

SEMINAR NASIONAL PENDIDIKAN 2016**“Peran Pendidikan, Sains, dan Teknologi dalam Membangun Intelektual Bangsa dan Menjaga Budaya Nasional di Era MEA”
21 MEI 2016****SIFAT MAGNETIK ADSORBEN NANOPARTIKAN Fe_3O_4 TERHADAP
ADSORPSI LOGAM BERAT (CO DAN FE) DALAM LARUTAN****Dewi Sartika**Dosen Teknik Mesin Universitas PGRI Banyuwangi, e-
mail:boyle.tika@gmail.com**ABSTRAK**

Telah dilakukan proses purifikasi pada larutan yang mengandung logam berat Co dan Fe dengan menggunakan adsorben nanopartikel magnetit (Fe_3O_4). Pengaruh variasi ukuran partikel, konsentrasi adsorben, sifat magnetik remanen (M_r) dan amplifikasi terhadap penurunan kadar logam Fe dan Co dikaji dalam penelitian ini. Hasilnya diketahui bahwa adsorben Fe_3O_4 berukuran 11,5 nm mampu menjerap ion logam secara maksimal, ditandai dengan persentase penurunan kadar logam Fe dan Co masing-masing 99,855% dan 100%. Hal ini karena semakin kecil ukuran partikel semakin besar luas permukaan kontakannya. Selain itu, konsentrasi adsorben 0,005 g/ml dan 0,006 g/ml memberikan penurunan maksimal kadar maksimal logam Co dan Fe masing-masing sebesar 99,843% dan 100%. Penurunan kadar logam Co dan Fe maksimum terjadi pada nilai M_r 6,17 emu/cc yaitu masing-masing sebesar 99,936% dan 100%. Hal ini karena sifat magnetik yang besar menyebabkan penurunan kadar logam terjerap juga besar.

Kata Kunci: *adsorpsi, adsorben, dan magnetit***PENDAHULUAN**

Nanopartikel magnetik telah dipelajari secara ekstensif lebih dari setengah abad yang lalu baik secara eksperimen maupun teori [1]. Berdasarkan sifat kimianya, nanopartikel magnetik cenderung mengelompok, membentuk sebuah aglomerat, kecuali jika permukaannya dilapisi dengan bahan non-magnetik [2]. Nanopartikel magnetit (Fe_3O_4) adalah salah satu

jenis nanopartikel magnetik yang paling sering digunakan. Fe_3O_4 adalah material hitam dengan sifat magnetik yang kuat sehingga membuat permukaan magnetit bersifat reaktif dan memiliki luas permukaan yang besar.

Nanopartikel Fe_3O_4 dipilih sebagai adsorben karena memiliki beberapa keunggulan seperti mudah termagnetisasi sehingga dapat menarik logam-logam berat tersebut

SEMINAR NASIONAL PENDIDIKAN 2016

**“Peran Pendidikan, Sains, dan Teknologi dalam Membangun Intelektual Bangsa dan Menjaga Budaya Nasional di Era MEA”
21 MEI 2016**

dan menempel di permukaan Fe_3O_4 . Metode ini dipilih karena merupakan metode yang cepat, mudah dan lebih tepat daripada menggunakan metode tradisional [3].

Pada penelitian ini nanopartikel magnetik berbasis Fe_3O_4 akan digunakan sebagai adsorben untuk mengadsorpsi ion logam berat seperti Co dan Fe. Tujuannya adalah untuk mengetahui pengaruh konsentrasi, ukuran nanopartikel, sifat magnetik adsorben Fe_3O_4 dan pengaruh amplifikasi (readsorpsi) terhadap penurunan kadar logam berat Co dan Fe dalam limbah cair.

METODE EKSPERIMEN**Sintesis Fe_3O_4**

Proses sintesis nanopartikel Fe_3O_4 dilakukan dengan menggunakan $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ dan $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dengan perbandingan massa 4,170 g dan 8,109 g dalam 30 mL H_2O . Kemudian ditambahkan larutan NH_4OH 10% sebanyak 60 ml setetes demi setetes dan diaduk di atas *magnetic stirrer* selama 90 menit pada temperatur 60°C dengan kecepatan aduk sebesar 450 rpm.

