



Modifikasi Zeolit A dengan Surfaktan HDTMA dan Aplikasinya sebagai Adsorben Ion Nitrat

Lia Inarotut Daroju[✉], Jumaeri, dan Ella Kusumastuti

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang
Gedung D6 Kampus Sekaran Gunungpati Telp. (024)8508112 Semarang 50229

Info Artikel

Diterima Maret 2018

Disetujui April 2018

Dipublikasikan Mei 2018

Keywords:

surfactant-modified zeolite A
adsorption
nitrate ions

Abstrak

Modifikasi zeolit A dengan surfaktan HDTMA (*hexa decil trimetil ammonium*) dan aplikasinya sebagai adsorben ion nitrat telah dipelajari. Zeolit A yang disintesis dari kaolin alam Bangka Belitung dimodifikasi dengan surfaktan HDTMA 0,1 M menjadi zeolit A termodifikasi surfaktan (ZAMS). ZAMS hasil modifikasi dikarakterisasi dengan FT-IR, XRD, dan SAA. Zeolit A dengan dan tanpa modifikasi surfaktan HDTMA diaplikasikan sebagai adsorben ion nitrat dengan melibatkan variabel waktu kontak dan konsentrasi awal nitrat. Hasil FT-IR ZAMS menunjukkan kemiripan dengan ZAMS standar, ditunjukkan dengan munculnya serapan pada bilangan gelombang 2921,01; 2852,44; dan 1482,02 cm^{-1} . Hasil XRD ZAMS mirip dengan zeolit A tanpa modifikasi dengan derajat kristalinitas sebesar 98,55% dan memiliki luas permukaan sebesar 146,389 m^2/g . Adsorpsi nitrat optimum oleh zeolit A terjadi pada waktu kontak 60 menit dan ZAMS 90 menit dengan kapasitas adsorpsi masing-masing sebesar 4,3048 mg/g dan 4,5593 mg/g sedangkan kondisi optimum adsorpsi ion nitrat pada variasi konsentrasi awal dicapai pada 75 ppm dengan kapasitas adsorpsi zeolit A yakni 6,6815 mg/g dan ZAMS 6,995 mg/g .

Abstract

Modification of Zeolite A with HDTMA (*hexa decil trimetil ammonium*) and its application as adsorbent of nitrate ions has been studied. The zeolite A, which was synthesized from kaolin which was founded from Bangka Belitung, was modified with HDTMA 0.1 M into surfactant-modified zeolite A (SMZA). The SMZA which was resulted of modification was characterized by FT-IR, XRD, & SAA. The unmodified zeolite A and SMZA were applied to adsorpt of nitrate ions in water with variation of contact time and initial concentration of nitrate. The FT-IR result of SMZA show similiarity with standard of SMZA, it was shown by presence absorbantion wave number of 2921.01, 2852.44, and 1482.02 cm^{-1} . The XRD result show the similiarity with unmodified zeolite A with cristallinity degree of 92.66% and surface area 146.389 m^2/g . The optimum adsorption of nitrate by zeolite A occurred the contact time of 60 minutes and SMZA was 90 minutes with adsorption capacity of 4.3048 and 4.5593 mg/g respectively, whereas the nitrate ion adsorption conditions at the initial concentration variations were achieved at 75 ppm with a zeolite A adsorption capacity was 6.6815 mg/g and SMZA was 6.995 mg/g .

© 2018 Universitas Negeri Semarang

✉ Alamat korespondensi:
Gedung D6 Lantai 2 Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang 50229
E-mail: liainarotutd@gmail.com

Pendahuluan

Zeolit merupakan kristal alumino-silikat (AlO_4)⁵⁻ dan (SiO_4)⁴⁻ yang mempunyai struktur kerangka tiga dimensi dengan rongga terisi molekul air, ion-ion logam, biasanya alkali atau alkali tanah yang dapat dipertukarkan (Hamdan, 1992). Zeolit mempunyai kapasitas tukar kation internal sebesar 800 meq/kg dan kapasitas tukar kation eksternal sebesar 90-110 meq/kg. Pertukaran kation pada zeolit dapat dimanfaatkan untuk memodifikasi permukaan sehingga senyawa terutama anion dan non-organik polar, juga akan dipertahankan (Bowman, 2003). Salah satu tipe zeolit sintesis adalah Zeolit A. Zeolit A banyak dimanfaatkan dalam berbagai aplikasi di antaranya sebagai penukar kation. Hal ini karena banyaknya jumlah kation penyeimbang yang memiliki sifat mudah digantikan oleh kation lain. Jumlah ion penyeimbang yang besar pada zeolit A disebabkan oleh kadar silika dan alumina dengan perbandingan Si dan Al sama, yaitu satu (Smart & Moore, 1993). Hal ini menunjukkan bahwa jumlah atom Al yang tersubstitusi pada kerangka zeolit sama dengan jumlah Si nya, sehingga dihasilkan muatan negatif yang dinetralkan dengan kation-kation lain yang dapat dipertukarkan.

