



Efficiency of Zinc (II) Metal Ion Adsorption Using Fe₃O₄/Clay Composites from Bangka

Efisiensi Adsorpsi Ion Logam Zn (II) menggunakan Komposit Fe₃O₄/Kaolin Bangka

Ayu Ratna Sari*, Verry Andre Fabiani, dan Nurhadini

Department of Chemistry, Universitas of Bangka Belitung
Kampus Terpadu Universitas Bangka Belitung, Bangka, Bangka Belitung, 33172

* Corresponding author: ayuratna257@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik komposit Fe₃O₄-kaolin menggunakan FTIR dan XRD, menentukan efisiensi adsorpsi ion logam Zn²⁺ oleh kaolin alam teraktivasi, Fe₃O₄, dan komposit Fe₃O₄-kaolin (1:1, 1:2 dan 1:3) serta mengetahui pengaruh konsentrasi terhadap efisiensi adsorpsi ion logam Zn²⁺ oleh komposit Fe₃O₄-kaolin. Hasil analisis FTIR dan XRD menunjukkan bahwa komposit Fe₃O₄-kaolin berhasil disintesis. Berdasarkan hasil karakterisasi dengan FTIR pada Fe₃O₄-kaolin menunjukkan terbentuknya komposit dengan adanya puncak serapan pada bilangan gelombang 3685 cm⁻¹ dan 683,89 cm⁻¹ yang merupakan puncak serapan khas dari kaolin dan pada bilangan gelombang 3448,32 cm⁻¹ merupakan puncak serapan khas Fe₃O₄ yang memungkinkan untuk berikatan dengan kaolin. Selain itu hasil analisis XRD komposit Fe₃O₄-kaolin menunjukkan adanya puncak difraksi pada 2θ = 12,23°; 20,83°; 24,83°; 26,6°; 30,48°; 35,625° dan 62,5° yang terdiri atas kaolin dan Fe₃O₄. Efisiensi adsorpsi kaolin alam teraktivasi, Fe₃O₄, Fe₃O₄-kaolin (1:1, 1:2 dan 1:3) dapat menyerap ion logam Zn²⁺ masing-masing sebesar 99,18%, 44,76%, 99,25%, 94,63% dan 76,25%, dengan efisiensi adsorpsi terbesar terdapat pada komposit Fe₃O₄-kaolin (1:1). Efisiensi adsorpsi ion logam Zn²⁺ oleh komposit Fe₃O₄-kaolin (1:1) mencapai 49,57% pada konsentrasi ion logam Zn²⁺ sebesar 20 mg/L.

Kata Kunci: adsorpsi, efisiensi, komposit, Fe₃O₄-kaolin, Zn²⁺

PENDAHULUAN

Permasalahan utama di Bangka Belitung salah satunya adalah penambangan timah. Penambangan timah telah menyisakan kolong-kolong yang kualitas airnya menurun. Telah dilakukan berbagai upaya untuk meningkatkan kualitas air di kawasan sekitar penambangan dan bekas penambangan, namun upaya yang dilakukan sejauh ini baru bersifat fisik, padahal menurut kajian yang dilakukan oleh Irvani dan Pitulima (2016) pada air kolong di sekitar

daerah pasca penambangan kandungan logam berat cukup mengkhawatirkan. Kandungan logam berat yang sering dijumpai di air bekas penambangan timah diantaranya yaitu Pb, Fe, Cu, Al, Cd dan Zn (Meyzilia dkk, 2017). Diantara beberapa logam yang telah disebutkan di atas diantaranya adalah logam zink (Zn). Logam Zn merupakan salah satu logam esensial yang dibutuhkan oleh manusia, akan tetapi kandungan logam zink yang tinggi di dalam air dapat menyebabkan gangguan bagi kesehatan manusia seperti gejala muntaber dan rasa

kesat pada air (Effendi, 2003). Logam Zn juga dapat menyebabkan mual, pusing, sakit perut, diare bahkan dehidrasi (Priadi dkk, 2014). Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001, maksimum kadar Zn di perairan adalah 0,05 mg/L, sedangkan kandungan logam zink pada air bekas tambang timah diketahui mencapai 1,2 mg/L (Asriza & Fabiani, 2019).

