



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

Skripsi

disusun sebagai salah satu syarat

untuk memperoleh gelar Sarjana Sains

Program Studi Kimia

Oleh

Amanda Shinta Maylani

4311411066

**JURUSAN KIMIA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**

**2015**

## PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa yang tertulis di dalam Tugas Akhir II ini benar-benar hasil karya saya sendiri, bukan jiplakan dari hasil karya orang lain, baik sebagian maupun seluruhnya. Pendapat atau temuan orang lain yang terdapat dalam Tugas Akhir II ini dikutip atau dirujuk berdasarkan kode etik ilmiah.

Semarang, 1 Juli 2015  
Penulis



**Amanda Shinta Mavlani**  
**NIM. 4311411066**

## PENGESAHAN

Tugas Akhir II yang berjudul

Preparasi Nanopartikel  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  (Magnetit) Serta Aplikasinya Sebagai Adsorben Ion Logam Kadmium

Disusun oleh

Nama : Amanda Shinta Maylani

NIM : 4311411066

telah dipertahankan di hadapan Sidang Panitia Ujian Tugas Akhir FMIPA Universitas Negeri Semarang pada tanggal 7 Juli 2015

Panitia:



Prof. Dr. Wiyanto, M.Si

NIP.196310121988031001

Sekretaris

Dra. Woro Sumarni, M.Si

NIP.196507231993032001

Ketua Penguji

Dr. Jumaeri, M.Si

NIP.196210051993031002

Anggota Pengujii/Pembimbing I

Triastuti Sulistyaningsih, S.Si, M.Si

NIP.197704112005012014

Anggota Penguji/ Pembimbing II

Ella Kusumastuti, S.Si, M.Si

NIP.198212142009122004

## PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi dengan judul **Preparasi Nanopartikel  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  (Magnetit) Serta Aplikasinya Sebagai Adsorben Ion Logam Kadmium** yang disusun oleh Amanda Shinta Maylani telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan di hadapan sidang Penelitian Ujian Tugas Akhir II Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang (UNNES).

Semarang, Juni 2015

Dosen Pembimbing I



Triastuti Sulistyaningsih, S.Si, M.Si

NIP.197704112005012014

Dosen Pembimbing II



Ella Kusumastuti, S.Si, M.Si

NIP.198212142009122004

## MOTTO DAN PERSEMBAHAN

### Motto

1. Berhentilah mengeluh karena Allah tidak akan memberikan cobaan di luar batas kemampuan umat-Nya.
2. *Always put your best efforts because you only life once.*

### Persembahan

Karya ini penulis persembahkan untuk:

1. Mama dan papa tercinta atas doa, dukungan serta limpahan kasih sayang yang tak pernah putus.
2. Kakak-kakakku yang selalu memberikan doa, dukungan dan semangat.
3. Alm. Oma tercinta dan semua keluargaku yang telah mendukung dan mendoakanku.
4. Mohammad Arif Nurhasyim yang selalu menemani, menghibur dan memberikan semangat.
5. Sahabat-sahabat Kimia 2011 yang selalu menyemangati.
6. Almamaterku.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir II dengan judul “Preparasi Nanopartikel  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  (Magnetit) Serta Aplikasinya Sebagai Adsorben Ion Logam Kadmium” sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Sains di Universitas Negeri Semarang.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir II ini jauh dari kesempurnaan dan tidak terlepas dari bantuan dan dukungan berbagai pihak, maka penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Rektor Universitas Negeri Semarang.
2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang.
3. Ketua Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang.
4. Ibu Triastuti Sulistyaningsih, S.Si, M.Si., selaku Dosen Pembimbing I yang dengan kesabarannya memberikan arahan dan bimbingannya sehingga Tugas Akhir II ini mampu diselesaikan penulis.
5. Ibu Ella Kusumastuti, S.Si, M.Si., selaku Dosen Pembimbing II yang dengan kesabarannya memberikan arahan dan motivasi dalam penyelesaian Tugas Akhir II ini.

6. Bapak Drs. Jumaeri, M.SI., selaku Dosen Penguji yang telah memberikan arahan, kritikan, dan masukan sehingga Tugas Akhir II ini dapat menjadi lebih baik.
7. Bapak dan Ibu Dosen yang banyak memberikan bekal ilmu selama penulis menjalani studi.
8. Bapak dan Ibu Laboran Laboratorium Kimia Universitas Negeri Semarang yang telah membantu penulis selama penelitian.
9. Orangtua dan seluruh keluarga tercinta yang telah memberikan dukungan, serta doa dan kasih sayang yang tidak pernah putus. Sahabat-sahabat terbaikku Arif, Fani, Metta, Selli, Kartika, Lysa, Istria, Manda, Margaretha, dan Fatun yang selalu ada menemani di saat suka maupun duka. Teman-teman kost Valet yang selalu menghibur dan membuat tawa.
10. Serta semua pihak yang telah membantu penulis baik secara materi maupun non-materi dalam penulisan Tugas Akhir II ini.

Akhirnya, penulis berharap semoga Tugas Akhir II ini dapat bermanfaat dan menambah wawasan serta wacana keilmuan dan berguna bagi pihak-pihak yang membutuhkannya serta bagi penulis sendiri.

Semarang, 1 Juli 2015  
Penulis



Amanda Shinta Maylani  
NIM.4311411066

## ABSTRAK

Maylani, Amanda S. 2015. *Preparasi Nanopartikel Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> (Magnetit) serta Aplikasinya Sebagai Adsorben Ion Logam Kadmium*. Skripsi, Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Univeristas Negeri Semarang. Pembimbing Utama Triastuti Sulistyaningsih, S.Si., M.Si dan Pembimbing Pendamping Ella Kusumastuti, S.Si., M.Si.

Kata Kunci: Adsorben, Kadmium, Magnetit, dan Nanopartikel

Pembuangan limbah industri logam yang tidak diolah dengan cara yang benar telah mengakibatkan pencemaran lingkungan perairan. Pengolahan limbah logam berat dapat dilakukan dengan metode adsorpsi. Telah dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mensintesis nanopartikel Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> dengan metode kopresipitasi dan mengaplikasikannya sebagai adsorben ion logam kadmium, mengetahui kondisi optimum adsorpsi serta studi isoterm dan kinetika adsorpsinya. Tahap awal yaitu sintesis nanopartikel Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> secara kopresipitasi, diikuti karakterisasi dengan FTIR, XRD, dan SAA. Tahap akhir yaitu proses adsorpsi. Analisis kandungan Cd<sup>2+</sup> yang teradsorp dilakukan dengan metode AAS. Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> berhasil disintesis dengan metode kopresipitasi, dengan ukuran partikel rata-rata 19,3448 nm, luas permukaan 56,973 m<sup>2</sup>/g dan diameter rata-rata pori sebesar 107,969 Å. Kondisi optimum adsorpsi tercapai pada pH 8 selama 60 menit dan pada konsentrasi awal adsorbat 4,9017x10<sup>-6</sup> mol/L. Adsorpsi ini mengikuti model adsorpsi isoterm Langmuir dengan q<sub>max</sub> = 1,426x10<sup>-4</sup> mol/g dan kinetika isoterm Ho dengan konstanta laju adsorpsi ion Cd<sup>2+</sup> sebesar 1,5093 g/mg menit.

## ABSTRACT

*The disposal of industrial wastewaters that is not processed in the right way has resulted a pollution in waters. Adsorption is one of method that can be used to remove heavy metals from waters. This study aim to synthesize nanoparticle Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> using co-precipitation method and apply it to be an adsorbent of Cd<sup>2+</sup> ions. Various factors influencing the adsorption of Cd<sup>2+</sup> e.g. pH, contact time and initial concentration were investigated. Moreover, model of adsorption isotherm and kinetics also studied. Sample of Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> were characterized by FTIR, XRD and SAA. Process of adsorption use batch method. Amount of Cd<sup>+</sup> that adsorbed were measured by AAS. The result showed that the sample was nanoparticle. The average particle size of Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> was 19.3448 nm, surface area was 56.973 m<sup>2</sup>/g and average of pore size was 10.7969 nm. An optimum pH require for adsorption Cd<sup>2+</sup> ions by Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> is 8, optimum contact time is 60 minutes and an optimum initial concentration is 4.9072 x 10<sup>-6</sup> mol/L. The adsorption followed the Langmuir isotherm with q<sub>max</sub> = 16.0302 mg/g and pseudo-second-order reaction model of kinetics adsorption with initial sorption rate 1.5093g/mg minute.*

*Keywords: Adsorbent, Cadmium, Magnetite, Nanoparticle.*



## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL .....	i
PERNYATAAN .....	ii
PENGESAHAN .....	iii
PERSETUJUAN PEMBIMBING.....	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN .....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
ABSTRAK.....	viii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiii

### **BAB I PENDAHULUAN**

1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	5
1.3. Tujuan Penelitian .....	5
1.4. Manfaat Penelitian .....	6

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

2.1. Nanopartikel .....	7
2.2. Magnetit .....	8
2.3. Koplesipitasi .....	11
2.4. Interaksi magnetit dengan Logam .....	12
2.5. Logam Berat .....	13
2.6. Kadmium.....	14
2.7. Adsorpsi .....	16
2.7.1. Jenis Adsorpsi.....	17
2.7.2. Faktor-faktor yang mempengaruhi Adsorpsi.....	17
2.8. Isoterm Adsorpsi .....	20
2.8.1. Isoterm Langmuir.....	20
2.8.2. Isoterm Freundlich.....	21
2.9. Kinetika Adsorpsi .....	22
2.9.1. Model Kinetika Langmuir-Hinselwood .....	23
2.9.2. Model Kinetika Orde Satu Semu .....	23

2.9.2. Model Kinetika Orde Dua Semu .....	24
2.10. <i>Fourier Transform Infra Red (FTIR)</i> .....	24
2.11. Difraktometer Sinar-X ( <i>X-Ray Diffraction</i> ) .....	25
2.12. <i>Surface Area Analyzer (SAA)</i> .....	27
2.13. Spektrofotometer Serapan Atom .....	28
2.14. Penelitian Terdahulu .....	29
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b>	
3.1. Lokasi dan Waktu Penelitian .....	31
3.2. Variabel Penelitian .....	31
3.2.1. Variabel Bebas .....	31
3.2.2. Variabel Terikat .....	31
3.3.2. Variabel Terkendali .....	32
3.3. Alat dan Bahan .....	32
3.3.1. Alat .....	32
3.3.2. Bahan .....	32
3.4. Prosedur Kerja .....	33
3.4.1. Preparasi Magnetit .....	34
3.4.2. Penentuan Kondisi Optimum Penyerapan Ion Cd <sup>2+</sup> .....	34
<b>BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1. Sintesis Nanopartikel Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> dengan Metode Kopresipitasi .....	37
4.2. Karakterisasi Senyawa Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> .....	40
4.1.1. Karakterisasi Senyawa Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> dengan FTIR .....	40
4.2.2. Karakterisasi Senyawa Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> dengan XRD .....	41
4.2.1. Karakterisasi Senyawa Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> dengan SAA .....	42
4.3. Adsorpsi Ion Logam Cd <sup>2+</sup> dalam Larutan menggunakan Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> .....	45
4.3.1. Optimasi pH Larutan Cd <sup>2+</sup> .....	45
4.3.2. Optimasi Waktu Kontak Larutan Cd <sup>2+</sup> .....	46
4.3.3. Optimasi Konsentrasi Larutan Cd <sup>2+</sup> .....	48
4.4. Kinetika Adsorpsi .....	49
4.5. Isoterm Adsorpsi .....	50
<b>BAB V SIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1. Simpulan .....	54
5.2. Saran .....	55
DAFTAR PUSTAKA .....	56
LAMPIRAN .....	61

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Sifat Fisik dan Magnetik Senyawa Oksida Besi .....	9
2. Hasil perhitungan kinetika adsorpsi ion $\text{Cd}^{2+}$ pada $\text{Fe}_3\text{O}_4$ .....	49
3. Hasil perhitungan kapasitas adsorpsi $\text{Fe}_3\text{O}_4$ .....	51

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Struktur Kristal $\text{Fe}_3\text{O}_4$ .....	8
2. Kurva Isoterm Freundlich dan Langmuir.....	22
3. Magnetit Hasil Sintesis .....	38
4. Diagram Pourbaix besi dalam larutan pada berbagai nilai pH .....	39
5. Spektra IR $\text{Fe}_3\text{O}_4$ .....	40
6. Difraktogram $\text{Fe}_3\text{O}_4$ hasil sintesis .....	41
7. Kurva adsorpsi-desorpsi $\text{Fe}_3\text{O}_4$ hasil sintesis dengan SAA .....	43
8. Kurva Optimasi pH Larutan Ion Logam $\text{Cd}^{2+}$ .....	44
9. Mekanisme adsorpsi ion logam $\text{Cd}^{2+}$ oleh $\text{Fe}_3\text{O}_4$ .....	45
10. Kurva Optimasi Waktu Kontak Larutan Ion Logam $\text{Cd}^{2+}$ .....	46
11. Optimasi Konsentrasi Larutan Ion Logam $\text{Cd}^{2+}$ .....	47
12. Grafik Hubungan $t/q_t$ vs $t$ pada model kinetika Ho.....	49
13. Model isoterm adsorpsi Langmuir .....	50

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Pembuatan Larutan.....	59
2. Diagram Alir Prosedur Penelitian .....	60
3. Hasil Karakterisasi FTIR.....	65
4. Hasil Karakterisasi XRD .....	66
5. Hasil Karakterisasi SAA .....	69
6. Kondisi Optimum Adsorpsi .....	75
7. Kinetika Adsorpsi .....	81
8. Isotherm Adsorpsi .....	84
9. Foto Dokumentasi Penelitian .....	87

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Air tidak dapat dipisahkan dari kehidupan manusia. Bahkan dapat dipastikan tanpa pengembangan sumber daya air secara konsisten peradaban manusia tidak akan mencapai tingkat yang dinikmati sampai saat ini. Oleh karena itu pengembangan dan pengolahan sumber daya air merupakan dasar peradaban manusia (Sunaryo *et al.*, 2005). Air merupakan komponen lingkungan yang paling penting. Manfaat air bagi kehidupan antara lain untuk kebutuhan rumah tangga yaitu sebagai air minum dan mandi, kebutuhan industri, air irigasi untuk pertanian sampai pembangkit listrik tenaga air.

Air merupakan salah satu komponen penting bagi kebutuhan manusia. Masuknya zat kimia yang tidak diinginkan menyebabkan kualitas air menjadi semakin buruk dan tidak layak digunakan (Ameta *et al.*, 2006). Dewasa ini, air menjadi masalah yang perlu mendapat perhatian serius. Sebagai contoh, pencemaran air sungai menyebabkan berkurangnya oksigen terlarut dalam air, sehingga berpengaruh negatif terhadap kehidupan biota perairan dan kesehatan penduduk yang memanfaatkan air sungai tersebut (Siswati, 2003). Penyebab pencemaran air tidak hanya berasal dari buangan industri pabrik-pabrik yang membuang begitu saja air limbahnya tanpa pengolahan terlebih dahulu ke sungai atau ke laut, tetapi juga akibat limbah domestik yang jumlahnya semakin besar (Wahjono, 1999).

Berkembangnya perindustrian di Indonesia memberikan dampak negatif terhadap lingkungan. Salah satu dampaknya yaitu menurunnya 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). Pencemaran logam berat terhadap lingkungan merupakan suatu proses yang erat hubungannya dengan penggunaan logam tersebut dalam kegiatan manusia, dan secara sengaja maupun tidak sengaja membuang limbah yang mengandung logam berat ke lingkungan. 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) cadmium 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 antara lain zeolit, arang aktif dan magnetit. Magnetit adalah salah satu senyawa yang telah banyak digunakan dan dikembangkan oleh ilmuwan. Penggunaan magnetit dalam penyelesaian masalah lingkungan telah banyak menarik perhatian dalam beberapa tahun ini.  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  dapat digunakan untuk pemurnian air seperti adsorpsi arsen, krom, dan nikel. Selain itu,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  juga bisa digunakan untuk menghilangkan kesadahan, kebasahan, zat garam, zat warna, dan senyawa organik. Kelebihan  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  yaitu dapat dipisahkan dari media dengan proses magnetik yang sederhana, efisien, ekonomis dan tidak beracun (Hariani *et al.*, 2013).

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. Material dalam ukuran nanometer mempunyai luas permukaan yang sangat besar, sehingga mempunyai kemampuan adsorpsi yang sangat besar. Daya adsorpsi yang cukup besar terhadap logam berat ini dapat dimanfaatkan sebagai adsorben logam berat pada limbah industri. Proses adsorpsi dengan nanopartikel magnetit sebagai adsorben dimungkinkan karena atom-atom oksigen di permukaan magnetit berpotensi mengikat ion-ion logam berat, sehingga dapat menurunkan kadar logam berat dalam air atau pun limbah cair (Teja, 2009).



Telah dilakukan beberapa penelitian mengenai aplikasi nanopartikel sebagai adsorben yaitu penelitian Ningsih *et al.* (2013) yang mensintesis nanopartikel  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  dengan metode elektrokimia secara elektro-oksidasi besi pada voltase tinggi (70 V) dan digunakan sebagai adsorben ion kadmium(II). Hasilnya, semakin besar jarak antar elektroda maka semakin kecil diameter partikel magnetit yang dihasilkan. Nanopartikel magnetit hasil elektrokimia ini dapat mengadsorpsi 96,37% ion  $\text{Cd}^{2+}$  pada pH 8 selama 30 menit. Hariani *et al.* (2013) melakukan penelitian guna mengetahui daya adsorp magnetit terhadap zat warna. Magnetit yang digunakan merupakan hasil sintesis dengan metode kopresipitasi dan berhasil menyerap zat warna dengan kapasitas adsorpsi sebesar 30,503 mg/g. Penelitian Amin *et al.* (2010) mengenai efektifitas nanopartikel magnetit hasil sintesis dengan metode sol-gel dalam penurunan kadar Cr(VI) dari simulasi air limbah elektroplating. Magnetit yang dihasilkan memiliki ukuran antara 40-300 nm dan memiliki kemurnian 90% serta kemagnetan 36,5 emu/g. Magnetit yang dihasilkan berhasil mengadsorp Cr(VI) mengikuti isoterm Freundlich.

