DAFTAR PUSTAKA

Abdullah, M., Virgus, Y., Nirmin., dan Khairurrijal, 2008, Sintesis Nanomaterial, *Jurnal Nanosains dan Nanoteknologi*, **1**(2): 33-57.

Agnestisia, R., 2017, Sintesis dan Karakterisasi Magnetit (Fe3O4) serta Aplikasinya Sebagai Adsorben Methylene Blue, *Jurnal Sains dan Terapan Kimia*, **11**(2): 61-70.

Agusnar, H., 2008, *Analisa Pencemaran dan Pengendalian Lingkungan*, USU Press, Medan.

Atkins, P., dan Paula, J., 2010, *Atkins' Physical Chemistry*, W. H. Freeman and Company, New York.

Azwir, 2006, *Analisa Pencemaran Air Sungai Tapung Kiri oleh Limbah Industri Kelapa Sawit PT. Peputra Masterindo di Kabupaten Kampar*, Tesis, Program Magister Ilmu Lingkungan, Universitas Diponegoro, Semarang.

Basir, D.N., 2019, *Ion Imprinted Polymers as Selective Material for Retention, Separation, and Preconcentration of Mercury Based Flow Injection Analysis*, Doctoral Dissertation, Institut Teknologi Bandung.

Basir, D.N., Zulfikar, M.A., and Amran, M.B., 2020, The synthesis of imprinted polymer sorbent for the removal of mercury ions, *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, **42**(5): 1135-1141.

Bijaksana, S., Aji, M.P., dan Yulianto, A., 2007, Sintesis Nanopartikel Magnetit, Maghemit, dan Hematit dari Bahan Lokal, *Jurnal of Materials Science*, **2**(2): 106-108.

Branger, C., Meouche, W., dan Margaillan, A., 2013, Recent Advances on Ion-Imprinted Polymers, *Reactive and Functional Polymers*, **73**(6): 859-875.

Chodak, A.D., dan Blaszczyk, U., 2008, The Impact of Nickel on Human Health, *Journal of Elementology*, **13**(4): 685-696.

Danarto, Y.C., 2007, Kinetika Adsorpsi Logam Berat Cr(IV) dengan Adsorben Pasir yang Dilapisi Besi Oksida, *Ekuilibrium*, **6**(2): 65-70.

Darmansyah, K.R., Wulandari, S.Y., Marwoto, J., dan Supriyantini, E., 2020, Profil Vertikal Logam Berat Tembaga (Cu), Nikel (Ni), dan Mangan (Mn) di Core Sedimen Perairan Pantai Marunda, Teluk Jakarta, *Jurnal Kelautan Tropis*, **23**(1): 98-104.

Darmokoesoemo, H., 2019, *Pengembangan Adsorben Limbah Tahu Padat (LTP) Terimmobilisasi pada Permukaan Silika untuk Penyisihan Berbagai Ion Logam Berat Bivalensi dari Sampel Limbah Sintetik*, Disertasi, Program Studi S3 MIPA, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga, Surabaya.

Darmono., 2008, *Lingkungan Hidup dan Pencemaran,* Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta.

Dewi, D.S., Dewi, Z.Z., dan Maryono, 2019, Pengaruh Waktu Kontak dan pH Terhadap Ion Cr(VI) dalam Limbah Tekstil Menggunakan Bioadsorben Daun Jambu Biji dan Daun Teh, *Jurnal Teknika*, **5**(2): 141-158.

Dewi, S.H., dan Ridwan, 2012, Sintesis dan Karakterisasi Nanopartikel Fe_3O_4 Magnetik untuk Adsorpsi Kromium Heksavalen, Jurnal Sains Materi Indonesia, **13**(2): 136-140.

Duruibe, J.O., Ogwuegbu, M.O.C., dan Egwurugwu, J.N., 2007, Heavy Metal Pollution and Human Biotoxic Effect, *Journal of Physical Science*, **2**(5): 112-118.

Fu, F., dan Wang, Q., 2011, Removal of Heavy Metal Ions from Wastewaters: A review, *Journal of Environmental Management*, **92**: 407-418.

Hafiyah, S.T., 2013, *Kinetika Adsorpsi Zat Warna Rhodamin B Menggunakan Karbon Aktif Sekam Padi (Oriza sativa L.)*, Skripsi, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Alauddin, Makassar.

Hakim, L., Dirgantara, M., dan Nawir, M., 2019, Karakterisasi Struktur Material Pasir Bongkahan Galian Golongan C Dengan Menggunakan X-Ray Difraction (X-RD) Di Kota Palangkaraya, *Jurnal Matematika dan Sains,* **1**(1): 44-51.

Hart, H., Craine, L.E., dan Hart, D.J., 2003, *Kimia Organik: Edisi Kesebelas,* Erlangga, Jakarta.

Kustomo, 2020, Uji Karakterisasi dan Mapping Magnetit Nanopartikel Terlapisi Asam Humat dengan *Scanning Electron Microscope – Energy Dispersive X-Ray*, *Journal of Chemical Science*, **9**(3): 149-153.

Lu, A.H., Salabas, E.L., dan Schuth, F., 2007, Magnetic Nanoparticles: Synthesis, Protection, Functionalization, and Application, *Journal of Chemistry,* **46**: 1222-1244.

Maharani, D.F., dan Sa'diyah, K., 2021, Adsorpsi Logam Nikel Menggunakan Adsorben Serbuk Gergaji Kayu, *Jurnal Teknologi Separasi,* **7**(2): 170-178.

Masruroh.,, Manggara, A.B., Lapailaka, T., dan Triandi, R.T., 2014, *Penentuan Ukuran Kristal (Crystallite Size) Lapisan Tipis Pzt Dengan Metode Xrd Melalui Pendekatan Persamaan Debye Scherrer*, Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Brawijaya, Malang.

Maylani, A.S., Sulistyaningsih, T., dan Kusumastuti, E., 2016, Preparasi Nanopartikel Fe_3O_4 (Magnetit) serta Aplikasinya sebagai Adsorben Ion Logam Kadmium, *Indonesian Journal of Chemical Science*, **5**(2): 20-35.

Myroslav, S., Boguslaw, B., Artur, P.T., dan Jaek, N., 2006, Study of The Selection Mechanism of Heavy Metals (Pb^{2+}, Cu^{2+}, Ni^{2+}, and Cd^{2+}) Adsorption on Clinoptilolite, *Journal of Colloid and Interface Science*, **304**(1): 21-28.

Mohanraj, V.J., dan Chen, Y., 2006, Nanoparticles – A Review, *Jurnal Farmasi*, **5**(1): 561-573.

Monshi, A., Forouhu, M.R., dan Monshi, M.R., 2012, Modified Scherrer equation to estimate more accurately nano-crystallitesize using XRD, *World Journal of Nano Science and Engineering*, **2**(3): 54-160.

