

Zeolit Alam Termodifikasi Logam Fe sebagai Adsorben Fosfat (PO_4^{3-}) pada Air Limbah

Marwan Faisal^a, Suhartana^{a*}, Pardoyo^a

^a Inorganic Chemistry Laboratory, Chemistry Department, Faculty of Sciences and Mathematics, Diponegoro University, Jalan Prof. Soedarto, Tembalang, Semarang

* Corresponding author: suhartana@live.undip.ac.id

Article Info

Keywords:
modified zeolites,
Fe metal
impregnation,
adsorption of
phosphate

Kata Kunci:
modifikasi zeolit,
impregnasi logam
Fe, adsorpsi fosfat

Abstract

Research on natural zeolite modified Fe metal as phosphate adsorbent (PO_4^{3-}) in wastewater has been conducted. Natural zeolite was activated using 2M HCl. Then the activated zeolite was modified using $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ with mass ratio of precursor 10:90, 25:75, 50:50, 75:25, 90:10. The modification method used was the impregnation of Fe^{3+} metal ions. The obtained zeolite-Fe was then performed to adsorb phosphate with an initial concentration of 0.9883 ppm. The results obtained were analyzed by FTIR, and UV-Vis Spectrophotometer. The FTIR analysis of zeolite-Fe showed a peak at 474.5 cm^{-1} wave number indicating Fe-O vibration. Phosphate (PO_4^{3-}) absorbed by zeolite-Fe was obtained most at 10:90 variation of 30.54% with adsorbed concentration of 0.3019 mgL^{-1} .

Abstrak

Penelitian tentang zeolit alam termodifikasi logam Fe sebagai adsorben fosfat (PO_4^{3-}) pada air limbah telah dilakukan. Zeolit alam diaktivasi menggunakan HCl 2M. Kemudian zeolit teraktivasi dimodifikasi menggunakan $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dengan perbandingan massa precursor 10:90, 25:75, 50:50, 75:25, 90:10. Metode modifikasi yang digunakan adalah impregnasi ion logam Fe^{3+} . Pada zeolit-Fe yang diperoleh kemudian dilakukan untuk mengadsorpsi fosfat dengan konsentrasi awal 0,9883 ppm. Hasil yang diperoleh dianalisis dengan FTIR, dan Spektrofotometer UV-Vis. Hasil analisis FTIR terhadap zeolit-Fe menunjukkan adanya puncak pada bilangan gelombang $474,5 \text{ cm}^{-1}$ yang mengindikasikan vibrasi Fe-O. Fosfat (PO_4^{3-}) yang terserap oleh zeolit-Fe paling banyak diperoleh pada variasi 10:90 yaitu sebesar 30,54% dengan konsentrasi teradsorpsi sebesar $0,3019 \text{ mgL}^{-1}$.

1. Pendahuluan

Zeolit merupakan mineral alam yang jumlahnya berlimpah di Indonesia. Deposit alam zeolit tersebar di beberapa wilayah seperti Jawa Barat, antara lain di daerah Bayah Kabupaten Lebak, daerah Geger Bitung, Cisarua, Cikembar dan Limusnunggal Kabupaten Sukabumi. Di Jawa Tengah zeolit alam terdapat di daerah Wadaslantang Wonosobo, Nanggulan Kulon Progo, Bayat Klaten dan Kabupaten Gunung Kidul. Selain di Pulau Jawa, bahan alam ini juga dapat ditemukan di Nusa Tenggara Timur. Wilayah Indonesia banyak terdapat mineral zeolit karena sebagian besar wilayah Indonesia terdiri dari batuan gunung api yang merupakan sumber

mineral zeolit, namun pemanfaatan zeolit belum optimal, padahal dalam kenyataannya zeolit merupakan sumber daya alam yang multiguna [1-3].