Proses selanjutnya hasil sintesis dicuci dan diendapkan. Larutan yang sudah dicuci kemudian diendapkan hingga bau larutan NH_4OH yang ada hilang. Kemudian dilakukan proses dekantasi untuk mendapatkan endapan Fe_3O_4 . Dekantasi dilakukan dengan bantuan medan magnet eksternal (magnet permanen)

sehingga proses pengendapan dapat dilakukan lebih cepat dan efektif.

Endapan selanjutnya dicuci dengan menggunakan aquades beberapa kali pengulangan agar garam-garam hasil reaksi yang ikut terlarut semakin terminimalisir jumlahnya di dalam sampel sehingga diperoleh sampel Fe_3O_4 yang lebih murni. Sampel Fe_3O_4 yang telah dicuci kemudian dikeringkan di dalam *furnace* pada suhu 80°C selama 2 jam. Sampel yang telah kering kemudian dianalisis morfologi dan ukuran butir, struktur kristal serta sifat kemagnetannya dengan menggunakan TEM, XRD dan VSM serta. Sampel Fe_3O_4 yang telah dibuat kemudian digunakan untuk mendapatkan empat variasi, yaitu konsentrasi, ukuran partikel, sifat magnetik, dan amplifikasi dengan tujuan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap persentase penurunan logam Co dan Fe.

Larutan Limbah dan Proses penjerapan

Fe_3O_4 yang telah dibuat kemudian digunakan untuk menjerap larutan limbah. Limbah dibuat dengan mencampurkan 2 g $\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ke dalam 400 ml aquades. Sampel diletakkan di atas magnet stirrer selama 3 jam. Selama proses ini diberikan 4 tetes HCl. 3 jam kemudian kemudian ditambahkan 2,5 g $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ dan diberikan 4 tetes HCl dan tetap dibiarkan di atas magnetik sttirer selama 2 jam.

SEMINAR NASIONAL PENDIDIKAN 2016

“Peran Pendidikan, Sains, dan Teknologi dalam Membangun Intelektual Bangsa dan Menjaga Budaya Nasional di Era MEA”

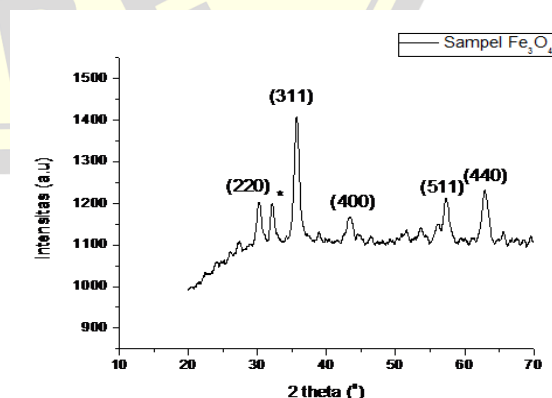
21 MEI 2016

Limbah yang telah dibuat dilanjutkan dengan karakterisasi menggunakan AAS untuk mengetahui kandungan logam berat Co dan Fe dalam satuan ppm.

limbah yang telah dibuat kemudian dipurifikasi atau diadsorpsi dengan Fe₃O₄ dengan memberikan perlakuan variasi konsentrasi, ukuran partikel, dan sifat magnetik adsorben Fe₃O₄ serta sampel yang sudah dipurifikasi kemudian dipurifikasi lagi (amplifikasi). Proses purifikasi dilakukan dengan mencampurkan Fe₃O₄ limbah dan diletakkan di atas magnetic stirrer di bawah suhu kamar selama 3 jam. Kemudian memberikan beberapa tetes NH₄OH sampai pH 9. Setelah 3 jam larutan diendapkan di atas magnet permanen selama 30 menit. Setelah 30 menit, larutan dipisahkan dengan endapannya dan larutan tersebut diendapkan satu kali lagi di atas magnet permanen selama 30 menit kemudian memisahkan larutan tersebut dengan endapannya. Larutan tersebut kemudian disaring dengan menggunakan kertas saring. Larutan yang sudah disaring kemudian di karakterisasi dengan AAS. Proses purifikasi limbah oleh Fe₃O₄ dengan perlakuan tiga variasi ini dilakukan di bawah parameter pH, lama pengadukan, dan suhu yang konstan.

