

MODIFIKASI ZEOLIT MELALUI INTERAKSI DENGAN $\text{Fe}(\text{OH})_3$ UNTUK MENINGKATKAN KAPASITAS TUKAR ANION

Syafii, F; Sugiarti, S; Charlena

Departemen Kimia, FMIPA Institut Pertanian Bogor

Abstrak

Aktivasi zeolit pada umumnya dilakukan dengan kalsinasi, penambahan asam atau penambahan basa. Asam yang digunakan adalah H_2SO_4 , HF, dan HCl, sedangkan basa yang digunakan adalah NaOH. Salah satu cara untuk melihat kualitas dari zeolit adalah dari kemampuan pertukaran ion yang dinyatakan sebagai nilai KTK (Kapasitas Tukar Kation). Nilai KTK zeolit ini bergantung pada derajat substitusi jumlah atom Al^{3+} terhadap Si^{4+} yang menghasilkan muatan negatif pada kerangka zeolit. Penggantian atom Si oleh atom Al mengakibatkan struktur zeolit bermuatan negatif sehingga berfungsi sebagai penukar kation dan sedikit sebagai penukar anion. Untuk meningkatkan fungsi zeolit agar dapat menukar anion maka zeolit dapat dimodifikasi. Salah satu cara modifikasi zeolit untuk meningkatkan sifat tukar anion adalah dengan penambahan senyawa kation hidroksida. Senyawa kation hidroksida yang digunakan adalah $\text{Fe}(\text{OH})_3$. Ion Fe^{3+} memiliki bilangan koordinasi 6 dapat mengikat senyawa anion (ligan) yang membentuk kompleks. Berdasarkan hasil penelitian, modifikasi zeolit dengan $\text{Fe}(\text{OH})_3$ dapat dilakukan terhadap zeolit alam dan zeolit alam teraktivasi sehingga kapasitas tukar anion zeolit semakin meningkat. Kapasitas tukar kation zeolit sebelum modifikasi lebih tinggi dibandingkan zeolit modifikasi berturut-turut sebesar 81.15 dan 41.91 meq/100 g. Kapasitas tukar anion zeolit modifikasi lebih tinggi dibandingkan zeolit sebelum modifikasi berturut-turut sebesar 5.064 dan 17.449 meq/100 g. Proses aktivasi dapat meningkatkan nilai KTK dan KTA zeolit. Nilai KTK sebelum dan sesudah aktivasi berturut-turut sebesar 81.15 dan 99.44 meq/100 g, dan nilai KTA optimum zeolit modifikasi sebelum dan sesudah aktivasi berturut-turut sebesar 17.449 dan 19.695 meq/100 g.

Kata kunci : Zeolit alam, Kapasitas Tukar anion, $\text{Fe}(\text{OH})_3$

1. PENDAHULUAN

Kegiatan industri menghasilkan limbah berupa bahan pencemar yang mengganggu lingkungan. Bahan pencemar yang dihasilkan dari kegiatan industri dapat berwujud cairan yang sebagian besar mengandung polutan organik. Salah satu polutan organik berbahaya yang banyak dijumpai pada berbagai jenis limbah industry adalah fenol. Senyawa fenol dikatakan aman bagi lingkungan jika konsentrasi maksimal berkisar antara 0,5-1 mg/L (KEP. No. 51/MENLH/10/1995) dan ambang batas fenol dalam baku air minum adalah 0,002 mg/L. Oleh karena itu, sangat penting untuk mengembangkan teknologi pengolahan limbah yang efektif dan efisien agar dapat menanggulangi masalah pencemaran. Salah satu cara untuk menurunkan kandungan fenol dalam air limbah adalah perlakuan sorpsi ataupun penukar ion. Metode sorpsi melibatkan interaksi antara

analit dengan permukaan zat padat (adsorben) (Diantariani *et al.* 2008). Adsorben yang sekarang ini banyak digunakan dalam penanganan limbah adalah zeolit alam.

