

SINTESIS DAN KARAKTERISASI KOMPOSIT ZEOLIT MAGNETIT DAN APLIKASINYA SEBAGAI ADSORBEN Ni(II)

Synthesis and Characterization of Zeolite-Magnetite Composite and Its Application as Ni (II) Adsorbent

Anis Kholifatur Rosyidah¹⁾, Suyanta¹⁾
 Jurusan Kimia FMIPA Universitas Gadjah Mada
 Sekip utara Bulaksumur Yogyakarta
¹⁾e-mail: anis.kholifatur.r@gmail.com

DOI: 10.20527/jstk.v15i1.9609

Submitted: December 4, 2020; *Revised version accepted for publication:* December 24, 2020

Available online: January 21, 2021

ABSTRAK

Sintesis, karakterisasi dan uji adsorpsi komposit zeolit magnetit telah dilakukan. Komposit zeolit magnetit disintesis menggunakan metode kopresipitasi campuran Fe^{2+} dan Fe^{3+} pada pH 11 dengan mempelajari pengaruh durasi pengadukan reaktan terhadap kristalinitas produk. Hasil sintesis dikarakterisasi dengan metode spektrofotometri Inframerah (FTIR) dan difraksi sinar-X (XRD). Aplikasi zeolit-magnetit sebagai adsorben Ni(II) dipelajari dengan mengkaji pengaruh variasi waktu adsorpsi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa komposit zeolit magnetit dengan kristalinitas yang baik dan memiliki sifat kemagnetan berhasil disintesis menggunakan metode kopresipitasi. Komposit zeolit magnetit dengan kristalinitas paling baik terbentuk pada saat durasi pengadukan reaktan selama 1 menit. Adsorpsi Ni(II) oleh komposit zeolit magnetit secara optimal terjadi pada waktu adsorpsi 100 menit. Uji pemisahan fasa padat pada komposit zeolit magnetit sebagai adsorben memerlukan waktu lebih cepat menggunakan medan magnet eksternal.

Kata Kunci: komposit zeolit magnetit, kopresipitasi, adsorpsi.

ABSTRACT

Synthesis, characterization and adsorption study of zeolite magnetite composite have been conducted. The zeolite magnetite composite was synthesized by coprecipitation method from Fe^{2+} dan Fe^{3+} with various effect of contact time toward the crystallinity of the product. This magnetite adsorbent was characterized using Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) and X-ray diffraction (XRD). The adsorption study comprised the determination of optimum contact time and adsorption equilibrium. The results showed that zeolite magnetite composite with the best crystallinity and magnetism properties has been successfully synthesized succeeded using coprecipitation method. As for the Ni(II) adsorption by the synthesized composite, the optimum result was obtained after 1-minute of contact time. The adsorbent of zeolite-magnetite composite could be dispersed and removed quickly by external field magnet.

Keywords: zeolite magnetite composite, coprecipitation, adsorption

PENDAHULUAN

Zeolit alam merupakan salah satu mineral alam yang banyak ditemukan di berbagai daerah di Indonesia. Mineral ini

memiliki potensi yang sangat luas untuk dikembangkan dalam penelitian, karena dapat dikombinasikan dengan mineral lain. Zeolit alam banyak digunakan sebagai katalis dalam bidang industri dan sebagai adsorben ion

logam dalam bidang lingkungan. Keunggulan zeolite sebagai adsorben adalah kemampuannya dalam menyerap ion-ion logam beracun dalam limbah.

Menurut Susetyaningsih dkk. (2009) faktor penting penggunaan zeolit sebagai adsorben selain murah dan mudah ditemukan adalah karena kemampuannya dalam hal pertukaran ion logam. Keunggulan zeolit sebagai adsorben karena mempunyai struktur berpori dan ukuran yang spesifik bergantung pada komposisi kimia unsur penyusunnya. Magnetit merupakan salah satu oksida besi yang memiliki sifat kemagnetan. Selain memiliki daya adsorpsi yang cukup baik, magnetit juga memiliki stabilitas yang tinggi, memiliki warna yang cukup menarik, dan memiliki luas permukaan spesifik yang cukup tinggi ($>100 \text{ m}^2/\text{g}$) sehingga efektif digunakan sebagai adsorben ion logam (Cornell dan Schwertmann, 2003).

Magnetisasi zeolit alam dengan oksida besi jenis magnetit diharapkan mampu membentuk adsorben yang memiliki sifat adsorpsi tinggi dan memiliki sifat magnetik sehingga mudah dalam proses pemisahan adsorben. Magnetit memiliki sifat superparamagnetit, tidak beracun dan biokompabilitasnya tinggi sehingga sesuai untuk berbagai bidang bioteknologi (Petcharon dan Sirivat, 2012). Oksida besi jenis magnetit juga mudah disintesis, di antaranya menggunakan metode kopresipitasi atau pengendapan secara serentak dari komponen terlarut normal dengan komponen makro dari larutan yang sama sehingga membentuk kristal campuran

(Day dkk., 2001). Menurut Salavati dkk. (2012) kopresipitasi merupakan metode yang mudah dalam sintesis oksida besi karena dilakukan pada suhu rendah, waktu yang cepat, penggunaan peralatan yang sederhana dan produk yang dihasilkan memiliki kemurnian yang tinggi. Penelitian yang dilakukan oleh Patrica (2014) pada sintesis zeolit magnetit diperoleh kesimpulan bahwa kondisi optimum sintesis dicapai pada suhu 85°C .

