

## EFEKTIVITAS ZEOLIT ALAM SEBAGAI MEDIA ADSORBEN PADA PENGOLAHAN AIR TANAH PAYAU DI DUSUN JAMBAKAN KECAMATAN BAYAT, KABUPATEN KLATEN

Wibiana Wulan Nandari<sup>1</sup>, Rika Ernawati<sup>2</sup>, Ekha Yogafanny<sup>3</sup>, Ardian Novianto<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Kimia, UPN "Veteran" Yogyakarta,

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Pertambangan, UPN "Veteran" Yogyakarta,

<sup>3</sup>Program Studi Teknik Lingkungan, UPN "Veteran" Yogyakarta,

<sup>4</sup>Program Studi Teknik Geofisika, UPN "Veteran" Yogyakarta,

### ABSTRACT

Jambakan Village in Bayat District, Klaten has great groundwater potential but has a brackish taste. The brackish taste in ground water in Jambakan Village is strengthened by the results of the DHL and TDS tests using EC meters directly in the field which shows a value of DHL 1500-3000  $\mu\text{s} / \text{cm}$  or TDS > 1000 mg / L which falls into the brackish water category. Under these conditions the community cannot obtain clean water. The purpose of this study is to treat brackish ground water so as to reduce the TDS value and groundwater conductivity. The method used is adsorption by utilizing the ion exchange process using activated zeolites. Zeolites used are natural zeolites from the District of Hargomulyo, Gunung Kidul Regency. Activation using  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  and HCl solution, then added with biosurfactant of Isopropyl Stearyl Alginate with variations in concentration 0 ; 0,5 % ; 1 % ; 1,5 % ; and 2 %. The most effective activated zeolite in processing brackish water is activated zeolite with the addition of surfactant 1,5 %, which is able to reduce TDS from 3933 mg/L to 2471mg/L, and conductivity of 7946  $\mu\text{s} / \text{cm}$  to 5072  $\mu\text{s} / \text{cm}$

**Keyword :** brackish water , adsorption , zeolite , biosurfactant

### PANDAHULUAN

Air bersih merupakan kebutuhan setiap manusia baik untuk konsumsi maupun untuk keperluan rumah tangga. Oleh karena itu ketersediaan air bersih harus diperhatikan agar dapat memenuhi kebutuhan masyarakat. Di Desa Jambakan, Kecamatan Bayat, Kabupaten Klaten, air tanah tersedia dalam jumlah banyak namun memiliki rasa yang payau meskipun jauh dari laut. Kondisi tersebut terlihat dari kajian awal tentang kualitas air yang telah dilakukan, dimana hasil uji DHL (Daya Hantar Listrik)/konduktivitas dan TDS (*Total Dissolved Solid*) menggunakan EC meter langsung dilapangan menunjukkan bahwa nilai DHL 1500 – 3000  $\mu\text{m}/\text{cm}$  dan TDS > 1000 mg/L yang masuk dalam kategori air payau (Santosa, 2001).

Pada akhir bulan Juli tahun 2019, hasil analisa lapangan pada beberapa sampel air dari sumur penduduk menunjukkan bahwa nilai konduktivitas air tanah mencapai 7875  $\mu\text{s}/\text{cm}$  dan TDS 3865 mg/L. Nilai tersebut menunjukkan adanya garam-garam terlarut yang terkandung dalam air tanah sehingga menyebabkan rasa menjadi payau. Secara umum, komposisi kimia air payau adalah mengandung unsur Cl, Ca, Mg, dan Na. Konsumsi air payau atau air yang mengandung garam-garam mineral dalam jangka waktu yang lama dapat mengganggu kesehatan manusia. Selain itu, apabila air payau digunakan untuk keperluan penyiraman tanaman misalnya sayuran, hasil panen yang dihasilkan lebih sedikit daripada yang disiram dengan air tawar (Astuti dkk., 2006).

Berdasarkan hasil wawancara dengan Kepala Desa Dusun Jambakan, kondisi air tanah payau tersebut memberikan dampak negatif bagi kesehatan masyarakat. Untuk keperluan mandi dan mencuci masih menggunakan air tanah. Namun untuk keperluan memasak dan konsumsi, masyarakat dihimbau untuk membeli air atau memasanag PDAM (Perusahaan Daerah Air Minum) yang telah tersedia di Desa Jambakan.