Fosfat merupakan elemen kunci diantara nutrient utama tanaman yang mengakibatkan terjadinya proses eutrofikasi. Eutrofikasi adalah pencemaran air yang disebabkan oleh munculnya nutrient yang berlebihan ke dalam ekosistem air dimana badan air mengalami penuaan secara bertahap dan menjadi lebih produktif bagi tumbuhnya biomassa memungkinkan alga, tumbuhan air berukuran mikro dan enceng gondok untuk tumbuh berkembang biak dengan pesat akibat ketersediaan fosfat berlebihan [4]. Hal ini

mengakibatkan terganggunya ekosistem air dan menurunnya jumlah oksigen dan kualitas air. Menurut Boyd [5], kadar fosfat (PO_4^{3-}) yang diperkenankan dalam air minum adalah 0,2 ppm. Kadar fosfat dalam perairan alami umumnya berkisar antara 0,005-0,02 ppm. Kadar fosfat melebihi 0,1 ppm, tergolong perairan yang eutrof.

Sejauh ini penelitian tentang zeolit lebih terfokus pada fungsinya sebagai katalis, adsorben logam berat dan penukar ion. Karapınar [6] menggunakan zeolite alam sebagai penghilang ammonium dan fosfat, sedangkan Johan *dkk* [7] memanfaatkan zeolite-Fe sebagai adsorbent untuk polutan anionic dan kationic, dimana dari dua hasil penelitian tersebut diperoleh kesimpulan bahwa zeolit-Fe dapat digunakan dalam menyerap anion dalam hal ini fosfat. Logam besi (Fe) dapat dimasukkan ke dalam struktur permukaan dan kerangka zeolit sebagai prekursor. Besi (Fe) mempunyai interaksi kemisorpsi (adsorpsi kimia) dengan molekul PO_4^{3-} yang sangat kuat [7]. Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan dilakukan modifikasi zeolit alam dengan cara memasukkan logam Fe ke dalam struktur zeolit tersebut. Kemudian digunakan sebagai penyerap (adsorben) fosfat.

2. Metode Penelitian

Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan adalah seperangkat alat gelas, Saringan/pengayak ukuran 100 mesh, Timbangan listrik, *Stirrer*, Oven (*furnace*), *Magnetic stirrer*, Termometer, Instrumen FTIR (*Fourier Transform Infra Red*), Spektrofotometer UV-Vis. Bahan yang digunakan adalah Zeolit Alam, Asam Klorida 2M, Kertas saring halus dan Whatman 42, Aqua-dm, $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 25g, NaH_2PO_4 2g.

Preparasi Sampel Zeolit

Zeolit alam dari Bayat Kabupaten Klaten yang telah digerus dalam bentuk serbuk dan lolos ayakan ukuran 100 mesh direndam dalam akuades sambil diaduk dengan pengaduk besi selama 1 jam pada suhu kamar. Kemudian disaring dengan kertas saring halus dan dikeringkan dalam oven pada suhu 120°C selama 3 jam. Kemudian dihaluskan dengan cara digerus hingga diperoleh serbuk kembali, dan kemudian didinginkan dalam eksikator, sehingga diperoleh sampel zeolit.

Proses Aktivasi Zeolit

Sampel zeolit yang lolos ayakan 100 mesh direndam dalam larutan HCl 2 M selama 24 jam, dishaker dan didiamkan kembali, kemudian disaring dengan kertas saring halus dan dicuci dengan akuades hingga pH mendekati netral. Selanjutnya zeolit dikeringkan pada suhu 120°C dalam oven selama 3 jam dan dimasukkan dalam eksikator hingga kering dan dingin. Zeolit yang sudah kering, dikalsinasi pada suhu 400°C dalam *furnace* selama 4 jam kemudian didinginkan dalam eksikator. Zeolit hasil perlakuan ini disebut sebagai Zeolit Teraktivasi. Produk yang diperoleh kemudian dikarakterisasi, meliputi analisis gugus kimia menggunakan instrumen FTIR.