Permukaan zeolit A bermuatan negatif sehingga mampu mengikat ion-ion positif yang bisa ditukar dengan ion lain. Zeolit A dapat digunakan untuk remediasi lingkungan dengan penukar kation, tetapi tidak bisa digunakan untuk menghilangkan anion dalam larutan dengan penukar anion, sedangkan banyak limbah anion yang terdapat di lingkungan seperti nitrat yang berasal dari aktivitas pertanian. Perbaikan struktur zeolit dapat dilakukan dengan cara aktivasi dan modifikasi. Hal ini dapat dilakukan untuk memperbaiki karakter zeolit sehingga dapat digunakan untuk katalis, adsorben, atau aplikasi lainnya. Aktivasi dan modifikasi bertujuan untuk menghilangkan pengotor yang terdapat pada zeolit serta untuk memodifikasi sifat-sifat zeolit seperti luas permukaan dan keasaman (Bowman, 2003).

Surfaktan adalah suatu zat yang mempunyai sifat adsorpsi pada antarmuka atau permukaan dan dapat mengubah sifat antarmuka, misalnya tegangan permukaan, sifat pembasahan, daya bersih, dan daya dispersi. Permukaan negatif pada zeolit dapat dimodifikasi dengan menggunakan surfaktan kationik. Surfaktan kationik, yaitu surfaktan yang bagian permukaannya membawa muatan positif. Salah satu contoh surfaktan kationik yang biasa digunakan ialah HDTMA (*hexa decil trimetil ammonium*). Muatan kation dalam zeolit (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} dan Mg^{2+}) dapat digantikan dengan HDTMA sehingga memiliki kapasitas adsorpsi yang lebih tinggi (Hie, 2008).

Penggunaan pupuk nitrat dalam pertanian dan kegiatan industri menghasilkan air limbah yang dapat menyebabkan peningkatan kandungan nitrat dalam air permukaan dan air tanah. Kandungan nitrat yang diperbolehkan dalam air minum yaitu 10 mg/L (WHO, 2011). Kelebihan kadar nitrat dalam air minum dapat menyebabkan gangguan kesehatan pada manusia. Dalam kondisi asam, dalam perut manusia ion nitrat akan berubah menjadi ion nitrit yang dapat menyebabkan penyakit kanker melalui pembentukan nitrosamina dan nitrosamida. Dalam konsentrasi yang tinggi hingga mencapai 30-50 mg/L, ion nitrit dapat menyebabkan metamoglobinemia atau penyakit *baby blouse*. Untuk itu, perlu dilakukan penghilangan gugus nitrat dalam air agar menjadi air yang layak konsumsi (Effendi, 2003).

Stabilitas dan kelarutan yang tinggi menyebabkan ion nitrat sulit untuk dihilangkan dari air dengan metode pengolahan air limbah konvensional (Islam *et al.*, 2010). Terdapat beberapa metode yang dapat digunakan untuk mengurangi kadar nitrat yang berlebih dalam air, di antaranya adsorpsi, pertukaran ion, *reverse osmosis*, elektrodialisis, dan denitrifikasi. Metode adsorpsi merupakan metode yang paling menarik dan paling banyak dilakukan untuk mengurangi kadar nitrat yang berlebih dalam air dibandingkan dengan metode yang lain. Desain yang sederhana, kemudahan dalam pengoperasian, serta menguntungkan secara ekonomis menjadi faktor yang menyebabkan adsorpsi menjadi metode terbaik untuk pengolahan air limbah yang mengandung nitrat (Loganathan *et al.*, 2013).

Adsorben yang dapat digunakan untuk adsorpsi nitrat yaitu karbon aktif, limbah industri seperti industri pertanian, limbah geotermal, resin penukar kation, hingga senyawa-senyawa anorganik sintesis seperti zeolit juga digunakan untuk adsorpsi nitrat dalam air. Akan tetapi, kebanyakan adsorben kurang efektif dalam mengadsorpsi nitrat karena kapasitas adsorpsinya rendah. Oleh karena itu, dilakukan modifikasi permukaan adsorben dengan berbagai teknik untuk meningkatkan kapasitas adsorpsi dari adsorben-adsorben tersebut (Loganathan *et al.*, 2013).