Zeolit merupakan senyawa alam yang banyak terdapat di wilayah Indonesia. Zeolit ini memiliki berbagai macam kegunaan. Salah satunya adalah untuk penjerap senyawa organik (Bouffard dan Duff, 2000). Zeolit mempunyai struktur tiga dimensi unik yang berperan penting terhadap penyaringan molekul. Zeolit terdiri atas gugusan alumina dan gugusan silika-oksida yang masing-masing berbentuk tetrahedral dan saling dihubungkan oleh atom oksigen sehingga membentuk kerangka tiga dimensi. Zeolit digunakan sebagai pengemban karena struktur kristalnya berpori dan memiliki luas permukaan yang besar, tersusun oleh kerangka silika-alumina, mengandung ion Na, K, Mg, Ca yang dapat dipertukarkan dan molekul air, memiliki stabilitas termal yang tinggi, harganya murah serta keberadaannya cukup melimpah.

Zeolit ada dua macam, yaitu zeolit alam dan sintetis. Zeolit alam pada umumnya memiliki kristalinitas yang tidak terlalu tinggi, ukuran porinya sangat tidak seragam, aktivitas katalitiknya rendah, dan mengandung banyak pengotor. Kandungan zeolit alam di Indonesia pada umumnya terdiri atas jenis mordenit dan klinoptilolit yang kadarnya bervariasi. Salah satu cara untuk meningkatkan daya guna zeolit alam adalah dengan aktivasi dan modifikasi (Setyawan dan Handoko 2003).

Proses aktivasi zeolit alam dapat dilakukan dengan 2 cara, yang pertama yaitu secara fisika melalui kalsinasi dengan tujuan untuk menguapkan air yang terperangkap di dalam pori-pori kristal zeolit, sehingga luas permukaannya bertambah (Khairinal, 2000). Proses kalsinasi zeolit dikontrol, karena pemanasan yang berlebihan kemungkinan akan menyebabkan zeolit tersebut rusak. Proses pemanasan (kalsinasi) dilakukan pada suhu 300°C - 375°C selama 3-4 jam (Suwardi 2000). Cara yang kedua adalah aktivasi zeolit secara kimia dengan tujuan untuk membersihkan permukaan pori, membuang senyawa pengotor dan mengatur kembali letak atom yang dapat dipertukarkan. Aktivasi secara kimia dapat dilakukan dengan penambahan asam dan penambahan basa. Asam yang digunakan adalah H_2SO_4 , HF, dan HCl, sedangkan basa yang digunakan adalah NaOH (Suyartono dan Husaini 1991). Perendaman zeolit alam dengan larutan HCl 4 M dapat menghilangkan oksida-oksida pengotor tetapi tidak merusak struktur kristal mordenit sehingga kristalinitas zeolit secara keseluruhan meningkat (Setyawan dan Handoko 2003). Proses aktivasi zeolit menyebabkan zeolit mengalami dealuminasi dan dekationisasi, yaitu keluarnya Al dan kation-kation dalam kerangka zeolit sehingga menyebabkan bertambahnya luas permukaan zeolit karena berkurangnya pengotor yang menutupi pori-pori zeolit. Luas permukaan yang bertambah diharapkan meningkatkan kemampuan zeolit dalam proses penjerapan (Weitkamp, 1999).

Salah satu cara untuk melihat kualitas dari zeolit adalah dari kemampuan pertukaran ion, kemampuan ini dinyatakan sebagai nilai KTK (Kapasitas Tukar Kation). KTK adalah jumlah milligram ekuivalen (meq) ion logam yang dapat dipertukarkan maksimum oleh 100 g bahan penukar ion (zeolit) dalam kondisi kesetimbangan. Nilai KTK zeolit ini bergantung pada derajat substitusi jumlah atom Al^{3+} terhadap Si^{4+} yang menghasilkan muatan negatif pada kerangka zeolit. Semakin besar derajat substitusi menunjukkan semakin banyak kation alkali atau alkali tanah yang diperlukan untuk menetralkan muatan negatif pada kerangka sehingga nilai KTK makin besar (Ming dan Mumpton 1989). Semakin tinggi nilai KTK maka semakin bagus kualitas dari zeolit. Oleh karena itu, besarnya nilai KTK pada zeolit dapat digunakan untuk menduga kandungan mineral zeolit (Suwardi 1998).