Meskipun sudah tersedia akses PDAM di Desa Jambakan, air tanah yang tersedia dalam jumlah melimpah harus diupayakan agar bisa layak untuk dikonsumsi. Teknologi sederhana yang dapat mengolah air payau menjadi air tawar adalah proses adsorpsi dengan memanfaatkan prinsip pertukaran ion menggunakan media penukar ion. Salah satu media adsorpsi berbasis pertukaran ion yang bisa dimanfaatkan adalah zeolit. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Astuti dkk. (2006) menyatakan bahwa salinitas air payau dapat turun hingga 52 % dengan proses filtrasi menggunakan zeolit yang telah dimodifikasi menggunakan surfaktan untuk mengaktifkan permukaan. Penelitian mengenai pengolahan air payau juga dilakukan oleh Darmawansa dkk. (2014). Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai optimum penurunan salinitas air payau menggunakan media adsorben zeolit adalah sebesar 27,31 % dengan debit optimum 160 mL/menit. Kurniawan dkk. (2014) mempelajari pengaruh surfaktan dalam modifikasi zeolit terhadap penurunan salinitas air. Dalam kesimpulannya menyatakan bahwa semakin besar konsentrasi Surfaktan HDTMA, penurunan klorida pada zeolit semakin tinggi.

Dari keberhasilan penelitian yang telah dilakukan, proses pengolahan di Desa Jambakan ini juga akan menggunakan prinsip adsorpsi dengan prinsip pertukaran ion menggunakan media zeolit yang teraktivasi asam, basa, dan juga surfaktan organik. Batuan zeolit merupakan salah satu mineral yang banyak tersedia di Indonesia. Keberadaan mineral ini dapat diasosiasikan dengan pegunungan api, dimana batuan gunung api termasuk piroklastik berbutir halus (tuff) yang merupakan sumber dari mineral zeolit (Armbruster, 2001). Terdapat lebih dari 50 jenis mineral zeolit, diantaranya adalah mordenite, clinoptilolite, dan lain-lain (Gaydardjief dkk., 2001; Tsitsishvili, 1992).

Pada penelitian ini, zeolit diperoleh dari Desa Gedangsari, Kecamatan Hargomulyo, Kabupaten Gunung Kidul. Zeolit alam merupakan salah satu jenis zeolit yang banyak digunakan untuk keperluan pengolahan air. Zeolit alam memiliki gugus aktif penukar kation berupa kation alkali sebagai penyeimbang muatannya sehingga prinsip adsorpsi pada proses pengolahan air payau ini adalah proses pertukaran ion. Keberadaan zeolit alam di Gedangsari sangat strategis mengingat kebutuhan yang besar untuk mengolah air tanah payau yang ada di daerah Kecamatan Bayat, Kabupaten Klaten. Upaya pemanfaatan zeolit dalam pengolahan air secara mandiri pada skala rumah tangga perlu dikaji lebih lanjut. Zeolit alam yang telah diaktivasi akan memiliki kemampuan yang baik dalam pertukaran ion untuk desalinasi air tanah payau.

Salah satu cara untuk meningkatkan kemampuan zeolit alam adalah meningkatkan kereaktifan dengan memodifikasi permukaan zeolit alam, antara lain dengan dealuminasi dan interaksi dengan surfaktan. Dealuminasi adalah suatu teknik modifikasi zeolit melalui pengurangan aluminium di kerangka maupun permukaan zeolit. Dengan berkurangnya Al, maka rasio Si/Al akan meningkat sehingga zeolit akan bersifat hidrofob (Mutngimatirrohmah, 2009).

Setelah melewati proses dealuminasi, zeolit alam selanjutnya dimodifikasi menggunakan surfaktan. Surfaktan dapat digunakan untuk memodifikasi permukaan luar zeolit. Molekul surfaktan yang teradsorpsi akan membentuk lapisan pada permukaan luar zeolit. Lapisan tersebut menyebabkan perubahan sifat zeolit, salah satunya pengurangan sifat hidrofil (Bowman & Sullivan, 2000)

Dalam penelitian ini, zeolit alam akan dimodifikasi dengan biosurfaktan *Isopropil Stearil Alginat*. Biosurfaktan yang digunakan ini merupakan surfaktan yang berasal dari bahan baku non

minyak bumi, yaitu berbahan baku alga coklat. Surfaktan dari bahan alga coklat ini telah digunakan sebagai bahan pengemulsi karena dapat menurunkan tegangan antar permukaan. Kemampuan surfaktan untuk menurunkan tegangan permukaan bergantung pada gugus hidrofil yang suka air dan bagian hidrofob yang tidak suka air (Mahreni, 2015).