Berdasarkan uraian di atas, maka peneliti memiliki ketertarikan untuk melakukan penelitian **“Preparasi Magnetit  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  dan Aplikasinya sebagai Adsorben Logam Berat Kadmium(II)”**. Sebelumnya telah dilakukan penelitian oleh Ningsih (2013) mengenai adsorpsi ion logam  $\text{Cd}^{2+}$  menggunakan magnetit hasil elektrokimia. Pada penelitian ini magnetit disintesis dari  $\text{FeSO}_4$  dan  $\text{FeCl}_3$  menggunakan metode kopresipitasi. Metode ini dianggap lebih mudah dan lebih sederhana dibandingkan metode lainnya. Magnetit hasil sintesis dikarakterisasi menggunakan *Fourier Transform Infrared* (FTIR) untuk analisis gugus fungsi, X-

*ray Diffraction* (XRD) untuk analisis fasa dan ukuran partikel dan *Surface Area Analyzer* (SAA) untuk mengetahui luas permukaan dan ukuran pori, selanjutnya magnetit hasil sintesis digunakan untuk mengadsorp logam Cd yang terdapat dalam larutan  $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$  kemudian kondisi optimum ditentukan menggunakan spektrofotometer serapan atom (AAS), serta isoterm adsorpsi dan kinetiknya.

## 1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas diperoleh rumusan masalah yang nantinya diharapkan dapat menjadikan dasar penelitian ini yaitu antara lain sebagai berikut:

1. Berapakah pH optimum adsorpsi ion logam  $\text{Cd}^{2+}$  menggunakan  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ?
2. Berapakah waktu kontak optimum adsorpsi ion logam  $\text{Cd}^{2+}$  yang menggunakan  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ??
3. Berapakah konsentrasi optimum adsorbat pada adsorpsi ion logam  $\text{Cd}^{2+}$  menggunakan  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ??
4. Bagaimanakah model isoterm dan kinetika adsorpsi ion logam  $\text{Cd}^{2+}$  oleh  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  (magnetit)?

## 1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan uraian di atas dapat dirumuskan tentang tujuan dari penulisan adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pH optimum magnetit dalam penurunan kadar ion logam  $\text{Cd}^{2+}$ .
2. Mengetahui waktu kontak optimum dalam penurunan kadar ion logam  $\text{Cd}^{2+}$ .

3. Mengetahui konsentrasi optimum adsorbat dalam penurunan kadar ion logam  $\text{Cd}^{2+}$ .
4. Untuk mengetahui model isoterm dan kinetika adsorpsi ion logam  $\text{Cd}^{2+}$  oleh  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ .

#### **1.4. Manfaat Penelitian**

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi berbagai pihak, antara lain memperoleh material baru yang dapat digunakan sebagai adsorben logam  $\text{Cd}^{2+}$ , dan mengurangi serta mencegah pencemaran air oleh logam berat sehingga dapat meningkatkan ketersediaan air bersih yang layak.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Nanopartikel**

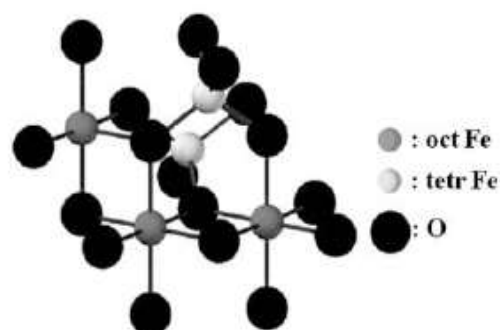
Nanopartikel didefinisikan sebagai partikel-partikel padatan dengan ukuran partikel berkisar 10 – 100 nm (Abdullah *et al.*, 2008). Material nanopartikel telah banyak menarik peneliti karena material nanopartikel menunjukkan sifat fisika dan kimia yang sangat berbeda dari *bulk* materialnya seperti kekuatan mekanik, elektronik, magnetik, kestabilan termal, katalitik dan optik. Ada dua hal utama yang membuat nanopartikel berbeda dengan material sejenis dalam ukuran besar yaitu : (a) karena ukurannya yang kecil, nanopartikel memiliki nilai perbandingan antara luas permukaan dan volume yang lebih besar jika dibandingkan dengan partikel sejenis dalam ukuran besar. Ini membuat nanopartikel bersifat lebih reaktif. Reaktivitas material ditentukan oleh atom-atom di permukaan, karena hanya atom-atom tersebut yang bersentuhan langsung dengan material lain; (b) ketika ukuran partikel menuju orde nanometer, hukum fisika yang berlaku lebih didominasi oleh hukum-hukum fisika kuantum (Abdullah *et al.*, 2008).

Nanopartikel Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> memiliki sifat yang berbeda dibandingkan dengan material *bulk* nya. Nanopartikel magnetit memiliki sifat superparamagnetik yaitu sifat material yang memiliki magnetisasi tinggi ketika diberi magnet eksternal, namun tidak ada medan magnet eksternal nilai magnetisasi rata-ratanya adalah nol. Bahan supermagnetik timbul dari bahan ferromagnetik yang berukuran sangat

kecil (nano) yang membentuk domain magnetik yang mempunyai derajat kebebasan tinggi. Magnetik berpotensi besar digunakan pada bidang biosensor yang berperan sebagai bahan aktif yang dapat mengimmobilisasi analit pada permukaan sensor sehingga dapat meningkatkan kinerja biosensor tersebut. (Riyanto *et al.*, 2012). Selain memiliki sifat paramagnetik, nanopartikel  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  juga memiliki luas permukaan dan luas pori yang lebih besar dibandingkan dengan  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  biasa sehingga lebih efektif bila digunakan sebagai adsorben.

## 2.2. Magnetit

Magnetit merupakan salah satu oksida besi yang memiliki rumus kimia  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  atau sering ditulis dalam bentuk  $(\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3)$ . Magnetit mengadopsi bangun spinel terbalik, yaitu setengah jumlah ion  $\text{Fe}^{3+}$  menempati rongga tetrahedron dan setengah yang lain menempati rongga oktahedron dan semua ion  $\text{Fe}^{2+}$  menempati rongga oktahedron dari suatu tatanan kubus rapat muka (fcc) ion  $\text{O}^{2-}$  (Sugiyarto, 2003). Gambar 1 dan Tabel 1 merupakan bentuk kristal serta sifat fisik dan magnetik dari  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ .



Gambar 1. Struktur Kristal  $\text{Fe}_3\text{O}_4$

(Teja dan Koh, 2009)

Tabel 1. Sifat Fisik dan Magnetik Senyawa Oksida Besi

Sifat	Oksida		
	Hematit	Magnetit	Magemit
Rumus molekul	$\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_3\text{O}_4$	$\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$
Densitas ( $\text{g/cm}^3$ )	5,25	5,18	4,87
Titik leleh ( $^\circ\text{C}$ )	1350	1583-1597	-
Ph	6,5	5.5	5
Sifat kemagnetan	Ferromagnetik lemah atau antiferromagnetik	Ferromagnetik	Ferrimagnetik
$M_s$ pada 300 K ( $\text{A.m}^2/\text{kg}$ )	0,3	92-100	60-80
Energi pembentukan bebas $\Delta G_f^\circ$ ( $\text{kJ/mol}$ )	-742,7	-1012,6	-711,1
Struktur Kristal	Rombohedral, Heksagonal	Kubus	Kubus atau tetrahedral
Tipe struktur	Corundum	Spinel terbalik	Spinel cacat
Gugus ruang	R3c (Heksagonal)	Fd3m	$P4_3 32$ (kubus), $P4_1 2_1 2$ (tetragonal)
Parameter kisi (nm)	$a=0,5034$ , $c = 1,375$ (Heksagonal), $a_{gb} = 0,5427$ , $a=55,3^\circ$ (rombohedral)	$a = 0,8396$	$a = 0,83474$ (kubus), $a=0,8347$ , $c = 2,501$ (tetragonal)

Besi oksida ini digunakan dalam berbagai aplikasi termasuk biomedis, adsorben, katalis, perangkat penyimpanan yang bersifat magnetis, sistem pendingin magnet dan lain-lain (Tan dan Bakar, 2006).

$\text{Fe}_3\text{O}_4$  merupakan senyawa oksida dengan struktur spinel yang tidak normal yang tidak hanya digunakan dalam industri pelapisan, pewarnaan, dan *light-resistance*, tetapi juga digunakan untuk industri konstruksi dikarenakan sifatnya yang tahan terhadap asam. Pada saat ini,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  digunakan pada berbagai bidang termasuk teknologi preparasi dari serbuk nanopartikel (Meng *et al.*, 2005).

Nanopartikel magnetit telah menjadi material menarik yang dikembangkan karena sifatnya yang terkenal sangat potensial dalam aplikasinya pada berbagai bidang, seperti dalam bidang medis digunakan sebagai *drug delivery*, terapi hyperthermia, dan *Magnetic Resonance Imaging* (MRI). Dalam bidang industri digunakan sebagai katalis, sensor, penyimpanan data dalam bentuk CD atau *hard disk*, pigmen warna. Superparamagnetik magnetit digunakan sebagai inti dari agen yang digunakan untuk memisahkan jaringan yang sehat dan yang terkena penyakit. Magnetit dengan polimer terlapisi digunakan untuk pemisahan sel, pemurnian protein, analisis pangan dan lingkungan, sintesis biokimia dan organik, pengelolaan limbah industri dan biosains (Teja, S., 2009).

Sifat partikel nanomagnetik bergantung pada ukurannya. Sebagai contoh, ketika ukuran suatu partikel nanomagnetik di bawah 10 nm, akan bersifat superparamagnetik pada temperatur ruang, artinya bahwa energi termal dapat menghalangi anisotropi energi penghalang dari sebuah partikel nanotunggal. Karena itu, untuk mensintesis partikel nano yang seragam dilakukan beberapa metode dengan mengatur ukurannya sehingga menjadi salah satu kunci masalah dalam ruang lingkup sintesis nanopartikel. Partikel dalam ukuran nanometer memiliki luas permukaan yang besar dengan mengecilnya ukuran (Abdullah dan Khairurijal, 2010).

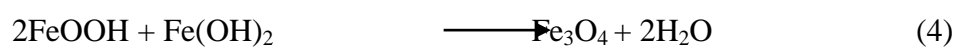
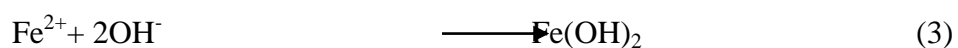
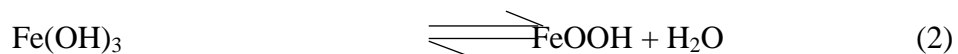
Banyak metode yang telah dilakukan peneliti untuk pembuatan  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  yang halus dan homogen diantaranya metode kopresipitasi, *solvothermal*, sol gel, *solid state*, dan lain-lain. Setiap metode memiliki kelebihan dan kekurangan tersendiri, namun semuanya telah terbukti dapat digunakan untuk membuat nanopartikel

$\text{Fe}_3\text{O}_4$ . Dalam penelitian ini metode yang digunakan adalah metode kopresipitasi. 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).

### 2.3. Kopresipitasi

Metode kopresipitasi merupakan cara mudah untuk mensintesis nanopartikel magnetik dari larutan garam. Hal ini dilakukan dengan penambahan basa dibawah atmosfer inert pada suhu kamar atau pada suhu tinggi (Faraji *et al.*, 2010). Kelebihan dari kopresipitasi adalah teknik yang ekonomis dan beberapa variasi kondisi dapat dipilih mulai dari suhu, pH, agen pengendap dan sebagainya.

Metode kopresipitasi atau pengendapan dilakukan dengan menambahkan larutan pengendap pada pH larutan yang mengandung prekursor material pendukung dan katalis, sehingga terbentuk spesi logam hidroksida yang akan bereaksi dengan gugus hidroksil permukaan yang diikuti dengan lepasnya molekul air. Metode ini umumnya digunakan untuk memperoleh distribusi fasa aktif yang sangat seragam (Nurhayati, 2008). Reaksi pembentukan  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  secara kopresipitasi dijabarkan sebagai berikut:



(Sun *et al.*, 2006)



Ukuran, bentuk dan komposisi nanopartikel magnetik sangat tergantung pada jenis garam yang digunakan (misalnya: klorida, sulfat, nitrat), serta rasio  $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$  (Faraji *et al.*, 2010). Beberapa hal yang perlu diperhatikan agar diperoleh endapan yang baik yaitu: (1) Pengendapan dilakukan dalam larutan encer, (2) Pereaksi pengendap ditambahkan perlahan-lahan sambil diaduk, (3) Pengendapan dilakukan pada daerah pH yang akan membentuk secara kuantitatif (Hermawanti, 2009).

#### **2.4. Interaksi Magnetit dengan Logam**

Magnetit merupakan salah satu jenis mineral oksida besi yang memiliki kemampuan adsorpsi cukup baik. Salah satu kelebihan magnetit sebagai adsorben adalah sifat ferromagnetiknya sehingga selain mampu mengadsorpsi ion logam melalui mekanisme ikatan koordinasi maupun ionik, zat ini juga dapat mengadsorpsi melalui kemagnetan yang dimilikinya. Selain itu, magnetit dapat secara efektif dan mudah dipisahkan dengan menggunakan medan magnet eksternal. Magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) memiliki interaksi yang lebih kuat di dalam medan magnet daripada maghemit ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) (Yuniarti, M., 2013).

Berdasarkan elektronegatifitasnya, atom O memiliki elektronegatifitas yang lebih besar dibandingkan atom Fe sehingga kemampuannya untuk menarik elektron-elektron lebih besar dibandingkan dengan atom Fe.

Proses adsorpsi dengan nanopartikel magnetit sebagai adsorben dimungkinkan karena atom-atom oksigen di permukaan magnetit berpotensi

mengikat ion-ion logam berat, sehingga dapat menurunkan kadar logam berat dalam air atau pun limbah cair (Teja, 2009).

*Point of Zero Charge* (PZC) atau titik nol muatan adalah pH dimana permukaan memiliki jumlah situs adsorpsi positif dan negatif yang sama. Penentuan  $pH_{pzc}$  dilakukan dengan titrasi potensiometri. Sun *et al* mempelajari karakteristik permukaan magnetit dari cairan suspensi menggunakan titrasi potensiometri dan mendapatkan nilai  $pH_{pzc}$  magnetit sebesar 6,4 pada temperatur ruang (Petrova *et al*, 2011).  $pH_{pzc}$  digunakan untuk stabilisasi elektrostatik dari nanopartikel dalam larutannya. Pada  $pH < pH_{pzc}$   $Fe_3O_4$  permukaan magnetit bermuatan positif sedangkan pada  $pH > pH_{pzc}$   $Fe_3O_4$  permukaan magnetit bermuatan negatif karena mengalami deprotonasi (Yuniarti, 2013).

## 2.5. Logam Berat

Logam berat adalah suatu terminologi umum yang digunakan untuk menjelaskan sekelompok elemen logam yang kebanyakan berbahaya apabila masuk ke dalam tubuh. Logam berat adalah unsur-unsur yang mempunyai nomor atom dari 22-92 dan terletak di dalam periode tiga dalam susunan berkala, mempunyai densitas lebih besar dari 5 gram/ml. Logam berat umumnya berada disudut kanan bawah pada susunan berkala, seperti unsur-unsur Pb, Cd, dan Hg. Kebanyakan dari logam-logam tersebut mempunyai afinitas sangat besar terhadap belerang (Saeni, 1989).

Agar tidak terjadi keracunan karena mengkonsumsi makanan yang terkontaminasi logam Hg, Pb, dan Cd maka ada suatu ketentuan yang disarankan

oleh *Food Agricultural Organization*, yaitu 0,3 mg per orang / minggu untuk Hg total dan tidak lebih dari 0,2 mg Hg jika dalam bentuk metal merkuri, 0,4–0,5 mg per orang/minggu untuk Cd, dan 3 mg Pb total per orang/minggu (Saeni, 1989). Sedangkan untuk persyaratan kualitas air minum menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No.492/ Menkes/ Per/ 2010 ambang batas kandungan kadmium dalam air minum adalah 0,003 mg/l.

Logam berat dikelompokkan berdasarkan toksisitasnya terhadap lingkungan. Unsur yang termasuk ke dalam logam berat antara lain Fe, Mn, Cu, Zn, Co, Ba, Ag, As, Cd, Cr, Hg, Ni, Pb, Sb dan Se (Novotry *et al.*, 2000).

## **2.6. Kadmium**

Kadmium adalah salah satu unsur logam berat yang bersama-sama dengan unsur Zn dan Hg termasuk pada golongan IIB Sistem Periodik Unsur. Kadmium jarang sekali ditemukan di alam dalam bentuk bebas. Keberadaannya di alam dalam berbagai jenis batuan, tanah, dalam batubara dan minyak (Fergusson, 1991).

Kadmium adalah logam berwarna putih perak, lunak, lentur, tahan terhadap tekanan, mengkilap, tidak larut dalam basa, dan mudah bereaksi. Kadmium umumnya terdapat dalam kombinasi dengan klor (Cd klorida) atau belerang (Cd sulfid). Kadmium memiliki nomor atom 48, berat atom 112,4 g/mol, titik leleh 321°C dan titik didih 767°C (Widowati, 2008).

Ion logam kadmium(II) merupakan ion logam berat yang berpotensi sebagai polutan bagi lingkungan perairan sehingga perlu diupayakan untuk

menurunkan atau mengurangi kadarnya. Menurut Pearson sebagaimana dikutip Shriver (1990), ion  $\text{Cd}^{2+}$  adalah asam lunak sehingga lebih suka berinteraksi dengan basa lunak. Kadmium yang bervalensi dua ( $\text{Cd}^{2+}$ ) merupakan bentuk terlarut stabil dalam lingkungan perairan laut pada pH dibawah 8,0. Kadar Cd di perairan alami berkisar antara 0,29-0,55 ppb dengan rata-rata 0,42 ppb. Dalam lingkungan alami yang bersifat basa, kadmium mengalami hidrolisis, teradsorpsi oleh padatan tersuspensi dan membentuk ikatan kompleks dengan bahan organik. Di perairan alami, Cd membentuk ikatan baik dengan ligan organik maupun anorganik seperti  $\text{Cd}(\text{OH})^+$ ,  $\text{CdCl}^+$ ,  $\text{CdSO}_4$ ,  $\text{CdCO}_3$  dan Cd organik (Sanusi, 2006).

Logam kadmium merupakan salah satu jenis logam berat yang banyak digunakan dalam berbagai kegiatan industri kimia di Indonesia seperti industri pelapisan logam, industri baterai nikel kadmium, industri cat, industri PVC atau plastik dan industri lainnya. Kadmium dimanfaatkan dalam berbagai bidang industri kimia tersebut karena sifat kadmium yang lunak dan tahan korosi (Darmono, 1999). Kadmium yang dihasilkan dapat merusak lingkungan serta berbahaya bagi makhluk hidup karena kadmium dapat mengendap di dalam tubuh makhluk hidup dan terakumulasi sehingga dapat menyebabkan berbagai macam penyakit hingga mengalami kematian.