Morel, M., Martínez, F., dan Mosquera, E., 2013, Synthesis and Characterization of Magnetite Nanoparticles from Mineral Magnetite, *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, **343**: 76–81.

Mulyani, A., dan Rijal, M., 2011, Industrialisasi, Pencemaran Lingkungan dan Perubahan Struktur Kesehatan Masyarakat, *Jurnal Biology and Education*, **7**(2): 178-186.

Nurdila, F.A., Asri, N.S., dan Suharyadi, E., 2015, Adsorpsi Logam Tembaga (Cu), Besi (Fe), dan Nikel (Ni) dalam Limbah Cair Buatan Menggunakan Nanopartikel *Cobalt Ferrite* ($CoFe_2O_4$), *Jurnal Fisika Indonesia*, **19**(55): 23-27.

Patty, J.O., Siahaan, R., dan Maabuat, P.V., 2018, Kehadiran Logam-Logam Berat (Pb, Cd, Cu, Zn) Pada Air dan Sedimen Sungai Lowatag, Minahasa Tenggara - Sulawesi Utara, *Jurnal Bioslogos*, **8**(1): 16-20.

Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah.

Permana, B., Saragi, T., Saputri, M., Safriani, L., Rahayu, I., dan Risdiana, 2017, Sintesis Nanopartikel Magnetik dengan Metode Kopresipitasi, *Jurnal Material dan Energi Indonesia*, **7**(2): 17-20.

Popuri, S.R., Vijaya, Y., Boddu, V.M., dan Abburi, K., 2009, Adsorptiveremoval of Copper and Nickel Ions from Water Using Chitosan Coated PVC Beads, *Bioresource Technology*, **100**(1): 194-199.

Pratiwi, R., dan Prinajati, D.P.S., 2018, Adsorption for Lead Removal by Chitosan from Shrimp Shells, *Journal of Urban and Environmental Technology*, **2**(1): 35-46.

Priadi, C.R., Anita., Sari, P.N., dan Moersidik, S.S., 2014, Adsorpsi Logam Seng dan Timbal pada Limbah Cair Industri Keramik Oleh Limbah Tanah Liat, *Jurnal Teknik Lingkungan*, **15**(1): 10-19.

Purwaningsih, D., 2009, Adsorpsi Multi Logam Ag(I), Pb(II), Cr(III), Cu(II) dan Ni(II) pada Hibrida etilendiamino-silika dari Abu Sekam Padi, *Jurnal Penelitian Saintek*, **14**(1): 264-271.

Riyanto, A., dan Suharyadi, E., 2012, *Sintesis Nanopartikel Fe_3O_4 (Magnetit) dan Potensinya Sebagai Bahan Material Aktif pada Permukaan Sensing Biosensor Berbasis Surface Plasmon Resonance (SPR)*, Tesis, Ilmu Fisika, FMIPA, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Saeed, A., Iqbal, M., dan Akhtar, M.W., 2005, Removal and Recovery Of Lead(II) From Single and Multimetal (Cd, Cu, Ni, Zn) Solution by Crop Milling Waste (Black Gram Husk), *J Hazard Mater B117*, **117**(1): 65-73.

Sabrina, Q., 2011, *Kajian Sifat Optis pada Glukosa Darah*, Skripsi, Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Syarif Hidayatullah, Jakarta.

Said, N.I., 2002, Pengolahan Air Limbah Industri Kecil Tekstil dengan Proses Biofilter Anaerob-Aerob Tercelup Menggunakan Media Plastik Sarang Tawon, *Jurnal Teknologi Lingkungan*, **2**(2): 124-135.

Sankari, G., Krishnamoorthy, E., Jayakumaran, S., Gunasekaran, S., Priya, V.V., Subramaniam, S., Subramaniam, S., dan Mohan, S.K., 2010, Analysis of Serum Immunoglobulins Using Fourier Transform Infrared Spectral Measurements, *Biology and Medicine*, **2**(3): 42-48.

Schwertmann, U., dan Cornell, R.M., 2000, *Iron Oxides in the Laboratory*, Federal Republic, Germany.

Setiabudi, A., Hardian, R., dan Muzakir, A., 2012, *Karakterisasi Material: Prinsip dan Aplikasinya dalam Penelitian Kimia*, UPI PRESS, Bandung.

Sudiarta, I.W., Suarya, P., dan Widya, C.M.P., 2018, Adsorpsi Multi Logam Berat Krom(III), Timbal(II), dan Tembaga(II) dalam Sistem Larutan Binary oleh Silika Gel Terimobilisasi Difenilkarbizida, *Jurnal Kimia*, **12**(2): 159-164.

Suseno, J.E., dan Firdausi K.S., 2008, Rancang Bangun Spektroskopi FTIR (*Fourier Transform Infrared*) untuk Penentuan Kualitas Susu Sapi, *Berkala Fisika*, **11**(1): 23 -28.

Syauqiah, I., Amalia, M., dan Kartini, H.A., 2011, Analisis Variasi Waktu dan Kecepatan Pengadukan pada Proses Adsorpsi Limbah Logam Berat dengan Arang Aktif, *Jurnal Teknik*, **12**(1): 11-19.

Syukur, M., dan Susanti, A.D., 2018, Selektivitas Adsorpsi Sistem Biner Anionik (Au/Cr) Menggunakan Superparamagnetik Fe_3O_4/OA/SiO_2-diamino, *Jurnal Ilmiah*, **3**(1): *43-49.*

Umaningrum, D., U.T., Santoso, R., Nurmasari, dan Yunus, R., 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.

Wang, X.S., Zhu, L., dan Lu, H.J., 2011, Surface Properties and Adsorption of Cu(II) on Nanoscale Magnetite in Aqueous Solutions, *Journal of Desalination*, **276**: 154-160.

Wardiyati, S., Sulungbudi, G.T., dan Ridwan, 2007, Adsorpsi Ion Pb^{2+} dan Ni^{2+} oleh Nanopartikel γ-Fe_2O_3/Fe_3O_4, *Jurnal Sains*, **11**(2): 83-87.

Wardiyati, S., Fisli, A., dan Ridwan., 2011, Penyerapan Logam Ni dalam Larutan oleh Nanokomposit Fe_3O_4- Karbon Aktif, *Jurnal Sains Materi Indonesia*, **12**(3): 224-228.

Waynert, J., 2003, Wastewater Treatment with Magnetic Seperation, *Superconductivity for Electric Systems Program Review*, **1**: 1-29.

Widowati, W., Sastiono, A., dan Jusuf, R., 2008, *Efek Toksik Logam: Pencegahan dan Penanggulangan Pencemaran,* ANDI, Yogyakarta.

