

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M., 2008., dalam Pokropivny, V., 2007, Pengertian nanopartikel, (Online), (<http://olinanotegnologi.blogspot.co.id/2009/07/teknologi-nano-merupakan-suatu.html>, diakses tanggal 16 Oktober 2021).
- Abdullah, M., Virgus, Y., Nirmin, dan Khairurrijal, 2008, Sintesis Nanomaterial, *Jurnal Nanosains dan Nanoteknologi*, **1**(1): 33-36.
- Adhim, M.S., 2018, *Sintesis Nanopartikel Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> (Magnetit) dari Batu Besi menggunakan Metode Kopresipitasi dengan Variasi pH*, Skripsi, Surabaya: Departemen Fisika FMIPA Institut Teknologi Sepuluh November.
- Agnestisia, R., 2017, Sintesis dan Karakterisasi Magnetit (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) serta Aplikasinya sebagai Adsorben *methylene blue*, *Jurnal Sains dan Terapan Kimia*, **11**(2): 61-70.
- Ali, H., Khan, E., dan Sajad, M.A., 2013, Phytoremediation of Heavy Metals- Concept and Applications, *Chemosphere*, **91**: 869-881.
- 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.
- Atkins, P.W., 1999, *Kimia Fisika Jilid II*, Jakarta: Erlangga.
- Ayob, S., Othman, N., Altowayti, W.A.H., Khalid, F.S., Bakar, N.A., Tahir, M., dan Soedjono, E.S., 2021, A Review on Adsorption of Heavy Metals from Wood-Industrial Wastewater by Oil Palm Waste, *Journal of Ecological Engineering*, **22**(3): 249-265.
- 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.
- Beasley, M. M., Bartelink, E.J., Taylor, L., and Miller, R.M., 2014, Comparison of transmission FTIR, ATR, and DRIFT spectra: implications for assessment of bone bioapatite diagenesis, *Journal of Archaeological Science* **25**(46): 16-22.

- Bernasconi, G., Handoyo, dan Lienda, 1995, *Teknologi Kimia*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Bonardo, D., dan Siburian, R., 2021, Analisis Struktur Nano Partikel Silika dari Abu Ampas Tebu menggunakan Metode XRD, *Jurnal Einstein*, **9**(1): 13-19.
- Budiyono dan Sumardiono, S., 2013, *Teknik Pengolahan Air*, Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Chatwal, G., 1985, *Spectroscopy Atomic and Molecule*, Himalaya Publishing House, Bombay.
- Chaudhuri, R.G., dan Paria, S., 2012, Core/Shell Nanoparticles: Classas, Properties, Syntesis Mechanisms, Characterization, and Applications. *Research gate, Chemical Reviews.*, 2012, 112, 2373-2433.
- Chrismant, J.R., 1988, *Fundamental of Solid State Physics*, John Wiley & Sons, Canada.
- Danarto, Y.C., 2007, Kinetika Adsorpsi Logam Berat Cr(IV) dengan Adsorben Pasir yang Dilapisi Besi Oksida, *Ekulilibrium*, **6**(2): 65-70.
- Erdem, E., Karapinar, N., dan Donat, R., 2004, The Removal of Heavy Metal Cations by Natural Zeolites, *Journal of Colloid and Interface Science*, **2**(280): 309-314.
- Faizal, M., Hariyani., Fitri, dan Mutia, R., 2014, Pengelolaan Air Limbah yang Mengandung Logam Cd Menggunakan Komposit Adsorbent dengan Bentonit dan Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, *Jurnal Teknik Kimia*, **20**(3): 85-97.
- Fajaroh, F., Setyawan, H., Winardi, S., Widyastuti, Raharjo, W., dan Sentosa, E., 2009, Sintesis Nanopartikel Magnetit dengan Metode Elektrokimia Sederhana, *Jurnal Nanosains dan Nanoteknologi*, **3**(4): 22-25.
- Fergusson, J.E., 1991, *The Heavy Elements Chemistry Environmental Impact and Health Effects*, Pergamon Press.
- Fifiyana, R., Fadli, A., dan Drastinawati, 2016, Model Keseimbangan pada Adsorpsi Ion Kadmium (Cd<sup>2+</sup>) menggunakan Hidroksiapatit dengan Variasi Konsentrasi Cd<sup>2+</sup> dan Dosis Adsorben, *Jom FTEKNIK*, **3**(1): 15-26.
- Hadi, P., Barford, J., dan McKay, G., 2014, Penyerapan Logam Beracun Selektif menggunakan Adsorben Baru Berbasis Limbah Elektronik-Sistem Tunggal, Biner, Tersier, *Jurnal Teknik Kimia Lingkungan*, **2**(4): 332-339.
- Handayani, M., dan Sulistiyono, E., 2009, Uji Persamaan Langmuir dan Freundlich pada Penyerapan Limbah Chrom (VI) oleh Zeolit, *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Nuklir*, PTNBR: Batan Bandung.