Menurut Kobayashi, sebagaimana dikutip oleh Darmono (1999) pengaruh negatif kadmium yang utama terhadap manusia maupun hewan ialah terganggunya fungsi ginjal yang dapat mengakibatkan gejala glikosuria, proteinuria, aciduria dan hiperkalsiuria. Gejala tersebut bila berlanjut

akan menyebabkan gagalnya fungsi ginjal dan mengakibatkan kematian. Salah satu contoh nyata kasus pencemaran oleh kadmium yang telah menimbulkan dampak negatif adalah kasus epidemi keracunan akibat mengonsumsi beras yang tercemar kadmium yang telah terjadi di sekitar sungai Jinzu kota Toyama Pulau Honsyu, Jepang pada tahun 1960.

## **2.7. Adsorpsi**

Adsorpsi adalah proses akumulasi adsorbat pada permukaan adsorben yang disebabkan oleh gaya tarik antar molekul adsorbat dengan permukaan adsorben. Interaksi yang terjadi pada molekul adsorbat dengan permukaan kemungkinan diikuti lebih dari satu interaksi, tergantung pada struktur kimia masing masing komponen (Setyaningtyas, 2005).

Menurut Sukardjo (2002), molekul-molekul pada permukaan zat padat atau zat cair, mempunyai gaya tarik ke arah dalam karena tidak ada gaya-gaya yang mengimbangi. Adanya gaya-gaya ini menyebabkan zat padat dan zat cair mempunyai gaya adsorpsi. Adsorpsi berbeda dengan absorpsi. Pada absorpsi zat yang diserap masuk ke dalam adsorben sedangkan pada adsorpsi, zat yang diserap hanya pada permukaan saja.

Suatu zat padat dapat menarik molekul gas atau zat cair pada permukaannya. Hal ini disebabkan adanya kesetimbangan pada permukaan padatan. Adsorpsi terjadi pada permukaan zat padat karena adanya gaya elektrostatis atau gaya tarik antar molekul pada permukaan zat padat. Penyerapan bersifat selektif, yang diserap hanya zat terlarut atau pelarut. Bila dalam larutan

terdapat dua jenis zat atau lebih, zat yang satu akan diserap lebih kuat dari yang lain. Adsorben padat yang baik yaitu porositas tinggi, permukaannya sangat luas sehingga terjadi pada banyak tempat (Sukardjo, 2002., Wardoyo, 2010).

### **2.7.1. Jenis Adsorpsi**

Adsorpsi ada dua jenis, yaitu adsorpsi fisika dan adsorpsi kimia.

#### **2.7.1.1. Adsorpsi Fisika**

Terjadi karena gaya Van Der Waals dimana ketika gaya tarik molekul antara larutan dan permukaan media lebih besar daripada gaya tarik substansi terlarut dan larutan sehingga substansi terlarut akan diadsorpsi oleh permukaan media. Adsorpsi fisik ini memiliki gaya tarik Van der Waals yang kekuatannya relatif kecil (Atkins, 1997).

#### **2.7.1.2. Adsorpsi Kimia**

Terjadi karena adanya reaksi kimia antara molekul-molekul adsorbat dengan permukaan adsorben. Adsorpsi jenis ini diberi istilah sebagai “*absorption*” dan bersifat tidak reversibel hanya membentuk satu lapisan tunggal (monolayer). Umumnya terjadi di atas temperatur kritis adsorbat. Sehingga kalor adsorpsi yang dibebaskan tinggi. Adsorben yang mengadsorpsi secara kimia pada umumnya sulit diregenerasi (Bobi, 2008).

### **2.7.2. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Adsorpsi**

Menurut Bahl *et al.* (1997) dan Bambang Suryawan (2004) daya adsorpsi dipengaruhi oleh lima faktor, yaitu:

- a. Ukuran molekul adsorbat

Ukuran molekul yang sesuai merupakan hal penting agar proses adsorpsi dapat terjadi, karena molekul-molekul yang dapat diadsorpsi adalah molekul-molekul yang diameternya lebih kecil atau sama dengan diameter pori adsorben.

b. Kepolaran Zat

Apabila diameter sama, molekul-molekul polar lebih kuat diadsorpsi daripada molekul-molekul tidak polar. Molekul-molekul yang lebih polar dapat menggantikan molekul-molekul yang kurang polar yang terlebih dahulu teradsorpsi.

c. Karakteristik Adsorben

1) *Kemurnian Adsorben*

Adsorben yang lebih murni lebih diinginkan karena kemampuan adsorpsi lebih baik.

2) *Luas Permukaan dan Volume Pori Adsorben*

Jumlah molekul adsorbat yang teradsorpsi meningkat dengan bertambahnya luas permukaan dan volume pori adsorben.

d. Tekanan (P)

Tekanan yang dimaksud adalah tekanan adsorbat. Kenaikan tekanan adsorbat dapat menaikkan jumlah yang diadsorpsi.

e. Temperatur Absolut (T) adsorbat

Pada saat molekul-molekul gas atau adsorbat melekat pada permukaan adsorben akan terjadi pembebasan sejumlah energi yang dinamakan peristiwa eksotermis. Berkurangnya temperatur akan menambah jumlah yang teradsorpsi demikian juga peristiwa sebaliknya.

f. Interaksi Potensial (E)

Interaksi potensial antara adsorbat dengan dinding adsorben sangat bervariasi, tergantung dari sifat adsorbat-adsorben.

Menurut Bernasconi *et al.* (1995) adsorpsi dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu konsentrasi, luas permukaan, temperatur, ukuran partikel, pH, dan waktu kontak.

a. Konsentrasi

Proses adsorpsi sangat sesuai untuk memisahkan bahan dengan konsentrasi yang rendah dari campuran yang mengandung bahan lain dengan konsentrasi tinggi.

b. Luas Permukaan

Proses adsorpsi tergantung pada banyaknya tumbukan yang terjadi antara partikel-partikel adsorbat dan adsorben. Tumbukan selektif antara partikel itu akan meningkat dengan meningkatnya luas permukaan.

c. Temperatur

Adsorpsi akan lebih cepat berlangsung pada temperatur tinggi. Namun demikian pengaruh temperatur adsorpsi zat cair tidak sebesar pada adsorpsi gas.

d. Ukuran Partikel

Semakin kecil ukuran partikel yang diadsorpsi maka proses adsorpsinya akan berlangsung lebih cepat.

e. pH

pH mempunyai pengaruh dalam proses adsorpsi. pH optimum dari suatu proses adsorpsi ditetapkan melalui uji laboratorium.

f. Waktu Kontak



Waktu untuk mencapai keadaan setimbang pada proses serapan ion logam oleh adsorben berkisar antara beberapa menit hingga beberapa jam.

## **2.8. Isoterm Adsorpsi**

Ketergantungan penutupan permukaan adsorben oleh adsorbat pada tekanan dan temperatur tertentu disebut isoterm adsorpsi. Jika suatu adsorben dibiarkan kontak dengan larutan, maka jumlah zat yang teradsorpsi akan bertambah naik secara bertahap sampai suatu keadaan seimbang tercapai. Proses penyerapan biasanya dinyatakan sebagai suatu isoterm adsorpsi (Atkins, 1997).

Isoterm adsorpsi merupakan hubungan yang menunjukkan distribusi adsorben antara fasa teradsorpsi pada permukaan adsorben dengan fasa ruah saat kesetimbangan pada suhu tertentu. Dibawah ini adalah beberapa isoterm yang biasa digunakan dalam adsorpsi:

### **2.8.1. Isoterm Langmuir**

Irving Langmuir 1918 menggunakan model sederhana untuk mendeskripsikan serapan molekul pada permukaan padatan dan menurunkan persamaan untuk isoterm (Levine, 2003). Isoterm adsorpsi Langmuir didasarkan atas beberapa asumsi, yaitu (a) adsorpsi hanya terjadi pada lapisan tunggal (monolayer), (b) panas adsorpsi tidak tergantung pada penutupan permukaan, dan (c) semua situs dan permukaannya bersifat homogen (Oscik J.,1994).

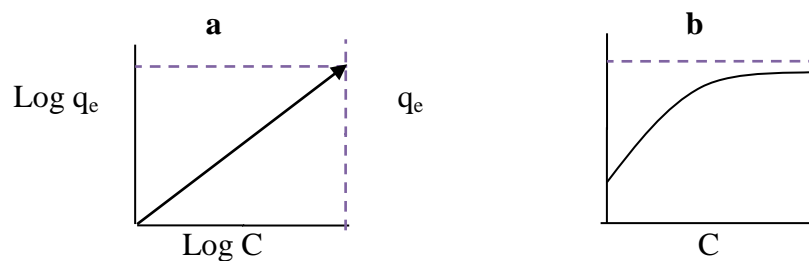
Persamaan isoterm adsorpsi Langmuir dapat diturunkan secara teoritis dengan menganggap terjadinya kesetimbangan antara molekul-molekul zat yang

diadsorpsi pada permukaan adsorben dengan molekul molekul zat yang tidak teradsorpsi (Day and Underwood, 2002)

Persamaan isoterm adsorpsi Langmuir dituliskan pada persamaan 5.

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{K_L \cdot q_{max}} + \frac{C_e}{q_{max}} \quad (5)$$

Dimana  $q_{max}$  adalah kapasitas maksimal adsorpsi (mg/g),  $q_e$  adalah jumlah logam yang teradsorpsi pada keadaan setimbang (mg/g) dan  $K_L$  adalah Konstanta Langmuir (L/g) yang mengacu pada energi ikatan ion logam dengan situs aktif (Dong *et al.*, 2010). Konstanta Langmuir ( $K_L$ ) dan kapasitas adsorben maksimum ( $q_{max}$ ) dapat ditentukan dari kurva linear antara  $C_e/q_e$  terhadap  $C_e$  dengan slope  $1/q_{max}$  dan intersep  $\frac{1}{q_{max}K_L}$ . Kurva isoterm adsorpsi Langmuir dapat disajikan seperti pada Gambar 2 (b).



Gambar 2. (a) kurva Freundlich; (b) kurva Langmuir

(Oscik J., 1994)

### 2.8.2. Isoterm Freundlich

Isoterm Freundlich dapat diambil dengan mengubah anggapan bahwa pengikatan sorbat dapat terjadi pada berbagai macam tempat adsorpsi pada permukaan padatan. Setiap tempat adsorpsi mempunyai energi adsorpsi yang berbeda (Levine, 2003).

Persamaan isoterm adsorpsi Freundlich didasarkan atas terbentuknya lapisan monolayer dari molekul-molekul adsorbat pada permukaan adsorben. Namun pada adsorpsi Freundlich situs-situs aktif pada permukaan adsorben bersifat heterogen. Persamaan isoterm adsorpsi Freundlich dapat dituliskan pada persamaan 6.

$$\ln q_e = \ln K_f + \frac{1}{n} C_e \quad (6)$$

dimana  $q_e$  adalah jumlah zat yang diadsorpsi pada kesetimbangan (mg/g),  $K_f$  adalah konstanta empirik isoterm Freundlich (L/mg), dan  $C_e$  merupakan konsentrasi setimbang ion logam berat dalam larutan (mg/L) (Dong *et al.*, 2010). Harga  $n$  dan  $K$  dapat ditentukan secara logaritma dengan membentuk grafik plot antar  $\log q_e$  terhadap  $C_e$ , dimana nilai  $1/n$  yang ditentukan merupakan slope sedangkan  $\log k$  merupakan intersepnya (Williams *et al.*, 1970). Kurva isoterm adsorpsi Freundlich disajikan pada Gambar 2.(a).

## 2.9. Kinetika Adsorpsi

Kinetika adsorpsi yaitu laju penyerapan suatu fluida oleh adsorben dalam suatu jangka waktu tertentu. Kinetika adsorpsi suatu zat dapat diketahui dengan mengukur perubahan konsentrasi zat teradsorpsi tersebut. Kinetika adsorpsi dipengaruhi oleh kecepatan adsorpsi. Kecepatan adsorpsi dapat didefinisikan sebagai banyaknya zat yang teradsorpsi per satuan waktu. Kecepatan atau besar kecilnya adsorpsi dipengaruhi oleh beberapa hal, diantaranya (1) macam adsorben, (2) macam zat yang diadsorpsi (adsorbat), (3) luas permukaan adsorben, (4) konsentrasi zat yang diadsorpsi (adsorbat) dan (5) temperatur.

Seperti halnya kinetika kimia, kinetika adsorpsi juga berhubungan dengan laju reaksi. Hanya saja, kinetika adsorpsi lebih khusus, yang hanya membahas sifat penting permukaan zat. Kinetika adsorpsi yaitu laju penyerapan suatu fluida oleh adsorben dalam suatu jangka waktu tertentu. Kinetika adsorpsi suatu zat dapat diketahui dengan mengukur perubahan konsentrasi zat teradsorpsi tersebut, dan menganalisis nilai  $k$  (berupa slope/kemiringan) serta memplotkannya pada grafik. Kinetika adsorpsi dipengaruhi oleh kecepatan adsorpsi. Kecepatan adsorpsi dapat didefinisikan sebagai banyaknya zat yang teradsorpsi per satuan waktu (Raya *et al.*, 2002).

### 2.9.1. Persamaan Model Kinetika Langmuir-Hinshelwood

Model kinetika Langmuir-Hinshelwood dapat digunakan untuk menetapkan laju adsorpsi suatu larutan pada permukaan adsorben. Model ini memiliki persamaan:

$$\frac{\ln \frac{C_0}{C_t}}{C_0 - C_t} + K = \frac{k \cdot t}{C_0 - C_t} \quad (7)$$

Dengan  $k$  adalah konstanta laju adsorpsi,  $K$  adalah konstanta kesetimbangan,  $C_0$  adalah konsentrasi awal ion logam, dan  $C_t$  adalah konsentrasi ion logam yang tersisa setelah adsorpsi selama waktu  $t$ . Konstanta laju adsorpsi dapat ditentukan dari nilai slope kurva linear  $\ln(C_0/C_t)/(C_0 - C_t)$  lawan  $t/(C_0 - C_t)$  (Umaningrum *et al.*, 2010).

### 2.9.2. Model Kinetika Orde Satu Semu

Model kinetika order satu semu yang dikemukakan oleh Lagergren berdasarkan pada kapasitas adsorpsi padatan yang secara umum dinyatakan dengan persamaan 8.

$$\ln(q_e - q_t) = \ln q_e - k \cdot t \quad (8)$$

Jika dilakukan plot  $\ln(q_e - q_t)$  vs  $t$  maka akan diperoleh nilai  $k$  dan  $q_e$  (terhitung) dimana  $k$  merupakan slope dan  $q_e$  sebagai intersep.

### 2.9.3. Model Kinetika Orde Dua Semu

Model ini dikemukakan oleh Ho dan McKay berdasarkan pada kapasitas serapan pada fase padatan yang dinyatakan dengan persamaan 9.

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{kq_e^2} + \frac{1}{q_e} t \quad (9)$$

Jika dilakukan plot  $(t/q_t)$  vs  $t$ , maka akan diperoleh nilai  $\frac{1}{kq_e^2}$  dari intersep dan  $\frac{1}{q_e}$  dari slope (Danarto, 2007).

### 2.10. *Fourier Transform Infra Red (FTIR)*

Spektroskopi FTIR adalah metode analisis instrumentasi pada senyawa kimia yang menggunakan radiasi sinar infra merah. Energi yang diserap sampel pada berbagai frekuensi sinar inframerah direkam, kemudian diteruskan ke interferometer. Sinar pengukuran sampel diubah menjadi interferogram.

Cara kerja alat spektrofotometer inframerah dapat dijelaskan dimana mula-mula sinar inframerah dilewatkan melalui sampel dan larutan pembanding, kemudian dilewatkan pada monokromator untuk menghilangkan sinar yang tidak diinginkan (*stray radiation*). Berkas ini kemudian didispersikan melalui prisma

atau *grating*. Dengan dilewatkannya melalui *slit*, sinar tersebut dapat difokuskan pada detektor yang akan mengubah berkas sinar menjadi sinyal listrik yang selanjutnya direkam oleh *recorder* (Khopkar, 2008).

Metode spektroskopi FTIR dalam penelitian ini digunakan untuk menentukan karakteristik dan gugus fungsi dari magnetit hasil sintesis yang terbentuk. Komponen penyusun magnetit hasil sintesis dapat dianalisis secara kualitatif menggunakan metode spektroskopi infra merah pada bilangan gelombang 4000-300  $\text{cm}^{-1}$  kemudian dicocokkan dengan *peak* standar dari senyawa magnetit. Spektra FTIR senyawa  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  ditunjukkan dengan adanya *peak* yang lebar pada bilangan gelombang 570-580  $\text{cm}^{-1}$  yang menunjukkan ikatan Fe-O (Maity, D., dan D.C Agrawal, 2007).

### **2.11. Difraktometer Sinar-X (*X-Ray Diffraction*)**

Difraktometri sinar-X merupakan salah satu metode karakterisasi material yang paling tua dan paling sering digunakan hingga sekarang. Teknik ini digunakan untuk mengidentifikasi fasa kristalin dalam material dengan cara menentukan parameter struktur kisi serta untuk mendapatkan ukuran partikel. XRD terdiri dari *slit* dan film serta monokromator (Ghozali, 2010).

Difraktometer sinar-X merupakan instrumen yang digunakan untuk mengidentifikasi cuplikan berupa kristal dengan memanfaatkan radiasi gelombang elektromagnetik sinar-X. Hasil yang diperoleh dari percobaan ini adalah intensitas relatif ( $I/I_0$ ) dan sudut hamburan ( $2\theta$ ). Hamburan sinar-x berasal dari atom-atom yang membentuk bidang kisis kristal dari cuplikan yang diamati (Ghozali, 2010).

Metode XRD dalam penelitian ini digunakan untuk mengetahui struktur kristal dan ukuran partikel magnetit yang terbentuk. Sudut hamburan yang digunakan yaitu pada  $2\theta = 10^\circ - 70^\circ$  (El-kharrag *et al.*, 2010). Ada tidaknya pengotor dalam kristal dapat diamati dengan cara membandingkan difraktogram hasil analisis dengan file *Join Committee on Powder Diffraction Standard* (JCPDS). Menurut JCPDS  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  standar no. 79-0419 puncak-puncak yang muncul pada difraktogram muncul pada  $2\theta = 30,08; 35,43; 56,94$  dan  $62,52^\circ$  (Ghozali, 2012).