Wulandari, I.O., Rahayu, L.B., Riva'i, I., Sulistyarti, H., Sabarudin, A., 2021, Sintesis dan Karakterisasi Nanopartikel Fe_3O_4 Termodifikasi Biokompatibel Polimer serta Potensinya sebagai Penghantar Obat, *The Indonesian Green Technology Journal*, **10**(1): 1-8.

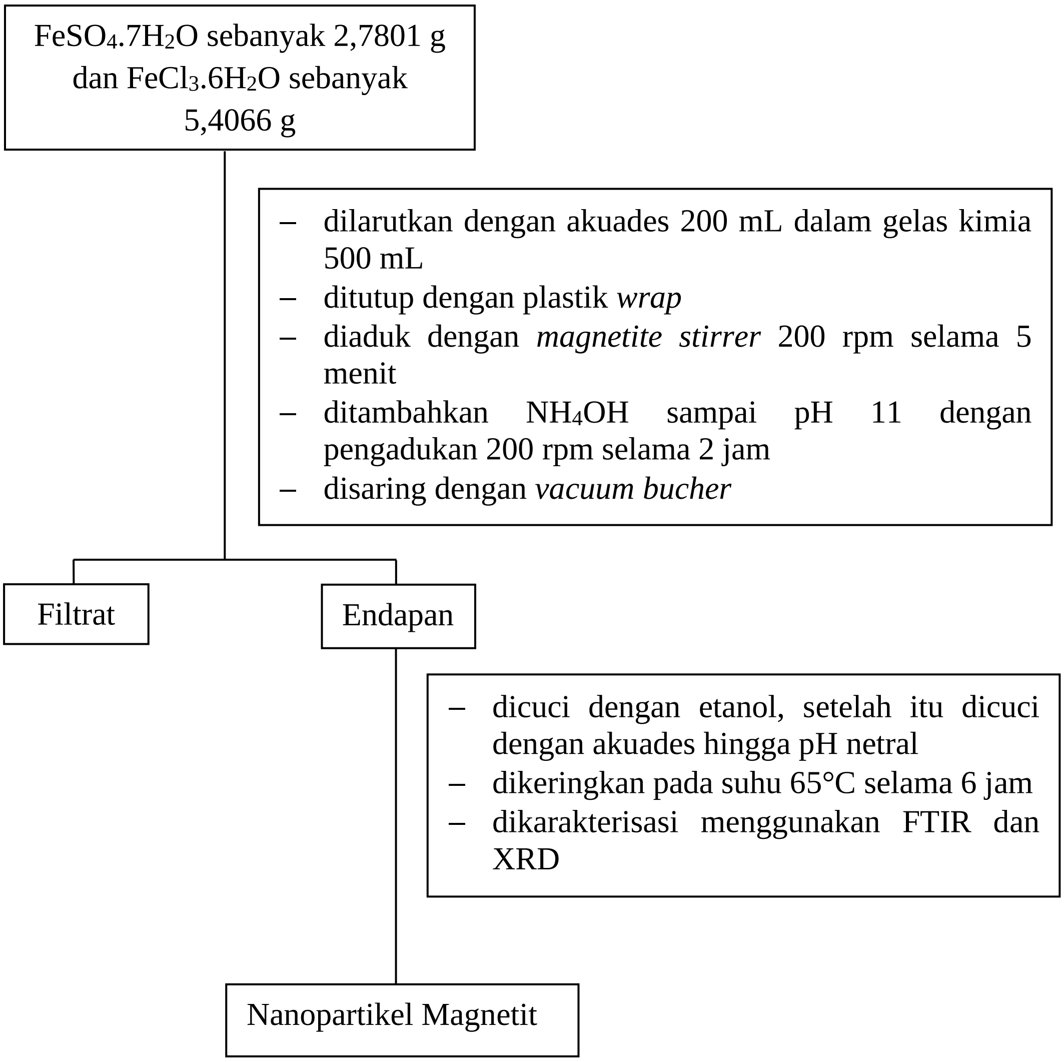
Wuryanti, D., dan Suharyadi, E., 2016, Studi Adsorpsi Logam Co(II), Cu(II), dan Ni(II) dalam Limbah Cair Buatan Menggunakan Adsorben Nanopartikel Magnetik Fe_3O_4 dan $ZnFe_2O_4$, *Jurnal Fisika Indonesia*, **2**(20): 28-35.

Yan, A., Liu, X., Qiu, G., Wu, H., Yi, R., Zhang, N., dan Xu, J., 2010, Solvothermal Synthesis and Characterization of Size-nanocomposite, *Journal Env. Sci. Technol*, **44**: 1927-1933.

Zahroh, W., 2010, *Kajian Kesetimbangan Adsorpsi Cr (VI) pada Biomassa Kangkung Air (Ipomoea aquatica Forsk)*, Jurusan Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Maulana Malik Ibrahim, Malang.

Lampiran 1. Bagan Alir Prosedur Kerja

1. Sintesis Nanopartikel Magnetit



2. Pembuatan Larutan Standar Ni(II)

Serbuk $Ni(SO_4).7H_2O$

- ditimbang sebanyak 0,4763 g ke dalam gelas kimia dan dilarutkan dengan akuabides
- dipindahkan ke dalam labu ukur 100 mL
- ditambahkan akuabides hingga tanda batas
- dihomogenkan

Larutan Induk Ni(II) 1000 mg/L

- dipipet sebanyak 5 mL ke dalam labu ukur 100 mL
- ditambahkan akuabides hingga tanda batas
- dihomogenkan

Larutan *Intermediet* Ni(II) 50 mg/L

- dipipet sebanyak 0,5; 1; 2; 3; dan 5 mL ke dalam labu ukur 50 mL
- ditambahkan akuabides hingga tanda batas
- dihomogenkan
- diukur absorbansinya menggunakan SSA

Deret Larutan Standar Ni(II)
0,5; 1; 2; 3; dan 5 mg/L

3. Optimasi pH

Larutan Ni(II) 4,237.10^{-4} M

- dipipet 25 mL ke dalam 7 buah erlenmeyer 100 mL
- diatur pH 4, 5, 6, 7, 8, 9, dan 10 dengan penambahan HNO_3 untuk suasana asam dan NH_4OH untuk suasana basa
- ditambahkan masing-masing sebanyak 0,05 g magnetit yang sudah disintesis
- *Shaker* dengan kecepatan 200 rpm selama 60 menit
- dipisahkan adsorben dengan larutan menggunakan magnet eksternal