Modifikasi Zeolit Teraktivasi dengan Logam Fe

Modifikasi pada zeolit dilakukan dengan cara mencampurkan bubuk zeolit teraktivasi dengan padatan kompleks FeCl_3 . Dilakukan variasi perbandingan massa prekursor Fe dengan zeolit pada 10:90, 25:75, 50:50, 75:25 dan 90:10. Kemudian ditambah dengan aquademineralized 200mL. Proses reaksi dimulai dengan menstirer campuran selama 24 jam. Kemudian campuran tersebut disaring dan dikeringkan ke dalam oven pada suhu 120°C selama 3 jam, dan dikalsinasi pada suhu 600°C selama 6 jam. Produk yang dihasilkan dikarakterisasi, meliputi analisis keberadaan logam Fe dalam Zeolit-Fe menggunakan instrumen FTIR.

Analisis Efektivitas Adsorpsi Zeolit-Fe Terhadap Fosfat

Penentuan nilai efektifitas penyerapan produk Zeolit-Fe terhadap fosfat (PO_4^{3-}) dilakukan dengan cara mengukur konsentrasi awal fosfat sebelum dan sesudah perendaman Zeolit-Fe menggunakan Spektrofotometer UV-Vis. Metode yang digunakan yaitu metode asam askorbat.

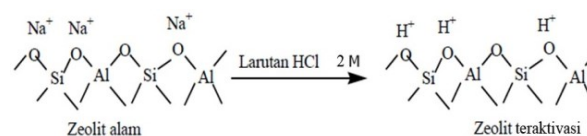
3. Hasil dan Pembahasan

Preparasi Sampel Zeolit Alam

Zeolit alam dilakukan penghancuran dan pengayakan berukuran 100 mesh, dengan tujuan memperbesar luas permukaan zeolit alam sehingga kemampuan untuk bereaksi dapat lebih optimal. Kemudian zeolit yang sudah berukuran 100 mesh, direndam dengan menggunakan aquademineralized (aqua-dm). Pemilihan aqua-dm dimaksudkan untuk meminimalisir adanya mineral lain yang ikut bereaksi dengan zeolit. Perendaman dengan aqua-dm bertujuan untuk mencuci zeolit dari pengotor-pengotor bersifat fisik.

Aktivasi Zeolit Alam

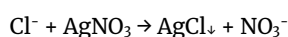
Zeolit yang sudah dipreparasi direndam dalam larutan HCl 2 M selama 24 jam. Hal ini dilakukan untuk melarutkan pengotor yang masih ada pada zeolit. Zeolit yang sudah direndam dengan larutan HCl 2 M yang mempunyai pH asam sekitar 3-4. Reaksi zeolit dengan HCl ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 1. Reaksi zeolit dengan HCl 2M

Pada proses aktivasi, ion H^+ yang dihasilkan dari reaksi penguraian HCl dalam medium air akan mengurai ikatan atom Al yang berada pada struktur zeolit dan juga menghilangkan kation-kation penyeimbang pada zeolit alam (Na, Mg, Ca, Br). Ion H^+ ini akan diserang oleh atom oksigen yang terikat pada Si dan Al. Berdasarkan harga energi disosiasi ikatan Al-O ($116 \text{ kkal.mol}^{-1}$) jauh lebih rendah dibandingkan energi disosiasi ikatan Si-O ($190 \text{ kkal.mol}^{-1}$), maka ikatan Al-O jauh lebih mudah terurai dibandingkan Si-O. Selanjutnya pH zeolit dinetralkan

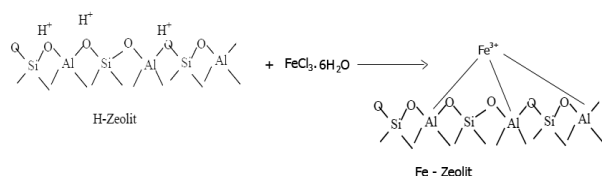
sampai pH 7 dengan cara pencucian menggunakan akuades. Proses pencucian ini ditujukan agar ion klor (Cl^-) yang terdapat dalam larutan dapat terpisah dari campuran, berdasarkan sifatnya Ion klor dapat mudah larut dengan air. Setelah tahap ini dilakukan penyaringan dan pencucian menggunakan air bersuhu 70°C . Pencucian dilakukan untuk menghilangkan ion klorida yang masih terkandung dalam larutan. Untuk mengetahui keberadaan ion ini pada filtrat hasil penyaringan ditetaskan larutan perak nitrat (AgNO_3). Larutan AgNO_3 apabila berinteraksi dengan Cl^- maka akan membentuk endapan putih. Reaksi yang berlangsung