Untuk penentuan ukuran partikel dapat menggunakan metode Debye-Scherrer, yaitu dengan menggunakan persamaan 10 (Ghozali, 2012).

$$D = \frac{K\lambda}{B \cos \theta} \quad (10)$$

Keterangan:

D = Ukuran rata-rata partikel (nm)

K = Konstanta dimensi kristal (untuk dimensi kristal 3D=0,94)

B = Lebar  $1/2$  puncak pada difraktogram

$\theta$  = Sudut difraksi

$\lambda$  = Panjang gelombang sinar-x (0,15418 nm)

## 2.12. *Surface Area Analyzer (SAA)*

*Surface Area Analyzer* merupakan alat yang dapat digunakan untuk menganalisis luas permukaan suatu padatan. SAA menggunakan metode *Brunauer-Emmet-Teller* (BET) yaitu metode yang diperkenalkan pada tahun 1938 oleh





$W_m$  = Berat gas (adsorbat) yang cuplikan pada suhu rendaman  
 membentuk lapisan monolayer pendingin.  
 padapermukaan zat padat.  $P/P_o$  = Tekanan relatif adsorpsi.  
 $P$  = Tekanan kesetimbangan adsorpsi.  $C$  = Konstanta energi.  
 $P_o$  = Tekanan penjenjahan adsorpsi

Persamaan BET akan mepakan garis lurus apabila dibuat grafik  $\frac{1}{W\left(\frac{P_o}{P}-1\right)}$  vs  $\frac{P}{P_o}$ . Berat gas nitrogen yang membentuk lapisan monolayer ( $W_m$ ), dan ditentukan dari slope (s) dan intersep (i) pada grafik BET dan dari persamaan (11) diperoleh  $W_m = \frac{1}{(s+i)}$ ,  $c = 1 + (s/i)$ . Untuk menghitung luas area permukaan total dan luas permukaan spesifik menggunakan persamaan 12 dan 13.

$$S_{total} = \frac{W_m N_a A_{cs}}{V} \quad (12)$$

$$S_{spesifik} = \frac{S_{total}}{M} \quad (13)$$

Keterangan:

- $S_{total}$  = Luas area permukaan total ( $m^2/g$ ).
- $S_{spesifik}$  = Luas permukaan spesifik ( $m^2/g$ ).
- $N_a$  = Bilangan Avogadro ( $6,023 \times 10^{23}$  molekul/mol)
- $M$  = Berat gas nitrogen (gram).
- $A_{cs}$  = *Cross Sectional Area for Nitrogen* ( $10,2 \text{ \AA}$ ).
- $c$  = Konstanta BET.
- $V$  = Volume molar cuplikan.

(SchloglandTrunschke, 2007).

### 2.13. Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)

Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) adalah suatu metode analisis yang didasarkan pada proses penyerapan energi radiasi oleh atom-atom yang berada pada tingkat energi dasar (*ground state*). Penyerapan tersebut menyebabkan tereksitasinya elektron dalam kulit atom ke tingkat energi yang lebih tinggi. Keadaan ini bersifat labil, elektron akan kembali ke tingkat energi dasar sambil mengeluarkan energi yang berbentuk radiasi. Dalam AAS, atom bebas berinteraksi dengan berbagai bentuk energi seperti energi panas, energi elektromagnetik, energi kimia dan energi listrik. Interaksi ini menimbulkan proses-proses dalam atom bebas yang menghasilkan absorpsi dan emisi (pancaran) radiasi dan panas. Radiasi yang dipancarkan bersifat khas karena mempunyai panjang gelombang yang karakteristik untuk setiap atom bebas (Basset, 1994).

Hubungan kuantitatif antara intensitas radiasi yang diserap dan konsentrasi unsur yang ada dalam larutan cuplikan menjadi dasar pemakaian AAS untuk analisis unsur-unsur logam. Untuk membentuk uap atom netral dalam keadaan/tingkat energi dasar yang siap menyerap radiasi dibutuhkan sejumlah energi. Energi ini biasanya berasal dari nyala hasil pembakaran campuran gas asetilen-udara atau asetilen- $N_2O$ , tergantung suhu yang dibutuhkan untuk membuat unsur analit menjadi uap atom bebas pada tingkat energi dasar (*ground state*). Pada metode ini berlaku hubungan yang dikenal dengan hukum Lambert-Beer yang menjadi dasar dalam analisis kuantitatif secara AAS sebagaimana tercantum pada persamaan 14.

$$A = \varepsilon \cdot B \cdot C \quad (14)$$

A = Absorbansi (banyaknya sinar yang diserap oleh atom

$\varepsilon$  = koefisien ekstingsi molar

b = tebal media penyerap/kuvet

c = konsentrasi sampel

Pada persamaan diatas ditunjukkan bahwa besarnya absorbansi berbanding lurus dengan konsentrasi atom-atom pada tingkat tenaga dasar dalam medium nyala. Banyaknya konsentrasi atom-atom dalam nyala tersebut sebanding dengan konsentrasi unsur dalam larutan cuplikan. Dengan demikian, dari pemplotan serapan dan konsentrasi unsur dalam larutan standar diperoleh kurva kalibrasi. Dengan menempatkan absorbansi dari suatu cuplikan pada kurva standar akan diperoleh konsentrasi dalam larutan cuplikan.

#### **2.14. Penelitian Terdahulu**

Penelitian yang dilakukan oleh Danget *al.* (2008) berhasil mensintesis senyawa magnetit menggunakan metode sonokimia menggunakan larutan etanol-air dengan irradiasi ultrasonik. Penelitian ini membuktikan bahwa iradiasi ultrasonik efektif untuk meningkatkan sifat kemagnetan suatu senyawa nanopartikel.

Penelitian yang dilakukan oleh Kim *et al.* (2007) mengenai senyawa magnetit yang disintesis menggunakan metode ultrasonifikasi dengan larutan  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ . Metode ini merupakan metode yang baru dikembangkan. Kim Chul

*et al.*, berhasil mensintesis senyawa magnetit dengan ukuran partikel 6 nm dengan bentuk *sphere* serta daya magnet sebesar 3,7 emu/g.

Penelitian yang dilakukan oleh Aminet *al.*(2010) berhasil mensintesis magnetit dari FeCl<sub>3</sub> dan FeCl<sub>2</sub> menggunakan metode sol-gel. Magnetit yang dihasilkan memiliki ukuran partikel 40-300 nm, kemurnian hingga 90% dan kemagnetan 3,5 emu/g. Kemudian, magnetit yang sudah dikarakterisasi digunakan untuk adsorpsi Cr(VI) dalam air simulasi. Hasilnya, magnetit efektif dalam mengurangi Cr(VI) sebesar 82% pada pH 2.

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1. Lokasi dan Waktu Penelitian**

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Anorganik Kimia FMIPA UNNES untuk sintesis magnetit sedangkan untuk karakterisasi dengan FTIR, dan SAA dilakukan di Laboratorium Kimia Universitas Negeri Semarang, XRD di laboratorium kimia Universitas Gadjah Mada, dan untuk penentuan kondisi optimum larutan Cd menggunakan AAS di laboratorium teknik kimia Universitas Negeri Semarang.

#### **3.2. Variabel Penelitian**

Variabel-variabel dalam penelitian ini antara lain:

##### **3.2.1. Variabel bebas**

Variabel bebas pada uji efektifitas magnetit sebagai adsorben logam kadmium adalah pH larutan kadmium, waktu kontak dan konsentrasi larutan kadmium.

##### **3.2.2. Variabel terikat**

Variabel pada uji efektifitas magnetit sebagai adsorben ion logam kadmium adalah konsentrasi ion logam Cd yang teradsorp dalam satuan ppm yang akan diukur menggunakan AAS.

### 3.2.3. Variabel terkontrol

- a) Variabel terkontrol dalam persiapan magnetit adalah suhu reaksi pembentukan  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  yaitu  $55^\circ\text{C}$ , dan pH akhir reaksi yaitu 11.
- b) Variabel terkontrol dari penentuan efektifitas sebagai adsorben ion logam kadmium yaitu kecepatan pengadukan selama reaksi yaitu 250 rpm, temperatur reaksi  $27^\circ\text{C}$ , dan volume larutan kadmium yaitu 10 ml.

## 3.3. Alat dan Bahan

### 3.3.1. Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah seperangkat alat gelas, *hotplate* dan *magnetic stirrer*, neraca analitik, buret, statif dan klem, Erlenmeyer, pHmeter, termometer, *vacuum buchner* dan magnet eksternal. Selain itu diperlukan pula instrumen karakteristik berupa *Fourier Transform Infrared* (FTIR), *X-ray Diffractometer* (XRD), *Surface Area Analyzer* (SAA), dan *Atomic Absorption Spectrofotometer* (AAS).

### 3.3.2. Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah serbuk  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  (*Merck*), serbuk  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  (*Merck*),  $\text{NH}_3$  25%  $\rho = 0,91 \text{ g/cm}^3$  (*Merck*),  $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  (*Merck*),  $\text{HNO}_3$  65%  $\rho = 1,39 \text{ g/cm}^3$  (*Merck*), kertas whattman dan aquades.

## 3.4. Prosedur Kerja

Prosedur kerja dalam penelitian ini dibagi menjadi dua tahap yaitu:

### 3.4.1. Preparasi Magnetit

Pada tahapan ini  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  disintesis dengan menggunakan metode kopresipitasi. Pertama-tama, larutan  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  1 M dibuat dengan cara melarutkan 6,95 gram serbuk  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  ke dalam 25 ml aquades. Selanjutnya pembuatan larutan  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  1,5 M dengan melarutkan 10,14 gram ke dalam 25 ml aquades. Kemudian kedua larutan tersebut dicampurkan dan dititrasi dengan  $\text{NH}_3$  3,5 M sambil dipanaskan dan diaduk (Meng, 2004). Reaksi berlangsung hingga mencapai pH 11. Suhu selama reaksi yaitu  $55^\circ\text{C}$ . Larutan kemudian disaring menggunakan saringan *vacuum*. Endapan  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  yang terbentuk dicuci dengan aquades hingga pH netral lalu dikeringkan pada suhu  $65^\circ\text{C}$  selama 6 jam (Hariani, 2013). Nanopartikel  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  yang terbentuk selanjutnya dilakukan karakterisasi menggunakan FTIR, XRD, dan SAA.

### 3.4.2. Penentuan Kondisi Optimum Penyerapan Ion Cd

Kondisi optimum adsorpsi akan ditentukan menggunakan adsorben  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  yang telah disintesis dan dikarakterisasi. Kondisi optimum yang akan ditentukan antara lain: pH, waktu kontak, dan konsentrasi zat yang akan diadsorp.

#### 3.4.2.1. Pembuatan Larutan Induk Cd(II)

Larutan induk Cd(II) 1000 ppm dibuat dengan cara melarutkan 2,7436 gram  $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  dengan aquades dalam *beaker glass* sampai semua padatan larut lalu dimasukkan larutan ke dalam labu ukur 1000 mL dan ditambahkan aquades sampai tanda batas. Setelah itu dikocok hingga homogen (Ningsih, 2013).

#### **3.4.2.2. Pembuatan Kurva Kalibrasi**

Tahap pertama yaitu pembuatan larutan standar Cd(II) 0; 1,0; 1,5 dan 2,0 ppm dengan cara mengambil 5 buah labu takar 100 mL, masing-masing diisi 0; 0,1; 0,15 dan 0,2 mL larutan induk Cd<sup>2+</sup> 1000 ppm, kemudian ditambah aquades sampai tanda batas lalu dikocok hingga homogen. Pembuatan kurva kalibrasi ini dapat dilakukan dengan cara mengukur absorbansi larutan standar pada berbagai variasi konsentrasi dengan menggunakan AAS kemudian dibuat kurva dengan konsentrasi sebagai sumbu X dan absorbansi sebagai sumbu Y (Ningsih, 2013).

#### **3.4.2.3. Optimasi pH**

Larutan kadmium 3 ppm sebanyak 10 mL dimasukkan ke dalam erlenmeyer dengan pH yang berbeda yaitu 4, 5, 6, 8, dan 9. pH diatur dengan cara menambahkan HNO<sub>3</sub> untuk suasana asam dan NH<sub>3</sub> untuk suasana basa. Larutan-larutan tersebut kemudian diukur absorbansinya sebagai absorbansi awal. Setelah itu sebanyak 0,01 gram magnetit yang sudah disintesis dimasukkan ke dalam masing-masing erlenmeyer. Kemudian masing-masing larutan dikocok dengan menggunakan *orbital shaker* dengan kecepatan 200 rpm selama 60 menit. Setelah itu adsorben dipisahkan menggunakan magnet eksternal. Larutan akan diukur absorbansinya dengan AAS untuk menentukan kadar ion logam Cd(II) dalam larutan setelah adsorpsi (Ningsih, 2013).

#### **3.4.2.4. Optimasi Waktu Kontak**

Larutan kadmium 3 ppm dimasukan ke dalam erlenmeyer masing-masing 10 mL dengan pH optimum. Kemudian larutan-larutan tersebut diukur absorbansinya sebagai absorbansi awal. Setelah itu sebanyak 0,01 gram magnetit



yang telah disintesis dimasukkan ke dalam masing-masing erlenmeyer. Kemudian masing-masing larutan dikocok dengan menggunakan *orbital shaker* dengan kecepatan 200 rpm selama 10, 20, 30, 40, 50, 60 dan 120. Setelah itu adsorben dipisahkan menggunakan magnet eksternal. Larutan akan diukur absorbansinya dengan AAS untuk menentukan kadar ion logam Cd(II) dalam larutan setelah adsorpsi (Ningsih, 2013).

#### **3.4.2.5. Optimasi Konsentrasi Adsorbat**

Pembuatan larutan sampel dengan cara mengambil 5 buah erlenmeyer, masing-masing diisi 10 mL larutan Cd lalu diatur variasi konsentrasinya 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10, 15, dan 16 ppm dengan pH optimum. Setelah itu sebanyak 0,01 gram magnetit yang disintesis dimasukkan ke dalam masing-masing erlenmeyer. Kemudian masing-masing larutan dikocok dengan menggunakan *orbital shaker* dengan kecepatan 200 rpm selama waktu optimum (x menit). Setelah itu adsorben dipisahkan menggunakan magnet eksternal. Larutan akan diukur absorbansinya dengan AAS untuk menentukan kadar ion logam Cd(II) dalam larutan setelah adsorpsi (Ningsih, 2013).

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, maka dapat ditarik kesimpulan:

1. pH optimum adsorpsi ion logam  $\text{Cd}^{2+}$  menggunakan  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  adalah 8.
2. Waktu kontak optimum adsorpsi ion logam  $\text{Cd}^{2+}$  menggunakan  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  adalah 60 menit.
3. Konsentrasi optimum adsorbat pada adsorpsi ion logam  $\text{Cd}^{2+}$  menggunakan  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  adalah sebesar  $1,3202 \times 10^{-4}$  mol/L.
4. Isotherm adsorpsi ion logam  $\text{Cd}^{2+}$  dengan  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  mengikuti model isotherm langmuir sedangkan model kinetika adsorpsi ion logam  $\text{Cd}^{2+}$  dengan  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  mengikuti kinetika pseudo orde dua Ho.

## 5.2. Saran

1. Pada proses sintesis bisa dilakukan dengan menggunakan aliran gas N<sub>2</sub> dan rasio molar Fe<sup>3+</sup>:Fe<sup>2+</sup> sebesar 2:1.
2. Diperlukan penelitian mengenai variasi massa adsorben hingga didapatkan kondisi optimum.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M. 2010. *Karakterisasi Nanomaterial, Teori, Penerapan dan Pengolahan Data*. Bandung: CV. Rezeki Putra Bandung.
- Abdullah, M., V. Yudistira, Nirmin, dan Khairurrijal. 2008. Sintesis Nanomaterial. *Jurnal Nanosains dan Nanoteknologi*. 1(1):33 – 36.
- Abdullah, M., dan Khairurrijal. 2008. Review: Karakterisasi Nanomaterial. *Jurnal Nanosains & Nanoteknologi*, 2(1).
- Adamson, A.W., 1990. *Physical Chemistry of Surface*, 5th ed., Toronto: John Wiley and Sons Inc.
- Ameta, R., J. Vardia, P.B. Punjabi, and S. C. Ameta. 2006. Use of Semiconducting Iron(III) Oxide in Photocatalytic Bleaching of Some Dyes. *Indian Journal of Chemical Technology*, 13(2):114-118.
- Amin, M. M., A. Khodabakhshi, M. Mozafari, B. Bina and S. Kheiri. 2010. Removal of Cr(VI) From Simulated Electroplating Wastewater By Magnetit Nanoparticles. *Environmental Engineering and Management Journal*, 9(7):921-927.
- 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.
- Atkins, P.W., 1997. *Kimia Fisika. Jilid 2. Edisi Keempat*. Jakarta: Erlangga.
- Bahl, B.S., G.D Tuli and A. Bahl. 1997. *Essential of Pysical Chemistry*. S. New Delhi: Chand and Company, ltd.
- Basset, J. 1994. *Buku Ajar Vogel Kimia Analisa Kuantitatif Anorganik*. Jakarta: EGC.
- Bernasconi, G., Handoyo, dan Lienda. 1995. *Teknologi Kimia*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Danarto, Y. C., 2007. Kinetika Adsorpsi Logam Berat Cr(IV) dengan Adsorben Pasir yang Dilapisi Besi Oksida. *Ekulibrium*, 6(2):65-70.
- Dang, F., N. Enomoto, J. Hojo and K. Enpuku. 2009. Sonochemical Synthesis of Monodispersed Magnetit Nanoparticles by Using an Ethanol–water Mixed Solventmistry. *Ultrasonics Sonochemical*, 16(5):649-654.

- Darmono. 1999. Kadmium (Cd) dalam Lingkungan dan Pengaruhnya Terhadap Kesehatan dan Produktivitas Ternak. *Wartazoa*, 8(1):28-32.
- Day, R.A. dan Underwood, A.L. 2002. *Analisis Kimia Kuantitatif*. Edisi Keenam. Jakarta. Penerbit Erlangga.
- Departemen Kesehatan Republik Indonesia. 2010. Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No.492 Tahun 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum. Sekretariat Negara. Jakarta.
- Dong, L., Z. Zhu, Y. Qiu, and J. Zhao. 2010. Removal of Lead From Aqueous Solution by Hidroxyapatite/Magnetite Composite Adsorbent. *Chemical Engineering Journal*, 16(1)5:827-834.
- El-kharrag, R., A. Amin, and Y.E. Greish. 2011. Low Temperature Synthesis of Monolithic Mesoporous Magnetite Nanoparticles. *Ceramics International* (2011), doi: 10.1016/j.ceramint.2011.07.052.
- Faraji, M., Y.Yamini, and M. Rezaee. 2010. Magnetic Nanoparticles: Synthesis, Stablization, Functionalization. Characterization, and Aplication. *Journal of Iran Chemical Society*. 7(1):1-37.
- Fergusson, J.E. 1991. *The Heavy Elements Chemistry Environmental Impact and Health Effects*. Pergamon Press.
- Ghozali, A.I. 2010. *Fotodegradasi Zat Warna Remazol Red Menggunakan Katalis  $\alpha$ - $Fe_2O_3/Fe_3O_4$  Core Shel Nanostruktur*. Skripsi. Semarang: Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Semarang.
- Hariani, P.L., M. Faizal, Ridwan, Marsi, and D. Setiabudidaya. 2013. Synthesis and Properties of  $Fe_3O_4$  Nanoparticles by Co-precipitation Method to Removal Procion Dye. *International Journal of Environmental Science and Development*, 4(3):336-340.
- Hermawanti, S. 2009. *Analisis Tembaga Melalui Proses Kopresipitasi Menggunakan Nikel Dibutilditiokarbonat Secara Spektrofotometri Serapan Atom*. Tugas Akhir II. Semarang: Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Semarang.
- Hu, J., G. Chen, and I.M.C. Lo. 2005. Removal and Recovery of Cr(VI) From Wastewater by Maghemite Nanoparticles. *Water Research*, 39(18):4528-4536.
- Illes, E., and 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.