Filtrat

Adsorben

- diukur absorbansinya menggunakan SSA

4. Optimasi Waktu Kontak

Larutan Ni(II) 4,237.10^{-4} M

- dipipet 25 mL ke dalam 7 buah erlenmeyer dengan pH optimum
- ditambahkan masing-masing sebanyak 0,05 g magnetit yang sudah disintesis
- diaduk dengan kecepatan 200 rpm selama (5, 10, 20, 40, 60, 90, dan 120) menit
- dipisahkan adsorben dengan larutan menggunakan magnet eksternal

Filtrat

Adsorben

- diukur absorbansinya menggunakan SSA

5. Optimasi Konsentrasi Ion Logam Ni(II)

Larutan Ni(II)

- dipipet sebanyak 25 mL ke dalam erlenmeyer 100 mL masing-masing konsentrasi 10; 25; 50: 75; 100; 150; dan 250 mg/L pada pH 8
- ditambahkan masing-masing sebanyak 0,05 g magnetit yang sudah disintesis
- diaduk dengan kecepatan 200 rpm selama 60 menit
- dipisahkan adsorben dengan larutan menggunakan magnet eksternal

Filtrat | Adsorben

- diukur absorbansinya menggunakan SSA

6. Selektivitas Adsorpsi Ion Logam Ni(II) terhadap Ion Logam Cd(II), Cu(II), dan Pb(II) dalam Sistim Biner

Larutan biner Ni(II)/Cd(II), Ni(II)/Cu(II), Ni(II)/Pb(II) dengan masing-masing konsentrasi ion logam $4,237.10^{-4}$ M pada pH 8

- dipipet masing-masing sebanyak 25 mL ke dalam erlenmeyer 100 mL
- ditambahkan masing-masing 0,05 g magnetit yang sudah disintesis
- diaduk dengan kecepatan 200 rpm selama 60 menit
- dipisahkan adsorben dengan larutan menggunakan magnet eksternal

Filtrat | Adsorben

- diukur absorbansinya menggunakan SSA

7. Selektivitas Adsorpsi Ion Logam Ni(II) terhadap Ion Logam Cd(II), Cu(II), dan Pb(II) dalam Sistim Kuartener

Larutan Ni(II), Cd(II), Cu(II), Pb(II) dengan masing-masing konsentrasi ion logam $4{,}237.10^{-4}$ M pada pH 8

- dimasukkan ke dalam erlenmeyer 100 mL
- ditambahkan sebanyak 0,05 g magnetit yang sudah disintesis
- diaduk dengan kecepatan 200 rpm selama 60 menit
- dipisahkan adsorben dengan larutan menggunakan magnet eksternal

Filtrat | Adsorben

Filtrat:

- diukur absorbansinya menggunakan SSA

Lampiran 2. Perhitungan

1. Pembuatan $FeSO_4.7H_2O$ dan $FeCl_3.6H_2O$

Pembuatan $FeSO_4.7H_2O$ dan $FeCl_3.6H_2O$ dengan perbandingan mol Fe^{2+} dan Fe^{3+} (1:2)

a. Pembuatan larutan $FeSO_4.7H_2O$ 0,05 M 200 mL

g = L x M x Mr $FeSO_4.7H_2O$

= 0,2 L x 0,05 mol/L x 278,01 gr/mol

= 2,7801 gram

b. Pembuatan larutan $FeCl_3.6H_2O$ 0,1 M 200 mL

g = L x M x Mr

= 0,2 L x 0,1 mol/L x 270,33 gr/mol

= 5,4066 gram

2. Pembuatan Larutan Induk Ni(II) 1000 mg/L

$$ppm = \frac{\text{Ar Ni}}{\text{Mr Ni(SO}_4\text{).7H}_2\text{O}} \times \frac{mg}{L}$$