Adsorpsi merupakan teknik sederhana dan efektif dalam menanggulangi pencemaran logam berat di lingkungan. Untuk mengatasi pencemaran ion logam dalam limbah, zeolit sering digunakan sebagai adsorben dengan berbagai keunggulannya. Dalam sintesis komposit zeolit magnetit metode kopresipitasi sering digunakan karena mampu menghasilkan adsorben dengan kapasitas adsorpsi yang tinggi seperti penelitian yang dilakukan oleh Rofiana (2013). Selain itu fasa padat pada komposit zeolit magnetit dapat dengan mudah dipisahkan menggunakan medan magnet eksternal.

Zeolit magnetit yang disintesis pada penelitian ini selanjutnya digunakan sebagai adsorben ion Ni(II) dalam larutan. Pada proses sintesis ini akan dipelajari pengaruh waktu pengadukan reaktan terhadap kristalinitas komposit yang terbentuk. Waktu kontak pengadukan pada saat pencampuran reaktan Fe^{2+} dan Fe^{3+} dapat berpengaruh terhadap spesies oksida besi yang terbentuk. Selain itu hal ini juga berpengaruh terhadap penurunan kristalinitas oksida besi.

METODOLOGI PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah gelas beker, erlenmeyer, labu ukur, *hot plate*, pengaduk magnet, penyaring Buchner, spektrofotometer IR *Shimadzu Fourier-Transform Infrared* (FT-IR prestige 21), X-Ray Diffraction (Shimadzu XRD 6000), *Atomic Adsorption Spectroscopy* (AAS Perkin Elmer 3110) dan alat refluks. Dan bahan-bahan yang digunakan adalah zeolit alam Gunung Kidul Wonosari, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ E-Merck, $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ E-Merck, $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ E-Merck, NH_3 teknis E-Merck, HCl 37% E-Merck, AgNO_3 E-Merck, akuades, akuabides, kertas *Whatman* 42 μ , dan kertas saring.

Prosedur Penelitian

Aktivasi dengan perlakuan asam

Sebanyak 100 g zeolit yang telah lolos ayakan 100 mesh direfluks dengan larutan asam klorida (HCl) dengan konsentrasi 3 M pada suhu 90°C selama 30 menit. Campuran kemudian disaring menggunakan kertas *Whatman-42* dan dicuci menggunakan akuades hingga bebas ion Cl^- . Padatan zeolit teraktivasi dikeringkan pada suhu 120°C selama 24 jam, selanjutnya dihaluskan dan dikarakterisasi dengan metode FTIR, XRD.

Sintesis komposit zeolit-magnetit

Komposit zeolit magnetit disintesis menggunakan 1,39 gram $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ dan 4,04 gram $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ yang dilarutkan dalam 100 mL akuades. Kedua larutan tersebut dimasukkan ke dalam gelas piala 1000 mL yang di dalamnya terdapat 2 gram

zeolit alam teraktivasi. Campuran tersebut diaduk selama 1 menit pada suhu kamar kemudian ditambahkan larutan NH_4OH tetes demi tetes hingga pH 11. Padatan hasil sintesis disaring dan dicuci dengan larutan HCl 10^{-4} M hingga netral. Padatan yang diperoleh dimasukkan ke dalam oven sampai kering pada suhu 75°C. Untuk mengetahui pengaruh durasi pengadukan reaktan, prosedur serupa kembali dilakukan dengan durasi pengadukan yang berbeda yaitu masing-masing 1, 20, 40, 60, dan 80 menit. Karakterisasi produk dilakukan dengan metode FTIR dan XRD.

Aplikasi zeolit-magnetit sebagai adsorben Ni(II)

Sebanyak 7 erlenmeyer masing-masing dimasukkan 25 mL larutan Ni(II) 50 ppm pada pH 6. Larutan tersebut masing-masing ditambahkan 0,01 gram zeolit magnetit, kemudian diaduk menggunakan pengaduk magnet dengan durasi bervariasi, yaitu masing-masing 0, 25, 50, 100, dan 200 menit. Setelah pengadukan berakhir dilakukan penyaringan dengan kertas saring *whatman* 42. Konsentrasi Ni(II) dalam larutan yang tidak teradsorp (filtrat) ditentukan dengan menggunakan SSA, sedangkan konsentrasi ion logam yang teradsorp oleh magnetit dihitung sebagai perbedaan antara konsentrasi awal dengan konsentrasi Ni(II) yang tidak teradsorp.

