

## PREPARASI NANOPARTIKEL $\text{Fe}_3\text{O}_4$ (*MAGNETIT*) SERTA APLIKASINYA SEBAGAI ADSORBEN ION LOGAM KADMIUM

Amanda Shinta Maylani\*), Triastuti Sulistyaningsih dan Ella Kusumastuti

Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Semarang

Gedung D6 Kampus Sekaran Gunungpati Telp. (024)8508112 Semarang 50229

### Info Artikel

Sejarah Artikel:  
Diterima Mei 2016  
Disetujui Juni 2016  
Dipublikasikan Agustus 2016

Kata kunci:  
adsorben  
kadmium  
*magnetit*  
nanopartikel

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis nanopartikel  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  dengan metode kopresipitasi dan mengaplikasikannya sebagai adsorben ion logam kadmium. Beberapa faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi seperti pH, waktu optimum, dan konsentrasi awal diteliti. Selain itu, studi isoterm dan kinetika adsorpsi juga dipelajari dalam penelitian ini. Sampel  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  yang telah disintesis dikarakterisasi dengan *Fourier Transform infra Red* (FT-IR), *X-ray Diffractometer* (XRD), dan *Surface Area Analyzers* (SAA). Hasilnya, sampel tersebut merupakan nanopartikel dengan ukuran partikel rata-rata 19,3448 nm, luas permukaan 56,973  $\text{m}^2/\text{g}$  dan diameter rata-rata pori sebesar 10,7969 nm. Kondisi optimum adsorpsi tercapai pada pH 8 selama 60 menit dan pada konsentrasi awal adsorbat  $4,9017 \times 10^{-6}$  mol/L. Adsorpsi ini mengikuti model adsorpsi isoterm *Langmuir* dengan  $q_{\text{max}} = 16,0302$  mg/g dan kinetika isoterm *Ho* dengan konstanta laju adsorpsi ion  $\text{Cd}^{2+}$  sebesar 1,5093 g/mg menit.

### Abstract

This study aim to synthesize nanoparticle  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  using co-precipitation method and apply it to be an adsorbent of  $\text{Cd}^{2+}$  ions. Various factors influencing the adsorption of  $\text{Cd}^{2+}$  e.g. pH, contact time and initial concentration were investigated. Moreover, model of adsorption isotherm and kinetics also studied. Sample of  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  were characterized by *Fourier Transform infra Red* (FT-IR), *X-ray Diffractometer* (XRD) and *Surface Area Analyzers* (SAA). Process of adsorption use batch method. Amount of  $\text{Cd}^{2+}$  that adsorbed were measured by *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS). The result showed that the sample was nanoparticle. The average particle size of  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  was 19.3448 nm, surface area was 56.973  $\text{m}^2/\text{g}$  and average of pore size was 10.7969 nm. An optimum pH require for adsorption  $\text{Cd}^{2+}$  ions by  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  is 8, optimum contact time is 60 minutes and an optimum initial concentration is  $4.9072 \times 10^{-6}$  mol/L. The adsorption followed the *Langmuir* isotherm with  $q_{\text{max}} = 16.0302$  mg/g and psedo-second-order reaction model of kinetics adsorption with initial sorption rate 1.5093 g/mg minute.

© 2016 Universitas Negeri Semarang

✉ Alamat korespondensi:  
E-mail: ashinta10@gmail.com

## Pendahuluan

Berkembangnya perindustrian di Indonesia memberikan dampak negatif terhadap lingkungan. Salah satu dampaknya yaitu penurunan kualitas lingkungan perairan yang disebabkan oleh penanganan limbah yang tidak tepat terutama pencemaran logam berat. Limbah yang dihasilkan oleh berbagai macam industri seperti industri logam, elektroplating, penyamakan kulit, tekstil dan cat mengandung berbagai macam zat kimia berbahaya yang harus diolah dengan cara-cara tertentu agar tidak membahayakan lingkungan.