- Handoko, C.T., Yanti, T.B., Syadiyah, H., dan Marwati, S., 2013, Penggunaan Metode Presipitasi untuk Menurunkan Kadar Cu dalam Limbah Cair Industri Perak di Kotagede, *Jurnal Penelitian Saintek*, **18**(2): 51-58.
- Iftekhhar, S., Ramasamy, D.L., Srivastava, V., Asif, M.B., dan Sillanpaa, M., 2018, Understanding the Factors Affecting the Adsorption of Lanthanum Using Different Adsorbents: A Critical Review, *Jurnal Chemosphere*, **20**(4): 413-430.
- Khasanah, U., Mindari, W., dan Suryaminarsih, P., 2021, Kajian Pencemaran Logam Berat pada Lahan Sawah di Kawasan Industri Kabupaten Sidoarjo, *Jurnal Teknik Kimia*, **15**(2): 53-78.
- Kundari, Noor A., dan Slamet W., 2008, Tinjauan Kesetimbangan Adsorpsi Tembaga Dalam Limbah Pencuci PCB Dengan Zeolit, *SDM Teknologi Nuklir*.
- Mahmuda, D., Sakinah, N., dan Suharyadi, E., 2014, Adsorpsi Logam Tembaga (Cu), Mangan (Mn) dan Nikel (Ni) dalam Artificial Limbah Cair dengan menggunakan Nanopartikel Magnetit ( $\text{Fe}_3\text{SO}_4$ ), *Indonesian Journal of Applied Physics*, **4**(2): 126-157.
- Maylani, A.S., Sulistyaningsih, T., dan Kusumastuti, E., 2016, Preparasi Nanopartikel  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  (Magnetit) serta Aplikasinya sebagai Adsorben Ion Logam Kadmium, *Indonesian Journal of Chemical Science*, **5**(2): 20-35.
- 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.
- Ningsih, D.W., Fajaroh, F., dan Wonorahardjo, S., 2013, *Aplikasi Nanopartikel  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  (Magnetite) Hasil Sintesis Elektrokimia Sebagai Adsorben Ion Logam Kadmium(II)*, Skripsi, Malang: Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Malang.
- Noor, I., 2010, Isolasi dan Karakterisasi  $\beta$ -Glukan dari Tubuh Buah Jamur Tiram Putih (*Pleurotus ostreatus*) dengan Metode Spektroskopi UV-Visible dan FTIR, *Skripsi*, Jakarta: Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Negeri Syarif Hidayatullah.
- Nurjannah, S., 2018, Sintesis dan Karakterisasi Nanopartikel Magnetik  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  Pasir Besi Glagah Kulon Progo dengan Metode Kopresipitasi, *Skripsi*, Yogyakarta: Program Studi Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Yogyakarta.
- Nurlela, 2018, Pengolahan Air Limbah Pewarna Sintesis dengan Metode Adsorpsi dan Ultraviolet, *Jurnal Penelitian Saintek*, **3**(2): 44-50.
- Oscik, J., 1998, *Adsorption*, New York: John Wiley and Sons.