HASIL DAN DISKUSI**Karakterisasi Fe₃O₄ dengan menggunakan XRD**

Data hasil XRD diolah menggunakan *Software Origin 8* sehingga menghasilkan grafik seperti pada Gambar 1. Hasil menunjukkan indikasi terbentuknya fasa Fe₃O₄ di dalam sampel tersebut. Indikasi tersebut didasarkan pada nilai parameter kekisi yang telah diestimasi dari sudut $2\theta = 35,68^\circ$ yaitu pada puncak utama dengan indeks 311. Dari hasil estimasi diperoleh nilai parameter kekisi 8,34 Å dan jarak antar bidang kristalnya 0,251 nm, nilai parameter kekisi ini mendekati nilai parameter referensi kekisi Fe₃O₄ pada keadaan bulk (8,397 Å) [4]. Indikasi terbentuknya fasa Fe₃O₄ pada sampel ini juga diperkuat dengan kemunculan beberapa puncak difraksi lain dengan indeks miller (220), (400), (422), (511) dan (440). Puncak difraksi dengan indeks miller tersebut merupakan indeks khas dari struktur spinel Fe₃O₄ yang selalu muncul dalam difraktogram XRD bahan Fe₃O₄ [5]. Dari fakta tersebut dapat disimpulkan bahwa telah terbentuk fasa Fe₃O₄ pada sampel dengan struktur kristal kubik spinel.



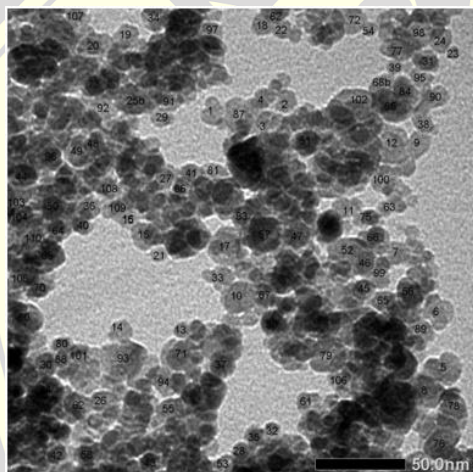
SEMINAR NASIONAL PENDIDIKAN 2016

**“Peran Pendidikan, Sains, dan Teknologi dalam Membangun Intelektual Bangsa dan Menjaga Budaya Nasional di Era MEA”
21 MEI 2016**

Gambar 1. Hasil XRD nanopartikel Fe_3O_4

Karakterisasi Fe_3O_4 menggunakan Fe_3O_4

TEM digunakan untuk melihat morfologi, distribusi dan ukuran dari partikel Fe_3O_4 . Ukuran butir diperoleh dengan mengukur diameter masing-masing butir dari gambar hasil TEM menggunakan software ImageJ. Sedangkan morfologi dan homogenitas atau keseragaman butir dapat dilihat secara lansung pada hasil TEM pada Gambar 2.



Gambar 2. Hasil TEM Fe_3O_4

Homogenitas atau keseragaman ukuran butir sampel ditunjukkan pada Gambar 5.3. Semua partikel Fe_3O_4 menunjukkan bentuk bulat yang homogen dengan distribusi partikel bersifat cukup dispersif meskipun terdapat sedikit aglomerasi. Aglomerasi terjadi karena adanya interaksi dipol magnetik antara partikel. Distribusi dari hasil analisis pola TEM menggunakan *ImageJ*, diperoleh

ukuran partikel Fe_3O_4 sekitar $(13,0 \pm 0,30)$ nm.