Zeolit yang telah diaktivasi merupakan salah satu bahan yang bisa dimanfaatkan sebagai media adsorpsi dengan prinsip pertukaran ion dalam proses pengolahan air. Menurut Jimenez (2017), adsorpsi merupakan pengolahan penting untuk air yang terkontaminasi dengan mineral, dan oleh karena itu penelitian terhadap material baru dengan sifat adsorpsi yang lebih baik sangat diperlukan untuk meningkatkan efisiensi proses. Zeolit adalah bahan yang memiliki harga rendah, bahkan tersedia di alam dalam jumlah banyak dan secara luas diterapkan dalam proses adsorpsi. Oleh karena itu penelitian tentang pengembangan zeolit ini memerlukan analisis yang lebih luas, misalnya mengenai penerapan surfaktan untuk menyerap anion logam dan polutan organik serta tetap memperhatikan kapasitas penyerapannya.

## METODOLOGI PENELITIAN

### Alat

Gelas beker 50, 250, 500, dan 1000 mL, kaca arloji, labu takar 500 dan 1000 mL, corong pemisah, pH meter, pipet tetes, pipet ukur, kertas saring, gelas ukur 50 dan 100 mL, pemanas listrik, kaca pengaduk, ayakan 50 mesh, TDS dan *Conductivity* meter.

### Bahan

Zeolit alam Gedangsari,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , HCl, aquadest, biosurfaktan (*Isopropil Stearil Alginat*).

### Cara Kerja

#### 1. Persiapan Bahan

Zeolit alam yang diperoleh dari daerah Gedangsari dikecilkan ukurannya dengan menggunakan alat penghancur (*crusher*). Zeolit kemudian diayak menggunakan ayakan berukuran 50 mesh dan 100 mesh. Zeolit yang digunakan pada penelitian ini adalah yang lolos 50 mesh dan tertahan 100 mesh. Zeolit kemudian dicuci menggunakan aquadest untuk menghilangkan padatan-padatan pengotor, kemudian dikeringkan dalam oven hingga suhu 300 °C.

#### 2. Dealuminasi Zeolit

Pengurangan Aluminium dalam zeolit dilakukan dengan menggunakan larutan HCl konsentrasi 2 N dan larutan  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  2 N. Konsentrasi tersebut merupakan konsentrasi maksimum untuk dealuminasi zeolit alam Gedangsari (Ermawati, 2003).

Sebanyak 500 gram zeolit alam Gedangsari direndam menggunakan 1 L HCl 2 N selama 4 jam. Campuran selanjutnya disaring menggunakan kertas saring sambil dicuci menggunakan aquadest, sehingga filtrat yang lolos dari kertas saring memiliki pH netral. Padatan tertahan kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 300 °C selama 4 jam.

Setelah kering, padatan zeolit kemudian direndam kembali menggunakan 1 L larutan  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  2 N. Dengan cara yang sama seperti pada saat perendaman asam, campuran selanjutnya disaring menggunakan kertas saring sambil dicuci menggunakan aquadest, sehingga filtrat yang lolos dari kertas saring memiliki pH netral. Padatan tertahan kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 300 °C selama 4 jam.

#### 3. Modifikasi Zeolit menggunakan biosurfaktan.

Modifikasi zeolit dilakukan surfaktan yang berbahan baku non minyak bumi, yaitu biosurfaktan *Isopropil Stearil Alginat*. Surfaktan dari bahan alga coklat ini telah digunakan sebagai bahan pengemulsi karena dapat menurunkan tegangan antar permukaan.

Kemampuan surfaktan untuk menurunkan tegangan permukaan bergantung pada gugus hidrofil yang suka air dan bagian hidrofob yang tidak suka air (Mahreni, 2015).

Sebanyak 100 gram zeolit yang telah mengalami proses dealuminasi dimasukkan ke dalam Erlenmeyer. Zeolit tersebut kemudian ditambahkan 250 mL biosurfaktan dengan berbagai macam variasi konsentrasi, yaitu 0,5 % ; 1 % ; 1,5 % ; dan 2 %. Campuran selanjutnya diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 8 jam.