$$1000 \text{ mg/L} = \frac{59}{281} \times \frac{X}{0{,}1 \text{ L}}$$

$$1000 \text{ mg/L} = \frac{59 \,.\, X}{28{,}1 \text{ L}}$$

$$X = \frac{1000 \text{ mg} \,.\, 28{,}1}{59}$$

= 476,3 mg

= 0,4763 g

3. Pembuatan Larutan Kerja Ni(II) 25 mg/L ($4{,}237 \times 10^{-4}$ M)

$V_1 . C_1 = V_2 . C_2$

V_1.1000 mg/L = 100 mL . 25 mg/L

$$V_1 = \frac{100\text{ mL} . 25\text{ mg/L}}{1000\text{ mg/L}}$$

V_1 = 2,5 mL

Larutan kerja Ni(II) 25 mg/L diubah ke dalam bentuk Molaritas

$$M = \frac{n}{V} = \frac{\frac{m}{Ar\ Ni}}{V}$$

$$= \frac{25 . 10^{-3} g}{59\text{ g/mol}} : 1\text{ L}$$

= 0,0004237 mol/L

= $4{,}237 \times 10^{-4}$ M

4. Pembuatan Larutan Standar Ni(II) 0,5; 1; 2; 3; dan 5 mg/L

$V_1 . C_1 = V_2 . C_2$

a. 0,5 mg/L

V_1.50 mg/L = 50 mL . 0,5 mg/L

$$V_1 = \frac{50\text{ mL} . 0{,}5\text{ mg/L}}{50\text{ mg/L}}$$

V_1 = 0,5 mL

b. 1 mg/L

V_1.50 mg/L = 50 mL . 1 mg/L

$$V_1 = \frac{50\text{ mL} . 1\text{ mg/L}}{50\text{ mg/L}}$$

V_1 = 1 mL

c. 2 mg/L

V_1.50 mg/L = 50 mL . 2 mg/L

$$V_1 = \frac{50\text{ mL} . 2\text{ mg/L}}{50\text{ mg/L}}$$

V_1 = 2 mL

d. 3 mg/L

V_1. 50 mg/L = 50 mL . 3 mg/L

$$V_1 = \frac{50\text{ mL} . 3\text{ mg/L}}{50\text{ mg/L}}$$

$V_1 = 3\ mL$

e. 5 mg/L

$V_1 . 50\ mg/L = 50\ mL . 5\ mg/L$

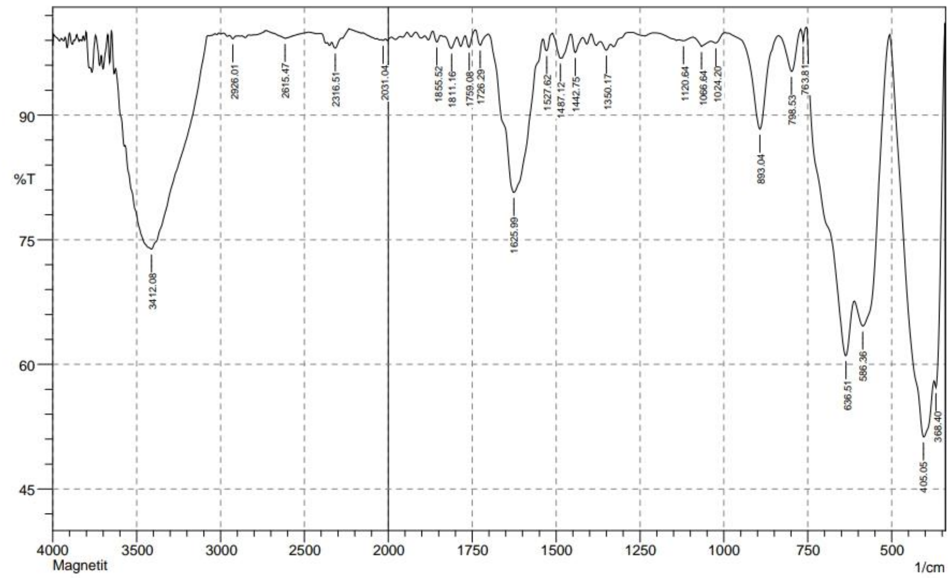
$$V_1 = \frac{50\ mL . 5\ mg/L}{50\ mg/L}$$

$V_1 = 5\ mL$

Lampiran 3. Hasil FTIR Nanopartikel Magnetit (Fe_3O_4)

Hasil FTIR Nanopartikel Magnetit (Fe_3O_4)

SHIMADZU



No.	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	368.4	57.194	6.171	372.26	343.33	4.211	0.942
2	405.05	51.266	16.54	505.35	374.19	23.807	7.979
3	586.36	64.612	10.705	611.43	507.28	13.219	4.476
4	636.51	61.051	11.988	752.24	613.36	17.959	6.095
5	763.81	98.924	1.534	771.53	754.17	0.004	0.04
6	798.53	95.265	4.776	837.11	771.53	0.656	0.648
7	893.04	88.313	11.361	987.55	839.03	2.59	2.406
8	1024.2	98.686	0.556	1037.7	997.2	0.148	0.045
9	1066.64	98.258	0.9	1093.64	1037.7	0.296	0.088
10	1120.64	98.959	0.22	1134.14	1093.64	0.157	0.021
11	1350.17	97.827	0.816	1369.46	1338.6	0.23	0.053
12	1442.75	97.543	2.052	1456.26	1421.54	0.217	0.149
13	1487.12	96.865	0.262	1510.26	1485.19	0.201	0.022
14	1527.62	97.774	1.659	1539.2	1510.26	0.151	0.089
15	1625.99	80.694	18.779	1701.22	1539.2	7.752	7.362
16	1726.29	98.425	1.656	1739.79	1703.14	0.123	0.126
17	1759.08	98.185	1.633	1770.65	1739.79	0.108	0.096
18	1811.16	98.05	1.38	1832.38	1795.73	0.2	0.11
19	1855.52	98.79	1.057	1867.09	1843.95	0.069	0.054
20	2031.04	98.992	0.129	2042.62	2017.54	0.103	0.007
21	2316.51	98.073	0.857	2337.72	2274.07	0.376	0.102
22	2615.47	99.228	0.87	2733.13	2472.74	0.339	0.44
23	2926.01	99.185	0.383	2947.23	2906.73	0.108	0.032
24	3412.08	73.876	1.167	3425.58	3076.46	25.946	2.983

Comment;
Magnetit

Date/Time; 4/20/2022 9:09:20 AM
No. of Scans;
Resolution;
Apodization;

Lampiran 4. Hasil XRD Nanopartikel Magnetit (Fe_3O_4)

Perhitungan Ukuran Kristal dengan Metode *Debye-Scherrer*

Ukuran kristal nanopartikel magnetit (Fe_3O_4) dihitung menggunakan persamaan *Debye-Scherrer*.

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

dimana D adalah ukuran kristal, k adalah faktor bentuk dari kristal (0,9-1), λ adalah panjang gelombang dari sinar-X (0,154056 nm), β adalah nilai dari *Full Width at Half Maximum* (FWHM) (rad), dan θ adalah sudut difraksi (derajat).

$$D = \frac{(0{,}94)(0{,}154056\ \text{nm})}{\text{Rad}\ (0{,}72)\cos\ (\text{Rad}\,\frac{35{,}44}{2})}$$

$$= \frac{0{,}14481264\ \text{nm}}{(0{,}01257)\ (0{,}999941736)}$$

$$= \frac{0{,}14481264\ \text{nm}}{0{,}01256926762}$$

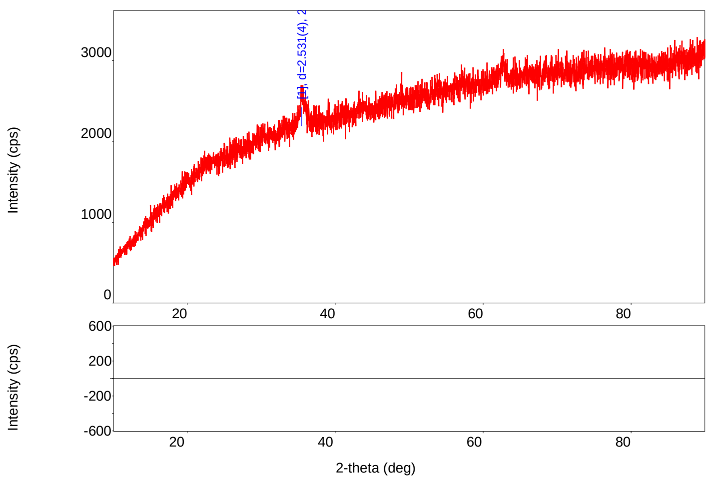
$$= 11{,}5211\ \text{nm}$$

Analysis Results

General Information

Analysis date	2022/04/14 13:53:20		
Sample name	TEST SAMPLE	Measurement date	2022/04/13 14:09:24
File name	Magnetit MPs.raw	Operator	Misda
Comment			