Uji recovery adsorben

Larutan Ni(II) 50 mL dimasukkan ke dalam dua buah tabung reaksi. Pada tabung reaksi pertama ditambahkan 0,5 g serbuk

zeolit teraktivasi, sedangkan pada tabung reaksi kedua ditambahkan 0,5 g serbuk zeolit-magnetit; selanjutnya kedua tabung reaksi tersebut dikocok. Zeolit pada tabung reaksi pertama dibiarkan mengendap secara alami, sedangkan zeolit-magnetit pada tabung reaksi kedua ditarik dengan magnet batang dari luar dinding tabung. Dilakukan pengamatan waktu yang diperlukan untuk tercapainya keadaan di mana larutan pada masing-masing tabung reaksi tersebut jernih.

HASIL DAN PEMBAHASAN

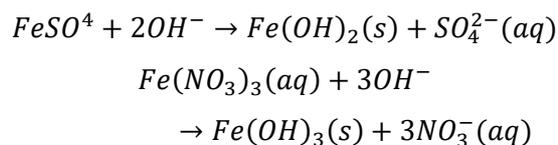
Sintesis Zeolit Magnetit

Zeolit yang digunakan dalam proses sintesis adalah zeolit alam hasil aktivasi. Zeolit alam pada umumnya masih mengandung banyak pengotor, sehingga perlu dilakukan aktivasi untuk menghilangkan pengotornya. Proses aktivasi dilakukan dengan perlakuan asam menggunakan asam klorida. Perlakuan asam ini bertujuan untuk membersihkan permukaan pori, menghilangkan pengotor, dan mengatur kembali letak atom yang dapat dipertukarkan. Proses pengasaman ini juga menyebabkan kenaikan rasio Si/Al, peningkatan volume dan luas permukaan zeolit. Penelitian yang dilakukan oleh Wahidatun (2015) membuktikan bahwa aktivasi menggunakan asam menyebabkan hilangnya pengotor dan memperluas permukaan zeolit.

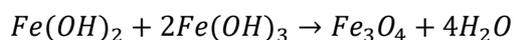
Dalam proses sintesis komposit zeolite magnetit dengan metode kopresipitasi

digunakan larutan NH_4OH sebagai agen pengendap. Larutan NH_4OH berfungsi sebagai agen pengendap karena mampu terurai menjadi NH_4^+ dan OH^- yang merupakan reaksi dapat balik yang dapat mempertahankan kestabilan pH larutan sehingga komposit zeolite magnetit yang dihasilkan akan memiliki tingkat kristalinitas yang tinggi (Wang dkk., 2010).

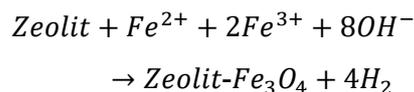
Penambahan larutan NH_4OH menyebabkan terjadinya kenaikan pH akibat konsentrasi basa yang berlebih sehingga terjadi reaksi hidrolisis pada Fe^{2+} maupun Fe^{3+} yang akan bergeser ke arah pembentukan endapan. Perkiraan reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:

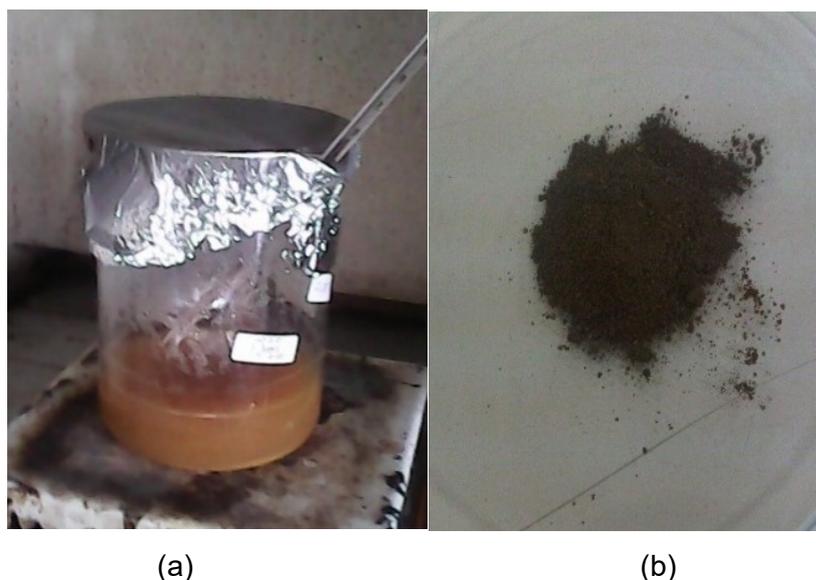


Spesies hidroksida besi pada reaksi di atas akan berperan pada pembentukan padatan dan terdistribusi secara merata pada permukaan zeolit atau masuk ke pori-pori zeolit. Proses pemanasan pada saat sintesis menyebabkan H_2O berkurang sehingga terbentuk oksida besi. Perkiraan reaksi pembentukan magnetit adalah:



Dan perkiraan reaksi magnetisasi zeolit dengan oksida besi adalah sebagai berikut:





Gambar 1. (a) Larutan komposit zeolit-magnetit pada saat proses sintesis (b) komposit zeolit-magnetit setelah dikeringkan

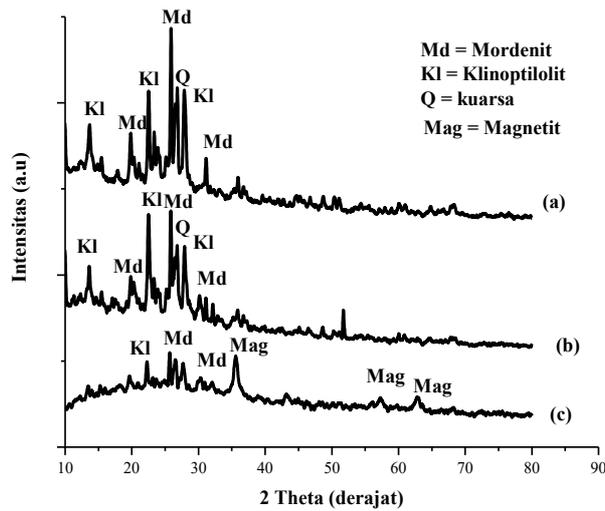
Proses sintesis komposit zeolit magnetit dilakukan dengan variasi waktu kontak pengadukan reaktan dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh lama waktu pengadukan reaktan (Fe^{2+} dan Fe^{3+}) terhadap kristalinitas produk yang dihasilkan. Komposit zeolit magnetit yang dihasilkan berupa padatan yang berwarna hitam kecoklatan. Terbentuknya warna hitam kecoklatan kemungkinan karena adanya percampuran antara magnetit yang berwarna hitam dengan oksida besi jenis lain yang memiliki warna lebih muda.

Interpretasi Difraktogram dan Spektra Inframerah pada Zeolit Alam, Zeolit Teraktivasi, Dan Komposit Zeolit-Magnetit

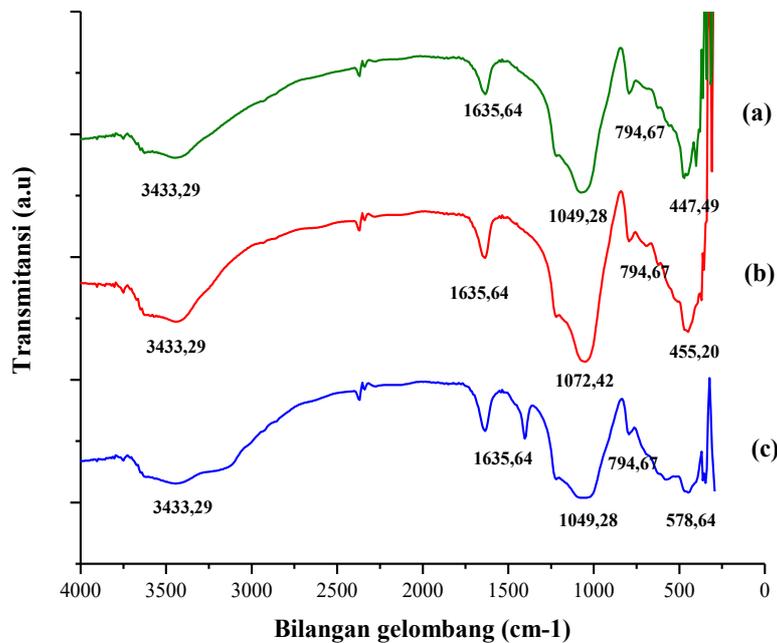
Untuk mengetahui pengaruh aktivasi dengan asam pada zeolit alam sebelum diaktivasi dan setelah aktivasi dilakukan analisis menggunakan difraksi sinar-X. Zeolit alam yang digunakan dalam penelitian ini didominasi oleh mineral mordenit, klinoptilolit

dan kuarsa. Puncak-puncak yang muncul pada 2θ : $20,84^\circ$; $26,62^\circ$ ($d=4,26 \text{ \AA}$; $3,35 \text{ \AA}$), merupakan puncak karakteristik untuk kuarsa. Pada puncak 2θ : $9,79^\circ$; $13,48^\circ$; $19,65^\circ$; $20,14^\circ$; $23,71^\circ$; $23,99^\circ$; $25,68^\circ$; $27,66^\circ$; $27,86^\circ$; $30,93^\circ$; $35,71^\circ$ ($d= 9,03 \text{ \AA}$; $6,56 \text{ \AA}$; $4,51 \text{ \AA}$; $4,41 \text{ \AA}$; $3,75 \text{ \AA}$; $3,70 \text{ \AA}$; $3,47 \text{ \AA}$; $3,22 \text{ \AA}$; $3,20 \text{ \AA}$; $2,89 \text{ \AA}$; $2,51 \text{ \AA}$) karakteristik untuk jenis mineral mordenit. Puncak 2θ : $22,32^\circ$; $23,18^\circ$; $26,34^\circ$ ($d= 3,98 \text{ \AA}$; $3,83 \text{ \AA}$; $3,38 \text{ \AA}$) karakteristik untuk jenis mineral klinoptilolit.