Logam berat merupakan jenis pencemar yang sangat berbahaya dalam sistem lingkungan hidup karena bersifat tak dapat terbiodegradasi, toksik, serta mampu mengalami bioakumulasi dalam rantai makanan (Anis dan Gusrizal; 2006). Logam-logam tertentu dalam konsentrasi tinggi akan sangat berbahaya bila ditemukan di dalam lingkungan (air, tanah dan udara). Salah satu contoh logam berat yang sangat berbahaya adalah logam kadmium (Cd). Logam Cd mempunyai penyebaran yang sangat luas di alam. Menurut Palar (2008), kadmium memiliki dampak negatif dalam tubuh manusia yaitu dapat menghambat kerja paru-paru, bahkan mengakibatkan kanker paru-paru, mual, muntah, diare, kram, anemia, kerusakan ginjal dan hati. Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 492/Menkes/Per/2010 ambang batas kandungan kadmium dalam air minum adalah 0,003 mg/L.

Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk menanggulangi pencemaran akibat logam berat adalah adsorpsi. Adsorpsi merupakan salah satu metode yang paling populer dan efektif untuk menanggulangi pencemaran logam berat, karena proses adsorpsi menawarkan fleksibilitas dalam desain dan operasinya (Pang, *et al.*; 2011). Ada banyak senyawa yang dapat digunakan untuk adsorpsi logam berat diantaranya zeolit, arang aktif dan *magnetit*. *Magnetit* dikenal juga sebagai *black iron oxide*, *magnetic iron ore*, *loadstone*, *ferrous ferrit*, atau *hercules stone* yang menunjukkan kemagnetan paling kuat di antara oksida-oksida logam transisi. Banyak metode yang telah dilakukan peneliti untuk pembuatan  $Fe_3O_4$  yang halus dan homogen diantaranya metode kopresipitasi, solvothermal, sol gel, *solid state*, dan lain-lain. Metode kopresipitasi dianggap sebagai metode yang paling sederhana, ekonomis dan paling efisien. Kesederhanaan metode ini menjadi salah satu teknik yang lebih disukai untuk membuat partikel nano (Yuliani,

*et al.*; 2013).

## Metode Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ ,  $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ ,  $Cd(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$ ,  $NH_3$ ,  $HNO_3$ , dengan *grade pro analyst* dari *Merck*, kertas *whatman* dan aquademin. Peralatan yang digunakan yaitu *hotplate* dan *magnetic stirrer*, neraca analitik, pHmeter, dan *vacuum buchner*. Selain itu diperlukan pula instrumen karakteristik berupa *Spectrophotometer Simadzu FT-IR-820 IPC*, *X-ray Diffractometer (XRD)*, *Quantachrome NOVA 2000*, dan *Perkin Elmer Analyst 800 Atomic Absorption Spectrophotometer*.

*Magnetit* disintesis menggunakan metode kopresipitasi. Pertama-tama, larutan  $FeCl_3$  dan  $FeSO_4$  masing-masing dilarutkan dalam aquades 25 mL. Kemudian kedua larutan tersebut dicampur dan dititrasi dengan  $NH_3$  3,5 M sambil diaduk dengan kecepatan 500 rpm, dan suhu selama reaksi 55°C. Setelah tercapai pH 11 titrasi dihentikan dan larutan didinginkan. Endapan dipisahkan dari larutan menggunakan *vacuum buchner* dan dinetralkan hingga pH 7. Selanjutnya, endapan dikeringkan menggunakan oven suhu 65°C selama 6 jam. Kemudian, *magnetit* dikarakterisasi menggunakan FT-IR, XRD dan SAA.