Saat ini usaha untuk mengurangi tingkat pencemaran logam Zn pada perairan ditujukan pada pemanfaatan material yang mudah didegradasi yaitu melalui metode adsorpsi, dimana metode ini memiliki keunggulan seperti efektivitas relatif tinggi, lebih sederhana dan tidak toksik (Volesky & Naja, 2005). Penelitian mengenai adsorpsi terhadap pencemaran logam berat semakin mengalami perkembangan, salah satu material yang dapat digunakan untuk menurunkan kadar logam berat pada air adalah Fe₃O₄. Fe₃O₄ telah terbukti mempunyai daya adsorpsi yang tinggi terhadap logam Pb, Cu, Hg dan Cd dari dalam air (Zhou dkk, 2009). Fe₃O₄ mempunyai keunggulan diantaranya ukuran kecil, biokompabilitas, toksisitas yang rendah, super paramagnetik, sifat magnet dengan tingkat removal tinggi terhadap kontaminan, efisiensi adsorpsi tinggi, cepat, dan mudah memisahkan adsorben dari larutan melalui medan magnet (Igder dkk, 2012). Namun, di satu sisi Fe₃O₄ memiliki kelemahan antara lain tidak stabil dalam kondisi asam, mudah teroksidasi, dan mudah mengalami agregasi sehingga untuk mengatasi permasalahan tersebut diperlukan suatu komposit (Husain dkk, 2019).

Salah satu komposit yang dimanfaatkan untuk mengikat Fe₃O₄ adalah kaolin, yang bertujuan agar Fe₃O₄ tidak mudah teroksidasi, tetap stabil dan tidak membentuk agregat. Kaolin merupakan material berpori, stabil secara kimia maupun mekanik dan kapasitas tukar kation yang tinggi (Bhattachrayya & Gupta, 2008). Sebelumnya penelitian mengenai adsorpsi logam berat yang memanfaatkan kaolin sebagai adsorben telah banyak dilakukan. Kaolin mampu mengadsorpsi berbagai logam berat seperti Mn, Co, Ni, Cu, As, Cd, Cr, Zn, dan Pb (Bhattachrayya & Gupta, 2008).

Pada penelitian sebelumnya, Emadi dkk (2013) telah melakukan penelitian mengenai adsorpsi ion logam Zn²⁺ pada larutan menggunakan nanopartikel Fe₃O₄-silika. Nanopartikel magnetit-silika (Fe₃O₄-SiO₂) disintesis dan dievaluasi sebagai penyerap

dalam ukuran nano untuk menghilangkan Zn²⁺ dari larutan. Nanopartikel Fe₃O₄-SiO₂ dibuat dengan menggabungkan metode kopresipitasi dan sol-gel. Kapasitas adsorpsi maksimum dari nanoadsorbent untuk Zn²⁺ yaitu sebesar 119 mg/g dengan efisiensi adsorpsi sebesar 93% pada suhu kamar dan waktu 20 menit. Hasil penelitian ini membuktikan bahwa Fe₃O₄-SiO₂ dapat digunakan kembali sebagai adsorben ion Zn²⁺, dimana dalam hal ini akan dilakukan penelitian mengenai efisiensi adsorpsi ion logam Zn²⁺ menggunakan komposit Fe₃O₄-kaolin asal Bangka.

METODOLOGI

Pada penelitian ini dilakukan efisiensi adsorpsi ion logam zink (II) menggunakan komposit Fe₃O₄/kaolin asal Bangka.

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kaolin alam, FeSO₄.7H₂O (Merck Emsure), FeCl₃.6H₂O (Merck Emsure), akuades, HCl 37% pa, NaOH (Merck Emsure), HNO₃ 65% pa (Merck Emsure), kertas saring Whatman 150 µm, kertas pH universal (Merck) dan Zn(NO₃)₂.

Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS) Shimadzu, *Fourier Transform Infra Red* (FT-IR) Bruker Alpha With Znse Beam Splitter, *X-Ray Diffractometer* (XRD) Pattern Rigaku Minifex 600 D/teX Ultra ID, neraca analitik, oven, *magnetic stirrer*, ayakan, aluminium foil, botol semprot, *hotplate*, mortar, corong, plastik sampel, *wrapping*, batang pengaduk, spatula dan peralatan gelas yang umum digunakan.