- Khopkar, S.M. 2008. *Konsep Dasar Kimia Analitik*. Jakarta : UI Press.
- Kim, C.K., E.K. Kim, J.W. Lee, S.L. Maeng and Y.S. Kim. 2008. Synthesis and Characterization of Magnetit Nanopowders. *Current Applied Physics*, 8(6):758-760.
- Kobayashi, J. 1978. *Pollution by Kadmium and Itai-itai Disease in Japan*. In : *Toxicity of Heavy Metals in The Environment. Part 1*. New York: Marcel and Decker Inc.
- Liem, V., A. Putranto, dan A. Andreas. 2015. Sintesis Arang Aktif dari Kulit Salak Aktivasi Kimia-Senyawa KOH Sebagai Adsorben Proses Adsorpsi Zat Warna Metilen Biru. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan"*. Bandung: Universitas Katolik Parahyangan.
- Levine, I.N. 2003. *Physical Chemistry*. New York: University of New York Brooklyn.
- Maity, D., and D.C. Agrawal. 2007. Synthesis of Iron Oxide Nanoparticles Under Oxidizing Environment and Their Stabilization In Aqueous and Non-aqueous Media. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 308(1):46-55.
- Meng, J., G.Q. Yang, L.M. Yan and X.Y. Wang. 2005. Synthesis and Characterization of Magnetic Nanometer Pigment  $Fe_3O_4$ . *Dyes and Pigments*, 66(2):109-113.
- Ningsih, D.W., F. Fajaroh, dan S. Wonorahardjo. 2013. *Aplikasi Nanopartikel  $Fe_3O_4$  (Magnetite) Hasil Sintesis Elektrokimia Sebagai Adsorben Ion Logam Kadmium(II)*. Skripsi. Malang: Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Malang.
- Novotry K., A. Turzikova, and J. Komarek. 2000. Speciation of Copper, Lead and Kadmium in Aquatic Systems by Circulating Dialysis Combined with Flame AAS. Fresenius. *Journal Analitic Chemistry*, 366(2): 209-212.
- Oscik, J. 1998. *Adsorption*. New York: John Wiley and Sons.
- 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, and G. Xie. 2011. PEI-Grafted Magnetic Porous Powder for Highly Effective Adsorption of Heavy Metals Ions. *Desalination*, 281(1): 278-284.

- Raya, I., Narsito dan Bambang, R. 2002. Kinetika Adsorpsi Ion Logam Aluminium (III) dan Kromium (III) oleh Biomassa *haetoceros calcitrans* yang Terimobilisasi pada Silika Gel. *Jurnal Kimia Indonesia*.
- Riyanto A., D. Listiawati, E. Suharyadi, dan K. Abraha. 2012. Analisis Struktur Kristal dan Sifat Magnetik pada Nanopartikel Magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) sebagai Bahan Aktif Biosensor Surface Plasmon Resonance (SPR). *Prosiding Pertemuan Ilmiah XXVI HFI Jateng & DIY*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.
- Rosyid, M., E. Nawangsih, Dewita. 2012. Perbaikan *Surface Area Analyzer NOVA-1000* (Alat Penganalisis Luas Permukaan Serbuk). *Prosiding Seminar Penelitian dan Pengelolaan Perangkat Nuklir*. Yogyakarta Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan-BATAN.
- Saeni, M.S. 1989. *Kimia Lingkungan*. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Dirjen Perguruan Tinggi PAU Ilmu Hayat Institut Pertanian Bogor: Bogor.
- Sanusi, H.S. 2006. *Kimia Laut*. Proses Fisik Kimia dan Interaksinya dengan Lingkungan. Bogor: Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Insitut Pertanian Bogor.
- Saputra, B.W. 2008. *Desain Sistem Adsorpsi dengan Dua Adsorben*. Skripsi. Jakarta: Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.
- Seader, J.D. E.J. Henley, and D.K. Roper. 2011. *Separation Process Principles Chemical and Biochemical Operations*, edisi ketiga. USA: John Wiley & Sons Inc.
- Setyaningtyas, T., dan S. Sriyanti. 2003. Pengaruh Pemanasan Tanah Diatome Terhadap Kemampuan Adsorpsi Cd(II) dalam Pelarut Air. *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 6(3):21-31.
- Sholihah, L.K., 2010. *Sintesis dan Karakteristik Partikel Nano  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  yang Berasal dari Pasir Besi dan  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  Bahan Komersial (Aldrich)*. Tugas Akhir. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Shriver, D.F., Atkins, P.W. and Langford, C.H., 1990, *Inorganic Chemistry*, Oxford University Press, Oxford
- Siswati. 2005. *Studi Penelitian Konsentrasi BOD (Biological Oxygen Demand) dan COD (Chemical Oxygen Demand) di Sungai Kali Brantas Kota Batu*. Student-Research. Malang: Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah.

- Solomon, S.D., M. Bahadory, A.V. Jeyarajasingam, S.A. Rutkowsky, and C. Boritz. 2007. Synthesis and Study of Silver Nanoparticles. *Journal of Chemistry Education.*, 84(2):322-325.
- Sugiyarto, K.H. 2003. *Common Textbook Kimia Anorganik II*. Yogyakarta: FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta.
- Sukardjo. 2002. *Kimia Fisika*. Yogyakarta: Bina Aksara.
- Sun, J., S. Zhou, Y. Yang, J. Weng, X. Li, and M. Li. 2006. Synthesis and Characterization of Biocompatible Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> Nanoparticles. *Wiley InterScience*.
- Sunaryo, T.M., T. Waluyo, dan A. Hamanto. 2005. *Pengelolaan Sumber Daya Air: Konsep dan Penerapannya* Edisi Pertama. Malang: Bayumedia Publishing.
- Suryawan, B. 2004. *Karakteristik Zeolit Indonesia sebagai Adsorben Uap Air*. Disertasi. Jakarta: Universitas Indonesia
- Susilowati, E.K., F. Fajaroh, dan S. Wonorahardjo. Sintesis Nanopartikel Magnetit (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) Secara Elektrokimia dan Aplikasinya Sebagai Penjerap Pb(II). Skripsi. Malang: Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Malang.
- Tan, W.L. and A. Bakar. 2006. The Effect of Additives on The Size of Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> Particle. *Journal of Physical Science*, 17(2):37-50.
- Teja, A.S. and Koh, P. 2009. Synthesis, Properties, and Application of Magnetic Iron Oxide Nanoparticles. *Progress in Crystal Growth and Characterization of Materials*, 55(1):22-45.
- Schlogl, R., and A. Trunschke. 2007. *Surface Area and Pore Size Determination. Modern Methods in Heterogeneous Catalys Research*. Jerman: Fritz-Haber-Institut der Max-Planck-Gesellschaft.
- Umaningrum, D., U.T. Santoso, R. Nurmasari, dan R. Yunus. 2010. Adsorption Kinetics of Pb(II), Cd(II) and Cr(III) on Adsorbent Produced by Protected-Corsslinking of Humic Acid-Chitosan. *Indonesian Journal of Chemistry*, 10 (1):80-87.
- Wahyono, H.D. 1999. *Pengembangan Sistem Informasi Teknologi Pengolahan Air*. Jakarta: Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi.
- Wang, N., L. Zhu, D. Wang, M. Wang, Z. Lin, and H. Tang. 2010. Sono-assisted Preparartion of Highly-efficient Peroxidase-like Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> Magnetic



- Nanoparticles for Catalytic Removal of Organic Pollutants with  $\text{H}_2\text{O}_2$ . *Ultrasonic Sonochemistry*, 17(3):526-533.
- Wang, K., H. Wang, R. Wang, J. Key, V. Linkov, and S. Ji. 2013. Palygorskite Hybridized Carbon Nanocomposite as a High-Performance Electrocatalyst Support for Formic Acid Oxidation. *South African Journal of Chemistry*, 66(1):86-91.
- Wardoyo, F.A. 2010. *Studi Kemampuan Adsorpsi Monmorilont Terhadap Ion  $\text{Pb}^{2+}$* . Skripsi. Semarang: Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Semarang.
- Widowati, W., Sastiono A., dan Jusuf R.R. 2008. *Efek Toksik Logam Pencegahan dan Penanggulangan Pencemaran*. Yogyakarta: Penertbit Andi.
- Widegren, J. A. and R. G. Finke. 2003. A review os soluble transition-metal nanocluster as arene hydrogenation catalysts. *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*. 191(2):187-207.
- Williams, D., B. Albery, Cornwell and Harriman. 1990. *Experiment Physical Chemistry*. Mc Graw-Hill Book Company.
- 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 Kopersipitasi. *Jurnal Kimia Unand*, 2(1):93-97.
- Yuniarti, M. 2013. *Studi Adsorpsi-Reduksi Ion  $[\text{AuCl}_4]$  pada Magnetit Terlapisi Asam Humat ( $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{HA}$ )*. Skripsi. Yogyakarta: Jurusan Kimia FMIPA Universitas Gadjah Mada.

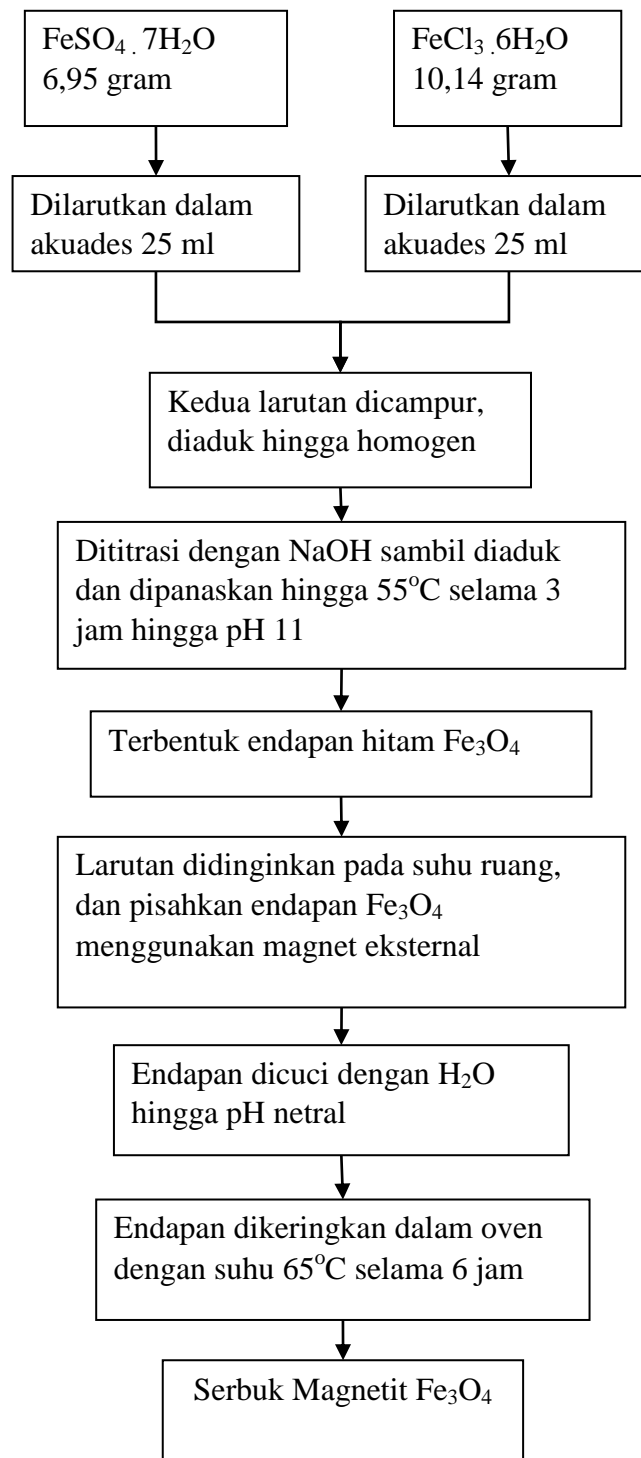
**LAMPIRAN 1****Pembuatan Larutan**

- a.  $\text{FeSO}_4$  1 M 25 ml  
 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  sebanyak 6,95 gram dimasukkan ke dalam labu ukur 25 ml lalu menambahkan aquades hingga tanda batas.
- b.  $\text{FeCl}_3$  1,5 M 25 ml  
 $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  sebanyak 10,14 gram dimasukkan ke dalam labu ukur 25 ml, lalu menambahkan aquades hingga tanda batas.
- c.  $\text{Cd}^{2+}$  1000 ppm 500 ml  
 $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$  sebanyak 1,37 gram dimasukkan ke dalam labu ukur 500 ml, lalu ditambahkan aquades hingga tanda batas.
- d. Larutan  $\text{NH}_3$  3,5 M  
 $\text{NH}_4\text{OH}$  pekat sebanyak 22,4 mL dimasukkan dalam labu ukur 100 mL, tambahkan aquades sampai tanda batas.
- e. Larutan  $\text{NH}_3$  0,01 M  
 $\text{NH}_4\text{OH}$  pekat sebanyak 0,75 mL dimasukkan dalam labu ukur 1000 mL, menambahkan aquades hingga tanda batas.
- f. Larutan  $\text{HNO}_3$  0,01 M  
 $\text{HNO}_3$  pekat 0,69 mL dimasukkan dalam labu ukur 1000 mL, menambahkan aquades hingga tanda batas.

