

Zeolit Sintetis Terfungsionalisasi 3-(Trimetoksisilil)-1-Propantriol sebagai Adsorben Kation Cu(II) dan Biru Metilena

Sri Sugiarti, Charlena, Nurul Afiati Aflakhah

Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor Kampus IPB
Dramaga Jl. Agatis Wing 2 Level 4, Bogor 16144, Indonesia

Email: sri.sw07@gmail.com;

Received: April 2017; Revised: Mei 2017; Accepted: Mei 2017; Available Online: Mei 2017

Abstrak

Metode sintesis yang biasa digunakan dalam pembuatan zeolit sintesis berbahan kaolin adalah metode hidrotermal. Dalam penelitian ini proses sintesis zeolit berbahan dasar kaolin dilakukan menggunakan metode sol-gel. Zeolit sintesis yang diperoleh dari metode sol-gel tersebut dikarakterisasi menggunakan Difraksi Sinar-X dan Mikroskop pemindai elektron, yang hasilnya berupa zeolit A, zeolit Y, serta sodalit. Kemampuan adsorpsi dari zeolit yang dihasilkan diuji dengan menggunakan logam Cu dan biru metilena. Upaya untuk meningkatkan nilai kapasitas adsorpsi zeolit sintesis yang dihasilkan dilakukan dengan memodifikasi menggunakan Merkaptopropil Trimetoksi Silana. Nilai kapasitas adsorpsi terbaik diperoleh pada zeolit A termodifikasi Merkaptopropil Trimetoksi Silana untuk mengadsorpsi Biru Metilena, yaitu 30.1145 mg/g. Secara keseluruhan nilai isotherm adsorpsi pada zeolit sintesis mengikuti pola isotherm Langmuir. Nilai hasil energi adsorpsi dari keseluruhan zeolit sintetik menunjukkan bahwa adsorpsi yang terjadi adalah adsorpsi kimia.

Kata kunci: Adsorpsi, karakterisasi, merkaptopropil trimetoksi silana, sol-gel zeolit.

Abstract

The more commonly used method for making synthetic zeolite from kaolin is hydrothermal method. This research tested a sol-gel method in processing synthetic zeolite using kaolin as the basic ingredient. The synthetic zeolite derived from the sol-gel method was then characterized using X-ray Diffractometer and Scanning Electron Microscope, which found resulting products zeolite-A, zeolite Y and sodalite. The adsorption ability of the synthetic zeolites was tested using Cu(II) and methylene blue. Functionalization of the synthetic zeolites by 3-(trimetoksisilil)-1-propantriol was done to increase adsorption capacity. Zeolite A modified by 3-(trimetoksisilil)-1-propantriol had the greater capacity to adsorb methylene blue at 30.11 mg/g. The adsorption isotherms of all the synthetic zeolites approached the Langmuir form. The adsorption energy of all synthetic zeolites approached the chemical adsorption.

Keywords: Adsorption, characterization, 3-(trimetoksisilil)-1-propantriol, sol-gel, zeolite.

DOI: <http://dx.doi.org/10.15408/jkv.v0i0.5144>

1. PENDAHULUAN

Zeolit merupakan suatu mineral yang terdiri atas kristal alumina silikat terhidrasi yang mengandung kation alkali atau alkali tanah dalam kerangka tiga dimensi. Ion-ion alkali tersebut dapat diganti oleh kation lain tanpa merusak struktur zeolit. Pemanfaatan zeolit umumnya berdasar pada porositas tinggi,

muatan di permukaan, keberadaan kation-kation tukar, serta jumlahnya yang melimpah di alam. Zeolit terbagi atas dua jenis berdasar asalnya yaitu zeolit alam dan zeolit sintetik. Zeolit sintesis lebih sering digunakan untuk kepentingan komersial dibandingkan dengan zeolit alam, hal ini dikarenakan keseragaman ukuran partikel dan tingkat kemurnian yang tinggi pada zeolit sintesis. Keuntungan lainnya

struktur zeolit sintetis dapat dibuat sesuai dengan yang diinginkan. Permasalahan yang terjadi pada penelitian tentang zeolit sintetis saat ini terletak pada ketersediaan sumber silika dan alumina, serta biaya yang diperlukan untuk mencari bahan dasar yang bernilai ekonomis dan mudah didapatkan (Carlos, 2011).

Mineral yang dapat digunakan untuk membuat zeolit sintetis salah satunya adalah kaolin. Kaolin merupakan salah satu tipe lempung yang tersusun atas mineral kaolinit yang penggunaannya sangat luas untuk aspek industri. Berdasarkan pada kemurnian serta komposisi mineralnya maka kaolin dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan zeolit. Beberapa penelitian tentang zeolit sintetis menggunakan mineral alam serta aplikasinya telah banyak dilakukan. Atta *et al.*, (2007) mempelajari pembuatan zeolit X dengan berbahan dasar kaolin yang berasal dari kankara. Trivana, 2012 melakukan sintesis zeolit X dan nanokomposit zeolit/TiO₂ dari kaolin.