Measurement profile



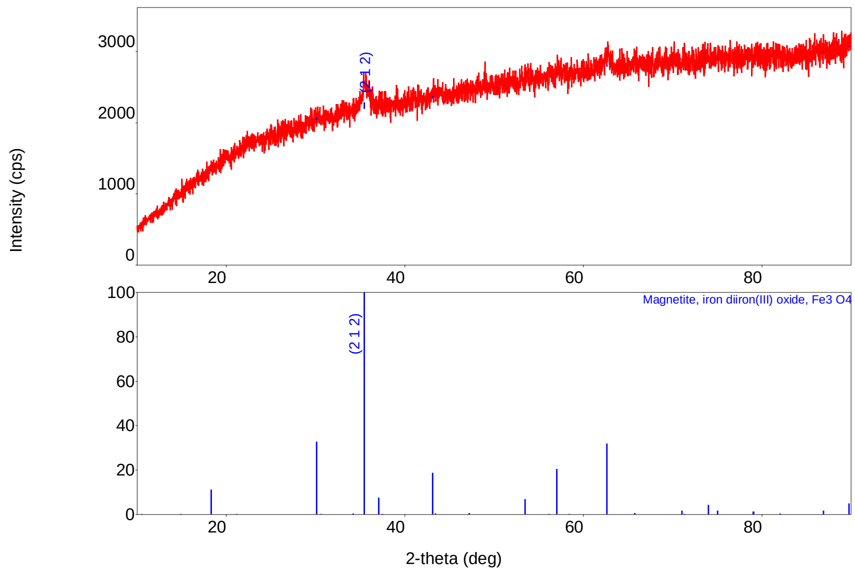
Measurement conditions

X-Ray	30 kV , 15 mA	Scan speed / Duration time	4.0000 deg./min.
Goniometer		Step width	0.0200 deg.
Attachment	-	Scan axis	2Theta/Theta
Filter	Kb filter	Scan range	10.0000 - 90.0000 deg.
CBO selection slit	-	Incident slit	1.25 deg.
Diffrected beam mono.		Length limiting slit	-
Detector	MiniFlex2 counter	Receiving slit #1	1.25 deg.
Scan mode	CONTINUOUS	Receiving slit #2	0.3mm

Qualitative analysis results

Phase name	Formula	Figure of merit	Phase reg. detail	DB card number
Magnetite, iron diiron(III) oxide	Fe3 O4	1.449	ICDD (PDF-2/Release 2011 RDB)	01-076-0958

Phase name	Formula	Space group	Phase reg. detail	DB card number
Magnetite, iron diiron(III) oxide	Fe3 O4	26 : Pmc21	ICDD (PDF-2/Release 2011 RDB)	01-076-0958



Peak list

No.	2-theta(deg)	d(ang.)	Height(cps)	FWHM(deg)	Int. I(cps deg)	Int. W(deg)	Asym. factor
1	35.44(6)	2.531(4)	227(28)	0.72(10)	227(94)	1.0(5)	0.30(15)

Parameters used for WPPF

Profile parameters

Common parameter	Background	Data	Magnetit MPs
		Function name	B-spline
		param0	479.39295761123566
		param1	1195.819337208711
		param2	2095.5081681103688
		param3	2319.8098463276156

		param4	2770.1691963080489
		param5	2915.988812579862
		param6	2920.0523244358719
		param7	3066.5047964387927
		node0	10
		node1	27.760000000000002
		node2	43.32
		node3	58.880000000000003
		node4	74.439999999999998
		node5	90
Common parameter	Peak shift		
		Function name	Shift axial displacement
		param0	0
		param1	0
		param2	0
Magnetite, iron diiron(III) oxide	Scale factor	S	1
	FWHM	U	0.0000
		V	0.0000
		W	0.5141
	Asym. Factor	A0	-1.1955
		A1	0.0000
	Decay rate factor	etaL0/mL0	1.4859
		etaL1/mL1	0.0000
		etaL2/mL2	0.0000
		etaH0/mH0	0.3542
		etaH1/mH1	0.0000
		etaH2/mH2	0.0000
	Preferred	H	0
		K	0
		L	0
		March coefficient	1.000000

Structure parameters

Data set name	Phase Name	Element	X	Y	z	Occupancy	Temperature factor

Data set name	Rwp	Rp	Re	S	Chi^2	Maximum shift/e.s.d.
Magnetit MPs	0	0	0	0	0	0

Lattice constants

Angular correction

Analysis results

Data set name	a(A)	b(A)	c(A)	alpha(deg)	beta(deg)	gamma(deg)
Magnetit MPs	5.934000	5.925500	16.752001	90.000000	90.000000	90.000000

Phase name	a(A)	b(A)	c(A)	alpha (deg)	beta (deg)	gamma (deg)	V(A^3)
Magnetite,	5.934000	5.925500	16.752001	90.000	90.000000	90.00000	589.032455

Crystallinity

Data set name	Crystallinity(%)

CrystallinityGraph.emf

Crystallite size and lattice strain

Williamson-Hall method

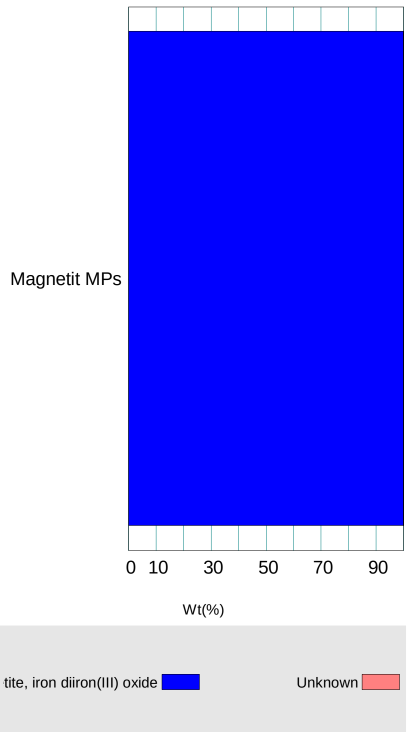
Data set name	Crystallite size(A)	Strain(%)

Phase name	Crystallite size(A)	Size distribution	Strain(%)	Distribution type
Magnetite, iron	-	-	-	-

CSSGraph.emf

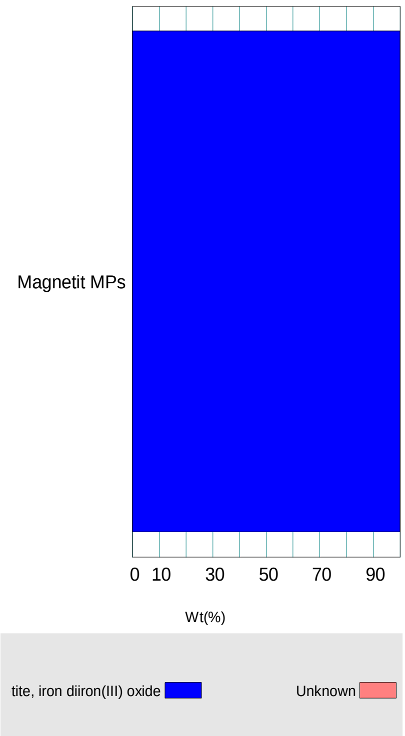
Quantitative analysis results (RIR)