Adsorpsi

Salah satu indikator keberhasilan proses adsorpsi juga ditandai dengan perubahan warna pada larutan limbah (adsorbat). Indikator ini dapat dilihat pada Gambar 3



a

b

Gambar 3. (a) sebelum dijerap (b) sesudah dijerap

Pengaruh Konsentrasi

Tabel 5.1 menunjukkan hasil pengujian pengaruh variasi konsentrasi adsorben Fe_3O_4 terhadap penurunan kadar logam Co (II) dan Fe (II) dilakukan dengan menggunakan empat konsentrasi adsorben yang berbeda yaitu 0,005 g/ml, 0,006 g/ml, 0,008 g/ml, dan 0,01 g/ml, pada suhu ruang ($\pm 30^\circ\text{C}$) dengan kondisi pH larutan 9 dan

SEMINAR NASIONAL PENDIDIKAN 2016

“Peran Pendidikan, Sains, dan Teknologi dalam Membangun Intelektual Bangsa dan Menjaga Budaya Nasional di Era MEA”
21 MEI 2016

waktu pengadukan 3 jam untuk setiap sampel.

Tabel 5.1 konsentrasi adsorben Fe₃O₄ terhadap persentase penurunan logam

NO	Para meter	raw material		konsentrasi Fe ₃ O ₄			
				0,005 g/ml	0,006 g/ml	0,008 g/ml	0,01g/ml
1	Co	1058,073	rata-rata kadar akhir	1,654	82,747	455,399	302,816
			persentase (%)	99,843	92,179	56,959	71,380
2	Fe	1501,603	rata-rata kadar akhir	0,133	0	0,551	0,122
			persentase (%)	99,991	100	99,963	99,991

Dari *trend* data persentase penurunan logam Co (II), dapat dilihat bahwa terdapat korelasi yang tidak linier antara penambahan konsentrasi adsorben terhadap persentase penurunan kadar rata-rata logam Co (II). Sementara penurunan persentase logam Fe (II) memiliki pola yang cenderung konstan terhadap konsentrasi adsorben.

Pola persentase penurunan logam, baik Co (II) maupun Fe (II) disebabkan karena konsentrasi ion logam berhubungan dengan jumlah sisi aktif yang terdapat pada permukaan Fe₃O₄. Sisi aktif ini memiliki gaya magnetik. Bila jumlah sisi aktif cukup besar maka gaya magnetiknya semakin besar. Jumlah sisi aktif dengan sifat magnetik yang besar dibanding jumlah ion logam adsorbat maka persentase teradsorpsi akan tinggi sampai pada jumlah sisi

aktif sama dengan ion logam. Interaksi yang terjadi antara adsorben dan adsorbet ini melibatkan gaya van der Waals yang menyebabkan adsorbet tertarik pada molekul adsorben. Namun pada kondisi tertentu persentase teradsorpsi akan konstan bahkan terjadi penurunan persentase logam berat karena telah terjadi kejenuhan pada material penyerap akibat kontak antara Fe₃O₄ sebagai adsorben dengan larutan yang mengandung Co (II) dan Fe (II) sebagai adsorbat yang telah mengalami kesetimbangan. Selain itu, terjadi superdifusi (gerakan pelarut yang sangat cepat) karena adanya pengaruh dari gaya tarik permukaan dan gerakan random tiap molekul.

Superdifusi partikel-partikel adsorbet pada permukaan dapat menghalangi partikel adsorbet yang lain untuk

SEMINAR NASIONAL PENDIDIKAN 2016**“Peran Pendidikan, Sains, dan Teknologi dalam Membangun Intelektual Bangsa dan Menjaga Budaya Nasional di Era MEA”****21 MEI 2016**

berinteraksi dengan permukaan adsorben karena terjadinya tumbukan akibat konsentrasi yang besar. Tumbukan ini akan menyebabkan partikel adsorbat yang menempel pada permukaan adsorben dapat mengalami desorpsi [6]. Sehingga pada konsentrasi adsorben Fe_3O_4 0,006 g/ml dan 0,008 g/ml, persentase penurunan kadar logam Co (II) menurun dan meningkat lagi pada konsentrasi adsorben 0,01 g/ml meskipun tidak melebihi besar persentase saat diadsorpsi dengan konsentrasi 0,005 g/ml. Begitu juga dengan persentase penurunan logam Fe (II) dengan pola yang cenderung konstan.

Pengaruh Ukuran Partikel

Tabel 5.2 menunjukkan hasil pengujian pengaruh variasi ukuran partikel adsorben Fe_3O_4 terhadap penurunan kadar logam Co (II) dan Fe (II) dilakukan dengan menggunakan empat ukuran partikel yang berbeda yaitu 11,5 nm, 13 nm, 30 nm, dan 80 μm pada suhu ruang (30°C) dengan kondisi pH larutan 9 dan waktu pengadukan 3 jam untuk setiap sampel.