Aktivasi Kaolin

Kaolin dicuci dengan akuades, dikeringkan dibawah cahaya matahari, kemudian digerus dengan mortar dan diayak menggunakan ayakan 100 mesh. Kaolin yang sudah menjadi bubuk ditimbang sebanyak 50 gram. Setelah itu masukkan kaolin ke dalam gelas beker 500 mL kemudian tambahkan dengan larutan HCl 5 M sebanyak 500 mL. Kemudian gelas beker yang telah berisi campuran tersebut dipanaskan diatas *hotplate* pada suhu 90-100 °C, sambil diaduk dengan pengaduk magnet selama 6 jam agar kaolin tercampur secara maksimal dengan larutan HCl. Campuran tersebut disaring, lalu endapan yang tersisa di kertas saring dicuci menggunakan akuades dan selanjutnya di oven

pada suhu 100 °C selama 24 jam. Kaolin setelah aktivasi kemudian dianalisis menggunakan FTIR dan XRD.

Sintesis Fe₃O₄

Pada sintesis Fe₃O₄ ini menggunakan metode kopresipitasi. Bahan utama yang digunakan adalah FeSO₄·7H₂O dan FeCl₃·6H₂O dengan perbandingan mol 1 : 2 masing-masing 4,17 gram dan 4,86 gram dimasukkan ke dalam 30 ml akuades. Selanjutnya ke dalam larutan tersebut ditambahkan tetes demi tetes NaOH 5 M dan, diaduk diatas *hotplate* dengan *magnetic stirrer* selama 60 menit pada suhu 60-70°C. Larutan Fe₃O₄ kemudian dicuci dengan akuades sampai pH netral. Setelah itu Fe₃O₄ yang telah dicuci, selanjutnya dikeringkan di dalam oven pada suhu 100°C selama 4 jam. Fe₃O₄ kemudian dianalisis menggunakan FTIR dan XRD.

Sintesis Fe₃O₄-Kaolin

Fe₃O₄-kaolin dibuat dengan perbandingan komposisi yang berbeda. Sebanyak 30 mL campuran 4,17 gram FeSO₄·7H₂O dan 4,86 gram FeCl₃·6H₂O diaduk menggunakan *magnetic stirrer* sambil dipanaskan sampai suhu 60–70°C. Selanjutnya kaolin ditambahkan secara perlahan ke dalam campuran sampai homogen. Kemudian ditambahkan tetes demi tetes larutan NaOH 5 M hingga terbentuk endapan berwarna hitam dengan pH 12. Sambil terus diaduk, suhu pemanasan dijaga selama 60 menit. Endapan yang dihasilkan dicuci menggunakan akuades dan selanjutnya dikeringkan di dalam oven pada suhu 100°C selama 4 jam. Fe₃O₄-kaolin kemudian dianalisis dengan FTIR dan XRD. Komposisi perbandingan Fe₃O₄ dan kaolin dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi perbandingan Fe₃O₄ dan kaolin

Sampel	Fe ₃ O ₄ : kaolin
1	3,67 g : 3,67 g (1:1)
2	3,67 g : 7,34 g (1:2)
3	3,67 g : 11,01 g (1:3)

Pengaruh Konsentrasi Larutan Zink (II) Terhadap Efisiensi Adsorpsi Ion Logam Zink (II)

Sebanyak 0,5 g serbuk Fe₃O₄-kaolin diinteraksikan dengan larutan Zn(NO₃)₂ dengan variasi konsentrasi yaitu 10, 15 dan 20

mg/L, kemudian diaduk menggunakan *magnetic stirrer*. Larutan yang telah diinteraksikan, didiamkan selama 15 menit kemudian disaring. Konsentrasi Zink (II) dalam filtrat hasil penyaringan ditentukan menggunakan *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Aktivasi Kaolin

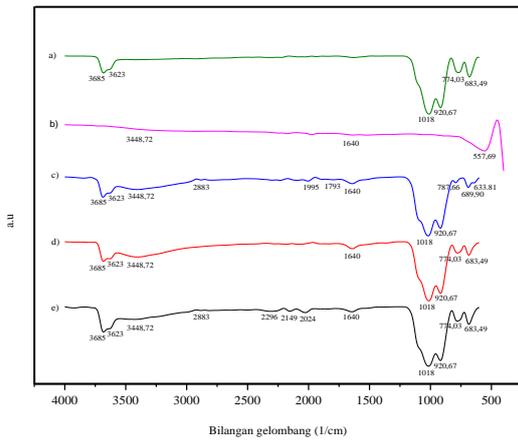
HCl adalah asam yang dapat melarutkan senyawa yang anorganik dan mempunyai kemampuan mendonorkan ion H⁺. Selama proses aktivasi pengotor akan larut, kemudian terjadi pertukaran kation Mg²⁺, Na⁺, K⁺, dan Ca²⁺ pada ruang antar lapis kaolin alam dengan ion H⁺ yang menyebabkan kation tersebut larut sehingga meningkatkan luas permukaan dari kaolin tanpa merusak strukturnya (Bhattacharyya & Gupta, 2008). Proses pertukaran kation tersebut terjadi pada proses pencucian menggunakan akuades hingga pH netral, sehingga kation-kation dan pengotor akan lepas dari struktur kerangka kaolin (Syuhada dkk, 2009).

