

STUDI PERBANDINGAN ADSORPSI ION LOGAM Cd^{2+} PADA AF, Fe_3O_4 DAN Fe_3O_4 -AF

COMPARISONAL STUDY OF Cd^{2+} METAL ION ADSORPTION IN AF, Fe_3O_4 AND Fe_3O_4 -AF

Ririn Dwi Mardianto, Soerja Koesnarpadi*, Ika Yekti Liana Sari

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu pengetahuan Alam, Universitas Mulawarman, Samarinda
Jalan Barong Tongkok Kampus Gn. Kelua, Samarinda, Indonesia

*Corresponding author: soerja.koes@gmail.com

Diterbitkan: 30 Oktober 2022

ABSTRACT

Research on comparative study of Cd^{2+} metal ion adsorption on AF, Fe_3O_4 and Fe_3O_4 -AF has been carried out. The initial stage is the extraction of AF from the peat soil of the Samboja area of East Kalimantan. Extraction was carried out with 1 M NaOH and 12 M HCl solution. The second stage was the preparation of Fe_3O_4 dan Fe_3O_4 -AF by coprecipitation method. The next step is the comparison test of AF adsorption, Fe_3O_4 and Fe_3O_4 -AF against Cd^{2+} metal ions. The results showed that Fe_3O_4 -AF had 4 times greater adsorption ability than Fe_3O_4 and AF in adsorption of Cd^{2+} metal ions that is equal to 8.4563 mg/g. This is because AF has a high affinity for Fe_3O_4 particles and is able to increase the stability of Nano dispersion of Fe_3O_4 by preventing their aggregation so that Fe_3O_4 -AF is more dispersed and more stable. Fe_3O_4 -AF also has a smaller size compared to AF and Fe_3O_4 .

Keywords: *Adsorption, AF, Fe_3O_4 , Fe_3O_4 -AF, Cd^{2+}*

ABSTRAK

Penelitian mengenai studi perbandingan adsorpsi ion logam Cd^{2+} pada AF, Fe_3O_4 dan Fe_3O_4 -AF telah dilakukan. Tahap awal dilakukan ekstraksi AF dari tanah gambut daerah Samboja Kalimantan Timur. Ekstraksi dilakukan dengan larutan NaOH 1 M dan HCl 12 M. Tahap kedua, pembuatan Fe_3O_4 dan Fe_3O_4 -AF dengan metode kopresipitasi. Tahap selanjutnya adalah uji perbandingan adsorpsi AF, Fe_3O_4 dan Fe_3O_4 -AF terhadap ion logam Cd^{2+} . Hasil penelitian menunjukkan bahwa Fe_3O_4 -AF memiliki kemampuan adsorpsi 4 kali lebih besar dibandingkan dengan Fe_3O_4 dan AF dalam mengadsorpsi ion logam Cd^{2+} yaitu sebesar 8,4563 mg/g. Hal ini disebabkan karena AF memiliki afinitas tinggi terhadap partikel Fe_3O_4 dan mampu meningkatkan stabilitas dispersi Nano dari partikel Fe_3O_4 dengan mencegah agregasi mereka sehingga Fe_3O_4 -AF lebih terdispersi dan bersifat lebih stabil. Fe_3O_4 -AF juga memiliki ukuran yang lebih kecil dibandingkan dengan AF dan Fe_3O_4 .

Kata kunci: *Adsorpsi, AF, Fe_3O_4 , Fe_3O_4 -AF, Cd^{2+}*

PENDAHULUAN

Pembangunan industri merupakan suatu bidang kegiatan yang berfungsi untuk meningkatkan taraf hidup dan kesejahteraan masyarakat. Industrialisasi sendiri tidak terlepas dari upaya peningkatan standar sumber daya manusia dan juga pemanfaatan sumber daya alamnya. Peningkatan industrialisasi yang semakin pesat dapat berimplikasi pada pencemaran lingkungan yang disebabkan karena adanya pembuangan limbah (cair, padat dan gas) yang semakin meningkat[1]. Pencemaran terus terjadi baik di darat maupun perairan, salah satunya yaitu pencemaran logam berat Cd yang

kehadirannya sangat penting untuk diperhitungkan karena sifatnya yang sulit terurai dan dapat berakumulasi dalam tubuh makhluk hidup. Dibutuhkan metode yang tepat untuk mengurangi logam berat Cd. Dari beberapa metode yang telah dilakukan, proses adsorpsi adalah metode yang paling efektif.