Penggantian atom Si oleh atom Al, mengakibatkan struktur zeolit bermuatan negatif, karena adanya muatan negatif ini maka zeolit memiliki kemampuan yang kecil atau bahkan tidak memiliki daya jerap terhadap anion, sehingga memiliki kapasitas tukar anion yang rendah. Salah satu cara modifikasi zeolit untuk meningkatkan sifat tukar anion adalah melalui interaksi dengan $\text{Fe}(\text{OH})_3$. Ion Fe^{3+} memiliki bilangan koordinasi 6 dapat mengikat senyawa anion (ligan) yang membentuk kompleks. Senyawa kompleks dengan bilangan koordinasi 6 merupakan kompleks yang paling stabil, sebab pada pembentukan kompleks itu dilepas sejumlah besar energi ikatan membentuk ikatan dengan ligan (Cotton dan Wilkinson 1989).

Zeolit memiliki rongga-rongga yang berisi air dan kation-kation logam yang dapat dipertukarkan. Penambahan senyawa $\text{Fe}(\text{OH})_3$ terhadap zeolit menjadikan ion Fe^{3+} dapat memasuki rongga-rongga zeolit yang masih kosong dan menggantikan kation-kation dalam rongga yang didapat dipertukarkan. Ion Fe^{3+} yang memasuki rongga zeolit dapat membentuk kompleks dengan senyawa anion. Oleh karena ukuran rongga zeolit yang tidak terlalu besar, maka anion-anion yang dapat dipertukarkan hanya dalam ukuran kecil seperti ion klor, nitrat, pospat dan lain-lain. Agar dapat mengikat anion yang ukurannya lebih besar seperti senyawa fenol, maka atom Fe juga dapat menggantikan susunan atom Al pada kerangka utama zeolit yang menjadikan ukuran pori besar sehingga Fe dapat mengikat anion-anion yang ukurannya lebih besar. Jadi, dengan adanya interaksi zeolit dengan senyawa $\text{Fe}(\text{OH})_3$ menjadikan kapasitas tukar anion pada zeolit semakin meningkat.

2. BAHAN DAN METODE

Bahan-bahan yang digunakan adalah Zeolit, FeCl_3 2M, NaOH 5M, NaOH 0.1M, HCl 0.05 N; 0.2M, 4 M, H_3BO_3 1 %, NaCl 10 %, NaOH 40%, AgNO_3 0.1 M, $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ pH 7, etanol 96 %, indikator *phenofthalein* kertas saring Whatman 42, dan akuades.

2.1. Preparasi Zeolit

Zeolit dicuci dengan akuades, digiling dengan mortar, lalu diayak sehingga diperoleh zeolit dengan ukuran butir lolos ayakan 100 mesh. Kemudian dilakukan pemanasan dalam oven bersuhu 300°C selama 3 jam.

2.2. Aktivasi Zeolit

Aktivasi zeolit dilakukan secara kimia, yaitu dengan cara pengasaman. Sampel zeolit siap pakai ditimbang sebanyak 100 gram, dan ditambah larutan HCl 4.0 M sebanyak 250 mL. Campuran diaduk dengan pengaduk magnet selama 60 menit dan kemudian disaring dan dibilas dengan akuades sampai pH netral dan dikeringkan dalam oven pada suhu 300°C selama 3 jam. Pencucian dihentikan apabila sudah tidak terdapat endapan pada filtrat ketika ditambah dengan AgNO_3 .

2.3. Pembuatan Zeolit Modifikasi $\text{Fe}(\text{OH})_3$

Senyawa $\text{Fe}(\text{OH})_3$ yang digunakan untuk memodifikasi zeolit dibuat dengan mereaksikan senyawa $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dengan NaOH. Sebanyak 85 mL FeCl_3 2M direaksikan dengan 100 mL NaOH 5M. endapan $\text{Fe}(\text{OH})_3$ yang diperoleh disaring dan dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C selama 1 jam.

Ditimbang 1 g zeolit dan dimasukkan dalam tabung reaksi, lalu ditambahkan 5mL larutan $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 0.025M Kemudian larutan di kocok selama 1 jam dan di diamkan selam 1 hari. Hasilnya lalu disaring dan dikering udarakan dalam oven pada suhu 105°C selama 1 jam. Dibuat perlakuan yang sama dengan perbandingan 1 g zeolit dengan $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 0.005M, 1.5 g zeolit dengan $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 0.025M, 1.5 g zeolit dengan $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 0.005M, 2 g zeolit dengan $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 0.025M, dan 2 g zeolit dengan $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 0.005M. perlakuan dilakukan terhadap zeolit sebelum dan sesudah aktivasi.