Pada permukaan struktur kaolin terdapat beberapa gugus silanol, yang keberadaannya serta konsentrasinya berperan pada proses penentuan kapasitas adsorpsi dan dalam mekanisme pelepasan adsorbat. Salah satu cara untuk meningkatkan nilai kapasitas adsorpsi zeolit sintetis dari kaolin adalah dengan melakukan modifikasi pada permukaan. Cara ini dilakukan dengan mereaksikan gugus silanol pada permukaan menggunakan suatu pereaksi organosilan yaitu 3-(trimetoksisilil)-1-propantiol (MPTS). Pereaksi organosilan memiliki struktur umum R-SiX₃, dengan R merupakan gugus fungsional organik yang terikat pada silika dalam keadaan hidrolitik yang stabil. X dapat berupa gugus alkoksi yang dapat dihidrolisis (seperti -OCH₃ (metoksi), atau -OC₂H₅ (etoksi). Gugus tersebut kemudian dapat diubah menjadi gugus silanol melalui reaksi hidrolisis dan R merupakan gugus fungsional organik yang bersifat reaktif, seperti -NH₂ (amina), -SH (merkapt) atau dapat terdiri dari beberapa gugus kimia fungsional. (Marjanovic, 2011)

Marjanovic *et al.*, (2011) telah melakukan modifikasi mineral sepiolit terfungsionalisasi 3-(trimetoksisilil)-1-propantiol (MPTS). Struktur mineral dari sepiolit tersebut hampir sama penyusunnya seperti pada kaolin, terdiri atas silika dan alumina. Modifikasi pada permukaan sepiolit

dapat meningkatkan nilai kapasitas adsorpsinya terhadap logam Cr(VI), dibandingkan sepiolit tanpa proses modifikasi. Logam Cu berbahaya bagi mahluk hidup dan organisme lainnya pada konsentrasi tertentu. Sumber pencemaran logam tersebut diperoleh dari beberapa proses industri, seperti industri mineral. Upaya untuk meminimalisir pencemaran dapat dilakukan dengan penjerapan logam tersebut menggunakan adsorben. Corner *et al.*, (2014) telah melakukan studi terhadap adsorptivitas dan selektivitas dari zeolit terhadap logam Cu. Penelitian tersebut membuktikan bahwa zeolit memiliki selektivitas yang baik terhadap penjerapan logam Cu. Pengujian zeolit sintetis dapat pula dilakukan dengan menggunakan zat warna seperti biru metilena. Trivana (2013) melakukan uji terhadap zeolit sintetis menggunakan biru metilena, zat warna ini digunakan karena interaksinya dengan air akan menghasilkan ion positif. Zeolit memiliki muatan negatif akibat substitusi ion Al³⁺ terhadap Si⁴⁺ dalam struktur jaringannya dapat dinetralkan dengan ion alkali atau alkali tanah. Kation-kation ini dapat dipertukarkan dengan larutan biru metilena sehingga ia terjerap oleh zeolit. Karena pertimbangan tersebut maka dilakukan sintesis zeolit menggunakan metode sol gel, dan selanjutnya dilakukan modifikasi dengan menggunakan 3-(trimetoksisilil)-1-propantiol dan diuji nilai kapasitasnya menggunakan logam Cu (II) dan zat warna Biru Metilena.

2. METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Kaolin Bangka Belitung, natrium silikat dengan kandungan Na₂O 7.5-8.5%; SiO₂ 25.5-28.7% (Merck), HCl 37%, 3-(trimetoksisilil)-1-propantiol (Merck), NaOH, Al(OH)₃, larutan ion logam Cu(II) CuSO₄.2H₂O (Merck), akuades. Kaolin Bangka Belitung, Natrium Silikat dengan kandungan Na₂O 7.5-8.5%; SiO₂ 25.5-28.7% (Merck), HCl 37%, 3-(trimetoksisilil)-1-propantiol (Merck), NaOH, Al(OH)₃, larutan ion logam Cu(II) CuSO₄.2H₂O (Merck), akuades. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah, Peralatan gelas, peralatan plastik, Scanning Electron Microscope (SEM)(Carl-Zeiss Bruker EVO MA10), X-Ray Diffraction (XRD) (d4 Bruker), Spektrometer sinar tampak, Spektrometer serapan atom.

Preparasi Metakaolin

Preparasi metakaolin dimulai dengan memanaskan kaolin Bangka Belitung pada suhu 700 °C selama 6 jam, sehingga akan diperoleh material amorf metakaolin. Proses persiapan selanjutnya adalah melakukan sintesis natrium silikat dan natrium aluminat dengan menggunakan kaolin yang telah dikalsinasi.

Pembuatan Larutan Natrium Silikat

Larutan Natrium silikat dibuat dengan melebur 25 gram sampel kaolin dan 62.5 gram NaOH, kemudian dikalsinasi pada temperatur 500 °C selama 5 menit. Setelah dingin leburan tersebut diberi akuades secukupnya dan dibiarkan selama 24 jam agar larut sempurna. Larutan kemudian disaring dan diencerkan sampai dengan volume 250 mL.

Pembuatan Larutan Natrium Aluminat

Larutan natrium aluminat dibuat dengan melarutkan 30.50 gram NaOH dalam 100 mL akuades kemudian dipanaskan. Kedalam larutan tersebut ditambahkan 21.65 gram Al(OH)₃ sambil diaduk. Setelah semua Al(OH)₃ larut kemudian diencerkan sampai volumenya 250 mL.