Material yang biasa digunakan sebagai adsorben adalah magnetit (Fe_3O_4). Magnetit (Fe_3O_4) merupakan salah satu oksida besi nanopartikel yang memiliki sifat kemagnetan paling kuat diantara oksida besi yang lainnya, memiliki ukuran partikel sangat kecil berskala nanometer dan memiliki luas permukaan yang

besar sehingga dapat menyerap lebih banyak logam berat. Akan tetapi nanopartikel Fe_3O_4 juga memiliki kelemahan yaitu mudah teroksidasi dan kurang stabil dalam mengadsorpsi logam sehingga perlu dilakukan suatu imobilisasi yaitu penyalutan asam fulvat pada Fe_3O_4 [2].

Asam fulvat (AF) yang diperoleh dari hasil ekstraksi tanah gambut memiliki total keasaman lebih tinggi dibandingkan dengan Asam Humat (AH). Gugus fungsional karboksil dan hidroksil pada AF juga lebih banyak dan lebih reaktif jika dibandingkan dengan AH sehingga apabila Fe_3O_4 tersalut oleh AF maka terjadi peningkatan kapasitas adsorpsi dan mudah dipisahkan dari medium berair[3]. Berdasarkan studi literatur menunjukkan bahwa Fe_3O_4 yang tersalut AF lebih kuat daya adsorpsinya dibandingkan Fe_3O_4 yang tersalut AH[4]. Untuk mengetahui hasil terbaik dari adsorben dalam mengadsorpsi ion logam Cd, maka diperlukan suatu uji perbandingan pada adsorben tersebut.

Berdasarkan uraian diatas, maka perlu dilakukan suatu penelitian untuk mengetahui perbandingan dari adsorben asam fulvat (AF), Fe_3O_4 dan Fe_3O_4 -AF dalam mengadsorpsi ion logam Cd^{2+} menggunakan *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS).

METODOLOGI PENELITIAN

Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah gelas ukur, gelas kimia, Erlenmeyer, pipet volume, pipet tetes, spatula, batang pengaduk, *magnetic stirrer*, *hot plate*, termometer, botol reagen, buret, tiang statif, neraca analitik, labu ukur, corong kaca, desikator, sentrifugasi, *shaker*, ayakan 150 mesh, pH meter dan AAS.

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu tanah gambut Samboja, aquades, padatan Asam Fulvat (AF), NH_4OH 25%, NaOH 1M, HCl 37%, padatan $3\text{CdSO}_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$, $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, pH universal dan kertas saring.

Preparasi Sampel

Tanah gambut dikeringkan lalu dipisahkan tanah gambut dari kotoran dengan menggunakan sebuah ayakan, kemudian tanah gambut ditimbang sebanyak 200 gram.

Ekstraksi Asam Fulvat (AF)

Sampel tanah gambut yang telah ditimbang sebanyak 200 gram lalu diekstraksi dengan metode meserasi dengan larutan NaOH 1M

sebanyak 2000 mL selama 1 jam, kemudian digojog pada kecepatan 180 selama 24 jam. Lalu ekstrak difiltrasi dengan cara disaring. Selanjutnya filtrat didekantasi dengan ditambahkan HCl(p) hingga pH 1 dan didiamkan selama 16 jam hingga terbentuk 2 lapisan dimana lapisan atas merupakan AF dan lapisan bawah merupakan AH. Setelah itu disentrifugasi 2000 rpm selama 40 menit, diperoleh supernatant AF dan selanjutnya diuapkan pada suhu 60°C hingga terbentuk padatan berwarna coklat.