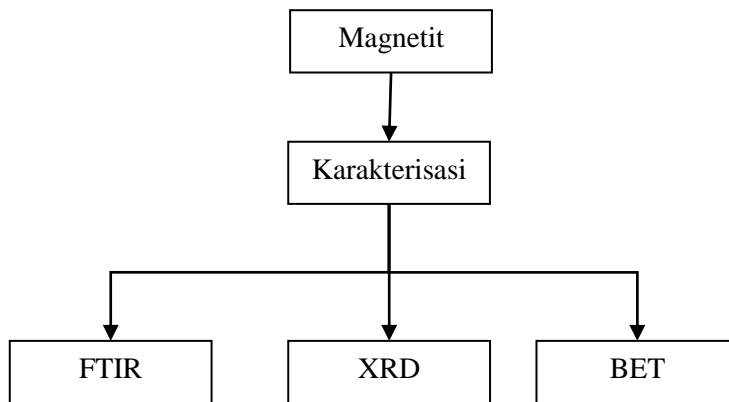
## LAMPIRAN 2

## Diagram Alir Prosedur Penelitian

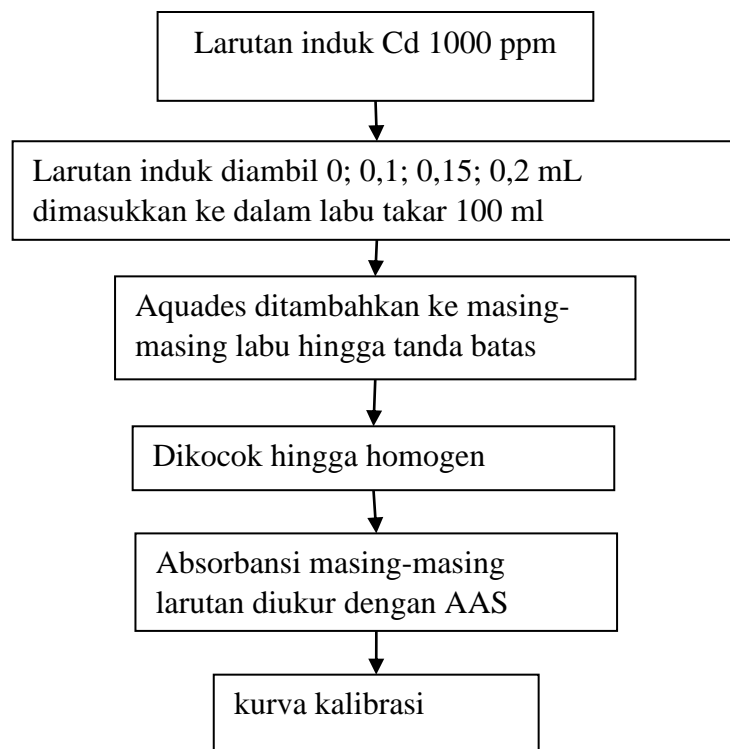
## 2. Preparasi Magnetit



### 3. Karakterisasi Magnetit

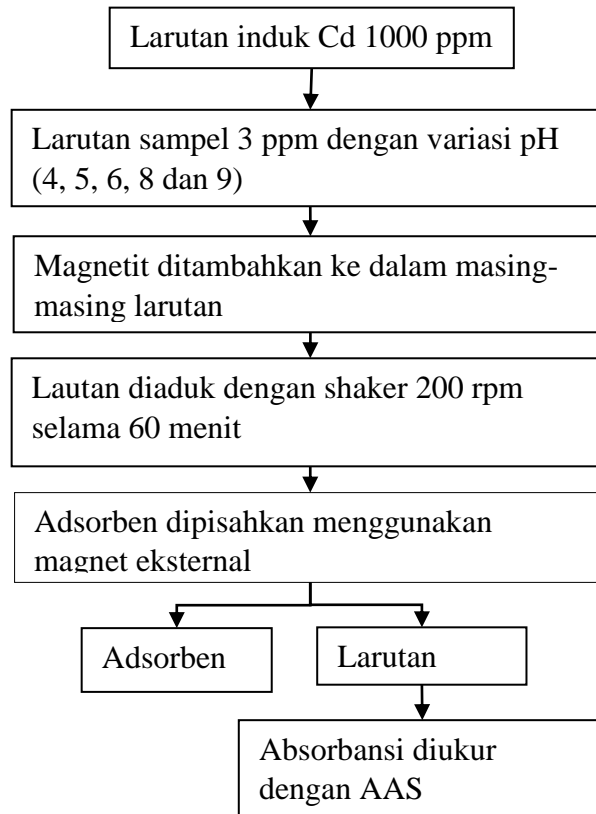


### 4. Pembuatan Kurva Kalibrasi Cd<sup>2+</sup>

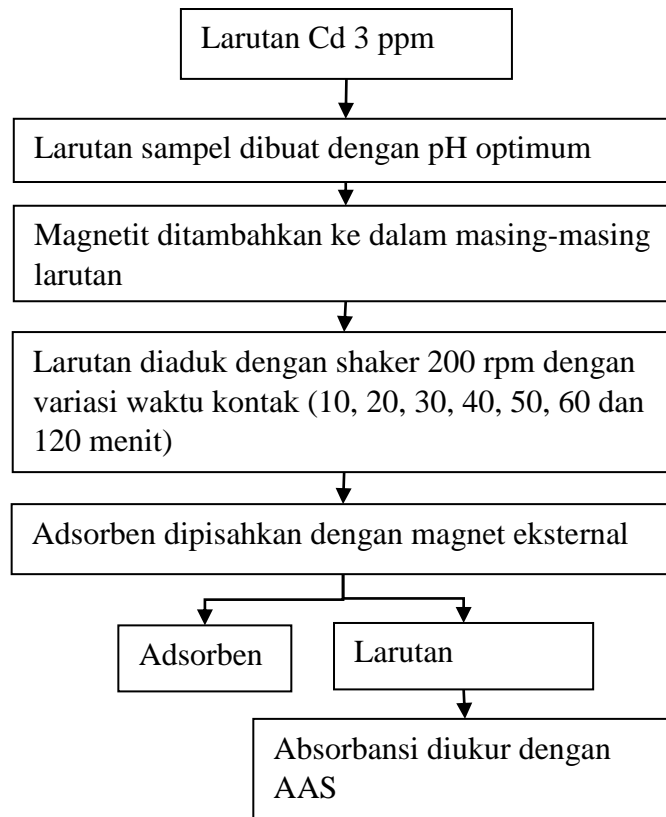


5. **Menentukan Kondisi Optimum sebagai Adsorben Logam Cd<sup>2+</sup>**

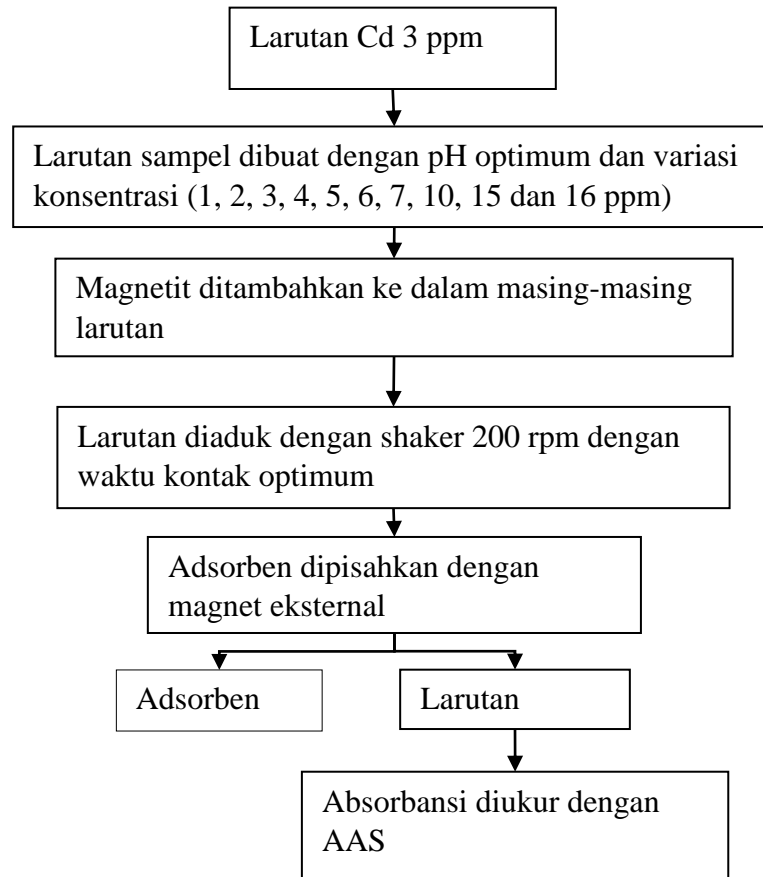
a. pH Optimum



## b. Waktu Kontak

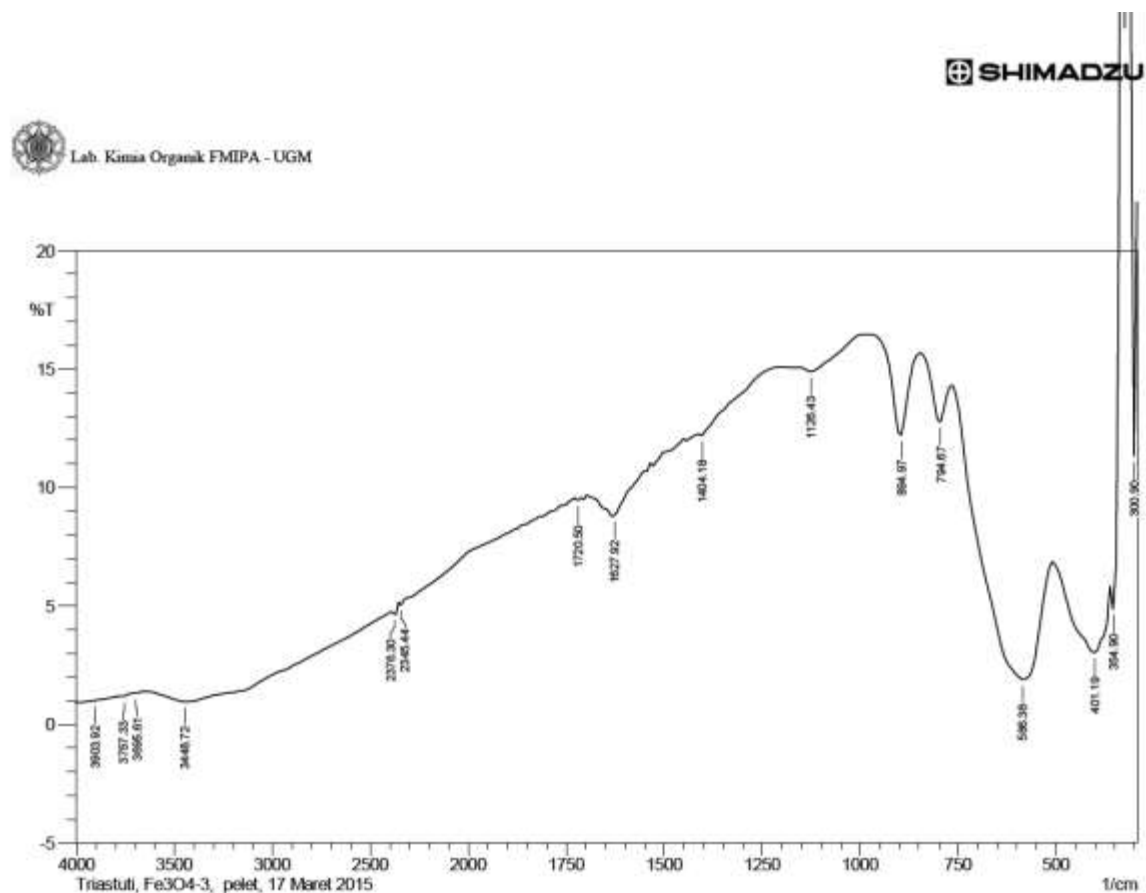


## c. Konsentrasi Optimum



## LAMPIRAN 3

## Hasil Karakterisasi FTIR



	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	300.9	11.307	14.527	308.61	293.18	12.374	2.732
2	354.9	4.852	11.927	362.62	316.33	31.715	5.952
3	401.19	3.028	3.036	501.49	362.62	191.996	24.496
4	586.36	1.884	7.214	763.81	509.21	338.962	81.872
5	794.67	12.761	1.939	840.96	771.53	59.507	1.968
6	894.97	12.193	3.72	987.55	848.68	115.039	4.65
7	1126.43	14.872	0.444	1157.29	995.27	131.04	1.078
8	1404.18	12.176	0.179	1411.89	1203.58	178.814	0.093
9	1627.92	8.793	1.444	1689.64	1450.47	236.263	5.087
10	1720.5	9.438	0.127	1728.22	1697.36	31.511	0.112
11	2345.44	5.034	0.17	2353.16	1735.93	715.139	2.61
12	2376.3	4.623	0.281	2391.73	2353.16	50.859	0.609
13	3448.72	0.943	0.856	3610.74	2399.45	2050.724	116.989
14	3695.61	1.305	0.032	3703.33	3664.75	72.27	0.397
15	3757.33	1.181	0.03	3765.05	3726.47	73.636	0.241
16	3903.92	0.985	0.021	3911.64	3795.91	227.85	0.579

Comment:

Triastuti, Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-3, pelet, 17 Maret 2015



## LAMPIRAN 4

## Hasil Karakterisasi XRD

\*\*\* Basic Data Process \*\*\*

Group Name : Data 2015  
 Data Name : Triastuti-3  
 File Name : Triastuti-3.PKR  
 Sample Name : Fe3O4 (3)  
 Comment : Fe3O4 (3)

# Strongest 3 peaks

no.	peak no.	2Theta (deg)	d (Å)	I/I1	FWHM (deg)	Intensity (Counts)	Integrated Int (Counts)
1	52	35.3533	2.53685	100	0.49330	127	3230
2	99	62.6600	1.48144	42	0.48000	53	1014
3	43	29.9700	2.97912	39	0.42660	49	1166

# Peak Data List

peak no.	2Theta (deg)	d (Å)	I/I1	FWHM (deg)	Intensity (Counts)	Integrated Int (Counts)
1	4.2133	20.95502	4	0.04000	5	18
2	5.0600	17.45031	6	0.12000	7	70
3	5.9266	14.90049	6	0.21330	8	128
4	6.7300	13.12342	6	0.20000	8	75
5	7.1000	12.44034	4	0.20000	5	70
6	7.5650	11.67667	12	0.31000	15	320
7	8.4266	10.48459	10	0.09330	13	121
8	9.6491	9.15881	9	0.11170	11	106
9	10.0800	8.76824	12	0.24000	15	256
10	10.8400	8.15514	5	0.00000	6	0
11	11.4116	7.74790	9	0.10330	11	100
12	11.8020	7.49247	17	0.28400	22	288
13	12.1800	7.26078	7	0.16000	9	106
14	12.6780	6.97667	10	0.35600	13	264
15	13.3091	6.64723	7	0.15170	9	108
16	13.7400	6.43972	4	0.00000	5	0
17	14.6300	6.04991	9	0.34000	12	268
18	15.4325	5.73707	8	0.05500	10	50
19	15.7916	5.60740	3	0.03670	4	10
20	16.8733	5.25029	7	0.05330	9	83
21	17.4825	5.06868	8	0.09500	10	76
22	18.2033	4.86957	16	0.23330	20	336
23	18.6200	4.76152	6	0.03000	7	15
24	19.4033	4.57103	9	0.04670	11	70
25	19.7650	4.48819	5	0.07000	6	52
26	20.2540	4.38092	5	0.10800	6	29
27	21.0675	4.21356	23	0.58500	29	859
28	22.0273	4.03208	20	0.24130	26	355
29	22.6550	3.92176	13	0.23000	17	269
30	23.4950	3.78342	21	0.39000	27	682
31	23.8600	3.72636	7	0.00000	9	0
32	23.9960	3.70555	8	0.07200	10	83
33	24.6600	3.60725	13	0.46000	17	397
34	25.0400	3.55337	13	0.16000	16	186
35	25.3734	3.50743	11	0.10110	14	121
36	25.8400	3.44514	6	0.08000	7	40
37	26.1733	3.40202	10	0.09330	13	129
38	26.8896	3.31300	20	0.29270	25	422
39	27.4380	3.24801	14	0.35600	18	411
40	28.5091	3.12837	11	0.11170	14	130
41	28.9583	3.08086	10	0.09670	13	122
42	29.2000	3.05590	5	0.04000	6	38
43	29.9700	2.97912	39	0.42660	49	1166
44	30.4466	2.93356	13	0.13330	17	186
45	30.8200	2.89887	5	0.00000	6	0
46	31.2000	2.86442	6	0.00000	7	0
47	31.8550	2.80700	31	0.45000	40	966

peak no.	2Theta (deg)	d (Å)	I/I1	FWHM (deg)	Intensity (Counts)	Integrated Int (Counts)
48	32.5500	2.74864	9	0.08660	11	60
49	33.0730	2.70636	6	0.11400	7	62
50	33.5283	2.67064	9	0.15670	12	131
51	34.4000	2.60493	13	0.24000	17	400
52	35.3533	2.53685	100	0.49330	127	3230
53	35.8200	2.50486	24	0.20800	31	476
54	36.3500	2.46954	18	0.18000	23	329
55	37.2195	2.41382	13	0.11100	16	163
56	37.7066	2.38375	7	0.10670	9	62
57	38.1380	2.35777	10	0.11600	13	120
58	38.5733	2.33216	6	0.10670	8	64
59	39.6966	2.26872	10	0.12670	13	107
60	40.0400	2.25005	3	0.02660	4	9
61	40.4266	2.22942	5	0.10670	6	73
62	41.2233	2.18815	13	0.27330	16	243
63	42.0150	2.14873	7	0.09000	9	84
64	42.7000	2.11584	6	0.00000	7	0
65	43.1000	2.09712	23	0.44000	29	739
66	43.8840	2.06146	12	0.12800	15	127
67	44.2033	2.04730	6	0.15330	8	72
68	44.7233	2.02470	15	0.15330	19	195
69	45.2560	2.00210	9	0.08800	11	62
70	45.6800	1.98450	6	0.16000	8	96
71	46.3166	1.95869	11	0.12670	14	104
72	46.7893	1.94000	6	0.12140	8	62
73	47.3309	1.91905	14	0.16470	18	199
74	48.3075	1.88252	11	0.25500	14	325
75	48.7400	1.86682	9	0.16000	12	136
76	49.1000	1.85397	13	0.20000	17	221
77	49.7833	1.83011	16	0.28670	20	318
78	50.2200	1.81521	17	0.37600	21	447
79	50.7036	1.79903	20	0.16070	25	262
80	51.1891	1.78310	20	0.17170	25	379
81	51.6700	1.76128	14	0.22000	18	290
82	52.3510	1.74623	21	0.19800	27	310
83	52.8685	1.73035	17	0.13710	21	178
84	53.4835	1.71189	21	0.38710	27	664
85	54.1500	1.69239	5	0.06000	6	32
86	55.0125	1.66787	9	0.32500	11	224
87	55.8603	1.64455	20	0.20730	26	293
88	56.4030	1.63001	22	0.21400	28	309
89	56.9975	1.61441	36	0.52500	46	1171
90	57.6100	1.59870	16	0.18000	20	205
91	58.7633	1.57004	5	0.04670	6	27
92	59.2633	1.55798	9	0.15330	12	147
93	59.6200	1.54951	5	0.00000	6	0
94	60.1966	1.53604	11	0.04670	14	87
95	60.9981	1.51776	20	0.20960	26	312
96	61.3913	1.50898	16	0.16930	20	168
97	61.8950	1.49790	17	0.19000	21	216
98	62.3800	1.48742	29	0.35000	37	539
99	62.6600	1.48144	42	0.48000	53	1014
100	63.1200	1.47175	18	0.09340	23	149
101	63.3725	1.46649	9	0.08500	12	78
102	63.9460	1.45471	10	0.21200	13	181
103	64.7275	1.43903	6	0.09500	8	42
104	65.0916	1.43185	9	0.31670	11	216
105	65.4433	1.42501	9	0.08670	11	55
106	65.8740	1.41673	13	0.14800	16	122
107	66.3440	1.40783	15	0.20800	19	295
108	66.9850	1.39591	6	0.05000	7	37
109	67.4000	1.38832	9	0.24000	11	128

peak no.	2Theta (deg)	d (Å)	I/I1	FWHM (deg)	Intensity (Counts)	Integrated Int (Counts)
110	67.6900	1.38307	9	0.26000	11	130
111	68.2750	1.37264	12	0.23000	15	194
112	68.9375	1.36106	14	0.25500	18	281
113	69.5658	1.35029	14	0.25830	18	212
114	70.0300	1.34248	3	0.14000	4	27
115	70.4513	1.33548	13	0.24930	16	200
116	71.1933	1.32337	10	0.10670	13	103
117	71.7575	1.31434	14	0.24500	18	254
118	72.3400	1.30519	4	0.12000	5	57
119	72.7658	1.29860	7	0.08170	9	62
120	73.0983	1.29351	7	0.13670	9	61
121	73.6675	1.28491	6	0.05500	7	32
122	74.0980	1.27851	15	0.35600	19	349
123	74.4740	1.27298	11	0.13200	14	87
124	74.9475	1.26611	15	0.18500	19	188
125	75.4520	1.25889	6	0.06400	7	36
126	75.9062	1.25249	8	0.06750	10	34
127	76.4383	1.24509	17	0.22330	22	229
128	76.9140	1.23857	20	0.25200	26	336
129	77.4983	1.23068	12	0.18060	15	127
130	77.9625	1.22451	6	0.07500	7	38
131	78.3533	1.21938	12	0.29330	15	197
132	78.8976	1.21233	24	0.29810	30	436
133	79.2941	1.20726	17	0.24170	22	264
134	80.0000	1.19837	24	0.24000	30	230

## 2. Perhitungan ukuran kristal dengan metode Debye-Scherrer

Untuk menghitung ukuran kristal menggunakan persamaan Debye-Scherrer:

$$D = \frac{k \lambda}{\beta \cos \theta}$$

D= ukuran kristal (nm)

k= faktor bentuk

$\lambda$ = panjang gelombang sinar X yang digunakan pada waktu pengukuran (nm)

$\beta$ = lebar setengah puncak pada difraktogram (radian)

$\theta$ = sudut Bragg (radian)

peak	2 $\theta$	$\theta$	$\theta$ (rad)	cos $\theta$	FWHM	B	k	$\lambda$	D
52,0000	35,3533	17,6767	0,3085	0,9528	0,4933	0,0086	0,94	0,1541	17,6566
99,0000	62,6600	31,3300	0,5467	0,8542	0,4800	0,0084	0,94	0,1541	20,2396
43,0000	29,9700	14,9850	0,2615	0,9660	0,4266	0,0074	0,94	0,1541	20,1382
D rata-rata=									19,3448