Proses Sintesis Zeolit

Sintesis zeolit dilakukan dengan menggunakan bahan baku yang berbeda, yaitu melalui penambahan sumber silika dan tanpa penambahan sumber silika. Zeolit sintetis yang ditambahkan sumber silika diberi kode AX sedangkan tanpa penambahan sumber silika diberi kode AZ.

Sintesis Sampel AX

Proses sintesis zeolit dilakukan dengan menambahkan sejumlah tertentu natrium silikat yang dibuat dari metakaolin dengan penambahan sumber natrium silikat (Merck). Setiap campuran tersebut kemudian diaduk selama 2 jam sehingga akan terbentuk gel berwarna putih. Kemudian dilakukan sintesis pada temperatur 80 °C selama 8 jam. Hasil sintesis dicuci dengan akuades sampai pH netral, kemudian dikeringkan di oven pada suhu 120 °C selama 3 jam (Kovo, 2011). Hasil yang diperoleh kemudian dikarakterisasi menggunakan XRD, dan SEM. Nilai perbandingan volume pencampuran kedua natrium silikat dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan volume dalam sintesis zeolit

Sampel	Volume (ml)	
	Kaolin	Na ₂ SiO ₃
Sampel AX1	40	60
Sampel AX2	50	50
Sampel AX3	60	40
Sampel AX4	90	10

Sintesis Sampel AZ

Proses sintesis zeolit AZ dilakukan sama dengan sintesis zeolit AX akan tetapi terdapat penambahan sejumlah tertentu natrium aluminat kedalam kaolin. Nilai perbandingan volume pencampuran kedua larutan dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan volume sintesis zeolit AZ

Sampel	Volume (ml)	
	Kaolin	Na-Aluminat
Sampel AZ1	40	60
Sampel AZ2	50	50
Sampel AZ3	60	40

Fungsionalisasi Zeolit dengan MPTS

Fungsionalisasi zeolit dengan MPTS dilakukan dengan cara menambahkan 2 mL MPTS kedalam proses sintesis zeolit AX serta AZ. Kemudian ditambahkan HCl 3M tetes demi tetes sambil diaduk dengan pengaduk magnet sehingga diperoleh gel sampai dengan pH 7. Gel yang diperoleh didiamkan semalam, kemudian dicuci dengan akuades hingga pH netral, dan dikeringkan di dalam oven selama 2 jam pada suhu 100 °C.

Adsorpsi Cu(II)

Sebanyak 100 mg zeolit sintetis ditempatkan dalam wadah plastik. Adsorpsi dilakukan dengan sistem *batch* dengan cara menambahkan larutan Cu(II) dengan variasi konsentrasi 10, 20, 30, 40, 50 mg/L. Campuran adsorben dan larutan logam diaduk dengan pengaduk magnet selama 1 jam. Selanjutnya larutan dipisahkan dengan menggunakan sentrifuse kecepatan 2000 rpm untuk memisahkan supernatan dan adsorben. Masing-masing supernatan dianalisis menggunakan spektrometer serapan atom (AAS) untuk menentukan jumlah ion logam yang teradsorpsi. Hal yang sama dilakukan pula pada zeolit yang termodifikasi MPTS.

Adsorpsi Biru Metilena

Larutan Biru Metilena dibuat dengan berbagai variasi konsentrasi 10, 20, 25, dan 30 mg/L. Zeolit ditimbang sebanyak 0.05 gram kemudian ditambahkan larutan biru metilena sebanyak 15 mL dari setiap konsentrasi dalam tabung reaksi yang berbeda, kemudian dikocok selama 2 jam. Setelah itu campuran dipisahkan dengan sentrifugasi selama 20 menit dengan kecepatan 3500 rpm untuk memisahkan endapan. Filtrat kemudian diukur absorbansinya dengan menggunakan spektrofotometer UV-tampak pada panjang gelombang 664.5 nm. Kapasitas adsorpsi dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$Q = \frac{V[C_o - C_a]}{m}$$

Keterangan :

Q = kapasitas adsorpsi (mg/g)

V = volume larutan (mL)

C_o = konsentrasi awal (ppm)

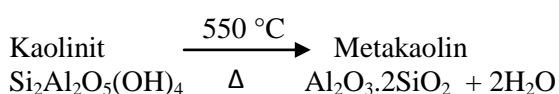
C_a = konsentrasi akhir (ppm)

m = massa adsorben (gram)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakterisasi Zeolit sintesis

Zeolit sintesis AX, AZ serta modifikasinya diidentifikasi menggunakan XRD dan SEM. Hasil karakterisasi menggunakan XRD dan SEM dapat dilihat pada gambar 1 dan 2. Identifikasi dengan menggunakan XRD diperoleh jenis zeolit sintesis yang dihasilkan, struktur dari zeolit sintesis kemudian diidentifikasi dengan menggunakan SEM. Hasil XRD kaolin menjadi metakaolin menunjukkan adanya puncak yang landai. Terbentuknya kaolin dapat diidentifikasi pada perubahan sudut 2θ 15°-37°. Hal ini menjelaskan bahwa metakaolin yang diperoleh berbetuk amorf, proses kalsinasi atau pemanasan dapat menguapkan H₂O sehingga terjadi pelepasan ikatan -OH pada kaolinit. Peristiwa ini mengakibatkan kaolin yang kristalin menjadi lebih amorf. Reaksi kaolin menjadi metakaolin adalah sebagai berikut :