Phase name	Content(%)
Magnetite, iron diiron(III) oxide	100.000000



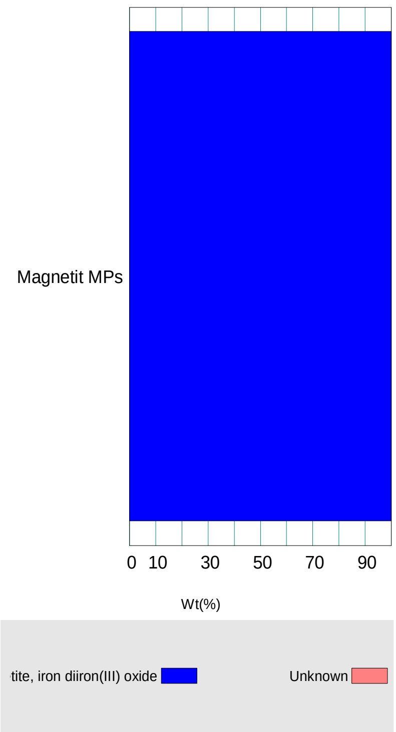
Quantitative analysis results (standard addition method)

Calibration data



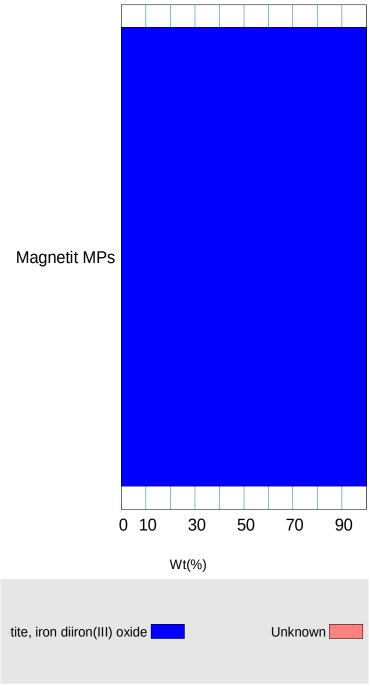
Quantitative analysis results (External Standard method)

Calibration data



Quantitative analysis results (internal standard method)

Calibration Data



Lampiran 5. Penentuan Kondisi Optimum Adsorpsi Ion Logam Ni(II) oleh Adsorben Nanopartikel Magnetit (Fe_3O_4)

1. Penentuan pH Optimum

Kondisi Analis : Jenis Adsorben : Nanopartikel Magnetit

Massa Adsorben : 50 mg

Volume Larutan : 25 mL

Konsentrasi Awal Ni(II) : 25 mg/L

Waktu Kontak : 60 menit

Hasil Analisis:

pH	**q_e (mg/g)**	**% adsorpsi**
4	1,19	9,83
5	2,39	18,54
6	3,56	25,81
7	5,58	55,79
8	**9,48**	**89,46**
9	7,48	88,77
10	5,18	63,31

% adsorpsi = $\frac{Co-Ce}{Co}$ x 100

2. Penentuan Waktu Optimum

Kondisi Analis : Jenis Adsorben : Nanopartikel Magnetit

Massa Adsorben : 50 mg

Volume Larutan : 25 mL

Konsentrasi Awal Ni(II) : 25 mg/L

pH : 8

Hasil Analisis:

Waktu	**q_t (mg/g)**	**% adsorpsi**
5	8,66	22,18
10	11,30	27,81
20	12,98	30,86
40	15,35	34,65
60	**16,62**	**37,11**
90	16,54	36,78
120	16,30	35,01

% adsorpsi = $\frac{Co-Ce}{Co}$ x 100

3. Penentuan Kapasitas Adsorpsi

Kondisi Analis : Jenis Adsorben : Nanopartikel Magnetit

Massa Adsorben : 50 mg

Volume Larutan : 25 mL

pH : 8

Waktu Kontak : 60 menit

Hasil Analisis:

Konsentrasi (ppm)	**q_e (mg/g)**	**% adsorpsi**
10	3,08	15,56
25	8,83	44,95
50	14,04	71,33
75	16,59	83,82
100	**17,21**	**87,08**
150	16,95	85,6
250	16,76	85.01

% adsorpsi = $\frac{Co-Ce}{Co}$ x 100

Lampiran 6. Isoterm Adsorpsi

1. Isoterm Adsorpsi Eksperimen

Konsentrasi (mg/L)	C_e (mg/L)	q_e (mg/g)	% adsorpsi
10	0,88	3,08	15,56
25	1,81	8,83	44,95
50	9,22	14,04	71,33
75	30,09	16,59	83,82
100	52,13	17,21	87,08
150	78,55	16,95	85,6
250	173,58	16,76	85.01

% adsorpsi = $\frac{Co-Ce}{Co}$ x 100

2. Isoterm Adsorpsi Langmuir bentuk Linear

Konsentrasi (mg/L)	C_e (mg/L)	C_e/q_e
10	0,88	0,29
25	1,81	0,20
50	9,22	0,65
75	30,09	1,81
100	52,13	3,03
150	78,55	4,63
250	173,58	10,35

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{q_m \cdot K_L} + \frac{1}{q_m} \cdot C_e$$

Parameter	Nilai
Persamaan	y = 0,0507x + 0,0167
$1/q_{max}$ K	0,0167
$1/q_{max}$	0,0507
q_{max}	19,7239
K	3,036
R^2	0,9945

3. Isoterm Adsorpsi Freundlich bentuk Linear

Konsentrasi (mg/L)	log C_e	log q_e
10	-0,05	0,49
25	0,26	0,95
50	0,96	1,15
75	1,48	1,22
100	1,72	1,24
150	1,9	1,23
250	2,24	1,22

$\log q_e = \log K_F + \frac{1}{n} \log C_e$

Parameter	Nilai
Persamaan	y = 0,3204x + 0,7468
log K_F	0,7468
K	5,582
1/n	0,3204
R^2	0,7528

4. Isoterm Adsorpsi Sips bentuk Linear

Konsentrasi (mg/L)	ln C_e	ln (q/q_m-q)
10	-0,13	-2,345
25	0,59	-1,093
50	2,22	-0,409
75	3,4	-0,113
100	3,95	-0,043
150	4,36	-0,073
250	5,15	-0,094

$\ln \frac{q_e}{q_m - q_e} = \ln K_s + \frac{1}{n} . \ln C_e$

Parameter	Nilai
Persamaan	y = 0,3849x - 1,6713
ln K_s	-1,6713
K_s	0,3849
n	1,7043
q_{max}	33,8923
R^2	0,7895