Dari data difraktogram pada zeolit teraktivasi menunjukkan adanya peningkatan intensitas mineral mordenit, klinoptilolit dan kuarsa yang ditunjukkan dengan tingginya puncak setelah proses aktivasi. Hasil ini menunjukkan bahwa proses aktivasi menggunakan asam dapat meningkatkan kristalinitas zeolit dan menghilangkan pengotor.



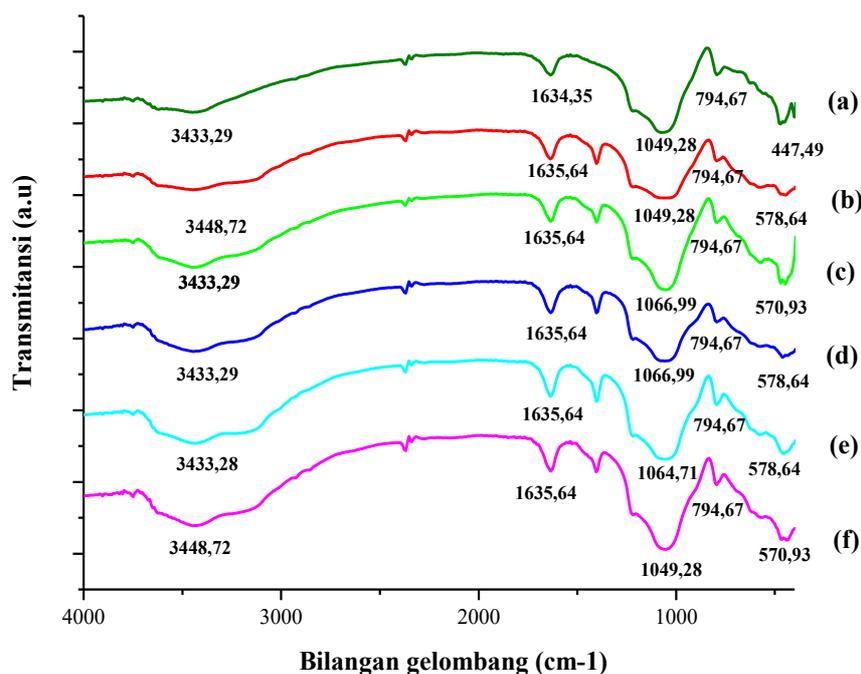
Gambar 2. Difraktogram XRD : (a) zeolit teraktivasi (b) zeolit alam (c) komposit zeolit-magnetit durasi pengadukan 1 menit



Gambar 3 Spektra inframerah : (a) zeolit teraktivasi (b) zeolit alam (c) komposit zeolit-magnetit durasi pengadukan 1 menit

Dari data spektra inframerah diketahui bahwa aktivasi dengan asam menyebabkan pori-pori zeolit teraktivasi semakin terbuka yang ditunjukkan dengan semakin tingginya serapan pada daerah $550-600\text{ cm}^{-1}$. Daerah ini merupakan serapan vibrasi tekuk dari Si-O dan Al-O. Pada bilangan gelombang

$1635,64\text{ cm}^{-1}$ terjadi penurunan intensitas akibat vibrasi tekuk gugus -OH dari molekul air yang menunjukkan berkurangnya jumlah molekul air pada zeolit teraktivasi. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan dengan asam menyebabkan berkurangnya pengotor dari struktur zeolit alam.



Gambar 4. Spektra infra merah: (a) zeolit teraktivasi dan komposit zeolit-magnetit dengan variasi durasi pengadukan: (b) 1 menit (c) 20 menit (d) 40 menit (e) 60 menit (f) 80 menit.

Interpretasi Spektra Inframerah Komposit Zeolite Magnetit Variasi Waktu Pengadukan Reaktan

Untuk mengetahui gugus fungsi yang menyusun senyawa hasil sintesis, komposit zeolit magnetit dengan variasi waktu kontak pengadukan dianalisis menggunakan spektroskopi inframerah. Dari Gambar 4 terlihat adanya serapan khas oksida besi pada daerah $350\text{-}890\text{ cm}^{-1}$, juga muncul serapan di atas 1050 cm^{-1} yang merupakan serapan dari gugus lain baik dari zeolit alam maupun senyawa lain sisa sintesis.