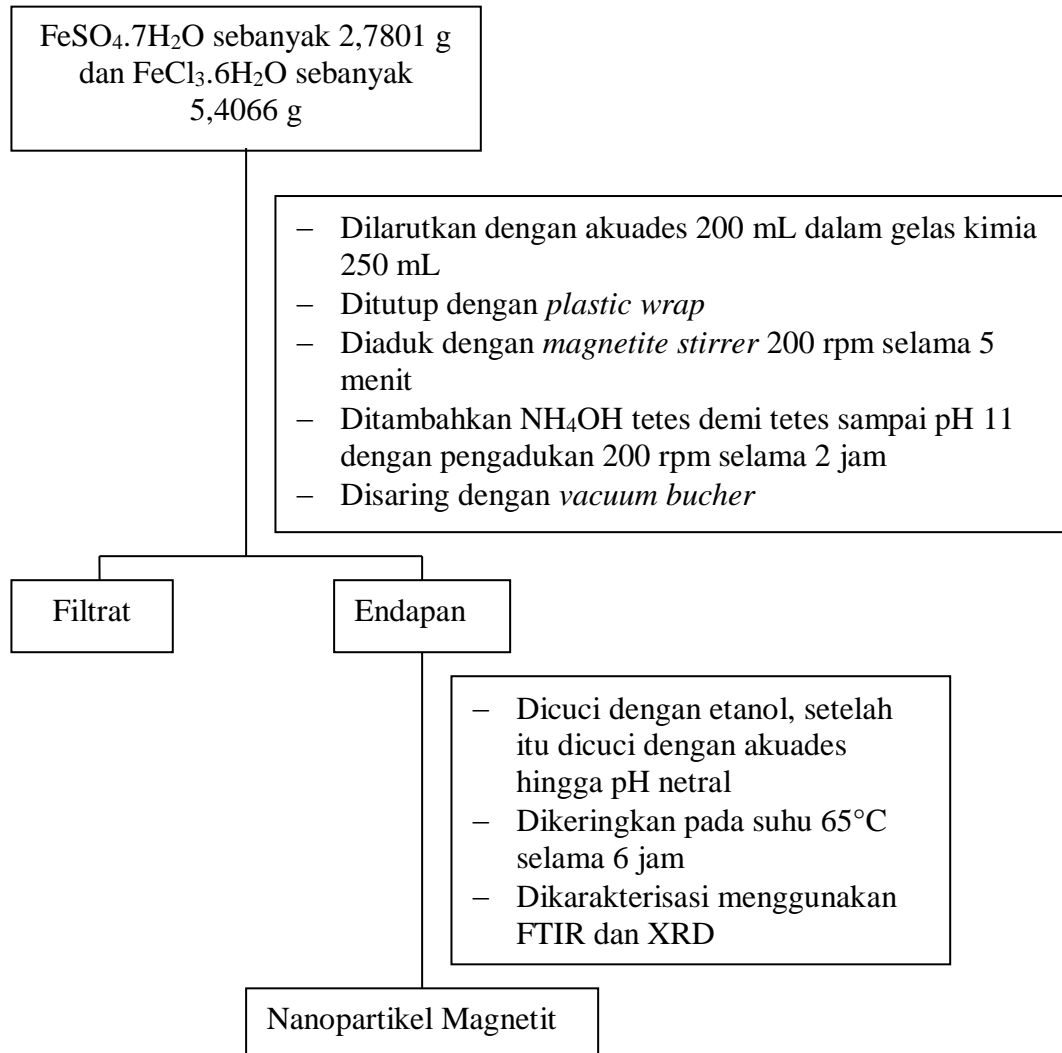
- Palar, H., 2012, *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*, Rineka Cipta: Jakarta.
- Permana, B., Saragi, T., Saputri, M., Safriani, L., Rahayu, I., dan Risdiana, 2017, Sintesis Nanopartikel Magnetik dengan Metode Kopresipitasi, *Jurnal Material dan Energi Indonesia*, **7**(2): 17-20.
- Rahayu, L.B.H., Wulandari, I.O., Santjojo, D.H., dan Sabarudin, A., 2018, Pengaruh Kecepatan Pengadukan terhadap Karakteristik Nanopartikel Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> dengan Pelapisan Permukaan Berbasis Polivinil Alkohol dan Glutaraldehyd sebagai Agen *Crosslinker*, *Jurnal Natural B*, **4**(3): 128-134.
- Ramadhan, M.D., 2021, *Studi Model Isoterm Adsorpsi Kristal Violet oleh Biosorben Kulit Ubi Kayu (Manihot esculenta)*, Skripsi, Medan, Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara.
- 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*, **5**(3): 24-30.
- Rohyani, Y., 2013, Penentuan Cu, Cd dan Pb dengan AAS menggunakan Solid Phase Extraction, *Jurnal Inovasi dan Kewirausahaan*, **2**(1): 19-25.
- Rozitawati, S.P., dan Noerochim, L., 2014, Karakterisasi Membran Polimer dengan Adsorben Inorganik Lithium Mangan Spinel untuk Ekstraksi Lithium dari Lumpur Sidoarjo, *Jurnal Teknik Pomits*, **3**(2): 23-92.
- Saeni, M.S., 1989, *Kimia Lingkungan*, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Dirjen Perguruan Tinggi PAU Ilmu Hayat Institut Pertanian Bogor: Bogor.
- Sasongko, A., Yulianto, K., dan Sarastri, D., 2017, Verifikasi Metode Penentuan Logam Kadmium (Cd) dalam Air Limbah Domestik dengan Metode Spektrofotometri Serapan Atom, *Jurnal Sains dan Teknologi*, **6**(2): 45-67.
- Setyaningtyas, 2005, Pemanfaatan Abu Sekam Padi Sebagai Adsorben Cadmium (II) dalam Pelarut Air, *Majalah Kimia Universitas Jendral Soedirman*, **31**(1): 33-41.
- 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.
- Sugiyarto, K.H., 2003, *Common Textbook Kimia Anorganik II*, Yogyakarta: FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta.
- Sukardjo, 2002, *Kimia Fisika*, Yogyakarta: Bina Aksara.