#### 4. Aplikasi Zeolit alam dalam proses Desalinasi Air Payau

Aplikasi zeolit dalam proses desalinasi air payau cukup sederhana. Zeolit dimasukkan dalam alat filtrasi yang terpasang di kran dengan laju alir 1-2,5 L/jampada keluaran air payau. Air dibiarkan berkontak dengan tumpukan zeolit dan air yang keluar dari zeolit kemudian dianalisa TDS dan konduktivitasnya setiap waktu tertentu, hingga nilai TDS dan konduktivitasnya tidak berubah. Hal tersebut diperkirakan zeolit sudah jenuh dan harus diganti atau diregenerasi.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Percobaan Pendahuluan

Percobaan pendahuluan ini dimaksudkan untuk mengetahui dan mengevaluasi hasil dari zeolit alam yang telah diaktivasi menggunakan larutan HCl dan  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  saja, ataupun zeolit alam teraktivasi dan telah termodifikasi menggunakan biosurfaktan (*Isopropil Stearil Alginat*). Keberhasilan dalam penelitian ini ditunjukkan dengan kemampuan zeolit teraktivasi untuk menurunkan salinitas air payau Desa Jambakan, Kecamatan Bayat, Kabupaten Klaten. Untuk memperkirakan kondisi air payau yang mengandung mineral-mineral seperti  $\text{Cl}^-$ , Ca, Mg, dan Na, parameter yang diukur untuk mewakili adalah nilai konduktivitas air payau sebelum dan setelah di adsorpsi menggunakan zeolit teraktivasi, serta nilai TDS untuk melihat penurunan nilai padatan yang tidak terlarut dari air payau baik sebelum maupun setelah dilewatkan zeolit..

Zeolit yang digunakan sangat kecil dibandingkan dengan rencana desain penelitian yang sebenarnya, yaitu sebesar 1 gram zeolit untuk percobaan pendahuluan. Sementara alat yang digunakan dalam penelitian ini memiliki kapasitas 75 gram zeolit. Zeolit yang digunakan dalam percobaan pendahuluan adalah zeolit yang hanya teraktivasi larutan HCl 2 N dan  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  2 N, dan juga zeolit yang sudah dimodifikasi dengan biosurfaktan menggunakan variasi konsentrasi biosurfaktan 2 %. Analisis hasil dari zeolit teraktivasi HCl dan  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  saja dengan kecepatan alir 1-2,5  $\text{m}^3/\text{jam}$  menunjukkan efektivitas 2 % dalam menurunkan TDS air payau. Sementara zeolit yang telah dimodifikasi menggunakan Biosurfaktan (*Isopropil Stearil Alginat*) menunjukkan performa yang jauh lebih baik, yaitu mampu menurunkan nilai TDS air payau sebesar 16% (sekitar 44,2 ppm TDS/1 gram zeolite).

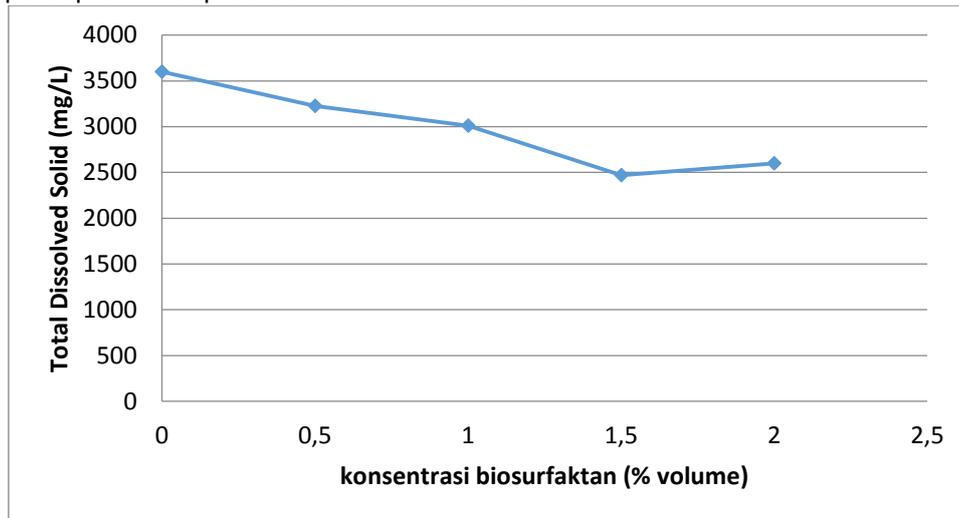
#### Desalinasi Air Payau Menggunakan Zeolit alam Teraktivasi

Dari hasil analisa pendahuluan yang menggunakan zeolit teraktivasi sebesar 1 gram, dapat disimpulkan bahwa zeolit yang telah teraktivasi dan termodifikasi biosurfaktan memiliki kemampuan yang lebih baik daripada yang tidak termodifikasi. Oleh karena itu, langkah selanjutnya yaitu melakukan variasi modifikasi zeolit teraktivasi dengan perbedaan pada konsentrasi biosurfaktan yang digunakan. Adapun variasi konsentrasi biosurfaktan adalah 0,5 % ; 1 % ; 1,5 % ; dan 2 % volume.