Analisis Komposit Fe₃O₄-kaolin

Hasil analisis FTIR kaolin alam teraktivasi, Fe₃O₄, dan Fe₃O₄-kaolin Fe₃O₄-kaolin (1:1, 1:2 dan 1:3) ditunjukkan pada Gambar 1. Pada Gambar 1a data FTIR untuk kaolin alam teraktivasi terdapat puncak serapan pada 3685 cm⁻¹ merupakan vibrasi ulur -OH dari Al-OH, sedangkan puncak serapan pada 3623 cm⁻¹ merupakan gugus hidroksil bagian dalam. Puncak serapan pada bilangan gelombang 683,89 cm⁻¹ merupakan adanya vibrasi ulur dari gugus Si-O. Puncak serapan di sekitar 1018 cm⁻¹ merupakan vibrasi ulur asimetris Si-O-Si/Al, sedangkan vibrasi ulur simetris Si-O-Si/Al diamati pada 774,03 cm⁻¹. Serapan pada bilangan gelombang 920,67 cm⁻¹ merupakan vibrasi ulur -OH dari Al-OH (Izman dkk, 2019).

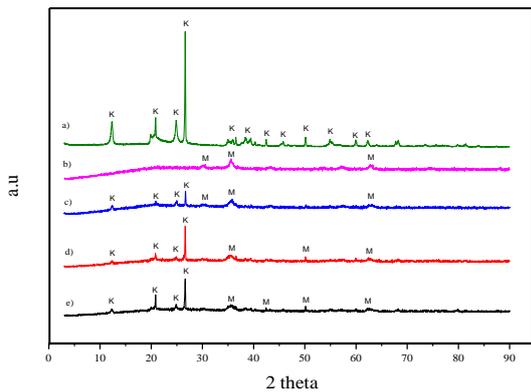
Pada Gambar 1b merupakan data hasil analisis FTIR Fe₃O₄. Pada bilangan gelombang 557,69 menunjukkan puncak serapan yang tajam dalam spektra Fe₃O₄ yang merupakan vibrasi ikatan tetrahedral Fe-O. selain itu, puncak serapan lain pada bilangan gelombang 3448,32 cm⁻¹ merupakan vibrasi ulur -OH (Rampengan, 2017). Munculnya puncak vibrasi ini memperlihatkan adanya serapan molekul H₂O pada permukaan Fe₃O₄ yang kemungkinan berikatan dengan kaolin. Adanya vibrasi tekuk OH juga muncul di bilangan gelombang 1640 cm⁻¹, hal ini karena adanya molekul air yang

diserap Fe₃O₄ pada permukaannya (Rahayu, 2017). Puncak khas Fe₃O₄ yang terlihat pada spektra FTIR komposit Fe₃O₄-kaolin terdapat pada bilangan gelombang 1640 cm⁻¹ dan 3448,72 cm⁻¹.



Gambar 1. Spektra infra merah sampel a) kaolin alam teraktivasi, b) Fe₃O₄, c) Fe₃O₄-kaolin hasil sintesis 1:1, d) Fe₃O₄-kaolin hasil sintesis 1:2, dan e) Fe₃O₄-kaolin hasil sintesis 1:3

Hasil karakterisasi pola difraksi XRD dari kaolin alam teraktivasi, Fe₃O₄ Fe₃O₄-kaolin (1:1, 1:2 dan 1:3) masing-masing ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Difraktrogram XRD a) kaolin alam teraktivasi, b) Fe₃O₄, c) komposit Fe₃O₄-kaolin (1:1), d) komposit Fe₃O₄-kaolin (1:2), dan e) komposit Fe₃O₄-kaolin (1:3)