Pembuatan Larutan

Larutan NaOH 0,1M dan 1M

Padatan NaOH ditimbang masing-masing sebanyak 1 gram. Kemudian padatan dilarutkan menggunakan aquades secukupnya hingga larut. Setelah itu dimasukkan larutan NaOH kedalam labu takar 250 mL dan ditambahkan aquades sampai tanda batas.

Larutan HCl 0,1M

Labu Takar 250 mL diisi dengan aquades. Lalu ditambahkan 2 mL HCl kedalam labu takar secara perlahan-lahan. Kemudian tambahkan aquades hingga batas tera.

Larutan Induk Kadmium 1000 ppm

Sebanyak 0,5 gram padatan $3\text{CdSO}_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ dimasukkan ke dalam gelas kimia dan dilarutkan dengan aquades. Larutan dipindahkan secara kuantitatif ke dalam labu ukur 250 mL, tambahkan aquades hingga tanda tera dan homogenkan.

Larutan Kadmium 100 ppm

Sebanyak 25 mL larutan induk kadmium 1000 ppm dimasukkan ke dalam labu ukur 250 mL, tambahkan aquades hingga tanda tera dan homogenkan.

Larutan Kadmium 30 ppm

Sebanyak 15 mL larutan kadmium 100 ppm dimasukkan ke dalam labu ukur 50 mL, tambahkan aquades hingga tanda tera dan homogenkan.

Larutan Kadmium 0,5, 1, 2, 3, 4 dan 5 ppm untuk Kurva Kalibrasi

Sebanyak 0,4; 0,8; 1,6; 2,5; 3,3 dan 4,1 mL larutan kadmium 30 ppm masing-masing dimasukkan ke dalam labu ukur 25 mL, tambahkan aquades hingga tanda tera dan homogenkan.

Pembuatan Fe_3O_4

Pembuatan Fe_3O_4 dilakukan dengan metode kopresipitasi campuran $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dan $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ dengan perbandingan 3:2. Padatan $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ sebanyak 3 gram dan $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

sebanyak 2 gram dilarutkan dalam 25 mL aquades. Kemudian larutan dihomogenkan menggunakan *magnetic stirrer* pada suhu 90°C dan ditambahkan NH₄OH 25% tetes demi tetes hingga pH 9 selama 30 menit. Larutan difiltrasi hingga diperoleh residu, kemudian residu dicuci menggunakan aquades hingga pH netral. Residu dengan pH netral tersebut kemudian dikeringkan menggunakan desikator lalu diayak menggunakan ayakan 150 mesh.

Pembuatan Fe₃O₄-AF

Pembuatan Fe₃O₄-AF dilakukan dengan metode kopresipitasi campuran FeCl₃.6H₂O dan FeSO₄.7H₂O dengan perbandingan 3:2. Padatan FeCl₃.6H₂O sebanyak 3 gram dan FeSO₄.7H₂O sebanyak 2 gram dilarutkan dalam 25 mL aquades. Kemudian larutan dihomogenkan menggunakan *magnetic stirrer* pada suhu 90°C dan ditambahkan NH₄OH 25% tetes demi tetes hingga pH 9 selama 30 menit. Tambahkan padatan AF sebanyak 1 gram. Kemudian larutan difiltrasi hingga diperoleh residu, lalu residu dicuci menggunakan aquades hingga pH netral. Residu dengan pH netral tersebut kemudian dikeringkan menggunakan desikator lalu diayak menggunakan ayakan 150 mesh.

Uji Perbandingan

Sebanyak 100 mg padatan AF, Fe₃O₄ dan Fe₃O₄-AF masing-masing ditambahkan ke dalam adsorbat ion logam Cd²⁺ 30 ppm sebanyak 25 mL pada pH 8, homogenkan selama 2 jam, lalu difiltrasi. Kemudian filtrat diuji menggunakan spektrofotometer serapan atom.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Ekstraksi Asam Fulvat (AF)

Ekstraksi AF dari tanah gambut pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode ekstraksi alkali. AF dan AH akan larut pada kondisi pH basa sedangkan senyawa humin akan mengendap. Pemisahan AF dan AH dilakukan dengan menambahkan larutan HCl 37% yang berfungsi untuk mengendapkan AH, dimana akan terbentuk dua lapisan yaitu lapisan atas yang berwarna kuning merupakan AF dan lapisan bawah yang berwarna coklat merupakan AH. AF hasil ekstraksi tanah gambut yang telah dikeringkan berbentuk serbuk/padatan berwarna coklat.