Langkah selanjutnya yaitu pengaplikasian  $Fe_3O_4$  sebagai adsorben ion logam  $Cd^{2+}$ . Pertama, optimasi pH. Proses adsorpsi dilakukan dengan memasukkan *magnetit* 0,01 g ke dalam larutan  $Cd(NO_3)_2$  3 ppm 10 mL dengan pH yang divariasi (4, 5, 6, 8, dan 10) dan diaduk dengan kecepatan 200 rpm selama 60 menit. Larutan kemudian dipisahkan dari adsorben dan diukur absorbansinya menggunakan AAS. Kedua, yaitu optimasi waktu kontak. *Magnetit* sebanyak 0,01 g dimasukkan ke dalam larutan  $Cd(NO_3)_2$  3 ppm 10 mL pada pH 8. Larutan diaduk dengan kecepatan 200 rpm dengan variasi waktu kontak 10 menit, 20, 30, 40, 50, 60 dan 120 menit. Larutan kemudian dipisahkan dari adsorben dan diukur absorbansinya menggunakan AAS. Langkah terakhir, yaitu optimasi konsentrasi adsorbat. *Magnetit* sebanyak 0,01 g dimasukkan ke dalam larutan  $Cd(NO_3)_2$  dengan konsentrasi 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10, 15, dan 16 ppm sebanyak 10 mL pada pH 8. Larutan diaduk dengan kecepatan 200 rpm selama 60 menit. Larutan kemudian dipisahkan dari adsorben dan diukur absorbansinya menggunakan AAS.

### Hasil dan Pembahasan

Senyawa  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  (*magnetit*) telah berhasil disintesis menggunakan metode kopresipitasi. Hal ini ditandai dengan terbentuknya serbuk hitam yang dapat ditarik magnet. Secara fisik, hal ini menandakan bahwa serbuk hitam yang terbentuk adalah  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ . Hal ini dipertegas dengan hasil analisis gugus fungsi dengan FT-IR. Serbuk  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  yang terbentuk ditunjukkan dalam Gambar 1.



**Gambar 1.** Magnetit hasil sintesis

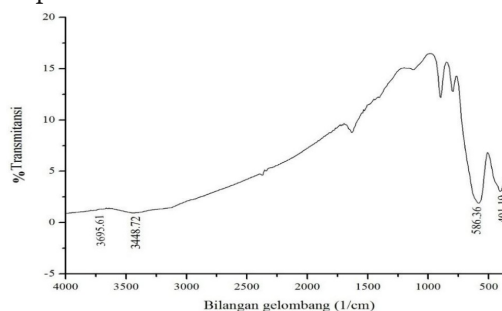
$\text{Fe}_3\text{O}_4$  terbentuk dengan mereaksikan  $\text{FeCl}_3$  dengan  $\text{FeSO}_4$  dan basa  $\text{NH}_3$ . Larutan campuran tersebut kemudian dititrasi menggunakan basa  $\text{NH}_3$  3,5 M. Penggunaan  $\text{NH}_3$  bahan pengendap memiliki keuntungan dibandingkan dengan basa lainnya yaitu dapat menghasilkan  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  dengan kristalinitas yang lebih tinggi dan ukuran partikel yang lebih kecil.  $\text{NH}_3$  3,5 M dianggap sebagai konsentrasi paling optimum dalam menghasilkan  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  karena menghasilkan ukuran yang kecil. Seiring dengan meningkatnya konsentrasi  $\text{NH}_3$  maka pH akhir reaksi semakin cepat tercapai, dan kelebihan ion  $\text{OH}^-$  di permukaan inti kristal sehingga menghambat pertumbuhan inti kristal (Wang, *et al.*; 2010).

Selanjutnya, *magnetit* hasil sintesis dikarakterisasi dengan FT-IR, XRD, dan SAA. Spektrum FT-IR untuk senyawa oksida besi terletak pada daerah frekuensi rendah yaitu 1000-500  $\text{cm}^{-1}$ . Senyawa *magnetit* ditunjukkan dengan adanya pita serapan yang lebar dan menyebar pada bilangan gelombang 586,36  $\text{cm}^{-1}$  yang merupakan ikatan Fe-O tetrahedral dan 401,19  $\text{cm}^{-1}$  yang menunjukkan ikatan Fe-O oktahedral.

Titrisasi dilakukan hingga tercapai pH 11. Hal ini berdasarkan pada fakta bahwa senyawa *magnetit* mulai terbentuk pada pH 9-14 (Elkharrag, *et al.*; 2011). Setelah mencapai pH 11, endapan dipisahkan dari filtrat menggunakan pompa *vacuum* dan kemudian dinetralkan menggunakan aquademin untuk menghilangkan pengotor. Langkah selanjutnya, endapan dikeringkan dalam oven pada suhu 65°C selama 6 jam.