Analisis XRD pada ketiga sampel komposit Fe₃O₄-kaolin menunjukkan bahwa terdapat persamaan puncak-puncaknya antara Fe₃O₄-kaolin (1:1, 1:2 dan 1:3). Dari hasil XRD menunjukkan adanya gabungan dari puncak kaolin dan Fe₃O₄. Pada Gambar 2c memperlihatkan adanya puncak-puncak khas

Fe₃O₄-kaolin terdapat pada 2θ = 12,23°; 20,83°; 24,83°; 26,6°; 30,48°; 35,625°; dan 62,5°. Kemudian pada Gambar 2d memperlihatkan adanya puncak-puncak khas Fe₃O₄-kaolin terdapat pada 2θ = 12,23°; 20,83°; 24,83°; 26,6°; 35,625°; 50,22°; dan 62,5°. Selanjutnya pada Gambar 2e memperlihatkan adanya puncak-puncak khas Fe₃O₄-kaolin terdapat pada 2θ = 12,23°; 20,83°; 24,83°; 26,6°; 35,625°; 42,41; 50,22°; dan 62,5°. Hal ini menunjukkan bahwa kaolin tidak mengubah struktur Fe₃O₄ meskipun sudah dikompositkan. Dari data XRD ketiga sampel Fe₃O₄-kaolin didapatkan informasi bahwa komposisi mineral masih sama dengan kaolin alam teraktivasi dan Fe₃O₄, akan tetapi intensitas sudut 2θ cenderung mengalami penurunan karena ukuran partikel yang semakin mengecil. Namun, meskipun terjadi penurunan intensitas Fe₃O₄ dan kaolin, puncak khas mineral tersebut masih muncul pada pola difraksi XRD.

Efisiensi Adsorpsi Ion Logam Zink (II) oleh Kaolin Alam Teraktivasi, Fe₃O₄ dan Komposit Fe₃O₄-Kaolin

Hasil adsorpsi ion logam Zn²⁺ oleh kaolin alam teraktivasi, Fe₃O₄ dan komposit Fe₃O₄-Kaolin (1:1, 1:2 dan 1:3) ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil adsorpsi ion logam Zn²⁺ oleh kaolin alam teraktivasi, Fe₃O₄ dan komposit Fe₃O₄-kaolin pada konsentrasi larutan Zn²⁺ 5 mg/L

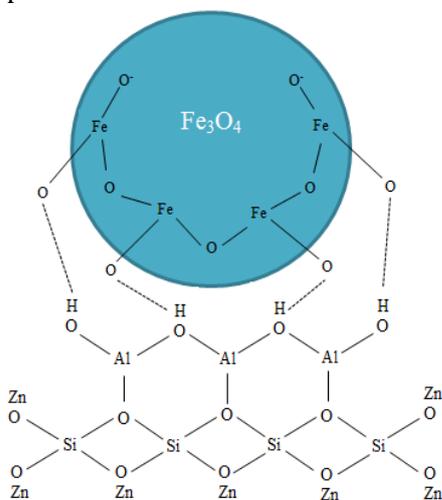
Kode Sampel Adsorben	Massa Adsorben (g)	Efisiensi Adsorpsi (%)
AK 01	0,5	99,18
AM 01	0,5	44,76
KM 01	0,5	99,25
KM 02	0,5	94,63
KM 03	0,5	76,25

Ket: AK 01 (Kaolin Alam Teraktivasi), AM 01 (Fe₃O₄), KM 01 (Fe₃O₄-kaolin 1:1), KM 02 (Fe₃O₄-kaolin 1:2), dan KM 03 (Fe₃O₄-kaolin 1:3)

Berdasarkan Tabel 2 dapat diketahui bahwa hasil adsorpsi ion logam Zn²⁺ oleh kaolin alam teraktivasi lebih tinggi dibandingkan dengan Fe₃O₄. Efisiensi adsorpsi ion logam Zn²⁺ oleh kaolin teraktivasi sebesar 99,18% dan Fe₃O₄ sebesar 44,76%. Hasil tersebut menunjukkan ion logam Zn²⁺ berinteraksi lebih baik dengan

kaolin alam teraktivasi dibandingkan dengan Fe_3O_4 . Adsorpsi ion logam Zn^{2+} oleh kaolin alam teraktivasi lebih efektif karena adanya pengaruh aktivasi pada kaolin. Hal tersebut membuat kaolin alam teraktivasi akan lebih banyak memiliki situs aktif untuk mengikat ion logam Zn^{2+} sehingga kemampuan adsorpsinya lebih efektif. Selain itu, dengan adanya aktivasi pada kaolin menyebabkan luas permukaan kaolin menjadi lebih besar sehingga akan memungkinkan kaolin untuk memberikan luas permukaan adsorpsi lebih besar pada adsorbat yang akan teradsorpsi (Wuryanti & Suharyadi, 2016).