## LAMPIRAN 5

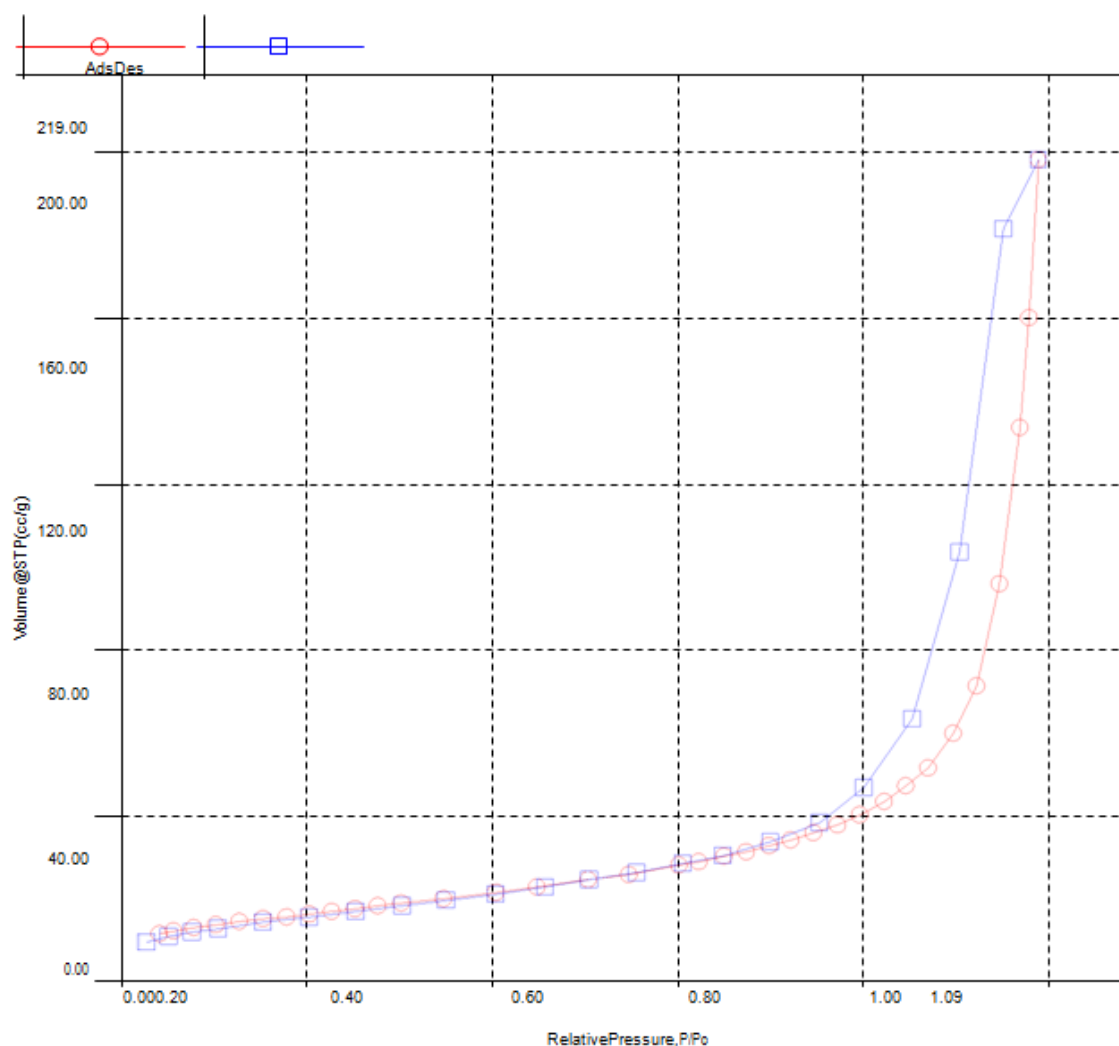
## Hasil Karakterisasi BET

Quantachrome NovaWin Data Acquisition and Reduction  
for NOVA Instruments  
©1994-2007, Quantachrome Instruments  
version 10.01



Optimizing particle performance

Analysis	Date: 2015/05/11	Report	Date: 5/12/2015
Operator: NOVALINS	Filename:	Operator: NOVALINS	File: C:\QCdata\Physisorb\11052015\Sampel A.qps
SampleID: Amanda	Comment:	SampleVolume: 0cc	
SampleDesc: Sampel A	OutgasTemp: 280.0C	BathTemp: 77.3K	
SampleWeight: 0.1252g	EquilTime: 60/60sec(ads/des)	Endofrun: 2015/05/11 17:33:26	EquilTimeOut: 120/120sec(ads/des)
OutgasTime: 3.0hrs	Instrument: NovaStationA		
AnalysisGas: Nitrogen			
Press.Tolerance: 0.050/0.050(ads/des)			
AnalysisTime: 264.7min			
CellID: 92			

Isotherm\*Linear

<b>Analysis</b>		<b>Report</b>	
Operator: NOVA UNS	Date: 2015/05/11	Operator: NOVA UNS	Date: 5/12/2015
SampleID: Amanda	Filename:	C:\QCdata\Physisorb\11052015\Sampel A.qps	
SampleDesc: SampleA	Comment:		
SampleWeight: 0.1252g	SampleVolume: 0cc		
OutgasTime: 3.0hrs	OutgasTemp: 280.0C		
Analysisgas: Nitrogen	BathTemp: 77.3K		
Press.Tolerance: 0.050/0.050(ads/des)	EquilTime: 60/60sec(ads/des)	EquilTimeOut: 120/120sec(ads/des)	
AnalysisTime: 264.7min	EndofRun: 2015/05/11 17:33:26	Instrument: NovaStationA	
CellID: 92			

### Multi-Point BET

#### Data Reduction Parameters Data

<b>Adsorbate</b>	Nitrogen	<b>Temperature</b>	77.350K	<b>Liquid Density:</b>	0.808g/cc
	Molec.Wt.: 28.013g	<b>Cross Section:</b>	16.200Å²		

#### Multi-Point BET Data

Relative Pressure	Volume@STP	1/[W((Po/P)-1)]	Relative Pressure	Volume@STP	1/[W((Po/P)-1)]
[P/Po]	[cc/g]		[P/Po]	[cc/g]	
3.70770e-02	10.8354	2.8433e+00	1.99771e-01	15.7169	1.2709e+01
5.25370e-02	11.5511	3.8409e+00	2.24531e-01	16.3306	1.4186e+01
7.46470e-02	12.3478	5.2271e+00	2.49453e-01	16.9553	1.5684e+01
9.90840e-02	13.0931	6.7209e+00	2.74214e-01	17.6087	1.7167e+01
1.24224e-01	13.8033	8.2221e+00	2.99030e-01	18.2536	1.8699e+01
1.49392e-01	14.4641	9.7153e+00	3.44973e-01	19.4430	2.1673e+01
1.74595e-01	15.0988	1.1209e+01			

#### BET summary

<b>Slope=</b>	60.463
<b>Intercept=</b>	6.630e-01
<b>Correlation coefficient, r=</b>	0.999939
<b>C constant=</b>	92.196
<b>Surface Area=</b>	56.973m²/g

<b>Analysis</b>		<b>Report</b>	
Operator: NOVAUN5	Date: 2015/05/11	Operator: NOVAUN5	Date: 5/12/2015
SampleID: Amanda	Filename:	C:\QCdata\Physisorb\11052015\Sampel A.qps	
SampleDesc: SampelA	Comment:		
Sampleweight: 0.1252g	SampleVolume: 0cc		
OutgasTime: 3.0hrs	OutgasTemp: 280.0C		
Analysisgas: Nitrogen	BathTemp: 77.3K		
Press.Tolerance: 0.050/0.050(ads/des)	EquilTime: 60/60sec(ads/des)	EquilTimeOut: 120/120sec(ads/des)	
AnalysisTime: 264.7min	Endofrun: 2015/05/11 17:33:26	Instrument: NovaStationA	
CellID: 92			

### SinglePointSurfaceArea

#### DataReductionParametersData

<u>Adsorbate</u>	Nitrogen	Temperature	77.350K	
	Molec.Wt.: 28.013g	Cross Section:	16.200Å <sup>2</sup>	Liquid Density: 0.808g/cc

#### SinglePointSurfaceAreaData

<u>RelativePressure</u>	<u>Volume@STP</u>	<u>1/[W((P/Po)-1)]</u>	<u>Slope</u>	<u>Surf.Area</u>
[P/Po]	[cc/g]			[m <sup>2</sup> /g]
2.99030e-01	18.2536	1.8699e+01	62.5319	55.6919
3.44973e-01	19.4430	2.1673e+01	62.8245	55.4325

<b>Analysis</b>		<b>Report</b>	
Operator: NOVAUN5	Date: 2015/05/11	Operator: NOVAUN5	Date: 5/12/2015
SampleID: Amanda	Filename: C:\QCdata\Physisorb\11052015\Sample A.qps		
SampleDesc: SampleA	Comment:		
Sampleweight: 0.1252g	SampleVolume: 0cc		
OutgasTime: 3.0hrs	OutgasTemp: 280.0C		
Analysisgas: Nitrogen	BathTemp: 77.3K		
Press.Tolerance: 0.050/0.050(ads/des)	Equiltime: 60/60sec(ads/des)	Equiltimeout: 120/120sec(ads/des)	
AnalysisTime: 264.7min	Endofrun: 2015/05/1117:33:26	Instrument: NovaStationA	
CellID: 92			

### Area-Volume Summary

#### Data Reduction Parameters Data

<b>Adsorbate:</b> Nitrogen	<b>Temperature:</b> 77.350K	<b>Liquid Density:</b> 0.808g/cc
<b>Molec.Wt.:</b> 28.013g	<b>Cross Section:</b> 16.200Å <sup>2</sup>	

#### Surface Area Data

MultiPoint BET.....	5.697e+01 m <sup>2</sup> /g
Langmuir surface area.....	9.273e+01 m <sup>2</sup> /g
BJH method cumulative adsorption surface area.....	4.494e+01 m <sup>2</sup> /g
BJH method cumulative desorption surface area.....	6.185e+01 m <sup>2</sup> /g
DH method cumulative adsorption surface area.....	4.535e+01 m <sup>2</sup> /g
DH method cumulative desorption surface area.....	6.264e+01 m <sup>2</sup> /g
t-method external surface area.....	5.697e+01 m <sup>2</sup> /g
DR method micropore area.....	7.266e+01 m <sup>2</sup> /g

#### Pore Volume Data

Total pore volume for pores with Radius less than 992.10 Å at P/Po = 0.990241.....	3.076e-01 cc/g
BJH method cumulative adsorption pore volume.....	2.993e-01 cc/g
BJH method cumulative desorption pore volume.....	3.095e-01 cc/g
DH method cumulative adsorption pore volume.....	2.899e-01 cc/g
DH method cumulative desorption pore volume.....	3.027e-01 cc/g
DR method micropore volume.....	2.582e-02 cc/g
HK method cumulative pore volume.....	2.249e-02 cc/g
SF method cumulative pore volume.....	2.306e-02 cc/g

#### Pore Size Data

Average pore Radius.....	1.080e+02 Å
BJH method adsorption pore Radius (Mode Dv(r)).....	1.701e+01 Å
BJH method desorption pore Radius (Mode Dv(r)).....	8.951e+01 Å
DH method adsorption pore Radius (Mode Dv(r)).....	1.701e+01 Å
DH method desorption pore Radius (Mode Dv(r)).....	8.951e+01 Å
DR method micropore Half pore width.....	1.617e+01 Å
DA method pore Radius (Mode).....	9.000e+00 Å
HK method pore Radius (Mode).....	1.838e+00 Å
SF method pore Radius (Mode).....	2.261e+00 Å

### Analysis

Operator: NOVAUNS

SampleID: Amanda

Sample Desc: SampelA

Sample weight: 0.1252g

Outgas Time: 3.0hrs

Analysis gas: Nitrogen

Press. Tolerance: 0.050/0.050(ads/des)

Analysis Time: 264.7min

CellID: 92

Date: 2015/05/11

Filename:

Comment:

Sample Volume: 0cc

Outgas Temp: 280.0C

Bath Temp: 77.3K

Equil Time: 60/60s(ec(ads/des)

End of run: 2015/05/11 17:33:26

### Report

Operator: NOVAUNS

Filename: C:\QC\data\Physisorb\11052015\Sampel A.qps

Date: 5/12/2015

Equil Time out: 120/120s(ec(ads/des)

Instrument: NovaStationA

## Total Pore Volume

### Data Reduction Parameters Data

Adsorbate	Nitrogen	Temperature	77.350K	Liquid Density:	0.808g/cc
	Molec. Wt.: 28.013g	Cross Section:	16.200Å <sup>2</sup>		

### Total Pore Volume Summary

#### Total Pore Volume

Total pore volume = 3.076e-01 cc/g for  
pores smaller than 992.1 Å (Radius)  
at  $R_p/R_0 = 0.99024$



<b>Analysis</b>		<b>Report</b>	
Operator: N.QVAUNS	Date: 2015/05/11	Operator: N.QVA UNS	Date: 5/12/2015
SampleID: Amanda	Filename:	C:\QCdata\Physisorb\11052015\Sampel A.qps	
SampleDesc: SampelA	Comment:		
SampleWeight: 0.1252g	SampleVolume: 0cc		
OutgasTime: 3.0hrs	OutgasTemp: 280.0C		
Analysisgas: Nitrogen	BathTemp: 77.3K		
Press.Tolerance: 0.050/0.050(ads/des)	Equitime: 60/60sec(ads/des)	Equitimeout: 120/120sec(ads/des)	
AnalysisTime: 264.7min	Endofrun: 2015/05/1117:33:26	Instrument: NovaStationA	
CellID: 92			

### Average Pore Size

#### Data Reduction Parameters Data

Adsorbate	Nitrogen	Temperature	77.350K	LiquidDensity:	0.808g/cc
	Molec.Wt.: 28.013g	CrossSection:	16.200Å <sup>2</sup>		

#### Average Pore Size summary

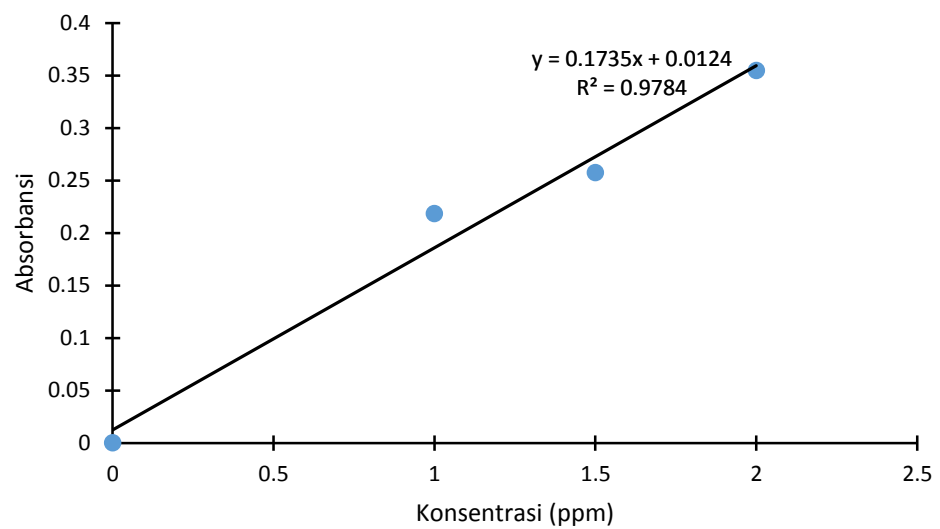
Average pore Radius = 1.07969e+02Å

## LAMPIRAN 6

### Kondisi Optimum Adsorpsi

#### 1. pH Optimum

##### 1.1. Kurva Kalibrasi



##### 1.2. Perhitungan Hasil Uji AAS

$$y = 0,1735x + 0,0124$$

$$y = \text{absorbansi}, x = \text{konsentrasi}$$

a. pH 4,01

$$C_o = \frac{(y - 0,0124)}{0,1735}$$

$$C_t = \frac{(y - 0,0124)}{0,1735}$$

$$C_o = \frac{(0,3569 - 0,0124)}{0,1735}$$

$$C_t = \frac{(0,2237 - 0,0124)}{0,1735}$$

$$= 1,985 \text{ mg/L}$$

$$= 1,218 \text{ mg/L}$$

b. pH 4,99

$$C_o = \frac{(y-0,0124)}{0,1735}$$

$$C_t = \frac{(y-0,0124)}{0,1735}$$

$$C_o = \frac{(0,3460-0,0124)}{0,1735}$$

$$C_t = \frac{(0,2034-0,0124)}{0,1735}$$

$$= 1,924 \text{ mg/L}$$

$$= 1,101 \text{ mg/L}$$

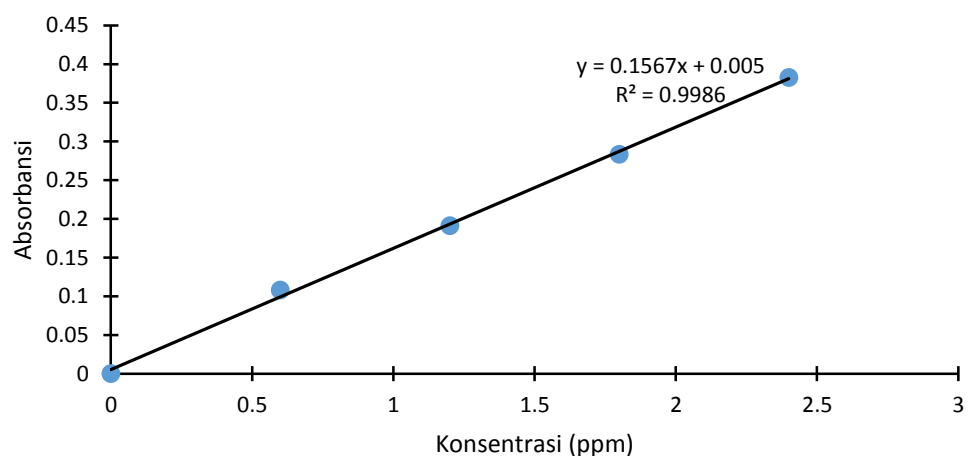
### 1.3. Hasil Perhitungan

**Tabel 9. Data Pengamatan Variasi pH**

No.	pH	Massa adsorben (g)	Volume larutan (L)	Ao	At	Co (mg/L)	Ct (mg/L)	Co-Ct (mg/L)	Ce (mg/g.L)	qe (mg/g)
1.	4,01	0,0143	0,01	0,3569	0,2237	1,9856	1,2179	0,7677	53,6869	0,5369
2.	4,99	0,0101	0,01	0,3464	0,2034	1,9251	1,1009	0,8242	81,6047	0,8160
3.	6,03	0,01	0,01	0,3256	0,1374	2,0455	0,8368	1,2087	120,8657	1,2087
4.	8,01	0,0111	0,01	0,2611	0,0234	1,4334	0,0634	1,3700	123,4260	1,2343
5.	8,99	0,01	0,01	0,0972	0,006	0,5786	-0,0071	0,5857	58,5704	0,5857