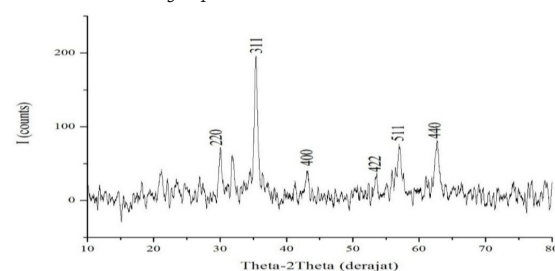
Pada Gambar 2. juga terdapat pita serapan

pada bilangan gelombang lainnya seperti pada bilangan 3448,72  $\text{cm}^{-1}$  dan 3695,61  $\text{cm}^{-1}$  yang merupakan vibrasi ulur O-H. Dari pita serapan tersebut dapat dilihat bahwa intensitas O-H sangat sedikit, maka dapat disimpulkan bahwa proses pembentukan kristal terjadi hampir sempurna.



**Gambar 2.** Spektra IR  $\text{Fe}_3\text{O}_4$

Karakterisasi menggunakan XRD ditujukan untuk identifikasi fasa dan penentuan ukuran partikel  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  hasil sintesis.



**Gambar 3.** Difraktogram  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  hasil sintesis

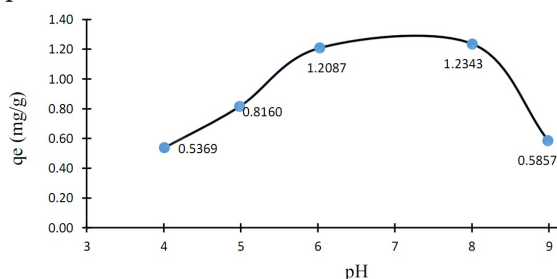
Berdasarkan difraktogram di atas dapat diketahui bahwa  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  hasil sintesis mempunyai puncak-puncak difraktogram yang muncul pada  $2\theta = 18,20; 29,97; 35,35; 36,35; 47,33; 53,48; 56,40; 62,66; 65,87; 71,19; 74,94; 78,89$  dan  $80,00^\circ$  sesuai dengan difraktogram *Join Committee on Powder Diffraction Standard* (JCPDS)  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  standar nomor 85-1436. Hal ini menandakan bahwa fasa yang terbentuk adalah  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ .

Ukuran partikel  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  hasil sintesis ditentukan dengan menggunakan persamaan Debye-Scherrer  $D = K\lambda / (B \cos \theta)$ , dimana  $D$  = ukuran rata-rata partikel (nm),  $K$  = konstanta dimensi kristal,  $B$  = lebar  $\frac{1}{2}$  puncak difraktogram,  $\theta$  = sudut difraksi,  $\lambda$  = panjang gelombang sinar-x (nm). Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh ukuran partikel pada kisaran 19,3448 nm. Hal ini menandakan bahwa  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  hasil sintesis merupakan partikel nano.

Karakterisasi menggunakan SAA dimaksudkan untuk mengetahui luas permukaan adsorben serta ukuran porinya. Pengukuran dilakukan dengan alat *Surface Area Analyzer*

*Quantochrome NOVA 1200*. Gas nitrogen dialirkan pada suhu 77,3 K. Dari hasil pengukuran didapatkan luas permukaan *magnetit* sebesar 56,973 m<sup>2</sup>/g dan diameter rata-rata pori sebesar 107,969 Å. Semakin besar pori-pori adsorben maka semakin besar pula luas permukaannya sehingga dapat memperbesar jumlah ion yang teradsorpsi karena dengan meningkatnya luas permukaan maka tumbukan selektif antara partikel akan meningkat.

pH merupakan salah satu faktor penting dalam adsorpsi, karena perubahan keasaman dalam larutan dapat menyebabkan perubahan muatan permukaan adsorben ataupun spesies ion logam dalam larutan. Data pengaruh pH terhadap adsorpsi ion logam Cd<sup>2+</sup> disajikan pada Gambar 4.