2.4. Penentuan Kapasitas Tukar Anion

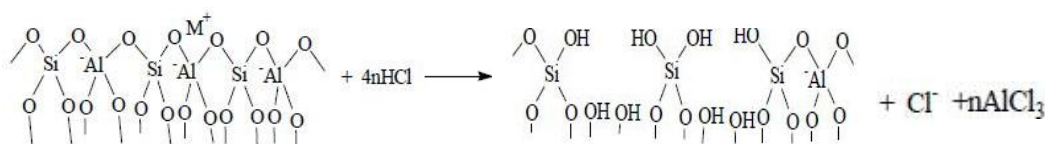
Ditimbang 5 g contoh zeolit, tambahkan 500 mL Larutan asam klorida 0.2 M diaduk dan *shaker* selama 12 jam. Hasilnya disaring/disentrifusa dan diambil filtratnya. Tempatkan 10 mL filtrat pada erlenmeyer, dan dititrasi dengan NaOH 0.1 M menggunakan indikator phenolftalein dan dibuat pula blanko. Selain penentuan

Kapasitas tukar anion, penentuan kapasitas tukar kation juga dilakukan dengan cara mengacu pada Peraturan Menteri Pertanian No.02/Pert/HK.060/2/2006.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Proses Aktivasi Zeolit

Proses aktivasi zeolit alam dilakukan menggunakan HCl 4M selama 1 jam yang merupakan konsentrasi dan waktu optimum untuk proses aktivasi. Pada proses ini rasio Si/Al mencapai optimum sehingga zeolit alam mengalami peningkatan luas permukaan dan tidak mengalami kerusakan struktural yang besar. Pelarut yang digunakan dalam proses adalah air. Hal ini bertujuan untuk mengoptimalkan Si (dalam bentuk $Si(OH)_4$) yang akan dimasukkan untuk digantikan atom-atom Al pada kerangka struktur zeolit (Weitkamp, J and Puppe, L 1999)



Gambar 1 Aktivasi Zeolit

Pada proses aktivasi, ion H^+ yang dihasilkan dari reaksi penguraian HCl dalam medium air akan mengurai ikatan atom Al yang berada pada struktur zeolit. Ion H^+ ini akan diserang oleh atom oksigen yang terikat pada Si dan Al. Berdasarkan harga energi disosiasi ikatan Al-O (116 kkal/mol) jauh lebih rendah dibandingkan energi disosiasi ikatan Si-O (190 kkal/mol), maka ikatan Al-O jauh lebih mudah terurai dibandingkan Si-O. Sehingga ion H^+ akan cenderung menyebabkan terjadinya pemutusan ikatan Al-O dan akan terbentuk gugus silanol. Sedangkan ion Cl^- hasil penguraian ion HCl juga akan mempengaruhi kekuatan ikatan Al-O dan Si-O. Ion Cl^- memiliki elektronegativitas yang tinggi (3,16) dan berukuran kecil ($r = 0,97A^0$), sehingga menyebabkan ion ini mudah berikatan dengan kation bervalensi besar seperti Si^{4+} dan Al^{3+} . Tetapi ion Cl^- akan cenderung berikatan dengan atom Al dikarenakan harga elektronegativitas atom Al lebih kecil (1,61) dibanding elektronegativitas atom Si (1,90) (Weitkamp, J and Puppe, L 1999).

3.2. Modifikasi Zeolit Alam Dengan $Fe(OH)_3$

Zeolit alam dimodifikasi dengan $Fe(OH)_3$ untuk meningkatkan kapasitas tukar anion zeolit. Prinsipnya adalah melalui pembentukan kompleks dari ion Fe^{3+} yang mengisi rongga-rongga kosong zeolit dengan senyawa anion (ligan). Ion Fe^{3+} yang mengisi

rongga-rongga kosong zeolit membentuk kompleks dengan ligan mengakibatkan probabilitas tukar anion zeolit menjadi meningkat.

Ion Fe^{3+} yang memasuki rongga-rongga kosong zeolit harus dikondisikan atau diperhitungkan jumlahnya supaya struktur zeolit tersebut tidak rusak dan ion Fe^{3+} bisa masuk dalam rongga-rongga zeolit. Pada penelitian ini dilakukan perbandingan antara jumlah zeolit dengan larutan $Fe(OH)_3$ untuk memperoleh kondisi modifikasi yang baik dan optimum.