Namun, pada perbandingan komposisi Fe_3O_4 -kaolin (1:1, 1:2 dan 1:3) hasil adsorpsi ion logam Zn^{2+} paling tinggi terdapat pada Fe_3O_4 -kaolin (1:1) dengan efisiensi adsorpsi sebesar 99,25%. Seiring bertambahnya jumlah kaolin menyebabkan terjadinya penurunan nilai efisiensi adsorpsi. Hal ini menunjukkan adanya batas jenuh adsorben dalam mengadsorpsi ion logam Zn^{2+} . Hal ini sesuai dengan pernyataan Ahalya (2005) bahwa massa adsorben mempengaruhi proses adsorpsi, dimana pada variasi massa kaolin yang tinggi terdapat gangguan diantara ruang pengikatan akibat penggumpalan adsorben sehingga menyebabkan permukaan aktif adsorben tidak semuanya terbuka untuk mengadsorpsi ion logam Zn^{2+} sehingga proses penyerapan tidak efektif dan efisiensi adsorpsi berkurang. Ilustrasi mekanisme reaksi dapat dilihat pada Gambar 3.

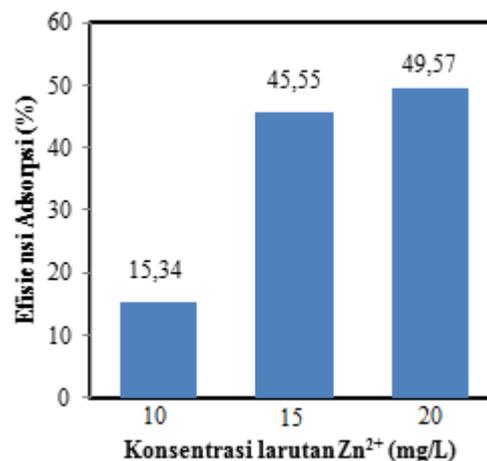


Gambar 3. Ilustrasi mekanisme reaksi komposit Fe_3O_4 -kaolin terhadap ion logam Zn^{2+} (Asriza dkk, 2019; Nugraha dkk, 2017 dengan modifikasi)

Berdasarkan Gambar 3 menunjukkan bahwa komposit Fe_3O_4 -kaolin terbentuk melalui ikatan hidrogen antara atom O pada Fe_3O_4 dengan gugus hidroksil (-OH) pada kaolin. Gugus hidroksil (-OH) merupakan gugus yang terikat pada atom Al yang akan berikatan dengan atom oksigen pada Fe_3O_4 , sedangkan gugus hidroksil (-OH) yang terikat pada atom Si akan berikatan kovalen dengan ion logam Zn^{2+} . Hal ini terjadi karena harga elektronegatifitas atom Al lebih kecil (1,61) dibandingkan elektronegatifitas atom Si (1,90) sehingga ion logam Zn^{2+} akan lebih mudah berikatan dengan gugus hidroksil (-OH) pada atom Si (Fabiani dkk, 2017).

Pengaruh Konsentrasi Larutan Logam Zink (II) Terhadap Efisiensi Adsorpsi Ion Logam Zink (II) oleh Komposit Fe_3O_4 -kaolin

Berdasarkan efisiensi adsorpsi ion logam Zn^{2+} oleh kaolin alam teraktivasi, Fe_3O_4 , dan komposit Fe_3O_4 -kaolin (1:1, 1:2 dan 1:3), pengaruh konsentrasi larutan Zn^{2+} terhadap efisiensi adsorpsi ion logam Zn^{2+} dilakukan menggunakan komposit Fe_3O_4 -kaolin (1:1). Hal tersebut dilakukan karena pada komposit Fe_3O_4 -kaolin (1:1) memiliki efisiensi adsorpsi yang paling optimum yaitu mencapai 99,25%. Pengaruh konsentrasi larutan Zn^{2+} terhadap efisiensi adsorpsi oleh komposit Fe_3O_4 -kaolin (1:1) dengan memvariasikan konsentrasi larutan Zn^{2+} yaitu 10, 15 dan 20 mg/L.