Persentase penurunan kadar ion logam terhadap variasi ukuran partikel adsorben untuk logam Co (II) dari 11,5 nm, 13 nm, 30 nm, dan 80 μm masing-masing sebesar 99,855%, 99,843%, 90,832%, dan 76,878%.

Tabel 5.2 Pengaruh ukuran partikel terhadap persentase penurunan logam

No	Parameter	raw material		ukuran partikel Fe_3O_4			
				11,5 nm	13 nm	30 nm	80 μm
1	Co	1058,073	rata-rata kadar akhir	1,533	1,654	96,998	244,639
			persentase (%)	99,855	99,843	90,832	76,878
2	Fe	1501,603	rata-rata kadar akhir	0	0,133	0	0,250

SEMINAR NASIONAL PENDIDIKAN 2016

“Peran Pendidikan, Sains, dan Teknologi dalam Membangun Intelektual Bangsa dan Menjaga Budaya Nasional di Era MEA”

21 MEI 2016

			persentase (%)	100	99,991	100	99,983
--	--	--	----------------	-----	--------	-----	--------

Berdasarkan Tabel 5.2 terdapat korelasi antara penambahan ukuran partikel adsorben terhadap persentase penurunan kadar rata-rata logam Co (II) dalam bahan. Hal ini dikarenakan ukuran pada adsorben berada pada skala nanometer. Partikel berskala nanometer memiliki luas permukaan kontak yang lebih besar. Oleh karena itu pada adsorben yang memiliki ukuran partikel lebih kecil, akan memiliki kemampuan menyerap lebih banyak [7]. Selain itu luas permukaan yang dimiliki adsorben memiliki gaya magnet yang lebih besar untuk mengadsorpsi logam Co (II). Sehingga gaya van der waal yang terjadi antara adsorben dan adsorbet semakin besar.

Berdasarkan pola persentase penurunan kadar logam Fe (II), dapat dikatakan bahwa ukuran partikel tidak memiliki pengaruh secara langsung terhadap penyerapan logam oleh adsorben. Kontribusi serapan logam Fe (II) diindikasikan akibat sifat kemagnetan adsorben Fe₃O₄, karena sifat kemagnetan logam Fe (II) lebih

besar dibandingkan logam Co (II). Ukuran partikel dalam kasus ini tidak berkaitan secara langsung terhadap sifat kemagnetan adsorben, sehingga tidak mempengaruhi jumlah logam Fe yang diserap. Selain itu, kemungkinan setiap partikel logam menempati posisi tertentu dalam ruang adalah sama ketika larutan yang mengandung logam ditambahkan dengan adsorben. Akibatnya penyerapan logam Fe oleh adsorben Fe₃O₄ cenderung konstan di setiap variasi ukuran partikelnya.

Pengaruh Sifat Magnetik

Tabel 5.3 menunjukkan pengaruh variasi sifat magnetik Fe₃O₄ terhadap penurunan kadar logam Co (II) dan Fe (II) dilakukan dengan menggunakan tiga adsorben yang memiliki nilai magnetisasi remanen (*M_r*) yang berbeda yaitu 2,93 emu/cc, 4,45 emu/cc, dan 6,17 emu/cc, pada suhu ruang (30°C) dengan kondisi pH larutan 9 dan waktu pengadukan 3 jam setiap sampel.

Tabel 5.3 Pengaruh Sifat Magnetik adsorben Fe₃O₄ terhadap penurunan Kadar Logam

<i>M_r</i> (emu/cc)	Raw material/ kadar awal (ppm)	rata-rata kadar akhir (ppm)	Persentase penurunan (%)
----------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------

SEMINAR NASIONAL PENDIDIKAN 2016

“Peran Pendidikan, Sains, dan Teknologi dalam Membangun Intelektual Bangsa dan Menjaga Budaya Nasional di Era MEA”

21 MEI 2016

	Co	Fe	Co	Fe	Co	Fe
2,93	11058,073	1501,603	11,654	0,133	099,843	999,991
4,45	11058,073	1501,603	11,540	0	999,855	1100
6,17	11058,073	1501,603	00,673	0	999,936	1100