Tabel 1 Hasil Modifikasi Zeolit

Sampel	warna larutan	endapan	pH
1 g zeolit modifikasi $Fe(OH)_3$ 0.025M	kuning tipis	ada sedikit	5
1 g zeolit modifikasi $Fe(OH)_3$ 0.005M	kuning tipis	ada sedikit	4
1.5 g zeolit modifikasi $Fe(OH)_3$ 0.025M	kuning tipis	ada sedikit	5
1.5 g zeolit modifikasi $Fe(OH)_3$ 0.005M	kuning tipis	ada sedikit	5
2 g zeolit modifikasi $Fe(OH)_3$ 0.025M	kuning tipis	ada sedikit	5
2 g zeolit modifikasi $Fe(OH)_3$ 0.005M	kuning tipis	ada sedikit	5
1 g zeolit aktivasi modifikasi $Fe(OH)_3$ 0.025M	tidak berwarna	tidak ada	4
1 g zeolit aktivasi modifikasi $Fe(OH)_3$ 0.005M	tidak berwarna	tidak ada	4
1.5 g zeolit aktivasi modifikasi $Fe(OH)_3$ 0.025M	kuning tipis	tidak ada	4
1.5 g zeolit aktivasi modifikasi $Fe(OH)_3$ 0.005M	tidak berwarna	tidak ada	4
2 g zeolit aktivasi modifikasi $Fe(OH)_3$ 0.025M	kuning tipis	tidak ada	3
2 g zeolit aktivasi modifikasi $Fe(OH)_3$ 0.005M	tidak berwarna	tidak ada	3

Zeolit yang termodifikasi dengan $Fe(OH)_3$ dilakukan berbagai kondisi sampel. Keberhasilan modifikasi ini ditentukan oleh masuk atau tidaknya ion besi dari larutan $Fe(OH)_3$ ke dalam rongga zeolit. Masuknya ion Fe^{3+} ke dalam rongga zeolit dilihat dari warna larutan $Fe(OH)_3$ dan endapan yang terbentuk. Jika warna larutan menjadi tidak berwarna dan tidak timbul endapan maka ion Fe^{3+} kemungkinan masuk dalam rongga zeolit. Selain itu, struktur zeolit yang dimodifikasi dengan $Fe(OH)_3$ harus dijaga supaya tidak rusak. Zeolit mudah rusak jika memiliki pH yang rendah. Ion Fe^{3+} yang masuk ke dalam rongga zeolit mengakibatkan sifat zeolit akan semakin asam sehingga jumlahnya harus diperhitungkan supaya tidak mengakibatkan kerusakan pada zeolit. Pada penelitian ini modifikasi zeolit yang paling baik adalah pada sampel 1 g zeolit teraktivasi modifikasi $Fe(OH)_3$ 0.025M, 1 g zeolit teraktivasi modifikasi $Fe(OH)_3$ 0.005M, dan 1.5 g zeolit teraktivasi modifikasi $Fe(OH)_3$ 0.005M. Pada sampel ini warna larutan larutan $Fe(OH)_3$ tidak berwarna, tidak terbentuk endapan, dan memiliki pH yang tidak terlalu rendah yaitu pada pH 4.

3.3. Penentuan Kapasitas Tukar Kation

Nilai kapasitas tukar kation (KTK) biasanya digunakan sebagai parameter kualitas zeolit sebagai penukar ion. Kapasitas tukar kation (KTK) merupakan ukuran jumlah kation yang dapat dipertukarkan. Kation-kation yang dapat dipertukarkan dari zeolit adalah kation yang tidak terikat secara kuat di dalam kerangka tetrahedral zeolit sehingga dengan mudah akan dipertukarkan melalui penggantian oleh H^+ pada pencucian asam.

Pertukaran kation pada zeolit dilihat dari kemampuan tingkat substitusi Al terhadap Si yang menghasilkan muatan negatif. Semakin banyak Si yang digantikan oleh Al maka muatan negatif zeolit yang dihasilkan semakin banyak, sehingga semakin banyak pula jumlah kation NH_4^+ yang diperlukan untuk menetralkannya. Oleh karena itu, nilai kapasitas tukar kation akan meningkat. Hal ini dapat dilihat nilai KTK zeolit teraktivasi lebih besar nilainya dibandingkan dengan zeolit awal sebelum diaktivasi (Tabel 2). Hasil ini mendukung simpulan Haryati (2007) bahwa aktivasi oleh asam dapat meningkatkan KTK. Modifikasi zeolit dengan $Fe(OH)_3$ akan mempengaruhi nilai KTK zeolit. Ion besi yang masuk dalam rongga zeolit akan mengurangi struktur negatif zeolit sehingga nilai KTK zeolit menurun.