- Sulistiyanti, D., Antoniker, dan Nasrokhah, 2018, Penerapan Metode Filtrasi dan Adsorpsi dalam Pengolahan Limbah Laboratorium, *Jurnal Kimia dan Pendidikan*, **3**(2): 147-156.
- Srivastava, V.C., Mall, I.D., dan Mishra, I.M., 2014, Modelling Individual and Competitive Adsorption of Cadmium(II) and Zinc(II) Metal Ions from Aqueous Solution onto Bagasse Fly Ash, *Separation Science and Technology*, **2**(41): 2685-2710.
- Syaifullah, M., Candra, Y.A., Soegianto, A., dan Irawan, B., 2018, Kandungan Logam Non Esensial (Pb, Cd, dan Hg) dan Logam Esensial (Cu, Cr dan Zn) pada Sedimen di Perairan Tuban, Gresik dan Sampang Jawa Timur, *Jurnal Ilmu Kelautan*, **11**(1): 69-74.
- Tan, W.L., and Bakar, A., 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., dan Koh, P., 2009, Synthesis, Properties, and Application of Magnetic Iron Oxide Nanoparticles, *Progress in Crystal Growth and Characterization of Materials*, **10**(55): 22-48.
- Uddin, J., 2012, *Macro to Nano Spectroscopy*, Intech: Croatia.
- 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-Crosslinking of Humic Acid-Chitosan, *Indonesian Journal of Chemistry*, **10**(1): 80-87.
- Underwood, A.L., dan Day, R.A., 2002, *Analisis Kimia Kuantitatif*, Jakarta: Erlangga.
- Widowati, W., Sastiono, A., dan Jusuf, R., 2008, Efek Toksik Logam Pencegahan dan Penanggulangan Pencemaran, Jakarta: Andi.
- Wijayanti, T., 2017, Profil Pencemaran Logam Berat pada Perairan Daerah Aliran Sungai (DAS) Grindulu Pacitan, *Jurnal Ilmiah Sains*, **17**(1): 19-25.
- Withgott, J., and Brennan S., 2007, *Environment: The Science Behind the Stories*. San Fransisco: Pearson Benjamin Cummings.
- Wulandari, I.O., Rahayu, L.B., Riva'i, I., Sulistyarti, H., Sabarudin, A., 2021, Sintesis dan Karakterisasi Nanopartikel Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> Termodifikasi Biokompatibel Polimer serta Potensinya sebagai Penghantar Obat, *The Indonesian Green Technology Journal*, ISSN: 2355-4010.
- Yulius, U., dan Afdal, 2014, Identifikasi Sebaran Logam Berat pada Tanah Lapisan Atas dan Hubungannya dengan Suseptibilitas Magnetik di beberapa Ruas Jalan di Sekitar Pelabuhan Teluk Bayur Padang, *Jurnal Fisika Unand*, **3**(4): 198-204.

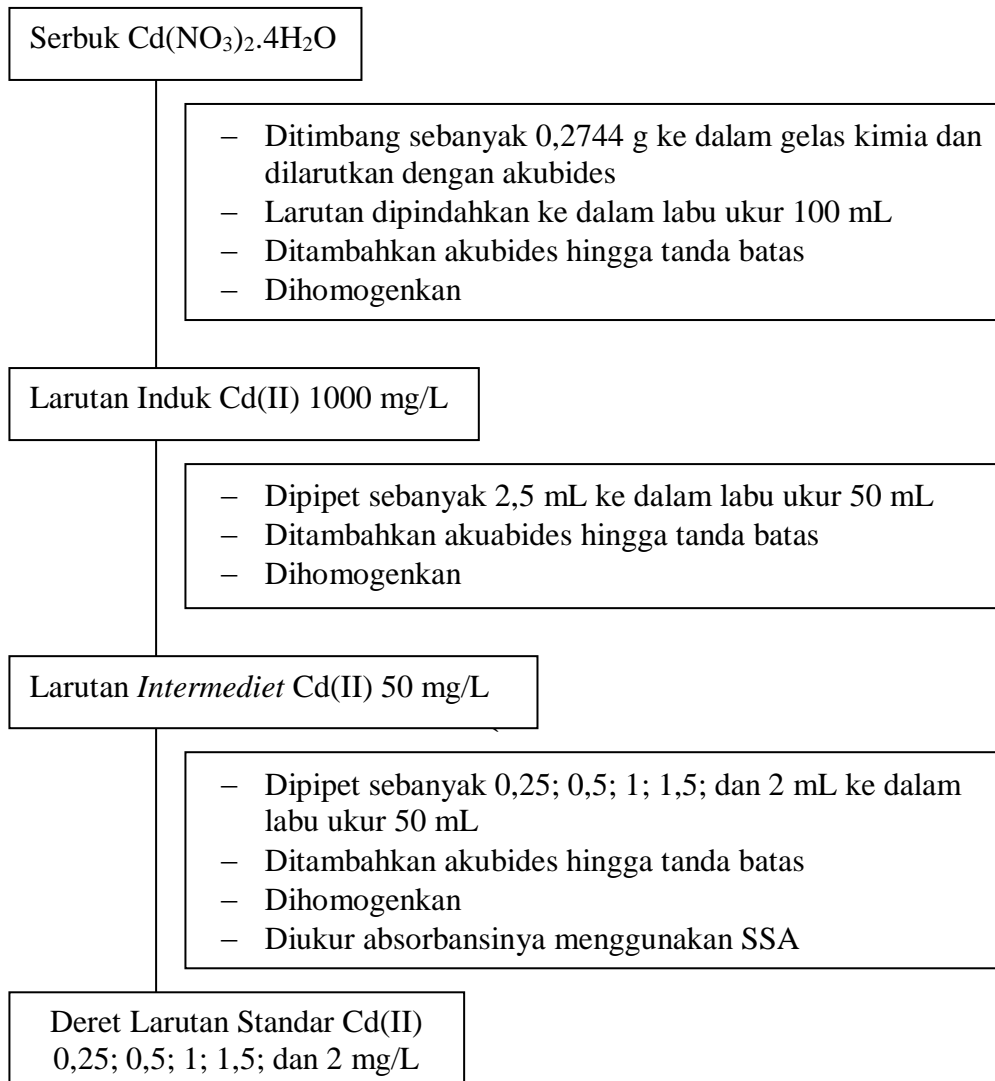
Zahroh, W., 2010, Kajian Kesetimbangan Adsorpsi Cr (VI) pada Biomassa Kangkung Air (*Ipomoea aquatica* Forsk), Malang: Jurusan Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim.