## 2. Waktu Kontak Optimum

### 2.1. Kurva Kalibrasi



## 2.2. Perhitungan Hasil Uji AAS

$$y = 0,1567x + 0,005$$

$y =$  absorbansi,  $x =$  konsentrasi

a. Waktu Kontak 10 menit

$$C_o = \frac{(y-0,005)}{0,1567}$$

$$C_t = \frac{(y-0,005)}{0,1567}$$

$$C_o = \frac{(0,1854-0,005)}{0,1567}$$

$$C_t = \frac{(0,0335-0,005)}{0,1567}$$

$$= 1,151 \text{ mg/L}$$

$$= 0,182 \text{ mg/L}$$

b. Waktu Kontak 120 menit

$$C_o = \frac{(y-0,005)}{0,1567}$$

$$C_t = \frac{(y-0,005)}{0,1567}$$

$$C_o = \frac{(0,1854-0,005)}{0,1567}$$

$$C_t = \frac{(0,0221-0,005)}{0,1567}$$

$$= 1,151 \text{ mg/L}$$

$$= 0,109 \text{ mg/}$$

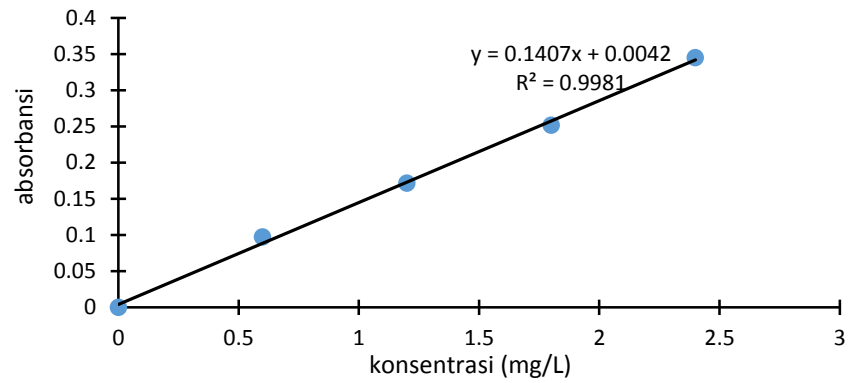
## 2.3. Hasil Perhitungan

Tabel 10. Data Pengamatan Variasi Waktu Kontak

No.	Waktu (t)	Massa adsorben (g)	Volume larutan (L)	A awal	A akhir	Co (mg/L)	Ct (mg/L)	Co-Ct (mg/L)	Co-Ct/g	qe (mg/g)
1	10	0,01	0,01	0,1854	0,0335	1,1514	0,1819	0,9695	96,95	0,9695
2	30	0,01	0,01	0,1854	0,0227	1,1514	0,113	1,0384	103,84	1,0384
3	40	0,01	0,01	0,1854	0,0219	1,1514	0,1079	1,0435	104,35	1,0435
4	50	0,01	0,01	0,1854	0,0205	1,1514	0,0989	1,0525	105,25	1,0525
5	60	0,01	0,01	0,1854	0,0198	1,1514	0,0945	1,0569	105,69	1,0569
6	120	0,01	0,01	0,1854	0,0221	1,1514	0,1091	1,0423	104,23	1,0423

### 3. Optimasi Konsentrasi

#### 3.1. Kurva Kalibrasi



#### 3.2. Perhitungan Hasil Uji AAS

$$y = 0,1407x + 0,0042$$

$$y = \text{absorbansi}, x = \text{konsentrasi}$$

a. Konsentrasi Awal Terukur 0,968 ppm

$$C_o = \frac{(y-0,0042)}{0,1407}$$

$$C_t = \frac{(y-0,0042)}{0,1407}$$

$$C_o = \frac{(0,1404-0,0042)}{0,1407}$$

$$C_t = \frac{(0,0086-0,0042)}{0,1407}$$

$$= 0,968 \text{ mg/L}$$

$$= 0,031 \text{ mg/L}$$

(2x pengenceran)

$$= 1,936 \text{ mg/L}$$

b. Konsentrasi Awal Terukur 3,622 ppm

$$C_o = \frac{(y-0,0042)}{0,1407}$$

$$= 3,622 \text{ mg/L}$$

$$C_o = \frac{(0,25910,0042)}{0,1407}$$

$$C_t = \frac{(y-0,0042)}{0,1407}$$

$$= 1,811 \text{ mg/L}$$

(2x pengenceran)

$$C_t = \frac{(0,0130-0,0042)}{0,1407}$$

= 0,063 mg/L

### 3.3. Hasil Perhitungan

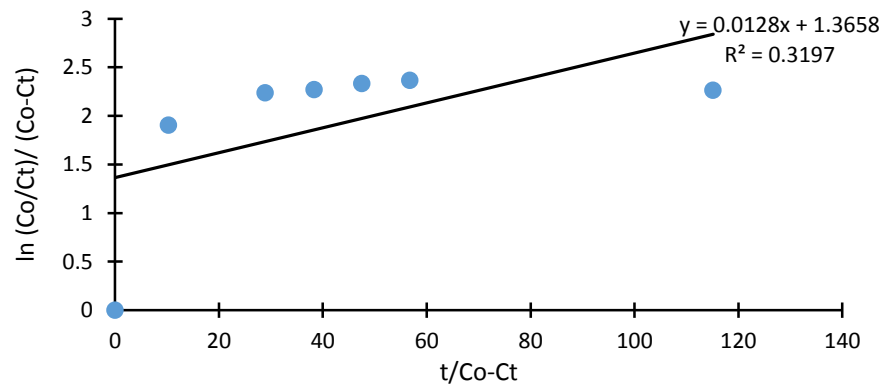
Tabel 11. Data Pengamatan Variasi Konsentrasi Adsorbat

No.	massa adsorben (g)	volume larutan (L)	A awal	A akhir	1/f x Co (mg/L)	Co (mg/L)	Ce (mg/L)	Co-Ce (mg/L)	qe (mg/g)
1	0,01	0,01	0	0	0	0	0	0	0
2	0,01	0,01	0,0486	0,001	0,338	0,338	0,001	0,337	0,337
3	0,01	0,01	0,968	0,0086	0,968	1,936	0,031	1,905	1,905
4	0,01	0,01	0,3768	0,0162	2,648	2,648	0,086	2,562	2,562
5	0,01	0,01	0,1984	0,0076	1,38	2,76	0,025	2,735	2,735
6	0,01	0,01	0,228	0,0103	1,59	3,18	0,043	3,137	3,137
7	0,01	0,01	0,013	0,0013	1,811	3,622	0,063	3,559	3,559
8	0,01	0,01	0,3722	0,029	2,616	5,232	0,176	5,056	5,056
9	0,01	0,01	0,2005	0,0238	1,395	6,975	0,14	6,835	6,835
10	0,01	0,01	0,2049	0,0776	1,484	14,84	0,551	14,289	14,289
11	0,01	0,01	0,2198	0,2024	1,593	15,93	1,465	14,465	14,465

## LAMPIRAN 7

## Kinetika Adsorpsi

## 8.1. Model Kinetika Langmuir-Hinselwood



Persamaan:

$$\frac{\ln \frac{C_o}{C_t}}{C_o - C_t} + K = \frac{k \cdot t}{C_o - C_t}$$

Perhitungan:

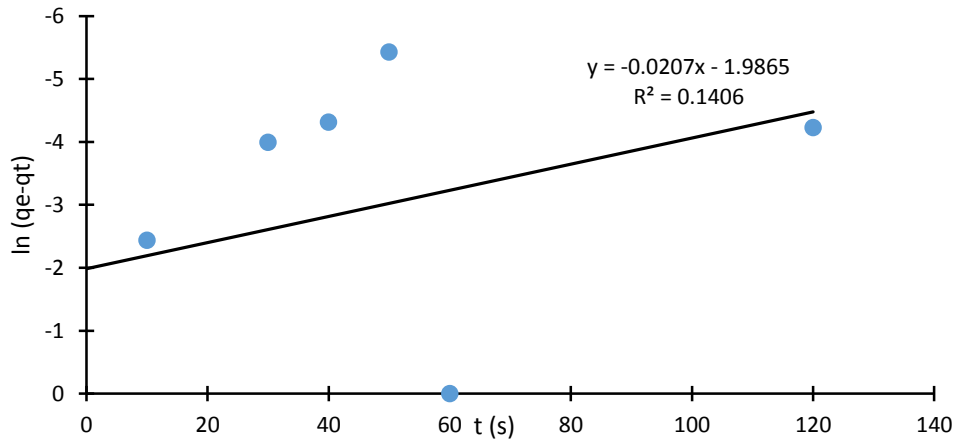
$$Y = 0,0128x + 1,3658$$

$$k_1 = \text{slope} = 0,0128 / \text{menit}$$

$$k_o = \text{intersept} = 1,3951 \text{ L/mol}$$

## 8.2. Model Kinetika Lagergren

No	Waktu (t)	Co (mg/L)	Ct (mg/L)	Co-Ct (mg/L)	Co-Ct/g	qt (mg/g)	qe-qt	ln (qe-qt)
1	0	1,1514	1,1514	0	0	0	1,0569	0,05534
2	10	1,1514	0,1819	0,9695	96,95	0,9695	0,0874	-2,43726
3	30	1,1514	0,113	1,0384	103,84	1,0384	0,0185	-3,98998
4	40	1,1514	0,1079	1,0435	104,35	1,0435	0,0134	-4,3125
5	50	1,1514	0,0989	1,0525	105,25	1,0525	0,0044	-5,42615
6	60	1,1514	0,0945	1,0569	105,69	1,0569	0	#NUM!
7	120	1,1514	0,1091	1,0423	104,23	1,0423	0,0146	-4,22673



Persamaan:

$$\ln (q_e - q_t) = \ln q_e - k . t$$

Perhitungan:

$$y = -0,0207x + 1,9865$$

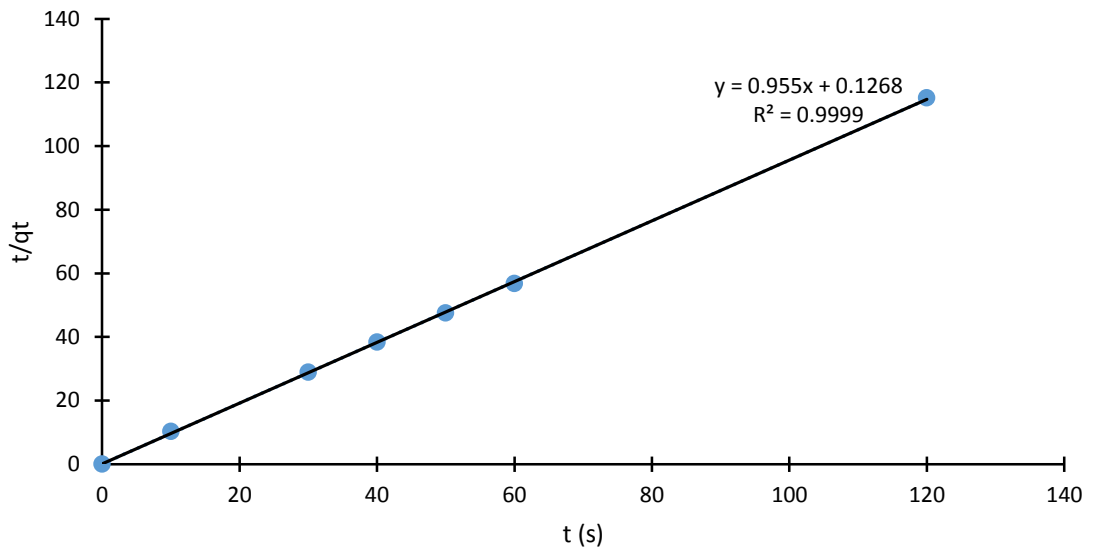
$$k_1 = \text{Slope} = 0,0207$$

$$q_e = \text{intersep} = 1,9865 \text{ mg/g.}$$

### 8.3. Model Kinetika Ho

no	waktu (t)	massa adsorben (g)	volume larutan (L)	Co (mg/L)	Ct (mg/L)	Co-Ct (mg/L)	Co-Ct/g	qt (mg/g)	t/qt
1	0	0,00	0,01	1,1514	1,1514	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2	20	0,01	0,01	1,1514	0,2183	0,9331	93,3100	0,9331	21,4339
3	30	0,01	0,01	1,1514	0,1130	1,0384	103,8400	1,0384	28,8906
4	40	0,01	0,01	1,1514	0,1079	1,0435	104,3500	1,0435	38,3325
5	50	0,01	0,01	1,1514	0,0989	1,0525	105,2500	1,0525	47,5059
6	60	0,01	0,01	1,1514	0,0945	1,0569	105,6900	1,0569	56,7698
7	120	0,01	0,01	1,1514	0,1091	1,0423	104,2300	1,0423	115,1300





Persamaan:

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{h} + \frac{1}{q_e} t$$

Perhitungan:

$$Y = 0,955x + 0,1268$$

$$\text{Slope} = 1/q_e, \text{ maka } q_e = 1,0471 \text{ mg/g}$$

$$\text{Intersep} = 1/h, \text{ maka } h = 7,8864 \text{ mg/g menit}$$

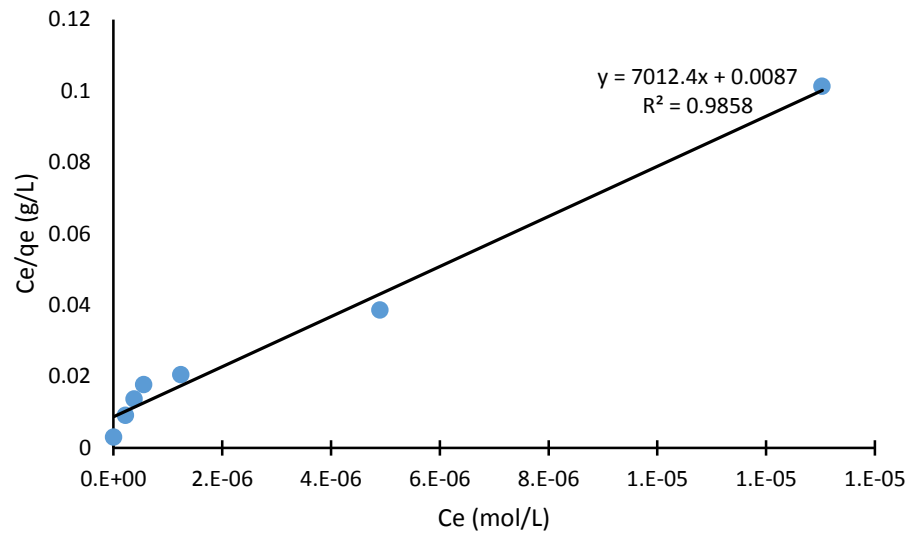
$$h = kq_e^2, \text{ maka } \mathbf{k = 7,1926 \text{ g/mg menit}}$$

## LAMPIRAN 8

## Isotherm Adsorpsi

massa (g)	volume (L)	A awal	A akhir	Co (mg/L)	Co x f (mg/L)	Ce (mg/L)	Ce (mol/L)	qe (mg/g)	qe (mol/L)	Ce/qe (g/L)	ln Ce	ln qe
0,01	0,01	0,0486	0,0024	0,338	0,338	0,001	8,89601E-09	0,337	2,998E-06	0,0029674	-18,5377	-12,7176
0,01	0,01	0,1984	0,0076	1,38	2,76	0,025	2,224E-07	2,735	2,433E-05	0,0091408	-15,3188	-10,6238
0,01	0,01	0,228	0,0103	1,59	3,18	0,043	3,82528E-07	3,137	2,791E-05	0,0137074	-14,7765	-10,4866
0,01	0,01	0,013	0,0013	1,811	3,622	0,063	5,60448E-07	3,559	3,166E-05	0,0177016	-14,3945	-10,3604
0,01	0,01	0,2005	0,0238	1,395	6,975	0,14	1,24544E-06	6,835	6,08E-05	0,0204828	-13,596	-9,70785
0,01	0,01	0,2049	0,0776	1,484	14,84	0,551	4,9017E-06	14,289	0,0001271	0,0385611	-12,2259	-8,97042
0,01	0,01	0,2198	0,2024	1,593	15,93	1,465	1,30326E-05	14,465	0,0001287	0,1012789	-11,2481	-8,95818

### 7.1. Model Isotherm Langmuir



Persamaan:

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{K_L q_{max}} + \frac{C_e}{q_{max}}$$

Perhitungan:

$$Y = 7012,4x + 0,0087 \quad r^2 = 0,9858$$

$$\text{Slope} = \frac{1}{q_{max}}$$

$$q_{max} = \frac{1}{7012,4}$$

$$= 0,0001426 \text{ mol/g} = 16,0302 \text{ mg/g}$$

$$\text{Intersep} = \frac{1}{q_{max} K_L}$$

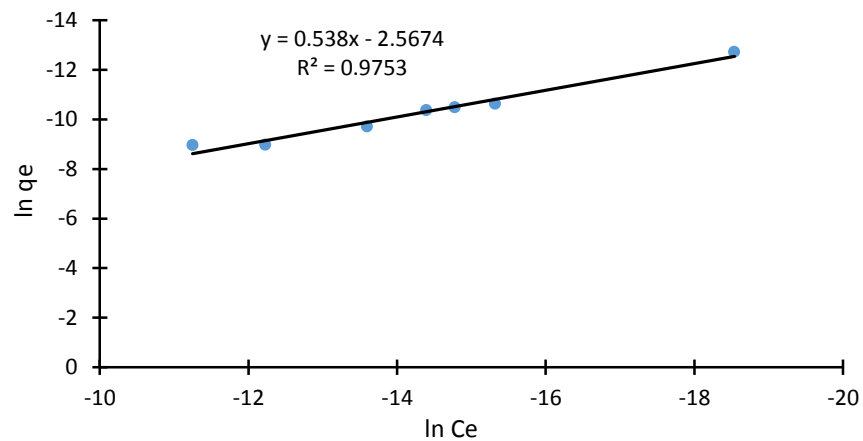
$$K_L = \frac{1}{0,0001426 \times 0,0087}$$

$$= 806048,5886 \text{ L/mol}$$

$$E = RT \ln K$$

$$\begin{aligned}
 &= 8,314 \text{ JK}^{-1} \times (27+273) \times \ln 806048,5886 \\
 &= 8,314 \times 300 \text{ K} \times 13,5999 \\
 &= 33920,8688 \text{ J/mol} \\
 &= 33,92086 \text{ kJ/mol}
 \end{aligned}$$

## 7.2. Model Isotherm Freundlich



Persamaan:

$$\ln q_e = \ln K_f + \frac{1}{n} \ln C_e$$

Perhitungan:

$$\text{Slope} = \frac{1}{n}$$

$$n = \frac{1}{0,538}$$

$$= 1,8587$$

Intersep =  $\log K_f$

$$K_f = 0,0767 \text{ mol/g}$$

$$= 8621,847 \text{ mg/g}$$

**LAMPIRAN 9****Foto Dokumentasi Penelitian****1. Proses Titrasi****2. Endapan  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  mulai terbentuk**



**3. pH akhir titrasi tercapai**



**4. Serbuk  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  telah terbentuk dan dapat ditarik magnet**



### 5. Pengaturan pH larutan ion logam kadmium (II)



### 6. Proses adsorpsi