Hasil XRD sampel AX2 menunjukkan zeolit yang terbentuk merupakan zeolit Y, hal ini sesuai dengan data pada JCPDS (PDF 38-0240). Hal ini sesuai dengan penelitian Riandy Putra 2015 zeolit Y memiliki puncak serapan pada daerah 2θ sebagai berikut: 26.7°; 27.53°; 30.61° dan 31.26°. Zeolit Y merupakan zeolit faujasit kaya silikon yang memiliki rasio Si/Al antara 1,5-3. Zeolit Y memiliki rumus Na₂O.Al₂O₃.4.8SiO₂.8,9H₂O (Georgiev, 2009). Zeolit Y diklasifikasikan kedalam zeolit dengan nilai perbandingan rasio Si/Al yang rendah (<5). Zeolit Y memiliki kerangka kerja yang sama seperti faujasit alam (Weitkamp and Puppe, 1999). Hasil pencirian sampel AX2 termodifikasi MPTS menunjukkan berkurangnya serapan 2θ pada daerah 27.53° dan 31.26°, hilangnya serapan pada daerah 2θ 26.7° dan 30.26°. Penambahan MPTS pada zeolit Y yang melibatkan proses penambahan HCl dapat merusak struktur kristal dari zeolit Y. Penambahan asam tersebut pada proses sol-gel bertujuan untuk membentuk jaringan gel yang dapat membentuk gugus silanol dan siloksan. Akan tetapi proses cara ini berlawanan dengan proses pembentukan kristal zeolit yang berlangsung pada suasana basa, sehingga dapat merusak zeolit Y yang terbentuk.

Pada proses pembentukan zeolit sintesis, kondisi basa akan mengakibatkan terjadinya polimerisasi ion-ion pembentuk zeolit. Pada pH >6 akan terbentuk anion Al(OH₄)⁻ atau AlO₂⁻ yang merupakan anion pembentuk zeolit yang bersumber dari alumina. Jika pH larutan asam antara 1-4, maka spesies Al yang dominan adalah [Al(H₂O)₆]³⁺ (Radityo, 2012). Kation tersebut dapat menghambat pembentukan kerangka aluminasilikat dari zeolit. Dengan nilai rasio Si/Al yang rendah penambahan asam tersebut dapat merusak kestabilan kristal dari zeolit Y. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa kerangka tetrahedral pada zeolit tidak stabil terhadap asam atau panas.

Interpretasi dari data sudut 2θ pada difraktogram sampel AX4 menunjukkan bahwa zeolit sintesis yang terbentuk merupakan campuran dari beberapa jenis zeolit. Pada difraktogram sampel AX4 terdapat beberapa puncak pada nilai 2θ sebagai berikut: 21.62°, 23.94°, 26.05°, dan 27.08° puncak-puncak tersebut merupakan interpretasi data dari zeolit A, data ini sesuai dengan data JCPDS (73-2340). Sudut 2θ lainnya adalah

24.13° adalah puncak yang dimiliki oleh sodalit (JCPDS 89-0190). Pada difraktogram zeolit AX4 termodifikasi MPTS terlihat bahwa serapan pada daerah 2θ zeolit A hilang. Serapan pada daerah sudut 2θ ciri dari sodalit bertahan pada 24.13°. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan MPTS tidak merusak struktur kristal dari sodalit, karena sodalit memiliki struktur kristal yang lebih stabil bila dibandingkan zeolit A. Berdasarkan puncak-puncak difraktogram yang terbentuk pada sampel zeolit AX4, dapat disimpulkan bahwa produk utama yang terbentuk merupakan zeolit A sedangkan sodalit merupakan produk sampingan. Sintesis zeolit berbahan dasar kaolin dapat menghasilkan zeolit sintetis dengan kandungan silika rendah (Reyes, 2012). Beberapa penelitian (Cuncly, 2005) menunjukkan bahwa sintesis zeolit melalui proses hidrotermal akan mempercepat terjadinya proses pembentukan kristal dibandingkan secara sol-gel.

Hasil interpretasi data dari puncak-puncak difraktogram beberapa sudut 2θ pada sampel AZ3 dan AZ3 termodifikasi adalah sebagai berikut : 10.16°; 12.46°; 16.10°; 21.66°; 34.15° merupakan puncak khas yang dimiliki oleh zeolit A, hal ini sesuai dengan data JCPDS. Jumlah rasio Si/Al = 1 yang sesuai pada sumber pembentukan zeolit AZ3 serta AZ3 termodifikasi MPTS menyebabkan terbentuknya zeolit A sebagai produk utama, tanpa adanya pembentukan produk sampingan.