Pada spektra komposit zeolit magnetit dengan variasi waktu kontak pengadukan 1 menit, 40 menit, dan 60 menit muncul puncak pada bilangan gelombang $578,674\text{ cm}^{-1}$, sedangkan pada durasi kontak pengadukan 20 menit dan 80 menit muncul puncak pada bilangan gelombang $570,93\text{ cm}^{-1}$. Kedua puncak tersebut dapat diinterpretasikan

sebagai serapan vibrasi Fe-O magnetit. Dan bilangan gelombang di sekitar $575\text{-}570\text{ cm}^{-1}$ diketahui merupakan vibrasi Fe-O magnetik. Hal ini menunjukkan bahwa sintesis magnetit telah berhasil dilakukan.

Dari keempat variasi durasi pengadukan, produk dengan kristalinitas tertinggi dihasilkan oleh durasi pengadukan reaktan selama 1 menit. Hal ini disebabkan karena semakin lama waktu pengadukan reaktan maka akan semakin banyak Fe^{2+} yang teroksidasi menjadi Fe^{3+} sehingga berpengaruh pada kristalinitas produk hasil sintesis. Hal ini disebabkan karena sifat Fe^{2+} mudah teroksidasi. Padatan komposit zeolit magnetit hasil sintesis dengan durasi kontak 1 menit menghasilkan warna hitam yang lebih pekat, hal ini juga merupakan indikasi tingkat kristalinitas yang lebih baik.

Menurut penelitian Wahyuni (2010) semakin lama durasi kontak pada proses

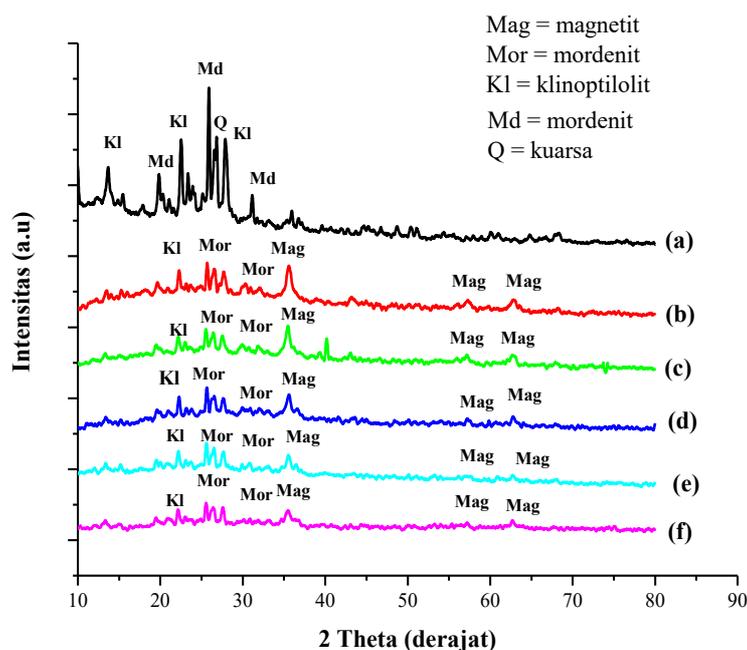
impregnasi besi ke dalam zeolit dapat menyebabkan kerusakan struktur kristal zeolit. Modifikasi zeolit alam dengan oksida besi menggunakan metode kopresipitasi dapat menurunkan kristalinitas zeolit dikarenakan semakin banyaknya oksida besi yang terbentuk (Makovciakova, 2006)

Interpretasi Data Difraktogram Sinar-X Komposit Zeolit Magnetit Variasi Waktu Pengadukan Reaktan

Gambar 5 menunjukkan data difraktogram sinar X dari komposit hasil sintesis dengan variasi waktu pengadukan reaktan. Pada difraktogram terlihat munculnya puncak pada $2\theta = 35,5692^\circ$; $30,1533^\circ$; $66,3550^\circ$; $62,7900^\circ$ yang merupakan puncak karakteristik magnetit setelah dibandingkan dengan data jarak kisi kristal standar dari JCPDS. Dari kelima difraktogram komposit tersebut diketahui bahwa komposit zeolit magnetit dengan variasi waktu pengadukan 1 menit memiliki tingkat kristalinitas paling

tinggi. Data ini sesuai dengan data hasil analisis menggunakan FTIR. Hal ini terjadi karena semakin lama waktu pengadukan reaktan menyebabkan semakin banyak Fe^{2+} yang teroksidasi menjadi Fe^{3+} sehingga dapat mengurangi jumlah magnetit yang terbentuk.

Zeolit magnetit yang dihasilkan dari proses sintesis dengan durasi waktu pengadukan 20, 40, 60, dan 80 menit menunjukkan adanya puncak pada $2\theta = 36,22$ yang merupakan puncak karakteristik oksida besi jenis goethit ($\alpha-FeOOH$). Terbentuknya oksida besi jenis goethit menyebabkan berkurangnya jumlah magnetit yang terbentuk pada durasi pengadukan reaktan ≥ 20 menit. Jadi dapat dinyatakan bahwa durasi pengadukan reaktan 1 menit menghasilkan kristalinitas paling baik dibanding yang lain. Hal ini juga sesuai dengan data interpretasi spektra inframerah, bahwa puncak-puncak dengan intensitas paling tinggi muncul pada durasi pengadukan 1 menit.



