SiO_2 pada zeolit alam teraktivasi yang difaktogramnya intensitasnya meningkat dibandingkan pada zeolit alam nampak pada $25,7167^\circ$ dan $20,9303^\circ$. Hal ini menunjukkan terjadi peningkatan jumlah silika dalam komponen zeolit alam teraktivasi yang disebabkan oleh dealuminasi.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

Konsentrasi optimum ammonium nitrat (NH_4NO_3) yang digunakan untuk mengaktivasi zeolit alam menjadi zeolit alam teraktivasi pada penurunan salinitas air payau adalah 2 N; dan Komposisi optimum antara ZAA dan NH_4NO_3 adalah 3:10 dengan % desalinasi sebesar 99,5 %.

DAFTAR PUSTAKA

- Hendrayana, H. 2002. Intrusi Air Asin ke dalam Akuifer di Daratan. *Makalah. Geological Engineering Dept. Faculty of Engineering. Gadjahmada University.*
- Flanigen, E.M, dan H. Khatami. 1971. *Infrared Structural Studies of Zeolite Frameworks.* Union Carbide Corporation: Newyork; pp. 16, 201-207.
- Florensyona, D. 2010. *Pengaruh Proses Dealuminasi Terhadap Keasaman Mordenit.* <http://www.LifeisChemistry.com>. Diakses November 2013.
- Irham, N., R.T. Achmad & S. Widodo. 2006. Pemetaan Sebaran Air Tanah Asin Pada Aquifer dalam Wilayah Semarang bawah. *Jurnal Vol. 9, No. 3*, hal 137 – 143.
- Jamali, A., W. Astuti, & M. Amin. 2002. Pengolahan Air Payau Menggunakan Surfactant Modified Zeolit. *Jurnal Pusat Penelitian Informatika-LIPI.*
- Jamali, A., W. Astuti, K. Jafri & M. Amin. 2003. Pengolahan Air Payau Menggunakan Mineral Zeolit. *Jurnal Pusat Penelitian Informatika-LIPI.*
- Kusumastuti, S. 2010. *Efektivitas Zeolit Alam Yang Diaktivasi dengan Ammonium Nitrat (NH_4NO_3) Untuk Menurunkan COD dan BOD Air Limbah Produksi Kertas.* Skripsi. Semarang: FMIPA Universitas Negeri Semarang.
- Said, N.I. 1999. *Pengolahan Air Payau Menjadi Air Minum dengan Teknologi Reverse Osmosis.* Jakarta: BPPT.
- Sri, R. 2004. Kajian Awal Pengurangan Fouling pada Desalinasi Air Payau dengan Proses Elektrodialisis. *Prosiding Seminar Nasional Rekayasa Kimia dan Proses 2004 ISSN: 1411-4216.* Semarang: Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.