Tahap selanjutnya dari proses pembebasan Cl yaitu adalah pengeringan. Proses pengeringan ini dilakukan untuk menghilangkan air. Proses ini dilakukan menggunakan oven pada suhu 120°C . Zeolit teraktivasi yang telah kering dan terbebas dari Cl^- kemudian dikalsinasi. Proses kalsinasi dilakukan pada suhu 400°C . Pada suhu tersebut diharapkan pengotor-pengotor alkali dan alkali tanah zeolit akan hilang.

Modifikasi Zeolit Teraktivasi dengan Logam Fe

Zeolit yang telah diaktifasi kemudian dilarutkan ke dalam aquademineralized 100 ml pada suhu kamar. Proses pencampuran ini ditujukan agar zeolit dan bahan yang akan ditambahkan berinteraksi secara menyeluruh dan akan mempercepat reaksi ketika ditambahkan kompleks $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Proses selanjutnya adalah penambahan serbuk kompleks $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Sebelumnya telah dilakukan penimbangan massa zeolit teraktivasi dan massa $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ untuk dilakukan variasi. Variasi yang dibuat yaitu perbandingan massa zeolit alam teraktivasi dengan massa $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, seperti berikut; 10:90, 25:75, 50:50, 75:25, 90:10.



Gambar 2. Reaksi Modifikasi Zeolit dengan Fe

Pemvariasian ini bertujuan untuk mengetahui pada komposisi perbandingan berapakah akan terjadi adsorpsi maksimum fosfat (PO_4^{3-}). Selanjutnya yaitu proses pengadukan dengan *magnetic stirrer* larutan campuran zeolit dengan $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dilakukan selama 24 jam untuk tiap variasi. Pengadukan ini ditujukan agar zeolit dan $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ larut secara homogen. Hasil pengadukan akan terbentuk Zeolit-Fe sebagai produk utama akibat pertukaran kation H^+ dengan Fe^{3+} . Kemudian akan terjadi Cl^- yang akan berikatan dengan H^+ yang sebelumnya milik zeolit lalu membentuk HCl, lalu juga akan masih terdapat sisa H_2O . Hasil residu yang terbentuk kemudian disaring dengan kertas saring whaltzman. Kemudian dilakukan pemanasan dengan oven pada suhu 120°C selama 3 jam. Tujuan pemanasan dengan oven yaitu untuk menghilangkan HCl dan H_2O yang terdapat pada zeolit. HCl yang memiliki titik didih 110°C pada keadaan 1 atm dan H_2O dengan titik didih 100°C akan menguap dan

hilang dari produk. Sehingga hasil akhir modifikasi zeolit yang telah kering tersebut adalah zeolit-Fe.

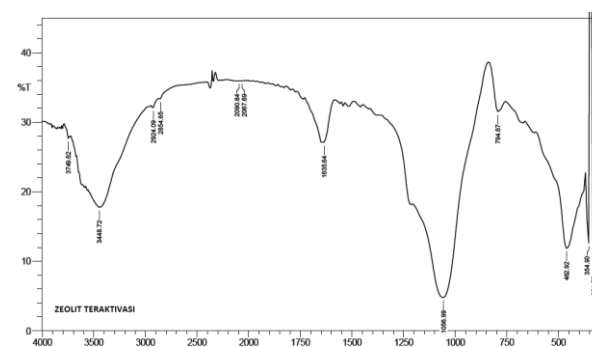
Perbandingan kenampakan fisik antara zeolit alam, zeolit alam teraktivasi dan zeolit-Fe dapat dilihat pada lampiran. Proses modifikasi ini menghasilkan sifat fisik yang berbeda. Zeolit yang dimodifikasi Fe memberikan warna yang cenderung lebih merah dibandingkan dengan zeolit yang tidak dimodifikasi. Hal ini menegaskan telah menyatunya zeolit dengan Fe.