Zeolit termodifikasi surfaktan dapat digunakan untuk adsorpsi oksianion seperti kromat, antimonat, arsenat, selenat, fosfat, dan nitrat. Pada permukaan zeolit, dengan konsentrasi rendah (<Critical Micelle Concentration (CMC)) surfaktan membentuk monolayer. Anion anorganik seperti nitrat diadsorpsi pada segmen yang bermuatan positif dari surfaktan, yaitu pada bagian yang bersifat hidrofil dan biasa disebut dengan islah kepala yang menempel pada permukaan zeolit. Pada konsentrasi surfaktan yang tinggi (>CMC), ekor surfaktan yang bersifat hidrofobik saling terhubung untuk membentuk bilayer melalui interaksi ekor-ekor (ikatan hidrofob dengan melibatkan ikatan *Van Der Waals*) dari dua molekul surfaktan

sehingga terbentuk sisi aktif bermuatan positif yang dapat digunakan untuk menjerap anion termasuk nitrat. Manfaat lain dari zeolit termodifikasi surfaktan ialah dapat juga digunakan untuk menjerap molekul organik yang tidak bermuatan, molekul-molekul organik ini akan terjerap di sekitar ekor surfaktan.

Setyo (2013) menemukan bahwa kapasitas maksimum adsorpsi ion nitrat (NO_3^-) oleh zeolit alam (ZA) sebesar 0,502 mg/g, sedangkan kapasitas maksimum adsorpsi ion nitrat (NO_3^-) oleh zeolit modifikasi surfaktan HDTMA (ZMS) sebesar 5,128 mg/g. Hal ini bisa terjadi dikarenakan penyerapan ion nitrat pada zeolit alam terjadi bukan karena hasil dari interaksi muatan, tetapi zeolit yang mempunyai pori-pori, di mana ion nitrat yang terserap terjebak melalui pori-pori zeolit, baik secara *eksternal surface* maupun *internal surface*. Sedangkan pada zeolit modifikasi surfaktan HDTMA penyerapan ion nitrat tidak hanya terjadi pada pori zeolit, tetapi juga dikarenakan adanya interaksi elektrostatis pada permukaan zeolit hasil modifikasi.

Metode

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi oven *Memmert, hot plate*, FT-IR *Perkin Elmer Spectrum 100*, XRD *BRUKER 6000*, dan Spektrofotometri UV-Vis *Shimadzu Uvmini-1240*. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu zeolit A, HDTMA, 2-propanol, dan KNO_3 dengan *grade pro analyst* buatan *Merck*.

Prosedur penelitian dilakukan dengan mencampurkan zeolit A dan HDTMA 0,1 M (dilarutkan dalam 2-propanol dan akuades dengan perbandingan 3:2). Campuran *distirrer* selama 48 jam pada temperatur ruang dengan kecepatan pengadukan 300 rpm. Campuran kemudian disaring dan dicuci hingga netral, lalu dikeringkan menggunakan oven dengan temperatur 120°C selama 5 jam. Zeolit A termodifikasi surfaktan (ZAMS) yang dihasilkan kemudian dikarakterisasi menggunakan FTIR dan XRD. Zeolit A dan ZAMS digunakan untuk adsorpsi ion nitrat dalam air dengan variasi waktu kontak dan konsentrasi awal nitrat. Variasi waktu kontak dilakukan pada 10, 20, 30, 60, 90, dan 120 menit. Sedangkan variasi konsentrasi awal dilakukan pada konsentrasi awal 5, 10, 25, 50, 75, dan 100 ppm.

Hasil dan Pembahasan

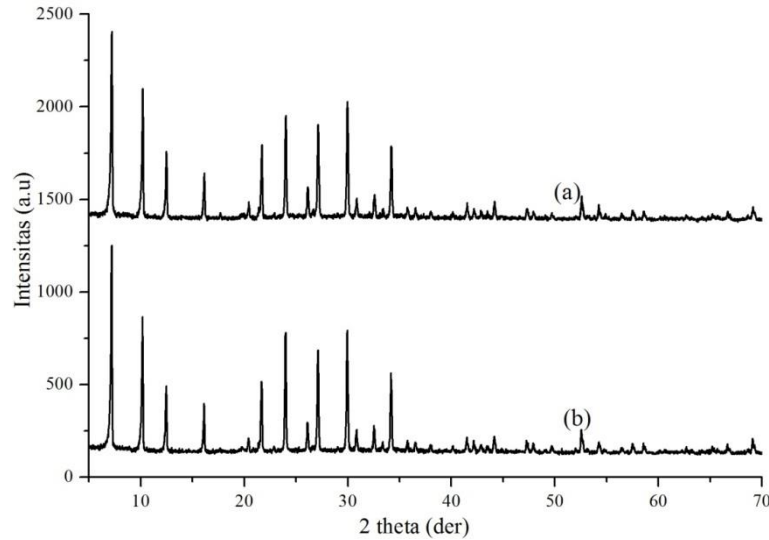
Gambar zeolit A dan zeolit termodifikasi surfaktan HDTMA (ZAMS) disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Zeolit A (a) dan ZAMS (b)