## Lampiran 1. Bagan Alir Prosedur Kerja

### 1. Sintesis Nanopartikel Magnetit

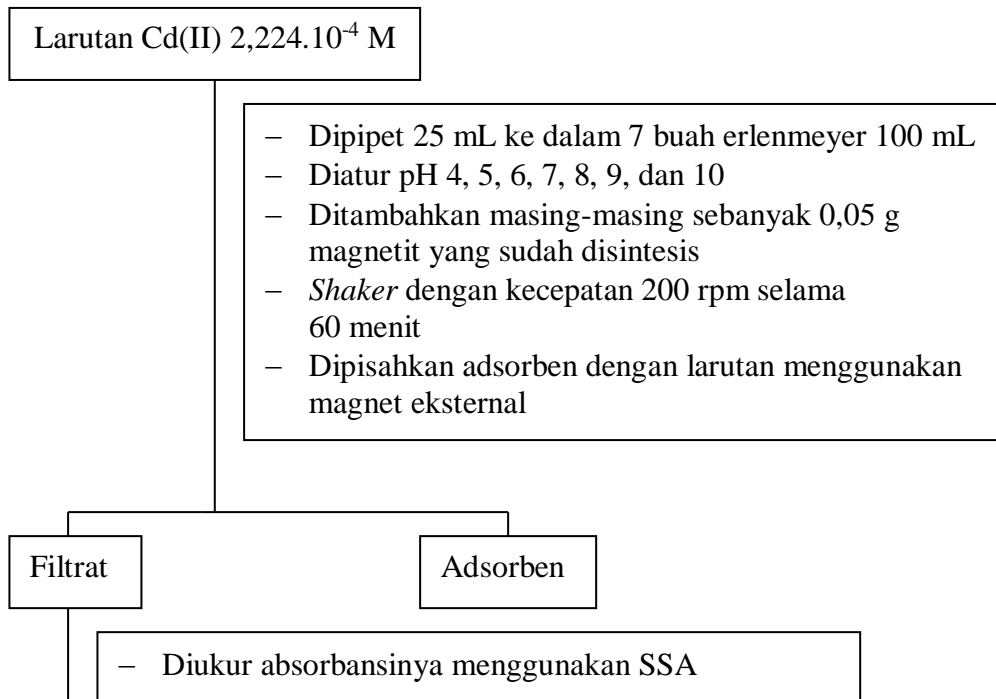


## 2. Pembuatan Larutan Standar Cd(II)

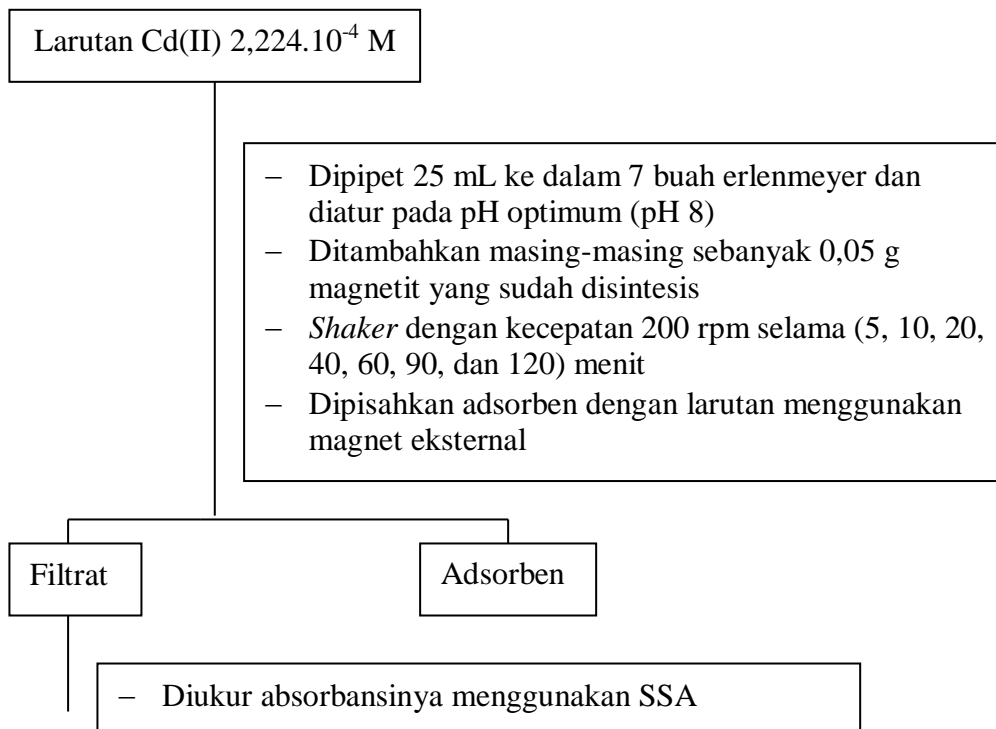




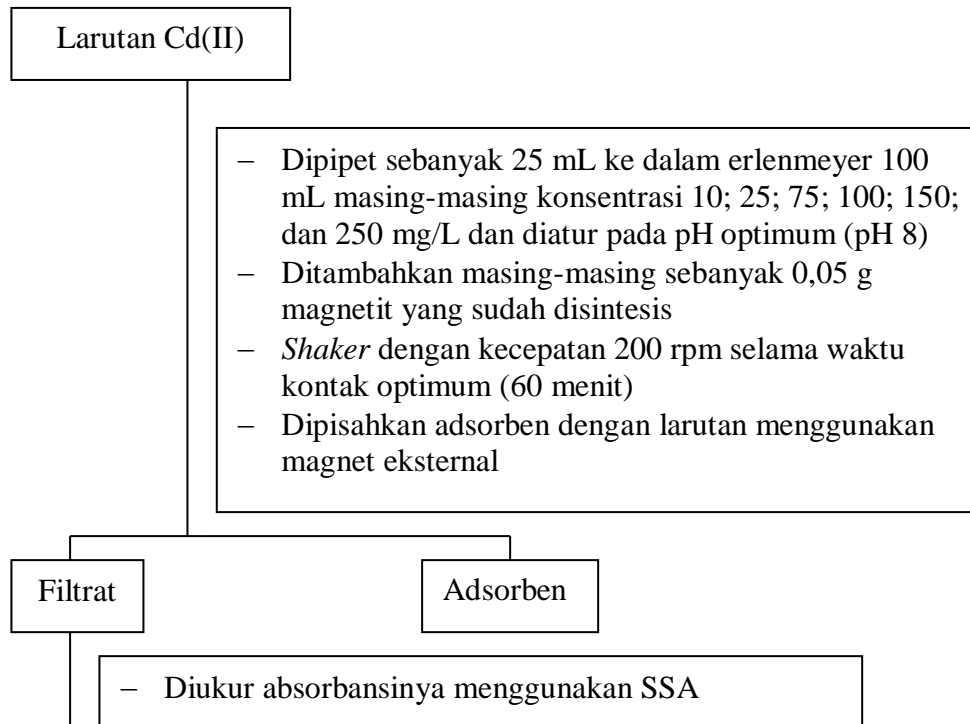