Pembuatan Fe₃O₄

Pada penelitian ini, proses pembuatan Fe₃O₄ dilakukan dengan metode kopresipitasi

campuran besi (III) klorida heksahidrat dan besi (II) sulfat heptahidrat dengan perbandingan 3:2. Pembuatan Fe₃O₄ ini dilakukan pada suhu 90°C, yang dinaikkan secara bertahap sehingga senyawa hidroksida dari Fe³⁺ dan Fe²⁺ akan membentuk Fe₃O₄. Pelarutan Fe₃O₄ ini bersifat endotermis yaitu dengan meningkatnya suhu dapat meningkatkan pertumbuhan butiran kristal. Pembuatan Fe₃O₄ dilakukan dalam kondisi basa yaitu dengan menambahkan Amonium hidroksida 25% untuk mengendapkan Fe₃O₄. Penambahan Amonium hidroksida dilakukan hingga pH larutan > pH 7 atau basa dan pada penelitian ini diperoleh pH 9. Endapan Fe₃O₄ yang diperoleh lalu dibilas dengan aquades hingga pH netral untuk menghilangkan ion-ion sisa berupa kation dan anion terlarut. Endapan Fe₃O₄ yang telah dikeringkan berbentuk serbuk/padatan berwarna hitam.

Pembuatan Fe₃O₄-AF

Pada penelitian ini, Fe₃O₄ dan AF berhasil terlapisi dengan menggunakan metode kopresipitasi dalam kondisi basa yaitu pada pH 9 dengan cara menambahkan Amonium hidroksida 25% yang berfungsi sebagai agen pengendap untuk mengendapkan endapan Fe₃O₄-AF yang dipanaskan pada suhu 90°C selama 30 menit. Penambahan padatan AF ke dalam larutan Fe₃O₄ berfungsi sebagai agen penyalut Fe₃O₄ yang mempunyai kestabilan yang baik dan afinitas yang tinggi sebagai pengompleks terhadap sisi aktif permukaan Fe₃O₄. AF dapat menstabilkan Fe₃O₄ dan mengadsorpsi limbah dengan kapasitas lebih besar. Proses ini dikendalikan oleh pH dan kekuatan ion dalam medium berair. Partikel Fe₃O₄ mempunyai muatan positif dibawah pH 8 interaksi elektrostatik antara AF dan Fe₃O₄ dominan di bawah kondisi asam dan muatan negatif diatas pH 8.

Pada pH rendah terjadi protonasi permukaan Fe-OH menjadi bentuk Fe-OH²⁺. Nilai mobilitas turun dengan adanya kenaikan pH. Diatas pH titik isoelektrik terjadi deprotonasi dari Fe-OH menjadi bentuk Fe-O, lapisan AF pada Fe₃O₄ dalam kondisi alkali, interaksi dominan antara AF dan Fe₃O₄ adalah kemungkinan reaksi pertukaran ligan dengan hidroksil permukaan[5]. Terlarutnya AF pada Fe₃O₄ akan berpengaruh terhadap sifat muatan partikel dalam larutan berair. Interaksi gugus fungsional AF pada Fe₃O₄ dapat berupa ikatan hidrogen, interaksi elektrostatik, pertukaran ligan atau tolakan elektrostatik. Lapisan permukaan

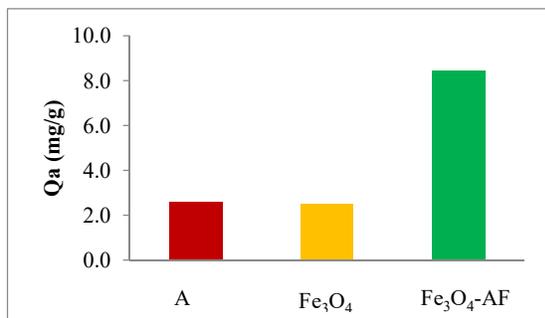
partikel secara efektif dapat meningkatkan adhesi dari partikel bertabrakan selama gerak termal, Studi terbaru juga menunjukkan bahwa AF memiliki afinitas tinggi untuk partikel Fe_3O_4 dan mampu meningkatkan stabilitas dispersi Nano dari partikel Fe_3O_4 dengan mencegah agregasi mereka[3].