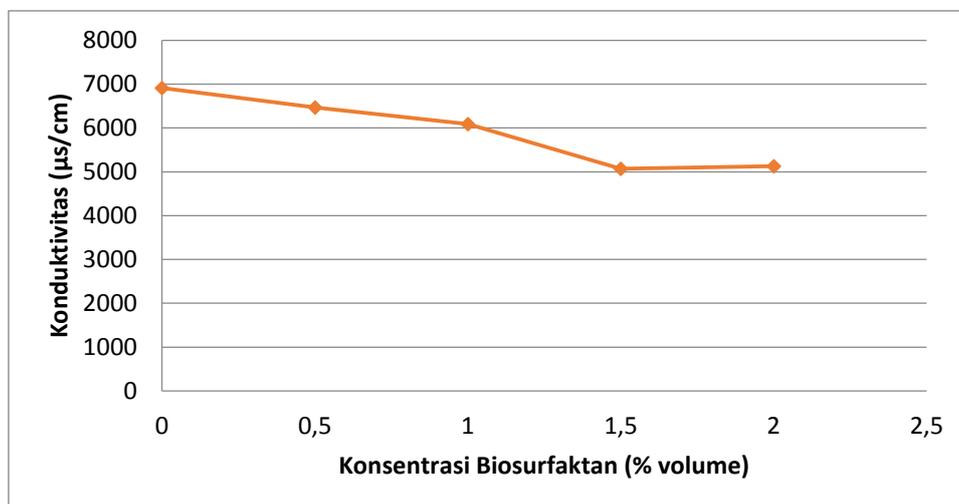
Air payau sebelum melewati zeolit alam memiliki nilai TDS 3933 mg/L dan nilai konduktivitas 7946  $\mu\text{s}/\text{cm}$ . Setelah di analisa kondisi awal, air payau dari Desa Jambakan tersebut didesalinasi dengan proses adsorpsi. Kecepatan aliran berkisar 1-2,5  $\text{m}^3/\text{jam}$ . Adapun massa zeolit yang digunakan untuk memenuhi alat sebagai tempat media adsorpsi adalah 75 gram.

Penurunan nilai TDS dan konduktivitas optimum pada percobaan yang menggunakan

zeolit teraktivasi HCl dan  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , serta dimodifikasi dengan biosurfaktan *Isopropil Stearil Alginat* konsentrasi 1,5 %, yaitu sebesar 1462 mg/L (37,17 %) dan Konduktivitas 2874  $\mu\text{s}/\text{cm}$  (36,17 %). Sedangkan percobaan dengan zeolit yang hanya teraktivasi HCl dan  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  tanpa menambahkan biosurfaktan hanya mampu menurunkan nilai TDS sebesar 333 mg/L dan menurunkan konduktivitas sebesar 1030  $\mu\text{s}/\text{cm}$ . Penurunan TDS dan Konduktivitas untuk tiap variasi percobaan dengan pengaruh konsentrasi biosurfaktan terhadap hasil air payau yang telah di adsorpsi, dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2



Gambar 1. Pengaruh Konsentrasi Biosurfaktan terhadap nilai *Total Dissolved Solid*



Gambar 2. Pengaruh Konsentrasi Biosurfaktan terhadap Konduktivitas Air

Dari Gambar 1 dan Gambar 2, terlihat bahwa kondisi terbaik dalam pengolahan air payau adalah penggunaan zeolit alam teraktivasi dan dimodifikasi dengan biosurfaktan *Isopropil Stearil Alginat* konsentrasi 1,5 %. Penurunan nilai TDS dan Konduktivitas semakin besar seiring dengan bertambahnya konsentrasi biosurfaktan, namun saat konsentrasi biosurfaktan 2 %, nilai TDS dan Konduktivitas semakin besar. Pada saat percobaan modifikasi, konsentrasi 2 % dalam modifikasi zeolit ini menghancurkan partikel – partikel zeolit sehingga saat proses desalinasi padatan zeolit yang kecil lolos dalam proses adsorpsi.