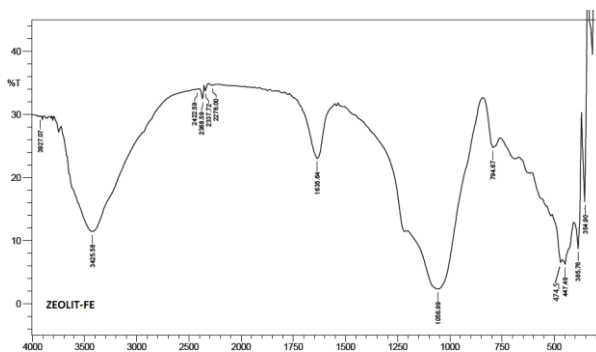
Analisis Spektra FTIR

Metode yang cukup penting untuk mengkarakterisasi struktur kerangka zeolit dan mengetahui pengaruh keberadaan Fe adalah dengan analisis spektra inframerah khususnya tipe *Fourier Transformation-Infra Red* (FTIR). Pada umumnya rentang bilangan gelombang $300-1300\text{ cm}^{-1}$ berbentuk ikatan tetrahedral yaitu O-Si-O dan O-Al-O. Pada pita $900-1250\text{ cm}^{-1}$ merupakan rentangan asimetris, rentangan simetris ditunjukkan pada pita $650-850\text{ cm}^{-1}$, tekukan Si-O/Al-O (T-O) pada internal muncul pada daerah $420-500\text{ cm}^{-1}$ sedangkan untuk eksternal akan muncul pada $700-780\text{ cm}^{-1}$ [8].

Spektra yang dihasilkan oleh zeolit-Fe memiliki kesamaan pola dengan zeolit alam teraktivasi. Hal ini menunjukkan bahwa Fe yang direaksikan pada zeolit tidak mengubah struktur asli dari zeolitnya. Pada penentuan gugus fungsi yang ada pada struktur zeolit dibedakan menjadi dua [9]. Gugus fungsi pertama yaitu vibrasi internal yang berhubungan dengan TO_4 tetrahedral yang merupakan unit struktur yang utama.

Gugus fungsi kedua yaitu vibrasi eksternal yang berhubungan dengan sambungan antar tetrahedral. Semua jenis zeolit dapat ditemukan pada spektra Gugus fungsi pertama. Spektra pada gugus fungsi pertama digunakan untuk penentuan vibrasi tetrahedral internal. Spektra gugus fungsi kedua memperlihatkan struktur keseluruhan dan penggabungan masing-masing tetrahedral pada unit struktur sekunder.





Gambar 3. Spektra IR zeolit alam teraktivasi dan zeolit-Fe

Vibrasi internal dan eksternal, maupun vibrasi yang dihasilkan pada senyawa yang ada dalam zeolit sebagai berikut:

Tabel 1: Intepretasi Spektra FTIR

Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)			Intepretasi
Zeolit Teraktivasi	Zeolit-Fe	Referensi	
-	474,5	600 - 400	Vibrasi Fe-O
300,90	354,9	420 - 300	Pore opening
462,92	447,49	500 - 420	Vibrasi tekuk internal T-O SiO/AlO
794,67	794,67	820 - 650	Vibrasi ulur simetri OSiO/OAlO
1056,99	1056,99	1250 - 950	Vibrasi ulur asimetri -OSi-O -OAl-O
1635,64	1635,64	1650 - 1645	Vibrasi tekuk Si-OH
3448,72	3425,58	3600 - 3200	Ikatan ulur O-H