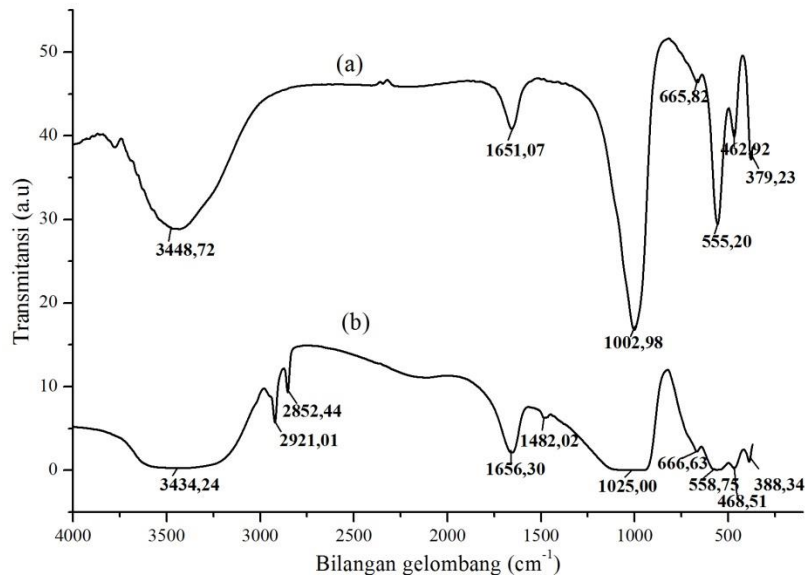
Berdasarkan Gambar 1. terlihat bahwa wujud zeolit A dan ZAMS praktis sama, berbentuk serbuk halus dan berwarna coklat muda. Proses modifikasi dilakukan dengan mereaksikan zeolit A hasil sintesis dengan surfaktan HDTMA. Konsentrasi HDTMA yang digunakan yakni 0,1 M, tujuannya agar HDTMA yang terserap pada permukaan zeolit dapat membentuk bilayer. Syarat terbentuknya bilayer adalah konsentrasi HDTMA yang ditambahkan harus melebihi CMC (*Critical Micel Concentration*). Besarnya CMC dari HDTMA yaitu 0,0013 M (Li *et al.*, 1997).

Difraktogram dari zeolit A dan ZAMS disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Pola difraksi sinar-x zeolit A (a) dan ZAMS (b)

Berdasarkan hasil XRD, tidak terjadi perubahan yang signifikan dari difraktogram ZAMS dan Zeolit A. Puncak 2θ dari ZAMS mirip dengan zeolit A yang tidak dimodifikasi. Hal ini menunjukkan bahwa modifikasi tidak merusak struktur zeolit A, akan tetapi berpengaruh terhadap kristalinitas dari ZAMS. Kristalinitas ZAMS mengalami sedikit peningkatan menjadi 92,66% dari kristalinitas zeolit A semula yaitu 92,17%. Peningkatan kristalinitas menunjukkan bahwa telah terjadi peningkatan keteraturan dari kristal-kristal yang terbentuk (Rosma & Pratapa, 2015). Spektra inframerah zeolit A dan ZAMS disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Spektrum Zeolit A (a) dan ZAMS (b)

Hasil spektra IR ZAMS (Gambar 3b) menunjukkan adanya serapan pada rentang bilangan gelombang 2800-3000 cm^{-1} . Puncak serapan tersebut tidak terlihat pada zeolit A tanpa modifikasi (Gambar 3a). terbentuknya puncak-puncak baru ini mengindikasikan modifikasi zeolit A dengan surfaktan HDTMA berhasil dilakukan. Puncak yang menunjukkan bahwa zeolit A telah berhasil dimodifikasi dengan surfaktan HDTMA yaitu pada bilangan gelombang 2921,01 dan 2852,44 cm^{-1} menunjukkan adanya rentang simetris dan asimetris CH_2 dari amina (Hongping *et al.*, 2004). Hasil ini diperkuat dengan