Gambar 4. Diagram Efisiensi Adsorpsi Ion Logam Zn^{2+} oleh Komposit Fe_3O_4 -kaolin (1:1)

Berdasarkan Gambar 4 terlihat bahwa kondisi optimum adsorpsi dicapai pada konsentrasi 20 mg/L, dengan efisiensi adsorpsi ion logam Zn^{2+} oleh komposit Fe_3O_4 -kaolin (1:1) sebesar 49,57%. Hal ini sama dengan Setiawan dkk (2016) yang mengatakan bahwa

konsentrasi sangat mempengaruhi efisiensi adsorpsi, semakin tinggi konsentrasi larutan maka efisiensi adsorpsi ion logam Zn²⁺ juga akan semakin meningkat, hal tersebut dikarenakan adsorben belum jenuh dengan zat teradsorpsi yaitu ion Zn²⁺. Fajrianti dkk (2016) juga menyatakan bahwa efisiensi adsorpsi ion logam akan semakin tinggi seiring dengan meningkatnya konsentrasi ion logam, apabila jumlah adsorben yang digunakan tetap sama untuk konsentrasi yang divariasikan yaitu sebesar 0,5 g.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil karakterisasi dengan FTIR pada komposit Fe₃O₄-kaolin menunjukkan adanya puncak serapan pada bilangan gelombang 3685 cm⁻¹ dan 683,89 cm⁻¹ yang merupakan puncak serapan khas dari kaolin dan pada bilangan gelombang 3448,32 cm⁻¹. Selain itu hasil analisis XRD komposit Fe₃O₄-kaolin menunjukkan adanya puncak difraksi pada 2θ = 12,23°; 20,83°; 24,83° dan 26,6° (kaolin) serta 30,48°; 35,625° dan 62,5° (Fe₃O₄). Efisiensi adsorpsi ion logam Zn²⁺ oleh kaolin alam teraktivasi, Fe₃O₄, Fe₃O₄-kaolin (1:1, 1:2 dan 1:3) masing-masing sebesar 99,18%, 44,76%, 99,25%, 94,63% dan 76,25%. Efisiensi adsorpsi ion logam Zn²⁺ oleh komposit Fe₃O₄-kaolin (1:1) mencapai 49,57% pada konsentrasi ion logam Zn²⁺ sebesar 20 mg/L.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Dosen Pembimbing, pihak Laboratorium atas bantuan penggunaan alat dan bahan serta analisis.

REFERENSI

Ahalya. 2005. Biosorption of Chromium (VI) from Aqueous Solution by the Husk of Bengal Gram (Cicer Arientinum). *Electronic Journal of Biotechnology*, 8(3).

Anggrenistia, F., Wahyuni, N., dan Zaharah, T.A. (2015). Adsorpsi Ion Logam Zn (II) Menggunakan Biomassa Chlorella Sp. Yang Diimobilisasi Pada Silika Gel. *JKK*, 4(3), 94-99.

Asriza, R.O. dan Fabiani, V.A. (2019). Remediasi Logam Seng (Zn) pada Air Bekas Tambang Timah Menggunakan Nanomagnetik Fe₃O₄/Kitosan Cangkang Rajungan (Portunus pelagicus).

Indonesian Journal of Chemical Science, 8 (3), 203-207.

Bhattacharyya, K.G., and Gupta, S.S., (2008), Adsorption of a Few Heavy Metals on Natural and Modified Kaolinite and Montmorillonite: A Review, *Adv. Colloid Interface Sci.*, 140(2), 114-131

Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta: Kanisius.

Emadi, M., Shams, E., & Amini, M. K. (2013). Removal of Zinc from Aqueous Solution by Magnetite Silica Core-Shell Nanoparticles. Hindawi Publishing Corporation. *Journal of Chemistry*, 5(1), 1-10.

Fabiani, V.A., Silalahi, I.H., & Sayekti, E. (2017). Pengaruh Variasi Garam Ammonium Terhadap Keasaman Zeolit Alam Pada Reaksi Perengkahan Minyak Jelantah. *Indonesian Journal Of Chemistry*, 5(1), 1-6.

Fajrianti, H., Oktiawan, W., & Wardhana, I. W. (2016). Pengaruh Waktu Perendaman Dalam Aktivator NaOH dan Debit Aliran Terhadap Penurunan Krom Total (Cr) dan Seng (Zn) pada Limbah Cair Industri Elektroplating dengan Menggunakan Arang Aktif dari Kulit Pisang. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 5(1), 1-9.