### 3. Optimasi pH



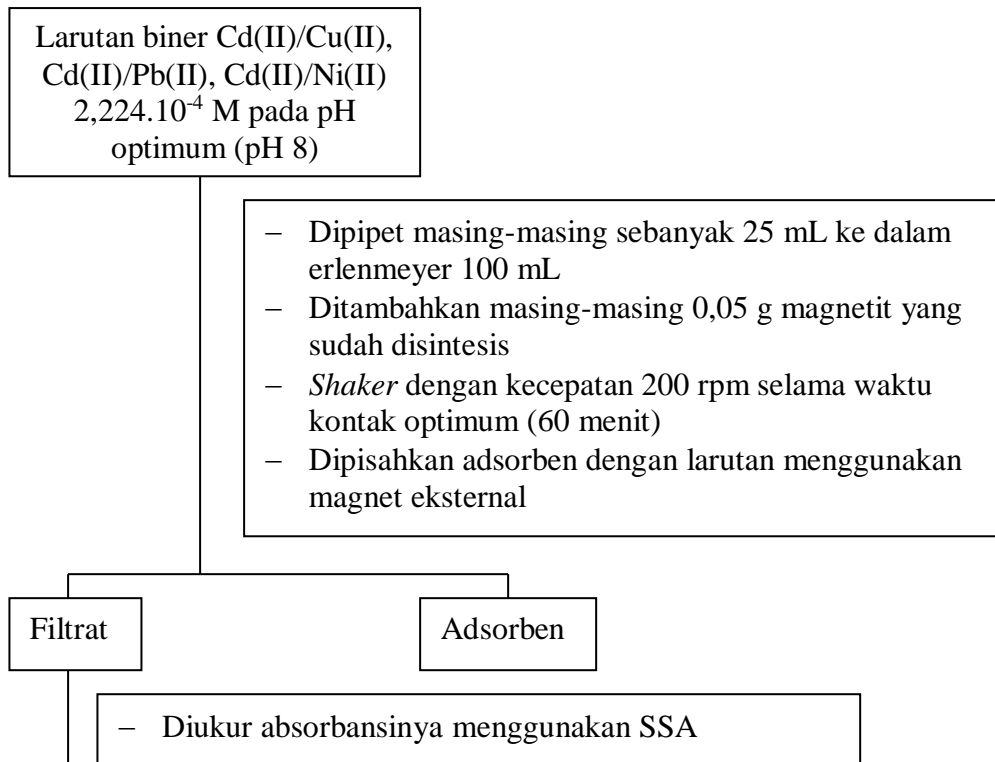
### 4. Optimasi Waktu Kontak



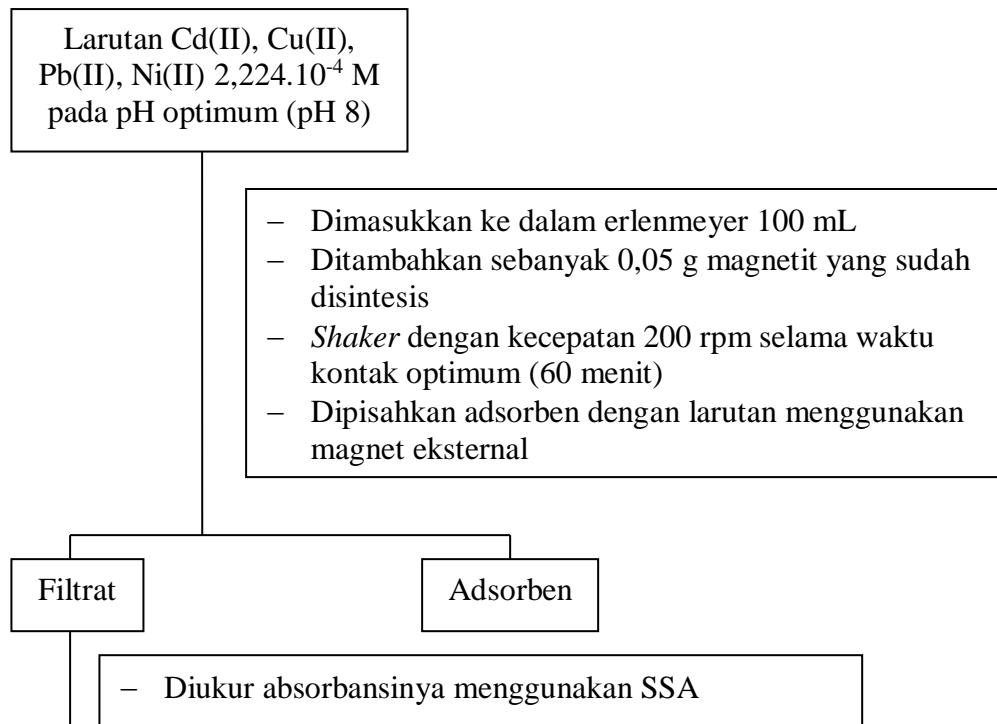
## 5. Optimasi Konsentrasi Ion Logam Cd(II)



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



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



## Lampiran 2. Perhitungan

### 1. Pembuatan Larutan Induk Cd(II) 1000 mg/L

$$\text{ppm} = \frac{\text{Ar Cd}}{\text{Mr Cd(NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}} \times \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