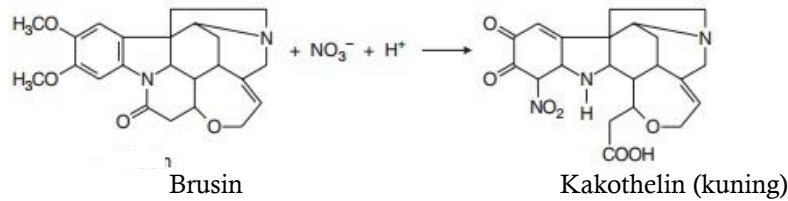
munculnya serapan pada bilangan gelombang $1482,02 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya vibrasi C-N (Naghash, 2015). Luas permukaan dari zeolit A dan ZAMS disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Luas permukaan zeolit A dan ZAMS

Adsorben	Luas permukaan (m^2/g)	Total volume pori (cm^3/g)	Rerata jari pori (nm)
Zeolit A	64,267	0,0153	4,772
ZAMS	146,389	0,0165	2,257

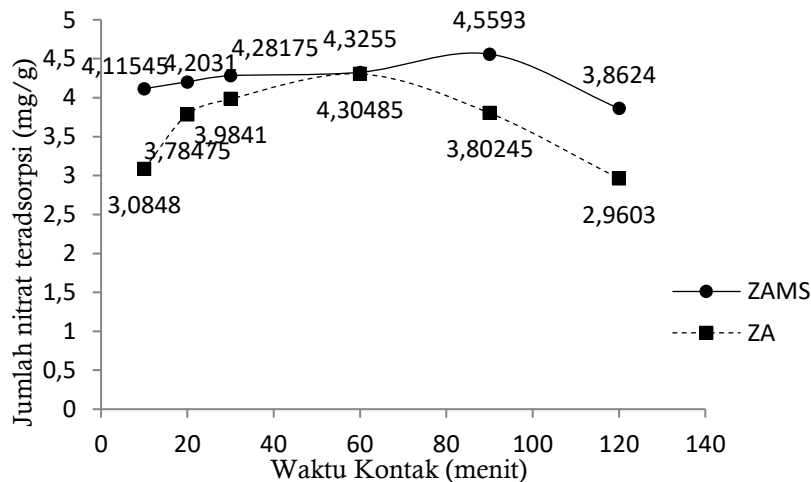
Luas permukaan suatu material berpori seperti zeolit menggambarkan luas area yang dapat diakses dari permukaan padatan per unit massa material (Jumaeri, 2015). Luas permukaan zeolit sangat berperan terhadap proses adsorpsi. Luas permukaan zeolit A hasil sintesis dan zeolit yang dimodifikasi dianalisis menggunakan instrumen SAA *Quantachrome Instruments Nova 1200e*. Dalam penelitian ini luas permukaan dari zeolit A dan ZAMS ditentukan dengan menggunakan metode BET (*Brunauer Emmet Teller*). Hasil pengukuran luas permukaan untuk zeolit A hasil sintesis dan ZAMS (disajikan pada Tabel 1) masing-masing yaitu sebesar 64,267 dan 146,389 m^2/g . Terdapat peningkatan luas permukaan yang signifikan antara zeolit A dengan ZAMS. Berdasarkan hasil pengukuran luas permukaan ini menunjukkan bahwa modifikasi permukaan zeolit menggunakan surfaktan berpengaruh positif terhadap luas permukaan zeolit. Pada umumnya adsorben dengan luas permukaan yang besar mampu menjerap lebih banyak adsorbat karena jumlah zat teradsorpsi proporsional dengan luas permukaan suatu adsorben (Jumaeri, 2015).

Konsentrasi awal nitrat yang digunakan yaitu 50 ppm dengan pH 5. Konsentrasi nitrat setelah proses adsorpsi diukur menggunakan Uv-Vis dengan metode brusin-sulfat. Brusin berperan sebagai pengompleks nitrat, dalam kondisi asam brusin akan berikatan dengan ion nitrat dan membentuk senyawa kompleks berwarna kuning. Persamaan reaksi pembentukan kompleks nitrat dengan brusin ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Persamaan reaksi brusin dengan nitrat

Kemampuan adsorpsi nitrat ditentukan melalui jumlah nitrat teradsorpsi yang dinyatakan dalam mg adsorbat setiap gram adsorben. Hasil pengukuran jumlah nitrat setelah adsorpsi menggunakan zeolit A dan ZAMS disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Perbandingan antara adsorpsi nitrat menggunakan zeolit A dan ZAMS