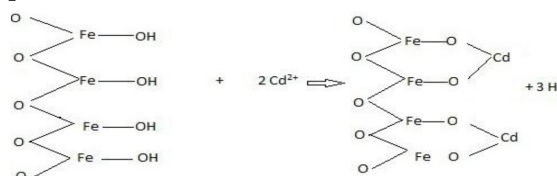
**Gambar 4.** Kurva optimasi pH larutan ion logam Cd<sup>2+</sup>

Berdasarkan Gambar 4, dapat dilihat bahwa kondisi optimum adsorpsi ion logam Cd<sup>2+</sup> oleh *magnetit* terjadi pada pH 8 yaitu sebesar 1,2343 mg/g. Hal ini dikarenakan pada pH rendah 4 sampai 6 terjadi kompetisi antara ion Cd<sup>2+</sup> dengan ion H<sup>+</sup> dalam memperebutkan tempat di permukaan adsorben sehingga besarnya ion Cd<sup>2+</sup> yang terserap sedikit. Seiring dengan kenaikan pH, besarnya ion Cd<sup>2+</sup> yang diadsorpsi pun semakin tinggi hal ini dikarenakan berkurangnya ion H<sup>+</sup> dalam larutan. Pada pH 8 permukaan adsorben dikelilingi oleh OH<sup>-</sup> sehingga permukaan bermuatan negatif. Hal ini menyebabkan terjadi tarik menarik antara permukaan adsorben dengan ion Cd<sup>2+</sup> yang bermuatan positif. Di atas pH 9 terjadi penurunan penyerapan ion Cd<sup>2+</sup> dikarenakan ion OH<sup>-</sup> yang berlebih pada permukaan adsorben menyebabkan ion Cd<sup>2+</sup> mengendap sebagai hidroksidanya (Ningsih; 2013).

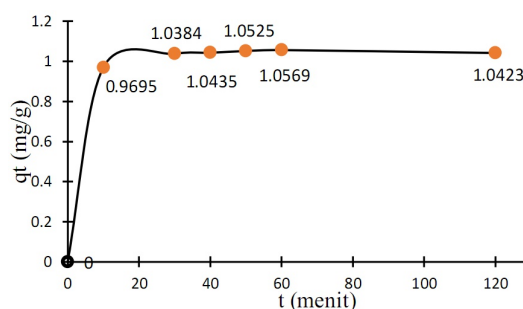
Pada permukaan logam oksida, hidroksida, seperti Fe-OH memiliki muatan ketika terdispersi dalam media air. Muatan ini timbul akibat permukaan hidroksil yang bersifat amfoter, hal ini dapat dikontrol melalui pH dan kekuatan ionik dalam media air. Reaksi pada permukaan situs Fe-OH dengan ion H<sup>+</sup> dan OH<sup>-</sup>

dapat membentuk muatan permukaan positif (Fe-OH<sub>2</sub><sup>+</sup>) dan negatif (Fe-O<sup>-</sup>). Permukaan Fe-OH bersifat netral pada pH<sub>pzc</sub> (Illes dan Tombacz; 2004).

Ketika pH lebih rendah dari pH<sub>pzc</sub> Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> (pH<sub>pzc</sub> Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> = 6,4), permukaan Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> bermuatan positif karena mengalami protonasi sehingga dapat bereaksi dengan anion (adsorpsi anion). Sehingga pada pH 4-6 jumlah ion Cd<sup>2+</sup> yang teradsorpsi sedikit. Namun, pada saat pH > pH<sub>pzc</sub> permukaan adsorben bermuatan negatif karena mengalami deprotonasi sehingga dapat berinteraksi dengan Cd<sup>2+</sup> yang bermuatan positif (adsorpsi kation). Hal inilah yang mengakibatkan jumlah ion Cd<sup>2+</sup> yang teradsorpsi mengalami kenaikan (Hu et al, 2005). Adapun mekanisme reaksi adsorpsi ion logam Cd<sup>2+</sup> dengan magnetit pada pH > pH<sub>pzc</sub> ditunjukkan pada Gambar 5.