5. Isoterm Adsorpsi Langmuir bentuk Non-Linear (Program Solver)

Konsentrasi (mg/L)	C_e (mg/L)	q_e (mg/g)	q_e L (mg/g)	Res^2
10	0,88	3,08	3,61	0,28
25	1,81	8,83	9,73	0,81
50	9,22	14,04	16,93	0,09
75	30,09	16,59	20,97	0,38
100	52,13	17,21	22,31	0,88
150	78,55	16,95	22,29	0,27
250	173,58	16,76	21,85	0,02

$$q_e = \frac{q_m \cdot K_L \cdot C_e}{1 + K_L \cdot C_e}$$

Parameter	Nilai
K	2,89
q_{max}	20,95
RSS	3,01

6. Isoterm Adsorpsi Freundlich bentuk Non-Linear (Program Solver)

Konsentrasi (mg/L)	C_e (mg/L)	q_e (mg/g)	q_e F (mg/g)	Res^2
10	0,88	3,08	6,86	1,52
25	1,81	8,83	16,66	1,56
50	9,22	14,04	18,9	0,03
75	30,09	16,59	20,65	0,75

100	52,13	17,21	21,31	1,39
150	78,55	16,95	21,83	0,58
250	173,58	16,76	23,9	0,13

$q_e = K_F \cdot C_e^{1/n}$

Parameter	**Nilai**
K	5,87
n	0,3
RSS	5,95

7. Isoterm Adsorpsi Sips bentuk Non-Linear (Program Solver)

Konsentrasi (mg/L)	**C_e (mg/L)**	**q_e (mg/g)**	**q_e S (mg/g)**	**Res^2**
10	0,88	3,08	4,31	1,48
25	1,81	8,83	10,08	0,0009
50	9,22	14,04	16,79	0,75
75	30,09	16,59	20,75	0,06
100	52,13	17,21	22,17	0,54
150	78,55	16,95	22,58	0,007
250	173,58	16,76	20,03	0,18

$q_e = \frac{qm \cdot Ks \cdot C_e^{1/n}}{1 + K_S \cdot C_e^n}$

Parameter	**Nilai**
K	0,06
n	1,7
q_{max}	35,19
RSS	4,29

Lampiran 7. Kinetika Adsorpsi

1. Kinetika Orde Satu Semu

Waktu	q_t (mg/g)	q_e (mg/g)	(q_e-q_t)	log (q_e-q_t)
5	8,66	16,63	7,96	0,9
10	11,30	16,63	5,32	0,72
20	12,99	16,63	3,63	0,56
40	15,36	16,63	1,26	0,1
60	16,63	16,63	0	0
90	16,54	16,63	0,08	-1,05
120	16,3	16,63	0,32	-0,48

2. Kinetika Orde Dua Semu

Waktu	q_t (mg/g)	t/q_t
5	8,66	0,57
10	11,30	0,88
20	12,99	1,53
40	15,36	2,6
60	16,63	3,6
90	16,54	5,44
120	16,3	7,36

Lampiran 8. Penentuan Koefisien Selektivitas Adsorpsi

1. **Koefisien Selektivitas Adsorpsi Ion Logam Ni(II) pada masing-masing Larutan Biner Ni(II)/Cd(II), Ni(II)/Cu(II), Ni(II)/Pb(II) dari 50 mg Adsorben Nanopartikel Magnetit (Fe_3O_4) dengan Konsentrasi $4{,}237.10^{-4}$ M**

No.	Biner	Selektivitas Adsorpsi Larutan Biner		
		Koefisien Distribusi (Kd)		Koefisien selektivitas (α)
		Ni^{2+}	Cd^{2+}	
1	Ni/Cd	1,52	-1,75	3,28

No.	Biner	Selektivitas Adsorpsi Larutan Biner		
		Koefisien Distribusi (Kd)		Koefisien selektivitas (α)
		Ni^{2+}	Cu^{2+}	
2	Ni/Cu	1,36	2,07	1,32

No.	Biner	Selektivitas Adsorpsi Larutan Biner		
		Koefisien Distribusi (Kd)		Koefisien selektivitas (α)
		Ni^{2+}	Pb^{2+}	
3	Ni/Pb	6,92	1,13	4,97

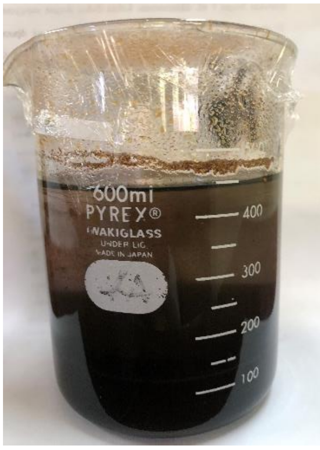
2. **Koefisien Selektivitas Adsorpsi Ion Logam Ni(II) pada masing-masing Larutan Kuarterner Ni(II)/Cd(II)/Cu(II)/Pb(II) dari 50 mg Adsorben Nanopartikel Magnetit (Fe_3O_4) dengan Konsentrasi $4{,}237.10^{-4}$ M**

No.	Kuartener	Selektivitas Adsorpsi Larutan Kuartener						
		Koefisien Distribusi (Kd)				Koefisien selektivitas (α)		
		Ni^{2+}	Cd^{2+}	Cu^{2+}	Pb^{2+}	Cd^{2+}	Cu^{2+}	Pb^{2+}
1.	Ni/Cd/Cu/Pb	-3,38	-4,81	5,29	-3,00	1,43	1,27	2,25

Lampiran 9. Dokumentasi Penelitian

(a) (b)

Gambar 1. (a) Larutan $FeSO_4.7H_2O$ saat proses *shaker*
(b) Larutan $FeCl_3.6H_2O$ saat proses *shaker*



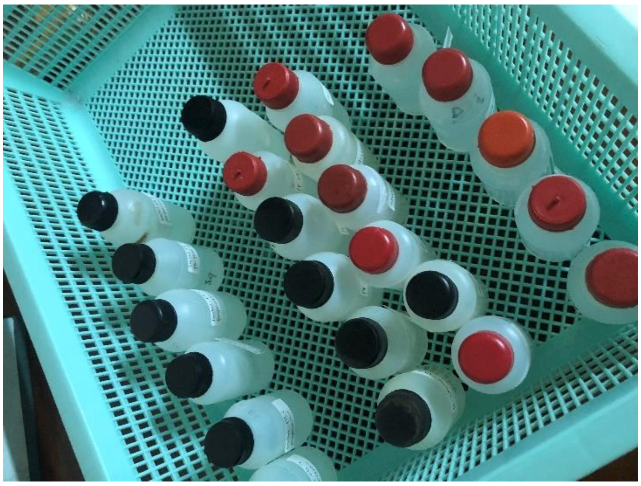
Gambar 2. Penambahan NH_4OH dalam campuran $FeCl_3.6H_2O$ dan $FeSO_4.7H_2O$

Gambar 3. Uji coba magnetit dengan magnet ekstenal

Gambar 4. Larutan standar Ni(II)

Gambar 5. Larutan saat proses *shaker*

Gambar 6. Proses penyaringan adsorben dengan larutan



Gambar 7. Larutan yang akan diukur absorbansinya menggunakan SSA