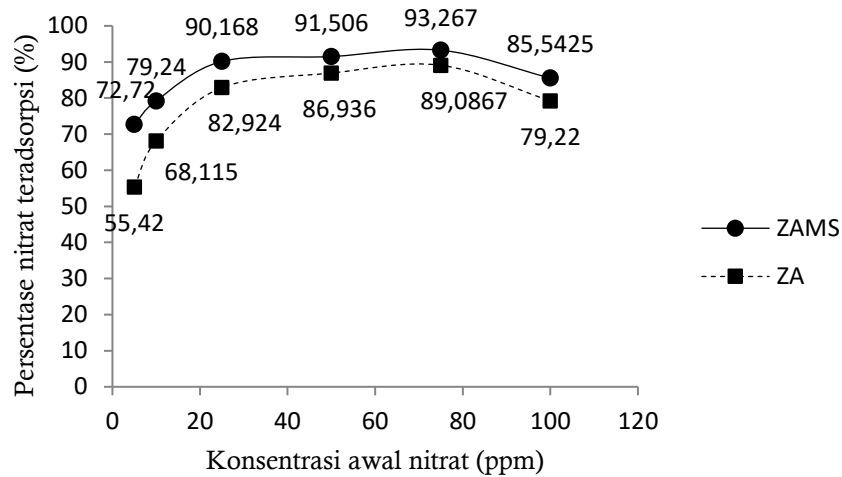
Berdasarkan Gambar 5. tampak bahwa pada waktu kontak 10 menit sudah terjadi adsorpsi nitrat sebesar 3,0484 mg/g. Kapasitas adsorpsi ini mengalami peningkatan hingga waktu kontak 60 menit menjadi sebesar 4,3048 mg/g. Peningkatan jumlah nitrat teradsorpsi terjadi karena banyaknya situs aktif pada permukaan zeolit yang belum ditempati. Namun adsorpsi mengalami penurunan kapasitas adsorpsi pada waktu kontak 90 menit menjadi 3,8025 mg/g dan terus mengalami penurunan hingga waktu kontak 120 menit menjadi 2,9603 mg/g. Dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa pada waktu kontak 60 menit terjadi kesetimbangan adsorpsi nitrat oleh zeolit A dan terjadi kapasitas adsorpsi nitrat optimum.

Hasil adsorpsi nitrat menggunakan ZAMS pada waktu kontak 10 menit menunjukkan bahwa telah terjadi adsorpsi sebesar 4,1154 mg/g. Kapasitas adsorpsi mengalami peningkatan hingga waktu kontak 90 menit menjadi 4,5593 mg/g. Peningkatan kapasitas adsorpsi yang terjadi tidak terlalu signifikan akan tetapi pada waktu kontak 120 menit, kapasitas adsorpsi mengalami penurunan menjadi 3,8624 mg/g. Hal ini menunjukkan bahwa pada waktu kontak 90 menit telah terjadi kesetimbangan adsorpsi dan kapasitas adsorpsi optimum. Kesetimbangan adsorpsi ZAMS lebih lama dibandingkan dengan zeolit A. Kesetimbangan adsorpsi terjadi pada waktu kontak optimum. Pada waktu kontak optimum terjadi kapasitas adsorpsi maksimum, dimana jumlah molekul adsorbat terserap maksimum. Hal ini disebabkan karena semakin lama proses adsorpsi, zeolit tidak mampu untuk menyerap lagi dimana adsorben mengalami kapasitas jenuh penyerapan (Yang *et al.*, 2009). Hasil adsorpsi nitrat menggunakan zeolit A dan ZAMS pada berbagai konsentrasi awal disajikan pada Gambar 6.



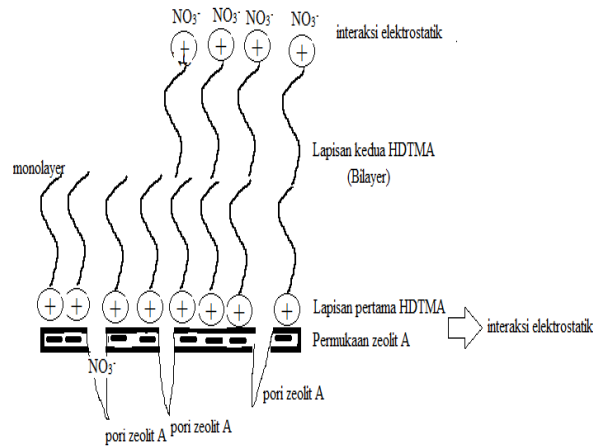
Gambar 6. Perbandingan antara adsorpsi nitrat menggunakan zeolit A dan ZAMS