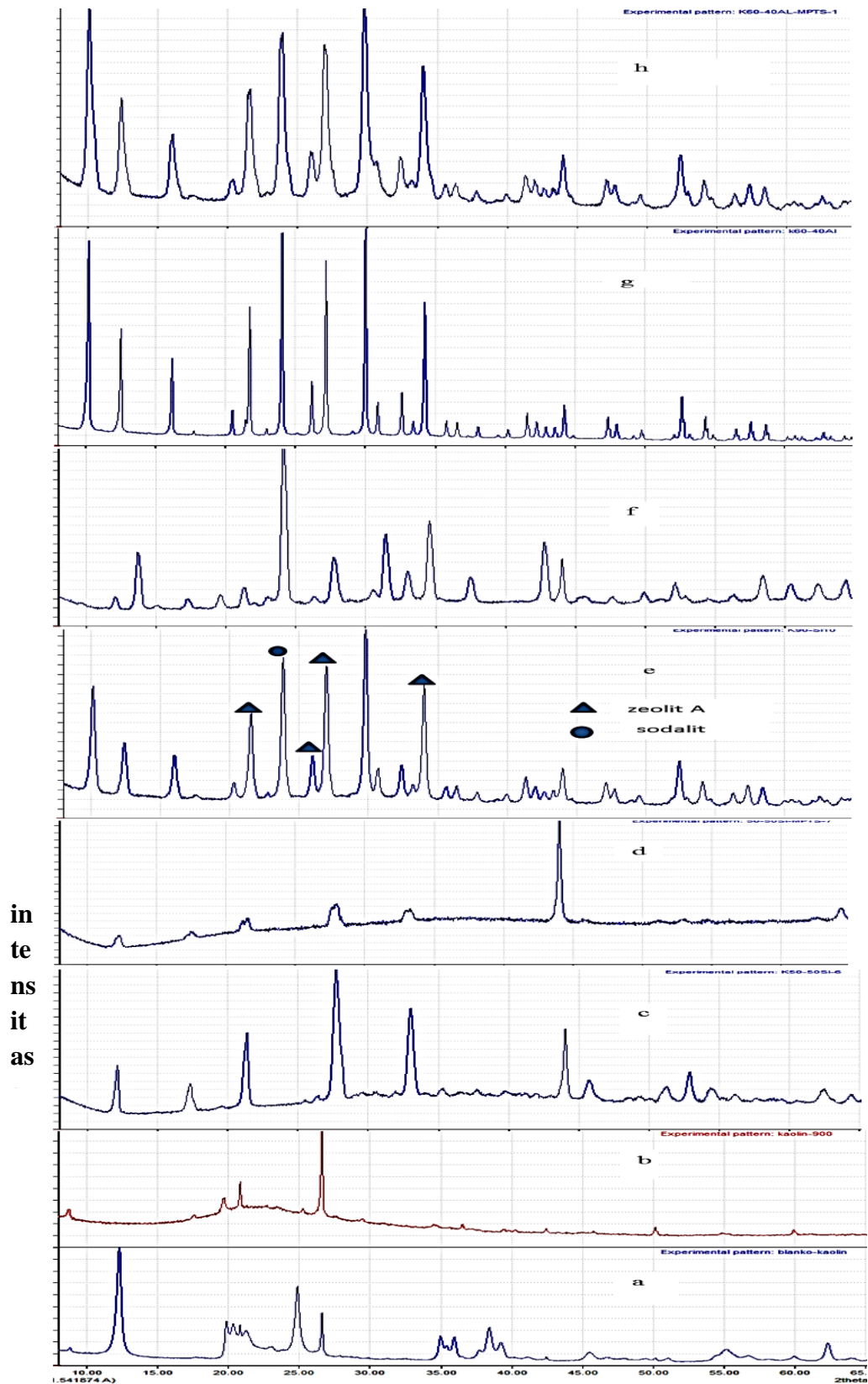
Analisis struktur zeolit sintetis menggunakan SEM dapat dilihat pada gambar 2. Zeolit Y ditunjukkan oleh gambar 2a dan 2b. Pada gambar 2a dapat dilihat bahwa ukuran dan bentuk partikel dari zeolit Y lebih merata, bila dibandingkan dengan zeolit Y termodifikasi (Gambar 2b). Berkurangnya penampakan ukuran yang merata pada struktur kristal dari zeolit Y kemungkinan diakibatkan karena rusaknya kristal zeolit Y yang terbentuk dengan adanya penambahan MPTS. Pada gambar 2c, 2e dan 2f menunjukkan gambar dari bentuk struktur zeolit A. Gambar 2c merupakan bentuk partikel campuran dari zeolit A dan sodalit. Bila dibandingkan dengan gambar 2d, bentuk partikel dari zeolit A sudah tidak tampak, tetapi hanya terdapat bentuk partikel sodalit. Nilai rasio Si/Al pada sodalit yaitu antara 2-5 mengakibatkan strukturnya lebih stabil bila dibandingkan dengan zeolit A. Gambar 2c dan 2d dengan nilai perbesaran yang sama menunjukkan, bahwa setelah

dilakukan modifikasi terhadap zeolit AX4 dihasilkan sodalit dengan ukuran partikel yang lebih besar. Pada gambar 2e dan 2f dapat dibandingkan, bahwa ukuran partikel dari zeolit A tampak lebih merata setelah dilakukan proses modifikasi menggunakan MPTS.