## KESIMPULAN

Zeolit alam dari Desa Gedangsari, Kecamatan Hargomulyo, Kabupaten Gunung Kidul bisa dimanfaatkan sebagai media adsorpsi dengan memanfaatkan prinsip pertukaran ion untuk menurunkan salinitas air payau di Desa Jambakan, Kecamatan Bayat, Kabupaten Klaten. Proses aktivasi zeolit alam yang paling efektif dalam menurunkan nilai TDS dan Konduktivitas air adalah dengan Zeolit alam yang diaktivasi menggunakan HCl,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , dan penambahan biosurfaktan dengan konsentrasi 1,5 %, yaitu menurunkan TDS sebesar 1462 mg/L (37,17 %) dan Konduktivitas 2874  $\mu\text{s}/\text{cm}$  (36,17 %)

## SARAN

Sebaiknya dilakukan uji sampel padatan yang lebih teliti terhadap zeolit alam yang telah teraktivasi, misalnya XRD atau SEM, sehingga bisa mengetahui perbedaan komposisi mineral yang terkandung dalam zeolit, baik sebelum maupun setelah aktivasi.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) UPN Veteran Yogyakarta, yang telah memfasilitasi kami dalam melakukan penelitian dengan tema "Pengolahan Air Payau" di Desa Jambakan, Kecamatan Bayat, Kabupaten Klaten, sebagai tema penelitian kami di tahun 2019. Harapan kami penelitian ini bermanfaat bagi Institusi, bagi masyarakat daerah setempat, dan menghasilkan luaran yang dapat dipertanggungjawabkan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Armbruster, T., 2001. *Zeolites and Mesoporous Materials at Dawn of the 21st Century*, Elsevier Science B.V.
- Astuti, W., A. Jamali, dan M. Amin., 2006. Desalinasi Air Payau menggunakan Surfactant Modified Zeolite (SMZ). *Prosiding. Seminar Nasional dan Temu Bisnis Zeolite V*. Lampung.
- Bowman, R.S dan Sullivan, E.J., Li.Z . 2000. *Surfactant Modified Zeolite (SMZ)- A Versatile, Inexpensive Sorbent For Removing Contaminant From Water*. New Mexico Institute
- Darmawansa., Wahyuni, N. , Jati, D.R. 2014. Desalinasi Air Payau dengan Media Adsorben di Daerah Pesisir Pantai Kecamatan Sungai Kunyit Kabupaten Mompowah. *Jurnal Teknologi Lingkungan Basah, Vol 2. No. 1 2014*
- Ermawati, Y. 2003. Pengaruh Konsentrasi HCl dan  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  Terhadap Dealuminasi Zeolit Alam Wonosari, *Skripsi*, UNDIP, Semarang
- Gaydardjief, S., Lambert, Ch., dan Frenay, J., 2001. *Acta Metallurgica Slovaca, 4, 4, 51-57. 4.*
- Jimenez, M.E., Medina, D.I. 2017. Use of Surfactant-Modified Zeolites and Clays for The Removal of Heavy Metals from Water. *Journal Water, 9, 235, March 2017*
- Kurniawan, A., Rahadi, B., Susanawati, L.D., 2014. Studi Pengaruh Zeolit Alam Termodifikasi HDTMA Terhadap Penurunan Salinitas Air Payau, *Jurnal Sumber Daya Alam dan Lingkungan, Vol.1 No.2 2014*
- Mahreni., Reningtyas, R. 2015. Pembuatan Surfaktan Di Alkil Karbohidrat dari Alga. *Prosiding Seminar Nasional Kejuangan Teknik Kimia, B-18 2015*
- Mutngimaturrohman. 2009. Aplikasi Zeolit Alam Terdealuminasi dan Termodifikasi HDTMA sebagai Adsorben Fenol, *Skripsi*, UNDIP, Semarang
- Santosa, L. W., 2001. Hidrostratigrafi dan Hidrokimia Airtanah di sekitar Rowo Jombor Kecamatan Bayat – Klaten. *Jurnal Geografis Indonesia*.
- Tsitsishvili, G.V., 1992. *Natural Zeolite*. Ellis Horwood Ltd, Chichester.