**Gambar 5.** Mekanisme adsorpsi ion logam Cd<sup>2+</sup> oleh Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> pada pH > pH<sub>pzc</sub>

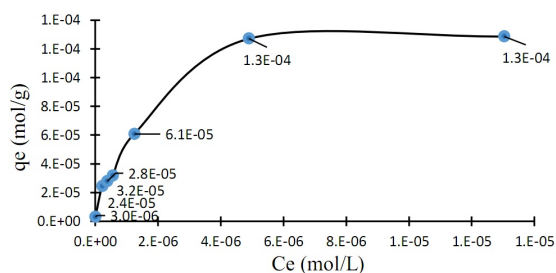


**Gambar 6.** Kurva optimasi waktu kontak larutan ion logam Cd<sup>2+</sup>

Berdasarkan Gambar 6, dapat dilihat bahwa kondisi optimum adsorpsi Cd<sup>2+</sup> oleh *magnetit* terjadi pada waktu 60 menit yaitu sebesar 1,505 mg/g. Semakin lama waktu kontak antara adsorben dan adsorbat, maka jumlah adsorbat yang berinteraksi dengan situs aktif adsorben akan semakin banyak hingga mencapai kesetimbangan. Pada waktu kontak 10 menit hingga 30 menit jumlah ion Cd<sup>2+</sup> yang teradsorpsi mengalami kenaikan yang sangat signifikan lalu naik hingga menit ke-60 namun tidak terlalu signifikan.

Hal ini terjadi karena semakin lama waktu interaksi antara *magnetit* dengan ion Cd<sup>2+</sup>, semakin banyak tumbukan yang terjadi, maka ion Cd<sup>2+</sup> yang teradsorpsi juga semakin banyak.

Pada waktu kontak 10-30 menit situs aktif belum terisi oleh ion  $\text{Cd}^{2+}$  sehingga ion-ion  $\text{Cd}^{2+}$  bisa teradsorpsi dengan cepat. Pada menit ke-40 sampai 60 kenaikan ion  $\text{Cd}^{2+}$  yang teradsorpsi tidak terlalu tinggi, ini menandakan bahwa pada waktu 60 menit telah terjadi kesetimbangan. Pada menit ke-120 terjadi penurunan daya serap, hal ini dikarenakan situs aktif telah terisi penuh oleh ion-ion  $\text{Cd}^{2+}$  sehingga tidak dapat mengadsorpsi ion  $\text{Cd}^{2+}$  lagi (sudah jenuh).



**Gambar 7.** Optimasi konsentrasi larutan ion logam  $\text{Cd}^{2+}$

Berdasarkan Gambar 7. dapat dilihat bahwa kondisi optimum adsorpsi  $\text{Cd}^{2+}$  oleh magnetit terjadi pada konsentrasi larutan adsorbat  $4,9017 \times 10^{-6}$  mol/L. Pada konsentrasi rendah, situs aktif magnetit hanya terisi sedikit ion  $\text{Cd}^{2+}$  sehingga proses adsorpsi masih terus mengalami kenaikan hingga konsentrasi  $4,9017 \times 10^{-6}$  mol/L. Pada konsentrasi  $4,9017 \times 10^{-6}$  mol/L dianggap sebagai konsentrasi optimum karena pada konsentrasi ini jumlah ion  $\text{Cd}^{2+}$  yang teradsorpsi sebesar  $1,271 \times 10^{-4}$  mol/g. Pada konsentrasi di atas  $4,9017 \times 10^{-6}$  mol/L, hanya terjadi sedikit kenaikan sehingga dapat dianggap permukaan magnetit sudah mencapai kesetimbangan atau jenuh. Semakin besar konsentrasi adsorbat maka semakin banyak jumlah substansi yang terkumpul pada permukaan adsorbat.