Intepretasi Spektra FTIR dapat diketahui dari beberapa serapan yang ada. Pita serapan pada daerah bilangan gelombang 420–300 cm⁻¹, pada zeolit teraktivasi serapan berada pada 300,90 cm⁻¹ yang dimana pada serapan tersebut termasuk dalam pembukaan pori zeolit. Pembukaan pori termasuk kepada spektra vibrasi jalinan eksternal zeolit [9]. Pada Zeolit-Fe terdapat pita serapan pada bilangan gelombang 600–400 cm⁻¹ yaitu berada pada 474,5 cm⁻¹ ini menunjukkan adanya sejumlah ikatan Fe-O pada permukaan zeolit. Hal ini sesuai dengan literatur yang menyebutkan bahwa vibrasi logam dengan gugus O akan muncul pada bilangan gelombang 600–400 cm⁻¹ [10].

Penurunan serapan terjadi pada bilangan gelombang antara 500 – 420 cm⁻¹ yang merupakan Vibrasi tekuk T-O SiO/AlO mengalami penurunan antara Zeolit Alam Teraktivasi dan Zeolit-Fe. Besarnya luas area yang dihasilkan pada Zeolit-Fe (462,92 cm⁻¹) lebih kecil dibandingkan dengan zeolit alam teraktivasi (447,49 cm⁻¹). Hal ini dikarenakan adanya ikatan tekuk yang berkurang antara SiO/AlO. Besarnya energi ikatan tekuk SiO/AlO yang berkurang, kemungkinan disebabkan adanya Fe- yang mengikat -O dari SiO/AlO.

Bilangan gelombang 790 cm⁻¹ merupakan vibrasi ulur simetri O-Si-O/O-Al-O. Vibrasi ulur yang melibatkan atom tetrahedral dapat dilihat pada daerah 650–820 cm⁻¹. Pada zeolit alam teraktivasi dan Zeolit-Fe masing-masing memiliki serapan yang sama pada

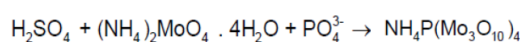
794,67 cm⁻¹. Vibrasi ulur ini menunjukkan komposisi ikatan Si-Al kerangka zeolit [9].

Araújo *dkk.* [9] mengemukakan bahwa vibrasi internal yang berhubungan dengan TO4 tetrahedral yang merupakan unit struktur yang utama. Pada spektra yang dimaksud berada pada 950–1250 cm⁻¹. Pada bilangan gelombang ini menunjukkan jalinan internal vibrasi ulur tetrahedral asimetri dan jalinan eksternal vibrasi ulur asimetri. Pita serapan yang terbaca pada zeolit alam teraktivasi dan Zeolit-Fe sama yaitu 1056,99 cm⁻¹.

Pada bilangan gelombang 3448,72 cm⁻¹ pada zeolit teraktivasi dan 3425,58 cm⁻¹ pada zeolit-Fe menunjukkan adanya ikatan ulur -OH. Gugus ini memberikan informasi bahwa adanya air (hidrat) yang dimiliki oleh kristal zeolit. Pita serapan antara 1600–3700 cm⁻¹ menunjukkan keberadaan air. Pada Spektra IR yang dihasilkan oleh Zeolit teraktivasi dan Zeolit-TiO₂ terdapat serapan pada bilangan berkisar 1635,64 cm⁻¹. Pita serapan pada daerah sekitar 1650 cm⁻¹ menunjukkan vibrasi dari air.