Gambar 5. Difraktogram: (a) zeolit teraktivasi dan komposit zeolit-magnetit variasi durasi pengadukan (b) 1 menit (c) 20 menit (d) 40 menit (e) 60 menit (f) 80 menit

Pengaruh Waktu Interaksi Terhadap Adsorpsi Ni(II) pada Komposit Zeolit-Magnetit

Adsorpsi Ni(II) pada adsorben zeolit magnetit dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kinetika adsorpsi dengan variasi waktu adsorpsi 5, 10, 25, 50, 100 dan 200 menit. Gambar 6 menunjukkan pada menit-menit awal proses adsorpsi berjalan relatif cepat seiring dengan bertambahnya waktu adsorpsi. Hal ini disebabkan karena pada menit-menit awal jumlah sisi aktif dari adsorben masih banyak yang kosong sehingga adsorbat dapat berinteraksi dengan adsorben lebih cepat. Jumlah adsorpsi maksimum terjadi pada waktu kontak 100 menit.

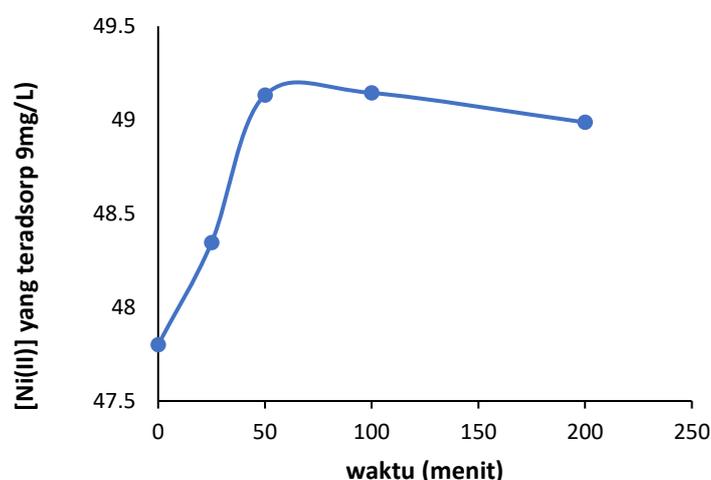
Pada variasi waktu adsorpsi 200 menit terjadi penurunan jumlah ion Ni(II) yang teradsorpsi walaupun dalam jumlah yang tidak signifikan. Kondisi ini menunjukkan sisi aktif adsorben yang sudah mencapai titik jenuh. Menurut Agnestesia (2017) penurunan kemampuan adsorpsi pada waktu kontak yang semakin lama disebabkan karena interaksi

antara adsorben dengan ion logam tidak terlalu kuat. Proses adsorpsi pada waktu yang relatif lama dapat menyebabkan putusnya ikatan pada ion Ni²⁺ yang tidak terikat kuat pada situs aktif adsorben.

Zeolit magnetit dapat mengadsorpsi Ni(II) karena memiliki situs aktif yang berupa oksigen dengan pasangan elektron bebas. Situs aktif ini dapat digunakan untuk berinteraksi dengan ion Ni²⁺ melalui mekanisme pembentukan ikatan kovalen koordinasi maupun ionik. Selain itu zeolit magnetit juga dapat mengadsorpsi ion-ion yang bersifat paramagnetik melalui mekanisme kemagnetan yang dimilikinya (Navratil, 2004).

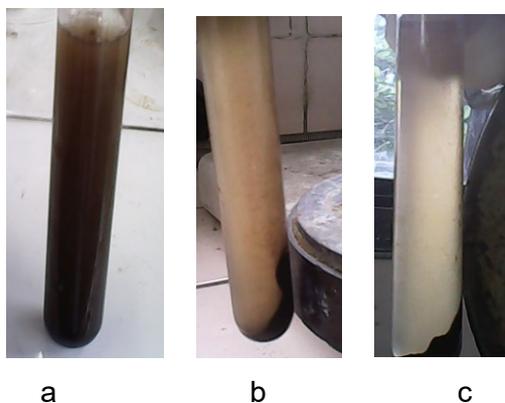
Uji Recovery Adsorben

Kelebihan komposit zeolit magnetit terletak pada sifat magnetiknya sehingga memudahkan proses pemisahan dari fasa padatnya setelah proses adsorpsi. Proses pemisahan dilakukan menggunakan medan magnet eksternal yang didekatkan pada larutan yang mengandung adsorben. Selanjutnya adsorben akan tertarik ke arah medan magnet sehingga mudah dipisahkan.



Gambar 6. Grafik pengaruh waktu terhadap adsorpsi Ni(II) pada komposit zeolit-magnetit

Gambar 7 menunjukkan proses pemisahan zeolit magnetit dalam larutan menggunakan medan magnet eksternal.