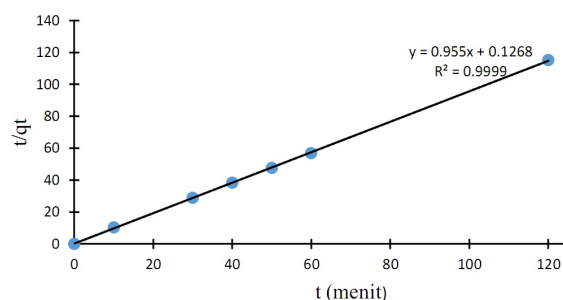
Pada penelitian ini digunakan tiga buah model kinetika adsorpsi untuk menentukan konstanta laju adsorpsi. Model kinetika yang digunakan yaitu, model kinetika *Langmuir-Hinselwood*, *Lagergren* dan *Ho*. Model kinetika *Langmuir-Hinselwood* dilakukan dengan membuat kurva linier antara  $(\ln(C_o/C_a))/(C_o - C_a)$  vs  $t/C_o - C_a$ , dengan slope k dan intersep K. Model kinetika *Lagergren* ditentukan dengan membuat kurva antara  $\ln(q_e - q_t)$  vs t sedangkan kinetika *Ho* ditentukan dengan membuat kurva antara  $t/q_t$  vs t. Dari hasil perhitungan diperoleh hasil seperti pada Tabel 1.

Berdasarkan Tabel 1. dapat dilihat bahwa kinetika adsorpsi ion logam  $\text{Cd}^{2+}$  dengan magnetit mengikuti model kinetika *Ho* (model pseudo orde dua semu) dengan konstanta laju adsorpsi

ion  $\text{Cd}^{2+}$  sebesar 1,5093 g/mg menit.

**Tabel 1.** Hasil perhitungan kinetika adsorpsi ion  $\text{Cd}^{2+}$  pada  $\text{Fe}_3\text{O}_4$

Model	Parameter	Nilai
<i>Langmuir-Hinselwood</i>	$r^2$	0,3181
	k (menit <sup>-1</sup> )	0,0125
	K (L/mol)	1,3951
<i>Lagergren</i>	$r^2$	0,1550
	k (menit <sup>-1</sup> )	0,0214
	$q_e$ (mg/g)	1,9198
<i>Ho</i>	$r^2$	0,9994
	h (mg/g.menit)	1,6714
	k (g/mg.menit)	7,8864

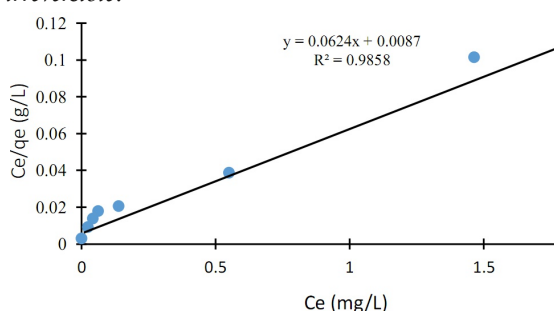


**Gambar 8.** Hubungan  $t/q_t$  vs t pada model kinetika *Ho*

Kapasitas adsorpsi ion  $\text{Cd}^{2+}$  pada magnetit ditentukan menggunakan isoterm adsorpsi. Model isoterm adsorpsi yang digunakan adalah model isoterm adsorpsi *Freundlich* dan *Langmuir*. Isoterm *Freundlich* didasarkan pada serapan multilayer di permukaan adsorben heterogen sedangkan isoterm *Langmuir* berasumsi cakupan monolayer sorben dipermukaan homogen (Dong, *et al.*; 2010). Proses adsorpsi ion logam  $\text{Cd}^{2+}$  oleh magnetit mengikuti model isoterm *Langmuir*. Hal ini dikarenakan pada isoterm *Langmuir* mempunyai faktor korelasi ( $r^2$ ) sebesar 0,9858 lebih besar daripada faktor korelasi ( $r^2$ ) *Freundlich* yang hanya sebesar 0,9753. Artinya, situs aktif pada permukaan magnetit dapat dianggap homogen, dan tidak ada interaksi antara molekul adsorbat ion  $\text{Cd}^{2+}$  sehingga adsorpsi ion  $\text{Cd}^{2+}$  hanya membentuk satu lapisan monolayer.