Setelah diperoleh waktu kontak optimum pada adsorpsi nitrat, kemudian dilakukan penentuan konsentrasi awal optimum. Penyerapan oleh zeolit A tanpa modifikasi dilakukan selama 60 menit sedangkan penyerapan menggunakan ZAMS dilakukan selama 90 menit. Berdasarkan Gambar 5 tampak bahwa pada adsorpsi nitrat menggunakan zeolit A telah terjadi pada konsentrasi awal nitrat 5 ppm sebesar 0,2771 mg/g. Jumlah nitrat teradsorpsi terus mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya konsentrasi awal nitrat. Pada konsentrasi awal nitrat 100 ppm jumlah nitrat teradsorpsi meningkat menjadi 7,9220 mg/g. Peningkatan jumlah nitrat teradsorpsi juga terjadi pada adsorpsi menggunakan ZAMS. Pada konsentrasi awal nitrat 5 ppm jumlah nitrat teradsorpsi sebesar 0,3636 mg/g dan meningkat menjadi 8,5543 mg/g pada konsentrasi awal nitrat 100 ppm. Hal ini terjadi karena semakin besar konsentrasi nitrat, maka terjadi peningkatan jumlah ion nitrat yang terdapat dalam larutan sehingga semakin banyak pula nitrat yang dapat terjerap ke dalam situs aktif pada permukaan adsorben. Semakin banyak jumlah nitrat yang terjerap oleh adsorben, maka kapasitas adsorpsi juga menjadi semakin besar. Namun demikian, pada konsentrasi yang lebih tinggi ketersediaan situs aktif pada adsorben menjadi lebih sedikit, persentase adsorpsi tergantung pada konsentrasi awal sehingga adsorpsi mengalami penurunan (Jumaeri, 2017). Grafik hubungan konsentrasi awal nitrat dengan persentase nitrat teradsorpsi menggunakan zeolit A dan ZAMS ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Persentase nitrat teradsorpsi oleh zeolit A dan ZAMS

Berdasarkan Gambar 7. tampak bahwa persentase adsorpsi nitrat mengalami peningkatan pada konsentrasi awal 5-75 ppm, setelah itu pada konsentrasi 100 ppm persentase adsorpsi mengalami penurunan, baik pada adsorpsi menggunakan zeolit A maupun ZAMS. Konsentrasi optimum yang diperoleh pada zeolit A dan ZAMS sama, yaitu pada konsentrasi awal 75 ppm dengan persentase nitrat teradsorpsi berturut-turut 89,08 dan 93,27%. Persentase adsorpsi zeolit A dan ZAMS mengalami penurunan pada variasi konsentrasi awal nitrat 100 ppm menjadi 79,22% dan 85,54%. Hal ini karena pada konsentrasi yang melebihi konsentrasi optimum yaitu 100 ppm, situs aktif yang terdapat pada adsorben telah terisi penuh oleh adsorbat sehingga tidak mampu lagi untuk menyerap adsorbat (Barkat, 2015). Mekanisme perkiraan adsorpsi zeolit A menggunakan ZAMS disajikan pada Gambar 8.



Gambar 8. Mekanisme perkiraan adsorpsi nitrat oleh ZAMS

Secara umum, berdasarkan hasil adsorpsi nitrat, kemampuan penyerapan nitrat menggunakan ZAMS lebih baik daripada menggunakan zeolit A tanpa modifikasi. Hal ini dapat dilihat dari jumlah nitrat teradsorpsi oleh ZAMS yang selalu lebih tinggi dibandingkan dengan persentase adsorpsi nitrat oleh Zeolit A pada setiap variasi waktu dan persentase konsentrasi nitrat teradsorpsi pada variasi konsentrasi awal nitrat. Hasil ini sejalan dengan hasil yang diperoleh oleh Setyo *et al.*, (2013) dimana ZAMS memiliki kemampuan menyerap nitrat lebih baik dari zeolit tanpa modifikasi. Hal ini karena zeolit tanpa modifikasi menyerap nitrat dengan cara menyerap nitrat melalui pori-pori zeolit, sedangkan pada ZAMS penyerapan ion nitrat tidak hanya terjadi pada pori zeolit saja melainkan juga dikarenakan adanya interaksi elektrostatis yang disebabkan muatan positif pada permukaan ZAMS yang berinteraksi dengan muatan negatif yang terdapat pada ion nitrat (Setyo *et al.*, 2013). Pendapat ini diperkuat dengan hasil penelitian Jumaeri *et al.*, (2016) yang menyebutkan bahwa permukaan zeolit A bermuatan negatif. Muatan negatif ini dapat menyebabkan tolakan dengan ion ntrat yang juga bermuatan negatif. Namun demikian, perbedaan kemampuan adsorpsi nitrat menggunakan zeolit A dan ZAMS yang diperoleh tidak terlalu signifikan.

Perbedaan yang tidak signifikan mungkin disebabkan karena pada proses modifikasi, penambahan HDTMA tidak didasarkan pada penghitungan sejumlah 2 KTK (kapasitas tukar kation) sehingga kemungkinan pembentukan bilayer pada permukaan ZAMS belum sempurna.