Tabel 2 Data kapasitas tukar kation

Sampel	KTK (meq/100g)
Zeolit awal	81.15
Zeolit teraktivasi	99.44
1 g zeolit modifikasi $Fe(OH)_3$ 0.025M	47.24
1 g zeolit awal modifikasi $Fe(OH)_3$ 0.005M	41.91
1.5 g zeolit awal modifikasi $Fe(OH)_3$ 0.025M	55.63
1.5 g zeolit awal modifikasi $Fe(OH)_3$ 0.005M	51.44
2 g zeolit awal modifikasi $Fe(OH)_3$ 0.025M	60.34
g zeolit awal modifikasi $Fe(OH)_3$ 0.005M	56.17
1 g zeolit teraktivasi modifikasi $Fe(OH)_3$ 0.005M	50.29
1 g zeolit teraktivasi modifikasi $Fe(OH)_3$ 0.005M	70.10
1.5 g zeolit teraktivasi modifikasi $Fe(OH)_3$ 0.025M	75.06
1.5 g zeolit teraktivasi modifikasi $Fe(OH)_3$ 0.005M	70.10
2 g zeolit teraktivasi modifikasi $Fe(OH)_3$ 0.025M	61.15
2 g zeolit teraktivasi modifikasi $Fe(OH)_3$ 0.005	55.63

Hasil pengujian nilai KTK zeolit tertinggi yaitu pada zeolit aktivasi sebelum modifikasi sebesar 99.44 meq/100g. Modifikasi zeolit dengan $Fe(OH)_3$ secara umum dapat menurunkan nilai KTK (Tabel 2).

3.4. Penentuan Kapasitas Tukar Anion

Kapasitas tukar anion (KTA) merupakan jumlah milligram ekuivalen (meq) anion yang dapat dipertukarkan maksimum oleh 100 g zeolit. Nilai kapasitas tukar anion (KTA) pada zeolit di tentukan oleh banyaknya jumlah anion yang dapat dipertukarkan. Nilai pertukaran anion pada zeolit dilihat dari tingkat kemampuan ion Fe^{3+} yang masuk dalam

rongga zeolit pada proses modifikasi zeolit dengan $\text{Fe}(\text{OH})_3$. Ion Fe^{3+} yang masuk dalam rongga zeolit akan terikat kuat dan membentuk kompleks koordinasi dengan mengikat ligan (anion). Kompleks koordinasi ion Fe^{3+} yang mengikat ligan (anion) ini yang dapat meningkatkan nilai tukar zeolit terhadap anion. Semakin banyak ion Fe^{3+} yang masuk dalam rongga zeolit (pada kondisi optimum) maka semakin banyak kemungkinan anion yang dapat terkompleks oleh Fe sehingga kapasitas tukar anion zeolit semakin meningkat.

Proses aktivasi juga dapat meningkatkan nilai KTA zeolit, karena proses aktivasi dapat menghilangkan oksida-oksida pengotor yang menutupi rongga zeolit sehingga luas permukaan rongga zeolit menjadi meningkat. Luas permukaan zeolit semakin meningkat maka semakin banyak pula kemungkinan ion Fe^{3+} yang masuk dalam rongga zeolit sehingga nilai KTA zeolit menjadi meningkat. Hal ini terlihat bahwa nilai KTA zeolit awal sebelum aktivasi nilainya lebih rendah sebesar 5.064 meq/100g dibandingkan zeolit yang sudah diaktivasi 7.193 meq/100g (Tabel 3)