Dari perhitungan isoterm *Langmuir* diperoleh kapasitas maksimum adsorpsi sebesar 16,0302 mg/g, artinya 1 gram magnetit dapat mengadsorpsi 16,0302 mg  $\text{Cd}^{2+}$ . Adsorpsi ion logam  $\text{Cd}^{2+}$  pada  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  membutuhkan energi sebesar 33,92086 kJ mol<sup>-1</sup>. Artinya, proses berlangsung secara endoterm. Proses adsorpsi yang terjadi merupakan adsorpsi secara kimia. Pada adsorpsi kimia, partikel melekat pada permukaan dan membentuk ikatan kimia (biasanya ikatan kovalen, dan ionik atau keduanya). Lapisan adsorbat yang terbentuk terdiri dari satu lapis. Adsorpsi ini bersifat

irreversible.



**Gambar 9.** Model isoterm adsorpsi *Langmuir*

**Tabel 2.** Hasil perhitungan kapasitas adsorpsi  $\text{Fe}_3\text{O}_4$

Freundlich			Langmuir		
$K_f$ (mg/g)	n	$r^2$	$q_{\max}$ (mg/g)	$K_L$ (L/mg)	$r^2$
8621,847	1,8587	0,9753	16,0302	7,1704	0,9858

### Simpulan

Senyawa nanopartikel  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  (*magnetit*) dapat disintesis menggunakan metode kopresipitasi. Senyawa ini dapat digunakan sebagai adsorben ion logam  $\text{Cd}^{2+}$  dengan pH optimum 8, waktu kontak 60 menit dan konsentrasi adsorbat sebesar  $4,9017 \times 10^{-6}$  mol/L. Proses adsorpsi mengikuti model kinetika *Ho* dan isoterm *Langmuir* dengan kapasitas adsorpsi sebesar 16,0302 mg/g.

### Daftar Pustaka

Anis, S., dan Gusrizal. 2006. Pengaruh pH dan Penentuan Kapasitas Adsorpsi Logam Berat pada Biomassa Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*). *Indonesian Journal of Chemistry*, 6(1): 56-60

Dong, L., Z. Zhu, Y. Qiu, and J. Zhao. 2010. Removal of Lead from Aqueous Solution by *Hidroxyapatite/Magnetite* Composite Adsorbent. *Chemical Engineering Journal*,

165(1): 827-834

El-kharrag, R., A. Amin, Y.E. Greish. 2011. Low Temperature Synthesis of *Monolithic Mesoporous Magnetite* Nanoparticles. *Ceramics International*, doi: 10.1016/j.ceramint.2011.07.052

Hu, J.G. Chen, I.M.C Lo. 2005. Removal and Recovery of Cr(VI) from Wastewater by *Maghemite* Nanoparticles. *Water Research*, 39(18): 4528-4536

Illes, E., dan Tombacz. 2003. The Role of Variable Surface Charge and Surface Complexation in The Adsorption of Humic Acid on *Magnetite*. *Colloids and Surface A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 230(1): 99-109

Ningsih, D.W., F. Fajaroh, S. Wonorahardjo. 2013. *Aplikasi Nanopartikel  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  (Magnetite) Hasil Sintesis Elektrokimia sebagai Adsorben Ion Logam Kadmium(II)*. Skripsi. Malang: Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Malang

Palar, H. 2008. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta: Rineka Cipta

Pang, Y., G. Zeng, L.Tang, Y. Zhang, Y. Liu, X. Lei, Z. Li, dan G. Xie. 2011. PEI-Grafted *Magnetic* Porous Powder for Highly Effective Adsorption of Heavy Metals Ions. *Desalination*, 281(1): 278-284

Wang, N., L. Zhu, D. Wang, M. Wang, Z. Lin, H. Tang. 2010. Sono-assisted Preparation of Highly-efficient Peroxidase-like  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  *Magnetic* Nanoparticles for Catalytic Removal of Organic Pollutants with  $\text{H}_2\text{O}_2$ . *Ultrasonic Sonochemistry*, 17(1): 526-533

Yuliani, N.R., S. Arief, dan U. Septiani. 2013. Penggunaan Reduktor Organik dan Anorganik pada Proses Sintesis  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  dengan Metode Kopresipitasi. *Jurnal Kimia Unand*, 2(1):93-97