Gambar 7. Uji *recovery* pada adsorben komposit zeolit-magnetit pada (a) 0 menit (b) 1 menit (c) 2 menit

Gambar 7 menunjukkan bahwa sebagian besar adsorben zeolit magnetit tertarik secara kuat oleh medan magnet eksternal. Waktu yang dibutuhkan untuk uji *recovery* sampai sebagian besar adsorben tertarik oleh medan magnetit adalah dua menit. Penelitian yang dilakukan oleh Patrisha (2014) menyatakan bahwa uji *recovery* zeolit magnetit dalam larutan Pb(II) memerlukan waktu lebih cepat dibanding menggunakan adsorben zeolit teraktivasi. Berdasarkan hal tersebut dapat dinyatakan bahwa zeolit magnetit memiliki sifat kemagnetan sehingga fasa padat zeolit magnetit sebagai adsorben akan lebih mudah dipisahkan menggunakan medan magnet eksternal.

KESIMPULAN

Sintesis dengan metode kopresipitasi telah mampu menghasilkan komposit zeolit magnetit yang memiliki sifat kemagnetan. Hasil sintesis terbaik dihasilkan pada variasi waktu pengadukan reaktan selama 1 menit. Adsorpsi Ni(II) oleh komposit zeolit magnetit secara optimal terjadi pada waktu adsorpsi 100 menit. Komposit zeolit magnetit yang bersifat magnetit dapat dipisahkan dengan mudah menggunakan medan magnet eksternal.

DAFTAR PUSTAKA

- Agnestisia, R., 2017. Sintesis dan Karakterisasi Magnetit (Fe_3O_4) Serta Aplikasinya Sebagai Adsorben Methylene Blue. *Jurnal Sains dan Terapan Kimia*, 11(2), pp.61-70.
- Cornell, R.M. and Schwertmann, U., 2003. *The iron oxides: structure, properties, reactions, occurrences and uses*. John Wiley & Sons.
- Day, R.A., dan Underwood, A.L. 2001. *Analisis Kimia Kuantitatif* (diterjemahkan oleh Dr. Ir Iis Sopyan M. Eng), Erlangga, Jakarta.
- Mockovčiaková, A., Orolínová, Z., Matik, M., Hudec, P. and Kmecová, E., 2006. Iron oxide contribution to the modification of natural zeolite. *Acta Montan. Slovaca*, 11, pp.353-357.
- Navratil, J.D., 2004. Adsorption dan Nanoscale Magnetic Separation of Heavy Metals from Water. *Water. Sci. Technol.*, 47(1), pp.29-32.
- Patric, I.F. and Suyanta, M.S., 2014. *Efek Magnetisasi Zeolit Alam terhadap Kristalinitas, Sifat Pori dan Kinerjanya Sebagai Adsorben Pb (II)* (Doctoral dissertation, [Yogyakarta]: Universitas Gadjah Mada).

- Petcharoen, K. and Sirivat, A., 2012. Synthesis and characterization of magnetite nanoparticles via the chemical co-precipitation method. *Materials Science and Engineering: B*, 177(5), pp.421-427.
- Rofiana, K. 2012. *Sintesis Komposit Zeolit-Magnetit dan Aplikasinya Sebagai Adsorben Magnetik Cr(III)*. Skripsi, [Yogyakarta]: UGM.
- Salavati-Niasari, M., Mahmoudi, T. and Amiri, O., 2012. Easy synthesis of magnetite nanocrystals via coprecipitation method. *Journal of cluster science*, 23(2), pp.597-602.
- Susetyaningsih, R. and Kismolo, E., Prayitno. 2009. ". In *Karakterisasi zeolit alam pada reduksi kadar krom dalam limbah cair.*" *Seminar Nasional V SDM Nuklir*. Yogyakarta.
- Wahidatun, K.W., Krisdiyanto, D., Khamidinal, K. and Nugraha, I., 2016. Kesetimbangan, Kinetika dan Termodinamika Adsorpsi Logam Cr (VI) pada Zeolit Alam dari Klaten yang Teraktivasi Asam Sulfat. *Jurnal Sains dan Terapan Kimia*, 9(1), pp.1-11.
- Wahyuni, S. and Widiastuti, N., 2010. Adsorpsi Ion Logam Zn (II) Pada Zeolite A Yang Disintesis Dari Abu Dasar Batubara PT. *IPMOMI Paiton dengan Metode Batch*, *Jurusan Kimia, FMIPA ITS, Surabaya*.
- Wang, N., Zhu, L., Wang, D., Wang, M., Lin, Z., and Tang, H., 2010. Sono- 44 Assited Preparation of Highly-Efficient Peroxidase-like Fe₃O₄ Magnetic Nanoparticles for Catalytic Removal of Organic Pollutants With H₂O₂, *Ultrason. Sonochem.*, 17, pp.526-533.