Simpulan

Modifikasi zeolit A dengan HDTMA telah berhasil dilakukan yang ditandai dengan munculnya spektra IR ZAMS pada bilangan gelombang 2921,01; 2852,44; dan 1482,02 cm^{-1} . Pola difraksi sinar-x ZAMS hampir sama dengan zeolit A tanpa modifikasi dengan derajat kristalinitas 98,55%. Luas permukaan ZAMS lebih besar dari zeolit A tanpa modifikasi. ZAMS memiliki luas permukaan sebesar 146,389 m^2/g sedangkan zeolit A tanpa modifikasi memiliki luas permukaan 64,267 m^2/g . Kondisi optimum pada adsorpsi ion nitrat menggunakan zeolit A dan zeolit termodifikasi surfaktan pada variasi waktu berturut-turut dicapai pada 60 menit dan 90 menit dengan kapasitas adsorpsi berturut-turut 4,3048 mg/g dan 4,5593 mg/g . Adapun variasi konsentrasi nitrat optimum dari zeolit A dan ZAMS diperoleh pada konsentrasi awal 100 ppm dengan kapasitas adsorpsi berturut-turut 7,9220 dan 8,5543 mg/g .

Daftar Pustaka

- Barkat. 2015. Uranium (VI) Adsorption on Synthesized 4A and P1 Zeolites: Equilibrium, Kinetic, and Thermodynamic Studies. *Comptes Rendus Chimie*, 18(3): 261-269
- Bowman, R.S. 2003. Applications of Surfactant-Modified Zeolites to Environmental Remediation. *Microporous Mesoporous Mater*, 61: 43-56
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Cetakan Kelima. Yogyakarta: Kanisius
- Hamdan, H. 1992. *Introduction to Zeolites, Synthesis, Characterization and Modification*. Kuala Lumpur: Universiti Teknologi Malaysia
- Hie, B. 2008. *Adsorpsi Surfaktan Kationik (HDTMA-Br) dan Anionik (SDS) pada Polyelectrolyte Bilayer-Modified Zeolite (PEB-MZ) serta Uji Kestabilan Interaksi Polielektrolit-Surfaktan*. Depok: Universitas Indonesia
- Hongping, H., Ray, F.L., & Jianxi, Z. 2004. Infrared study of HDTMA Intercalated Montmorillonite. *Spectrochimica Acta Part A : Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 60: 2853-2859
- Islam, M., dan Patel, R. 2010. Synthesis and Physicochemical Characterization of Hydroxyapatite and Its Application Towards Removal of Nitrate from Water. *Journal Environment Management*, 9(1): 1883-1891
- Jumaeri. 2015. Sintesis Zeolit A dari Abu Layang Batubara dan Modifikasinya Menggunakan HDTMAB sebagai Adsorben Multifungsi. *Disertasi*. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada
- Jumaeri, Kusumastuti, E., Santosa S.J., & Sutarno. 2017. Adsorption of Crystal Violet Dye using Zeolite A Synthesized from Coal Fly Ash. *IOP Conference Science Series: Materials Science and Engineering*, 172
- Li, Z. & Bowman, R. 1997. Counter Ion Effects on the Sorption of Cationic Surfactant and Chromate on Natural Clinoptilolite. *Environmental, science and Technology*, 31: 2407-2412
- Loganathan, P., Saravanamuthu, V., & Jaya, K. 2013. Enhanced Removal of Nitrate From Water using Surface Modification Adsorben A Review. *Journal of Environment Management*, 131: 363-374
- Rosma, D.D. & Pratapa, S. 2015. Analisis Kristalinitas Serbuk Magnesium Oksida Hasil Sintesis Metode Logam-Terlarut Asam. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 4(1): 2337-3520
- Setyo, E.B., Ahmad, S., & Bambang, C. 2013. Modifikasi Zeolit Alam dengan Surfaktan Heksadesil Trimetil Ammonium Klorida sebagai Adsorben Ion Nitrat. *Chemistry Information*, 1(1): 108-113
- Smart, L. & Moore, E. 1993. *Solid State Chemistry: An Introduction 1st edition*. London: Chapman & Hall University and Professional Division
- WHO. 2011. *Guidelines for Drinking-Water Quality, fourth edition*. World Health Organization
- Yang, S., Li, J., Shao, D., Hu, J. & Wang, X. 2009. Adsorption of Ni (II) on Oxydized Multi-Walled Carbon Nanotubes: Effect of Contact Time, pH, Foreign Ions and PAA. *Journal of Hazardous Materials*, 43(7): 2362-2367