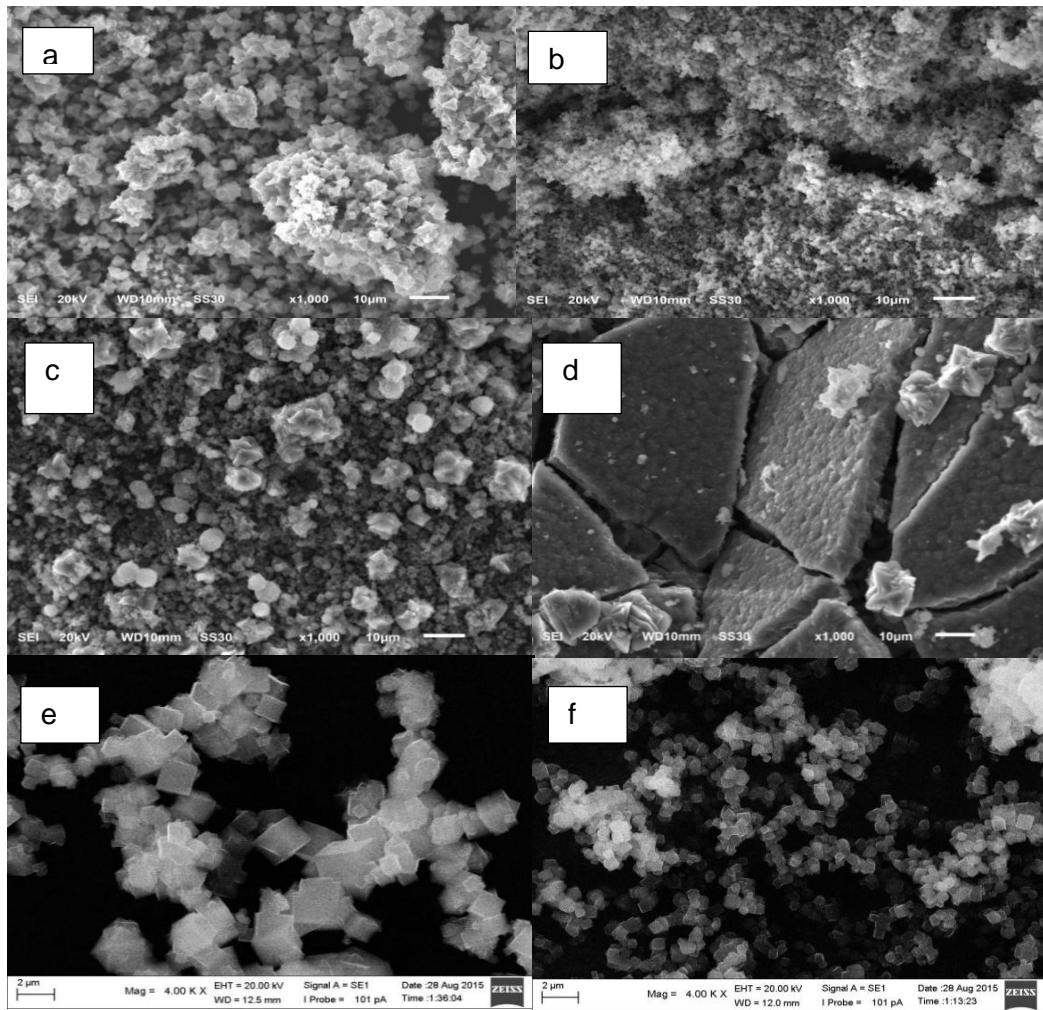
Uji Adsorpsi Kation Cu dan Biru Metilena

Kapasitas adsorpsi dari zeolit sintetis yang diperoleh diuji dengan menggunakan logam Cu serta Biru Metilena. Hasil yang diperoleh dihitung pula nilai isoterm adsorpsinya supaya diketahui jenis isoterm adsorpsi yang dihasilkan oleh zeolit sintesis. Nilai kapasitas adsorpsi dari logam Cu dan Biru Metilena serta jenis isoterm adsorpsinya dapat dilihat pada tabel 3.

Data pada tabel 3 menunjukkan bahwa nilai kapasitas adsorpsi terbaik dimiliki oleh Zeolit A termodifikasi MPTS. Bentuk serta ukuran partikel yang merata pada zeolit A termodifikasi MPTS dapat meningkatkan nilai kapasitas adsorpsi. Zeolit A memiliki nilai rasio Si/Al <5, sehingga jenuh oleh aluminium pada kerangkanya. Bentuk kerangkanya molekul tetrahedral aluminosilikat, sehingga banyak mengandung penukar kation. Nilai rasio Si/Al pada zeolit A yang mendekati 1 mengakibatkan daya penukaran ion akan menjadi maksimum, hal inilah yang dapat meningkatkan nilai kapasitas adsorpsi zeolit A termodifikasi MPTS. Dari tabel 3 diatas dapat dikatakan bahwa zeolit sintetis sangat baik digunakan untuk mengadsorpsi zat warna. Hal ini sesuai dengan data pada XRD adanya proses modifikasi tidak merusak struktur pada zeolit A, sehingga proses penjerapan berlangsung dengan baik. Modifikasi pada zeolit sintesis dapat meningkatkan nilai kapasitas adsorpsinya, hal ini menunjukkan bahwa hasil penelitian sesuai dengan hipotesis yang diharapkan. Data pada tabel menunjukkan bahwa nilai kapasitas adsorpsi terhadap biru metilen pada zeolit A nilainya lebih kecil bila dibandingkan dengan sodalit. Zeolit A dan campuran sodalit bila dilihat dari data XRD maka sodalit akan jauh lebih tahan terhadap penambahan MPTS. Proses modifikasi menggunakan MPTS hanya meruntuhkan struktur dari zeolit A. Dapat dilihat data dari tabel 3 bila dibandingkan setelah adanya proses modifikasi terbukti dapat meningkatkan nilai kapasitas adsorpsi dari zeolit sintetis.