Gambar 1. Padatan Fe_3O_4 -AF

Uji Perbandingan

Pada penelitian ini dilakukan uji perbandingan yang bertujuan untuk mengetahui kemampuan dari AF, Fe_3O_4 dan Fe_3O_4 -AF dalam mengadsorpsi ion logam Cd^{2+} . Berikut adalah grafik uji perbandingan jumlah ion logam Cd^{2+} teradsorpsi (Qa) oleh AF, Fe_3O_4 dan Fe_3O_4 -AF.



Gambar 2. Grafik uji perbandingan jumlah ion logam Cd^{2+} teradsorpsi (Qa) oleh AF, Fe_3O_4 dan Fe_3O_4 -AF

Berdasarkan hasil grafik di atas, dapat diketahui bahwa jumlah ion logam Cd^{2+} yang teradsorpsi (Qa) oleh AF sebesar 2,6032 mg/g, jumlah ion logam Cd^{2+} yang teradsorpsi (Qa) oleh Fe_3O_4 sebesar 2,5352 mg/g, sedangkan jumlah ion logam Cd^{2+} yang teradsorpsi (Qa) oleh Fe_3O_4 -AF sebesar 8,4563 mg/g. Hasil grafik diatas menunjukkan bahwa Fe_3O_4 -AF memiliki kemampuan adsorpsi 4 kali lebih besar dibandingkan dengan Fe_3O_4 dan AF dalam mengadsorpsi ion logam Cd^{2+} . Hal ini

disebabkan karena AF memiliki afinitas tinggi terhadap partikel Fe_3O_4 dan mampu meningkatkan stabilitas dispersi Nano dari partikel Fe_3O_4 dengan mencegah agregasi mereka sehingga Fe_3O_4 -AF lebih terdispersi dan bersifat lebih stabil. Fe_3O_4 -AF juga memiliki ukuran yang lebih kecil dibandingkan dengan AF dan Fe_3O_4 [3].

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, Fe_3O_4 -AF memiliki kemampuan adsorpsi 4 kali lebih besar dibandingkan dengan Fe_3O_4 dan AF dalam mengadsorpsi ion logam Cd^{2+} yaitu sebesar 8,4563 mg/g.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Nursabrina, A., Joko, T., Septani, O. 2021. *The Condition of Industrial Hazardous Waste Management in Indonesia and Its Potential Impact: A review*. Jurnal Riset Kesehatan Poltekkes Depkes Bandung Vol 13 No 1.
- [2] Faraji, M., Yamini, Y., Rezaee, M. 2010. *Magnetic nanoparticles: synthesis, stabilizations, functionalization, characterization and application*, J. Iran. Chem. Soc., 7, 1-37.
- [3] Krisbiantoro, P.A., Santosa, S.J., & Kunarti, E.S. 2017. *Synthesis of fulvic acid-coated magnetite (Fe_3O_4 -FA) and its application for the reductive adsorption of $[\text{AuCl}_4]^-$* . Indonesian Journal of Chemistry, 17(3), 453-460.
- [4] Han, G.H., Zhang, Y., Huang, Y., Li, G., Jiang, T. 2010. *Adsorption Behaviours of Humic Substances onto Iron Ore Particle Surface*. XXV International Mineral Processing Congress, Brisbane, 163-171.
- [5] Koesnarpadi, S., Santosa, S.J., Siswanta, D., Rusdiarso, B. 2015, *Synthesis and Characterization of Magnetite Nanoparticle Coated Humic Acid (Fe_3O_4 /HA)*, Procedia Environ. Sci., 30, 103-108.