Husain, S., Suryajaya., Haryanti, N. H., Manik, T. N., Sudarningsih., Rodiansono., Hutasoit, S. M., & Riyanto, A. (2019). Potensi Nanokomposit Fe₃O₄/C dari Bijih Besi Sebagai Pendeteksi Kadar Glukosa. *Positron*, 9(2), 44-52.

Igder, A., Rahmani, A. A., Fazlavi, A., Azqhandi, M. H. A., & Omid, M. H. (2012). Box Behnken Design of Experiments Investigation for Adsorption of Cd²⁺ onto carboxymethyl Chitosan Magnetic Nanoparticles. *Journal of Mining & Environment*, 3(1), 51-59.

Irvani., & Pitulima J. (2016). Studi Logam Berat dalam Air dan Sedimen Kolong Retensi Kacang Pedang Pasca Penambangan Timah. *Promine*, 4(1), 40-45.

Meyzilia, Arvina dan Darsiharjo. (2017). Pemanfaatan Kolong Bekas Galian Tambang Timah untuk Budidaya Eceng Gondok di Provinsi Kepulauan Bangka Belitung. *Jurnal Gea*, 17 (2), 153-158.

Nugraha, I. & Kulsum, U., (2017). Sintesis dan Karakterisasi Material

- Komposit Kaolin-ZVI (Zero Valent Iron) serta Uji Aplikasinya sebagai Adsorben Kation Cr (VI). *Jurnal Kimia Valensi dan Pengembangan Ilmu Kimia*, 1, 59-70.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 82 Tahun (2001). Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. 2001. Indonesia.
- Priadi, CP., Anita., Putri NS., dan Setyo SM. (2014). Adsorpsi Logam Seng dan Timbal Pada Limbah Cair Industri Keramik Oleh Limbah Tanah Liat Reaktor, 15(1), 10-19.
- Rahayu, L. B. H., Wulandari, I. O., Santjojo, D. H., & Sabarudin, A. (2017). Pengaruh Kecepatan Pengadukan terhadap Karakteristik Nanopartikel Fe₃O₄ dengan Pelapisan Permukaan Berbasis Polivinil Alkohol dan Glutaraldehyd Sebagai Agen Crosslinker. *Natural B.* 4(3).
- Rampengan, A. M. (2017). Analisis Gugus Fungsi Pada Polimer Polyethylene Glycol (PEG) Coated-Nanopartikel Oksida Besi Hitam (Fe₃O₄) dan Biomolekul Fullerenes. *Journal of Chemistry*, 2(2), 96.
- Sadiana, I. M., Fatah, A. H., & Karelius. (2017). Sintesis Komposit Lempung Alam Magnetit Sebagai Adsorben Zat Warna Methylene Blue. *Jurnal Sains dan Terapan Kimia*, 11(2), 90-102.
- Setiawan, I. K. A., Napitupulu, M., & Walanda, D. K. (2018). Biocharcoal dari Kulit Rambutan (*Nephelium Lappaceum L.*) Sebagai Adsorben Zink dan Tembaga. *J. Akademia Kim*, 7(4), 193-199.
- Syuhada., Rahmat. W., Jayatin., & Saeful, R. (2009). Modifikasi Bentonit (Clay) Menjadi Organoclay dengan Penambahan Surfaktan. *Jurnal Nanosains & Nanoteknologi*, 2(1), 45-51.
- Volesky, B., & Naja, G. (2005). Biosorption : Application Strategies. In P. (S.T.L.Harrison; DE. Rawlings and J. (eds.) (Ed.), *Proceedings of the 16th Internat*, 531-542.
- Wuryanti, D., & Suharyadi, E. (2016). Studi Adsorpsi Logam Co (II), Cu (II), dan Ni (II) dalam Limbah Cair Buatan Menggunakan Adsorben Nanopartikel Magnetik Fe₃O₄ dan ZnFe₃O₄. *Jurnal Fisika Indonesia*, 20(2), 28-35.
- Zhou, Y., Nie, H., Branford-white, C., He, Z., & Zhu, L. (2009). Removal Of Cu²⁺ From Aqueous Solution By Chitosan-Coated Magnetic Nanoparticles Modified With A Ketoglutaric Acid. *Journal of Colloid and Interface Science*, 330(1), 29-37.