Tabel 3 Data kapasitas tukar anion

Sampel	KTA (meq/100g)
Zeolit awal	5.064
Zeolit teraktivasi	7.193
1 g zeolit awal modifikasi $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 0.025M	14.055
1 g zeolit awal modifikasi $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 0.025M	13.656
1.5 g zeolit modifikasi $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 0.025M	17.449
1.5 g zeolit modifikasi $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 0.005M	16.889
2 g zeolit modifikasi $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 0.025M	11.598
2 g zeolit modifikasi $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 0.020M	11.598
1 g zeolit teraktivasi modifikasi $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 0.025M	18.131
1 g zeolit teraktivasi modifikasi $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 0.005M	17.119
1.5 g zeolit teraktivasi modifikasi $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 0.025M	19.695
1.5 g zeolit teraktivasi modifikasi $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 0.005M	19.338
2 g zeolit teraktivasi modifikasi $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 0.025M	13.835
2 g zeolit teraktivasi modifikasi $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 0.005M	12.695

Modifikasi terhadap zeolit alam yang digunakan pada penelitian ini, secara umum dapat meningkatkan nilai KTA zeolit. Nilai KTA tertinggi yaitu pada zeolit aktivasi termodifikasi dengan perbandingan 1.5 gram zeolit termodifikasi $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 0.025M, yaitu sebesar 19.695 meq/100 g (Tabel 3).

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian diambil kesimpulan bahwa modifikasi zeolit dengan $\text{Fe}(\text{OH})_3$ dapat dilakukan terhadap zeolit alam dan zeolit alam teraktivasi sehingga kapasitas tukar anion zeolit semakin meningkat. Kapasitas tukar kation zeolit sebelum modifikasi lebih tinggi lebih tinggi dibandingkan zeolit modifikasi berturut-turut sebesar

81.15 dan 41.91 meq/100 g. Kapasitas tukar anion zeolit modifikasi lebih tinggi dibandingkan zeolit sebelum modifikasi berturut turut sebesar 5.064 dan 17.449 meq/100 g. Proses aktivasi dapat meningkatkan nilai KTK dan KTA zeolit. Nilai KTK sebelum dan sesudah aktivasi berturut-turut sebesar 81.15 dan 99.44 meq/100 g, dan nilai KTA zeolit modifikasi sebelum dan sesudah aktivasi berturut-turut sebesar 17.449 dan 19.695 meq/100 g.

Peningkatan nilai KTA zeolit setelah dimodifikasi membuka peluang bagi penerapan zeolit termodifikasi $\text{Fe}(\text{OH})_3$ sebagai penjerap bahan pencemar berbahaya yang memiliki muatan formal negatif. Salah satu contoh senyawa berbahaya yang dapat dijerap dengan zeolit termodifikasi ini adalah fenol. Meski demikian modifikasi ini dapat dikembangkan sedemikian rupa baik dengan mengubah komposisi zeolit maupun dengan mengubah sumber mineral bahan pemodifikasi.

DAFTAR PUSTAKA.

- Bouffard, SC dan Duff, SJB. 2000. *Uptake of Dehydroabiatic Acid Using Organically-Zeolit*. New York: Elsevier Science Publishers B.V..
- Diantariani NP et al .2008. Proses biosorpsi dan desorpsi ion Cr (VI) pada biosorben rumput laut *Euclima spinosum*. Jurusan Kimia FMIPA Universitas Udayana, Bukit Jimbaran. JURNAL KIMIA 2(1), JANUARI 2008 : 45-52.
- Hay RL. 1966. *Zeolites and zeolitic reactions in sedimentary rocks*. California: Department Geology and Geophysics, University of California, Berkeley.
- Khairinal, Trisunaryanti, W. 2000. Dealuminasi Zeolit Alam Wonosari dengan Perlakuan Asam dan Proses Hidrotermal. Prosiding Seminar Nasional Kimia VIII. Yogyakarta.
- Setyawan D, Handoko P. 2003. Aktivitas katalis cr/zeolit dalam reaksi konversi katalitik fenol dan metil isobutil keton. *Jurnal ILMU DASAR* Vol. 4 No. 2, 2003: 70-76.
- Suyartono dan Husaini. 1991. Tinjauan terhadap kegiatan penelitian karakterisasi dan pemanfaatan zeolit Indonesia yang dilakukan PPTM Bandung Periode 1890-1991. Bandung: Buletin PPTM. JPPSH.
- Suwardi. 1998. *Penetapan Kualitas Mineral Zeolit dan Prospeknya di Bidang Pertanian*. Bogor: Departemen Manajemen Sumber Daya Lahan, Fakultas Pertanian, IPB.
- Weitkamp, J. dan Puppe. L. 1999. *Catalysis and Zeolites: Fundamental and Applications*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg: Germany.