Gambar 1. Hasil XRD (a=kaolin), (b=metakaolin), (c= zeolit AX2), (d= zeolit AX2 termodifikasi), (e= zeolit AX4),(f= zeolit AX4 termodifikasi),(g= zeolit AZ), (h= zeolit AZ3 termodifikasi).



Gambar 2. Hasil SEM (a= zeolit AX2), (b = zeolit AX2 termodifikasi), (c= zeolit AX4), (d= zeolit AX4 termodifikasi), (e= zeolit AZ3), (f= zeolit AZ3 termodifikasi)

Tabel 3. Kapasitas adsorpsi Cu(II) and metilen biru

Sampel	Kapasitas adsorpsi Biru Metilena (mg/g)	Kapasitas adsorpsi for Cu (II) (mg/g)	Tipe Isoterm adsorpsi
Zeolit Y	18.44	1.53	Langmuir (R ² =0.9755)
Zeolite Y termodifikasi MPTS	17.31	140	Langmuir (R ² =0.9929)
Campuran zeolit A dan sodalit	27.68	1.59	Langmuir (R ² =0.9872)
Sodalit termodifikasi MPTS	28.82	1.62	Langmuir (R ² =0.9596)
Zeolit A	17.81	1.44	Langmuir (R ² =0.9530)
Zeolite A termodifikasi MPTS	30.114	1.63	Langmuir (R ² =0.9969)

Tabel 4. Energi adsorpsi

Sampel	Energi Adsorpsi (KJ/mol)
Zeolit Y	43.21
Zeolite Y temodifikasi MPTS	21.56
Campuran Zeolit A dan sodalit	36.42
Sodalit termodifikasi MPTS	32.63
Zeolit A	31.60
Zeolite A termodifikasi MPTS	39.65

Energi adsorpsi menunjukkan kuat ikatan antara ion logam dan situs aktif adsorben. Ion logam Cu(II) dalam air cenderung dalam keadaan terhidrat, yang akan membentuk kompleks akuo dengan molekul air menjadi $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$. Ligan H_2O yang terikat pada ion logam Cu(II) dimungkinkan dapat membentuk ikatan hidrogen dengan gugus aktif dari adsorben. Dari tabel 4 dapat dilihat nilai energi adsorpsi dari zeolit sintesis. Data hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai energi adsorpsi yang diperoleh adalah lebih dari 20.92 kJ/mol. Adamson (1997) menyatakan jika nilai energi adsorpsi lebih dari 20.92 kJ/mol dimasukkan dalam kategori kemisorpsi.

Zeolit sintesis yang diperoleh dihitung nilai isoterm adsorpsinya, sehingga dapat ditentukan pola isoterm adsorpsinya. Nilai kuadrat terkecil (R^2) zeolit sintesis secara keseluruhan mendekati nilai 1 pada isoterm Langmuir. Sehingga dapat disimpulkan bahwa zeolit sintesis mengikuti pola isoterm Langmuir pada kemampuannya mengadsorpsi logam Cu serta biru metilena. Pola ini menunjukkan bahwa proses adsorpsi hanya berlangsung satu lapis saja (*monolayer*), yaitu ketika molekul menempati salah satu sisi aktif tidak akan terjadi penyerapan lebih lanjut.

4. SIMPULAN

Zeolit Y dan zeolit A serta sodalit berhasil disintesis menggunakan bahan baku kaolin melalui proses sol-gel. Modifikasi menggunakan MPTS terhadap zeolit sintesis hanya berhasil dilakukan pada sodalit serta zeolit A. Penggunaan HCl pada proses modifikasi zeolit menggunakan MPTS, dapat menghambat proses pembentukan kristal zeolit Y dan A. Modifikasi pada campuran zeolit A dan sodalit serta zeolit A dapat meningkatkan

nilai kapasitas adsorpsi dari zeolit yang dihasilkan. Adsorpsi yang terjadi pada semua jenis zeolit sintesis mengikuti isoterm Langmuir.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada ibu Sri Sugiarti, Ph.D dan seluruh pihak yang telah membantu terlaksananya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Adamson AW, Gast AP. 1997. *Physical Chemistry of Surface, 6th edition*. New York (USA): John Wiley and Sons Inc.
- Auerbach, Scott M, Prabbir K. 2003. *Handbook of zeolit science and technology*. New York (USA): Marcel Dekker, Inc.
- Azizi SN, Maybodi AS, Fatemi MH, Asemi N. 2013. Using taguchi experimental design to develop an optimized synthesis procedure of sodalite prepared by microwave and ultrasonic assisted aging. *Caspian Journal of Chemistry*. 2(1): 1-7.
- Brinker CJ, Scherer WJ. 1990. *Sol-Gel Science : The Physic and Chemistry of Sol-Gel Processing*. San Diego (USA): Academic Press.
- Corner PK, Moses WM, Erni J, Naoto M. 2014. Comparative study of copper adsorptivity and selectivity toward zeolites. *American Journal of Analytical Chemistry*. 5: 395-405.
- Cuncly, Colin S, Cox PA. 2005. Review: the hydrothermal synthesis of zeolites: precursors, intermediate and reaction mechanism. *Journal of Microporous and Mesoporous Materials*. 82: 1-78.