Analisis Efektifitas Adsorpsi Zeolit-Fe Terhadap Fosfat (PO₄³⁻)

Pada penelitian ini proses adsorpsi yang dilakukan dengan menambahkan zeolit-Fe pada larutan fosfat yang telah dilakukan perlakuan khusus sesuai standar uji fosfat pada spektrofotometer UV-Vis. Sebelumnya fosfat diambil dari sumber fosfat yaitu senyawa NaH₂PO₄. Kemudian NaH₂PO₄ dicampurkan dengan H₂SO₄ 5N 50 ml, kalium antimonil tartat 5 ml, amonium molibdat 15 ml dan asam askorbat 30 ml. Metode tersebut merupakan teknik oksidasi persulfat untuk membebaskan/menetapkan fosfat organik. Ammonium molibdat dan potassium antimonil tartrat dalam media asam dengan orthofosfat akan membentuk asam heteropoli-asam fosfomolibdat yang tereduksi menjadi molybdenum yang berwarna biru oleh asam askorbat. Reaksi yang berlangsung:



Metode asam askorbat dapat digunakan untuk penetapan bentuk-bentuk fosfat tertentu didalam air minum, air permukaan, air payau, air limbah rumah tangga dan limbah industri. Cara uji ini digunakan untuk penentuan kadar fosfat yang terdapat dalam air/air limbah antara 0,01-1.0 mgL⁻¹ PO₄³⁻. Campuran tersebut menghasilkan larutan campuran fosfat yang siap uji.

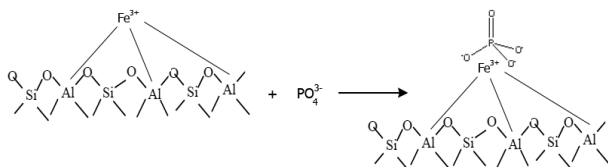
Tabel 2: Hasil adsorpsi fosfat (PO₄³⁻) oleh Zeolit-Fe

Variasi Zeolit:Fe	Konsentrasi Mula-Mula Fosfat (ppm)	Konsentrasi Akhir Fosfat (ppm)	Persentase Fosfat yang teradsorpsi	Konsentrasi Fosfat yang Terserap (mgL ⁻¹)
10:90	0,9883	0,6864	30,54%	0,3019
25:75	0,9883	0,7132	27,83%	0,2751
50:50	0,9883	0,7394	25,18%	0,2489
75:25	0,9883	0,9660	2,25%	0,0223
90:10	0,9883	0,9688	1,97%	0,0195

Kemudian dari larutan campuran fosfat dibuatlah larutan campuran fosfat dengan konsentrasi 100 ppm. Larutan campuran fosfat kemudian ditambahkan dengan

variasi zeolit-Fe yang berbeda-beda (10:90, 25:75, 50:50, 75:25, 90:10) dengan berat masing-masing 0,1 gram ke dalam gelas erlenmeyer. Kemudian tiap-tiap erlenmeyer di stirer dengan magnetic stirer selama 24 jam. Selanjutnya akan terbentuk filtrat dan residu, yang mana residu akan kita saring dan pisahkan dengan filtratnya untuk dalam gelas erlenmeyer. Kemudian tiap-tiap erlenmeyer di stirer dengan magnetic stirer selama 24 jam. Selanjutnya akan terbentuk filtrat dan residu, yang mana residu akan kita saring dan pisahkan dengan filtratnya.

Pada tabel 2 dapat diamati bahwa konsentrasi fosfat berkurang setelah direaksikan dengan zeolit-Fe. Hal ini membuktikan bahwa zeolit-Fe mampu berikatan dengan fosfat (PO_4^{3-}) sehingga proses adsorpsi dapat berlangsung. Proses adsorpsi fosfat oleh berbagai variasi zeolit-Fe, menunjukkan bahwa pada variasi zeolit-Fe 10:90 didapat persentase fosfat teradsorpsi paling besar yaitu sebesar 30,54% dengan konsentrasi fosfat teradsorpsi yaitu sebesar 0,3019 mgL^{-1} . Sedangkan pada variasi zeolit-Fe 90:10 didapat persentase fosfat teradsorpsi paling kecil yaitu sebesar 1,97% dengan konsentrasi fosfat teradsorpsi yaitu sebesar 0,0195 mgL^{-1} . Hal tersebut menunjukkan bahwa semakin banyak massa Fe yang ditambahkan pada zeolit teraktivasi maka semakin besar kemampuan adsorpsi fosfat zeolit tersebut. Menurut Boyd [5], kadar fosfat (PO_4^{3-}) yang diperkenankan dalam air minum adalah 0,2 ppm. Kadar fosfat dalam perairan alami umumnya berkisar antara 0,005-0,02 ppm. Kadar fosfat melebihi 0,1 ppm, tergolong perairan yang eutrof.