Berdasarkan tabel 5.3, saat sampel diadsorpsi dengan adsorben yang memiliki nilai Mr 2,93 emu/cc, persentase penurunan logam Co dan Fe masing-masing sebesar 99,843% dan 99,991%. Saat sampel diadsorpsi dengan adsorben yang memiliki Mr 4,45 emu/cc, persentase penurunan logam Co dan Fe masing-masing sebesar 99,855% dan 100%, dan persentase penurunan logam Co dan Fe masing-masing sebesar 99,936% dan 100% ketika diadsorpsi dengan adsorben yang memiliki Mr 6,17 emu/cc.

Magnetisasi remanen (Mr) merupakan magnetisasi yang diperoleh setelah medan magnet luar yang diberikan pada sampel dihilangkan [8]. Berdasarkan Tabel 5.3 dapat dilihat bahwa kenaikan nilai Mr terhadap persentase penurunan kadar rata-rata logam Co (II) mengalami peningkatan seiring dengan peningkatan nilai Mr adsorben. Hal ini karena magnetisasi yang semakin besar menyebabkan gaya magnet antara adsorben dan

adsorbet semakin tinggi. Akibatnya gaya van der Waal yang terjadi antara adsorben dan adsorbet semakin besar. Persentase penurunan kadar logam Fe (II) cenderung konstan. Hal ini diakibatkan karena nilai Mr adsorben 6,17 emu/cc memiliki gaya magnetik sama besar dengan nilai Mr 4,45 emu/cc. Akibatnya saat adsorben mengadsorpsi ion logam Fe (II) menghasilkan nilai persentase penurunan ion logam Fe (II) sama yaitu 100%. Artinya semakin besar nilai Mr tingkat penyerapan ion logam Fe (II) cenderung konstan.

Pengaruh Amplifikasi

Amplifikasi (readsorpsi) merupakan parameter penting yang digunakan dalam proses penyerapan logam. Pengujian readsorpsi dilakukan sebanyak dua kali pada kondisi pH larutan 9, suhu kamar (30°C) dan waktu pengadukan 3 jam untuk setiap sampel. Hasil pengujian pengaruh variasi amplifikasi terhadap penurunan kadar logam Co dan Fe disajikan pada Tabel 5.4.

Tabel 5.4. Readsorpsi terhadap penurunan kadar logam

SEMINAR NASIONAL PENDIDIKAN 2016

“Peran Pendidikan, Sains, dan Teknologi dalam Membangun Intelektual Bangsa dan Menjaga Budaya Nasional di Era MEA”

21 MEI 2016

No	Parameter	raw material/ kadar awal (ppm)		Adsorpsi	
				ke-1	ke-2
1	Co	1058,073	rata-rata kadar akhir	1,540	0
			Persentase (%)	99,854	100
2	Fe	1501,603	rata-rata kadar akhir	0	0
			Persentase (%)	100	100

Penyerapan logam Co (II) dan Fe (II) tidak mengalami peningkatan yang signifikan. Berdasarkan Tabel 5.4 tampak bahwa hasil adsorpsi pertama dan kedua, serapan ion logam Fe dan Co (II) sebesar 100%. Sehingga dapat dikatakan bahwa secara umum baik Co (II) maupun Fe adsorpsi kedua menyebabkan serapan ion logam adalah 100%. Hal ini dikarenakan pada adsorpsi kedua adsorben memiliki lebih banyak situs aktif dan memiliki gaya magnetik pada permukaannya, sehingga ketika

berinteraksi antara adsorben dan adsorbet gaya van der waalnya besar dan dapat mengadsorpsi dengan jumlah banyak [7].

KESIMPULAN

1. Persentase penurunan kadar logam terhadap variasi konsentrasi partikel adsorben untuk logam Co (II) dengan nilai konsentrasi 0,005 g/ml, 0,006

g/ml, 0,008 g/ml dan 0,01g /ml masing-masing adalah 99,843%, 92,179%, 56,959% dan 71,380%.