- Georgiev D, Bogdanov B, Krasimira A, Irena M, Hristov Y. 2009. Synthetic zeolites-structure, classification, current trends in zeolites synthetic review. *International Science Conference*. 4-5.
- Kallai HL. 2013. *Handbook of Clay Sciences*. Philadelphia (USA): Elsevier Ltd.
- Jamil ST, Hany HAG, Hanan SI, Islam HAE, 2011. Removal of methylene blue by two zeolites prepared from naturally occurring Egyptian kaolin as cost effective technique. *Journal of Solid State Science*. 13(10): 1844-1851.
- Johnson EBG, Sazmal EA. 2014. Hydrothermally synthesized zeolites based on kaolinite : a review. *Journal of Applied Clay Science*. 215-221.
- Kwakye AB, Vonkiti B, Buamah R, Nkrumah I, Williams C. 2014. Effect of crystallization time on hydrothermal synthesis of zeolites from kaolin and bauxite. *International Journal of Scientific and Engineering Research*. 5(2): 734-741.
- Marjanovic V, Lazarevic S, Jankovic-Castvan V, Potkonjak B, Janackovic D, Petrovic R. 2011. Chromium (VI) removal from aqueous solution using mercaptosilane functionalized sepiolites. *Journal of chemical engineering*. 166(11): 198-206.
- Marjanovic V, Lazarevic S, Jankovic CV, Potkonjak B, Janackovic D, Petrovic R., 2013. Functionalization of thermo-acid activated sepiolite by amine-silane and mercapto silane for chromium (VI) adsorption from aqueous solution. *Scientific paper. Hem Ind*. 67(5): 715-728.
- Nickolov R, Tzevtkova R. 2012. Modified and unmodified silica gel used for heavy metal ions removal from aqueous solution. *Journal of university of chemical technology and methalurgy*. 47(5): 498-504.
- Oscik J. 1982. *Adsorption*. England (UK): Ellis Horwood Limited.
- Puppe L, Weitkamp J .1999. *Catalysis and Zeolites Fundamental and applications*. New York (USA): Springer.
- Putra R, Khamidinal, Didik K. 2015. Adsorpsi ion Mn(II) pada zeolit yang disintesis dari abu dasar batubara termodifikasi Ditizon. Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia Kejuangan.
- Radityo D. 2012. Optimasi Kondisi Operasi pada Pembentukan Sol-Gel Aluminosilikat menggunakan Jet Bubble Column untuk Efisiensi Rute Pembuatan ZSM-5. [Skripsi]. Jakarta [ID]: Universitas Indonesia.
- Rahman MM, Awang MB, Yusof AM. 2012. Preparation, characterization and application of zeolite-y for waste filtration. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*. 6(1): 50-54.
- Reyes, Carlos AR, Luz Yolanda. 2011. Application Of Illite And Kaolinite Rich Clays In The Synthesis Of Zeolites For Wastewater Treatment. Croatia: Earth and Enviromental Science. In Tech.
- Reyes, Carlos AR, Williams Craig, Oscar Mauricio. 2013. nucleation and growth process of sodalite and cancirnite from kaolinite-rich clay under low temperature hydrothermal conditions. *Journal of Materials Research*. 16(2): 424:438.
- Rondon W, Yaneira PP. 2013. Aplication of 3A zeolite prepared from Venezuelan kaolin for removal of Pb(II) from wastewater and its determination by atomic absorption spectrometry. *American Journal of Analytical Chemistry*. 4(6): 387-397.
- Sriatun. 2004. Modifikasi zeolit alam dengan ligan EDTA untuk adsorpsi ion logam Pb²⁺ dan Cd²⁺. *Jurnal Kimia Khatulistiwa*. 7(3): 66-72.
- Taufiqurahmi N, Abdul RM, Subhash B. 2011. Nanocrystalline zeolite Y: synthesis and characterization nanocrystalline zeolite y : synthesis and characterization . *IOP Conference series: Materials Sciences and Engineer*. 17.
- Wardani RJ. 2007. Prosiding PPI-PDIPTN. 10 July 2007. Yogyakarta.
- Weitkamp J, Puppe L. 1999. *Catalysis and Zeolites*. New York (ID): Springer.
- Yani A, Lia D, Nelly W. 2013. Sintesis zeolit a dengan variasi sumber silika dan alumina. *Jurnal Kimia Khatulistiwa*. 2(1): 1-6.
- Yuanita D. 2010. *Prosiding seminar nasional kimia dan pendidikan kimia*. Yogyakarta.