Gambar 5. Reaksi Zeolit-Fe dengan Fosfat

Proses adsorpsi fosfat (PO_4^{3-}) oleh zeolit-Fe dapat terjadi akibat adanya atom Fe^{3+} yang terdapat pada permukaan zeolit akibat proses modifikasi. Fosfat (PO_4^{3-}) yang memiliki valensi 3- cenderung akan berikatan pada kation Fe^{3+} pada zeolit yang memiliki valensi 3+ akibat kesamaan valensi yang dimiliki.

4. Kesimpulan

Zeolit alam yang berasal dari Bayat dapat dimodifikasi dengan logam Fe menjadi zeolit-Fe. Selama proses adsorpsi dengan variasi Zeolit dengan Fe 10:90, 25:75, 50:50, 75:25, dan 90:10, fosfat (PO_4^{3-}) yang terserap oleh zeolit-Fe paling banyak terserap pada variasi zeolit-Fe 10:90 yaitu sebesar 30,54%. Hal ini mengindikasikan bahwa semakin banyak massa Fe yang ditambahkan dengan zeolit alam teraktivasi maka semakin besar pula fosfat yang terserap. Konsentrasi fosfat (PO_4^{3-}) yang teradsorpsi paling tinggi dimiliki oleh variasi zeolit-Fe 10:90, yaitu sebesar 0,3019 mgL^{-1} .

5. Daftar Pustaka

- [1] Mursi Sutarti, Minta Rachmawati, Zeolit tinjauan literatur, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Jakarta, 1994.
- [2] Arnelli, Ismiyanto, Kegunaan Zeolit Termodifikasi Sebagai Penyerap Anion, *Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi*, 3, 1, (2000) 41-84
- [3] Fitri Lutfiana Rahayu, Rahmad Nuryanto, Linda Suyati, Pengaruh Diameter Kanal Pelet Katalis Zeolit Aktif dan Ni-Zeolit terhadap Pirolisis Limbah Batang Pohon Sagu (Metroxylonsp.), *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 16, 1, (2013) 33-37
- [4] Rosariawari Firra, Effektivitas Multivalen Metal Ions Dalam Penurunan Kadar Phospt Sebagai Bahan Pembentuk Deterjen, *Envirotek: Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 2, 1, (2010) 24-32
- [5] C. E. Boyd, Water quality management for pond fish culture, Elsevier Scientific Publishing Co., Amsterdam, 1982.
- [6] Nuray Karapınar, Application of natural zeolite for phosphorus and ammonium removal from aqueous solutions, *Journal of Hazardous Materials*, 170, 2, (2009) 1186-1191 <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2009.05.094>
- [7] Erni Johan, Elvis Anup Shukla, Naoto Matsue, Teruo Henmi, Fe-Treated Artificial Zeolite as an Adsorbent for Anionic and Cationic Pollutants, *Procedia Environmental Sciences*, 17, (2013) 285-290 <http://dx.doi.org/10.1016/j.proenv.2013.02.040>
- [8] Halimatun Hamdan, Introduction to Zeolites: Synthesis, Characterization, and Modification, Universiti Teknologi Malaysia, Kualalumpur, 1992.
- [9] Jailson A. Araújo, Fernanda T. Cruz, Ivana H. Cruz, Dilson Cardoso, Encapsulation of polymers in CTA-MCM-41 via microemulsion, *Microporous and Mesoporous Materials*, 180, (2013) 14-21 <http://dx.doi.org/10.1016/j.micromeso.2013.05.010>
- [10] Kazuo Nakamoto, Infrared and Raman Spectra of Inorganic and Coordination Compound, Third Edition ed., John Wiley and Sons Inc, New York, 1978.