SEMINAR NASIONAL PENDIDIKAN 2016**“Peran Pendidikan, Sains, dan Teknologi dalam Membangun Intelektual Bangsa dan Menjaga Budaya Nasional di Era MEA”****21 MEI 2016**

Sementara itu untuk logam Fe (II), persentase penurunannya masing-masing adalah 99,991%, 100%, 99,963% dan 99,991%.

2. Persentase penurunan kadar logam terhadap variasi ukuran partikel adsorben untuk logam Co (II) dengan ukuran 11,5 nm, 13 nm, 30 nm, dan 80 μm masing-masing sebesar 99,855%, 99,843%, 90,832%, dan 76,878%. Sementara itu untuk logam Fe (II), persentase penurunannya masing-masing adalah 100%, 99,991%, 100%, dan 99,983%.
3. Persentase penurunan kadar logam terhadap variasi Mr partikel adsorben untuk logam Co (II) dengan nilai Mr 2,93emu/cc, 4,45emu/cc, dan 6,17emu/cc masing-masing adalah 99,843%, 99,855%, dan 99,936%. Sementara itu untuk logam Fe (II), persentase penurunannya masing-masing adalah 99,991%, 100%, dan 100%.
4. Persentase penurunan kadar logam pada amplifikasi pertama dan kedua untuk logam Co (II) masing-masing adalah sebesar 99,854 dan 100%. Sementara itu untuk logam Fe (II), persentase penurunannya masing-masing adalah 100%.
5. Terdapat korelasi antara penambahan konsentrasi adsorben terhadap persentase penurunan kadar rata-rata logam Co (II). Sementara persentase penurunan

kadar logam Fe (II) memiliki pola yang cenderung konstan terhadap variasi konsentrasi adsorben.

6. Berdasarkan pola persentase penurunan kadar logam Co (II) dan Fe (II), dapat dikatakan bahwa ukuran partikel tidak memiliki pengaruh secara langsung terhadap penyerapan logam oleh adsorben.
7. Persentase penurunan kadar logam Co (II) dan Fe (II) cenderung konstan terhadap nilai Mr partikel adsorben.
8. Pada penelitian ini amplifikasi tidak berpengaruh terhadap persentase penurunan kadar logam Co (II) dan Fe (II).

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Laboratorium Fisika Material dan Instrumentasi Universitas Gadjah Mada, Laboratorium Bahan Teknik Universitas Gadjah Mada.
2. Hibah Penelitian Strategis Nasional (Stranas) Dikti, Kementerian Pendidikan Nasional, 2013-2014
3. Nano-Fabrication Consortium of Nagoya University, Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT) Nano-Project Platform, Japan, 2012 – 2017.

SEMINAR NASIONAL PENDIDIKAN 2016

**“Peran Pendidikan, Sains, dan Teknologi dalam Membangun Intelektual Bangsa dan Menjaga Budaya Nasional di Era MEA”
21 MEI 2016**

DAFTAR PUSTAKA

- Sun, Gubin, S.P., 2007, Magnetic Nanoparticles, wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.
- Buzea, C., Pacheo Blandino, I.I., and Robbie, K., 2007, Nanomaterials and nanoparticles: Sources and toxicity, *Biointerphases*, vol. 2, issues 4, pp. MR17-MR172.
- Khajeh, M., dan Khajeh, A., 2009, Synthesis of Magnetic Nanoparticles for Biological and Water Application, *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology, and Medicine*.
- Coey, J.M.D., 2009, *Magnetism and Magnetic Materials*, United States of America, Cambridge University Press.
- Lida, H., Takayanagi, K., Nakanishi, T., Osaka, T., 2007, Synthesis of Fe₃O₄ Nanoparticles with Various Sizes and Magnetic Properties by Controlled Hydrolysis, *Journal of Colloid and Interface Science*, 314, 274-280.
- Kimmich, R., 2001, Strange Kinetics, Porous media, and NMR, *Chemical Physics*, 253-285
- Krishna, R.H. and Swamy, A.V.V.S., 2012, Investigation on The Effect of Particle Size and Adsorption kinetics for the removal of Cr(VI) From the Aqueous Solutions Using Low Cost Sorbent, *Eur. Chem. Bull*, 1, 258-262
- Bertotti, G., 1998, *Hysteresis in Magnetism*, Academic Press, Torino.