$$1000 \text{ mg/L} = \frac{112,41}{308,41} \times \frac{X}{0,1 \text{ L}}$$

$$1000 \text{ mg/L} = \frac{112,41 \cdot X}{30,841 \text{ L}}$$

$$X = \frac{1000 \text{ mg} \cdot 30,841}{112,41}$$

$$= 274,4 \text{ mg}$$

$$= 0,2744 \text{ g}$$

### 2. Pembuatan Larutan Kerja Cd(II) 25 mg/L ( $2,224 \times 10^{-4} \text{ M}$ )

$$V_1 \cdot C_1 = V_2 \cdot C_2$$

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

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

$$V_1 = 2,5 \text{ mL}$$

25 mg/L dikonversi menjadi  $2,224 \times 10^{-4} \text{ M}$

$$M = \frac{n}{V} = \frac{\frac{m}{\text{Ar Cd}}}{V}$$

$$= \frac{25 \cdot 10^{-3} \text{ g}}{112,41 \text{ g/mol}} : 1 \text{ L}$$

$$= 0,0002224 \text{ mol/L}$$

$$= 2,224 \times 10^{-4} \text{ M}$$

### 3. Pembuatan Deret Larutan Standar Cd(II) 0,25; 0,5; 1; 1,5; dan 2 mg/L

➤ Pembuatan Larutan *Intermediet* Cd(II) 50 mg/L

$$V_1 \cdot C_1 = V_2 \cdot C_2$$

$$V_1 \cdot 1000 \text{ mg/L} = 50 \text{ mL} \cdot 50 \text{ mg/L}$$

$$V_1 = \frac{50 \text{ mL} \cdot 50 \text{ mg/L}}{1000 \text{ mg/L}}$$

$$V_1 = 2,5 \text{ mL}$$

➤ Pembuatan Deret Larutan Standar Cd(II) 0,25; 0,5; 1; 1,5; dan 2 mg/L

$$V_1 \cdot C_1 = V_2 \cdot C_2$$

a. 0,25 mg/L

$$V_1 \cdot 50 \text{ mg/L} = 50 \text{ mL} \cdot 0,25 \text{ mg/L}$$

$$V_1 = \frac{50 \text{ mL} \cdot 0,25 \text{ mg/L}}{50 \text{ mg/L}}$$

$$V_1 = 0,25 \text{ mL}$$

b. 0,5 mg/L

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

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

$$V_1 = 0,5 \text{ mL}$$

c. 1 mg/L

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

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

$$V_1 = 1 \text{ mL}$$

d. 1,5 mg/L

$$V_1 \cdot 50 \text{ mg/L} = 50 \text{ mL} \cdot 1,5 \text{ mg/L}$$

$$V_1 = \frac{50 \text{ mL} \cdot 1,5 \text{ mg/L}}{50 \text{ mg/L}}$$

$$V_1 = 1,5 \text{ mL}$$

e. 2 mg/L

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

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

$$V_1 = 2 \text{ mL}$$

### Lampiran 3. Hasil Karakterisasi XRD

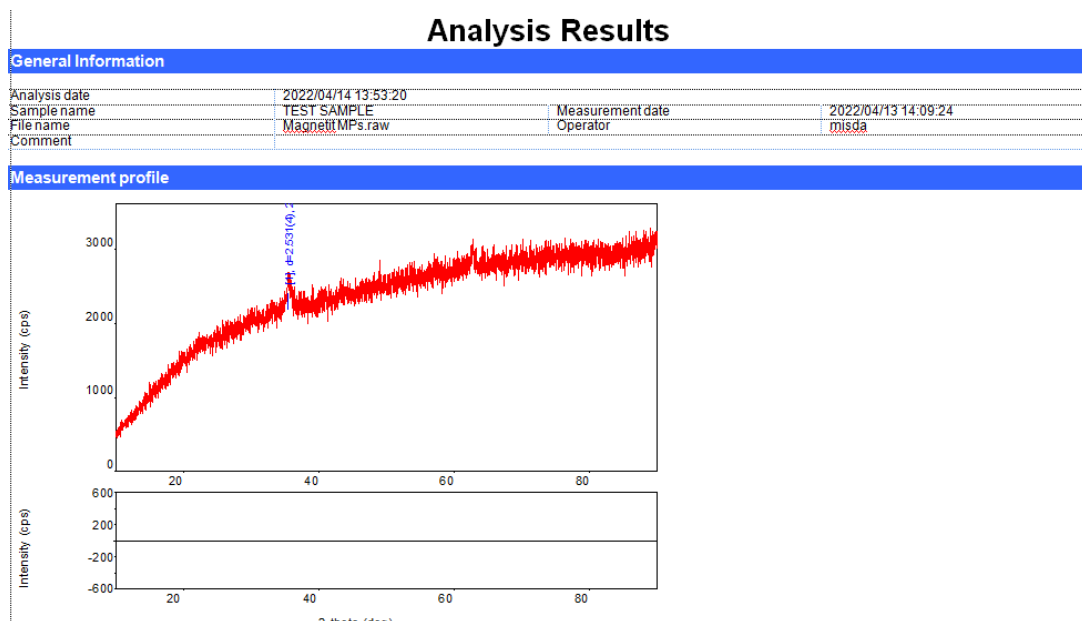
#### Perhitungan Ukuran Kristal dengan Metode *Debye-Scherrer*

Ukuran Kristal Nanopartikel Magnetit dihitung menggunakan persamaan *Debye-Scherrer*:

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

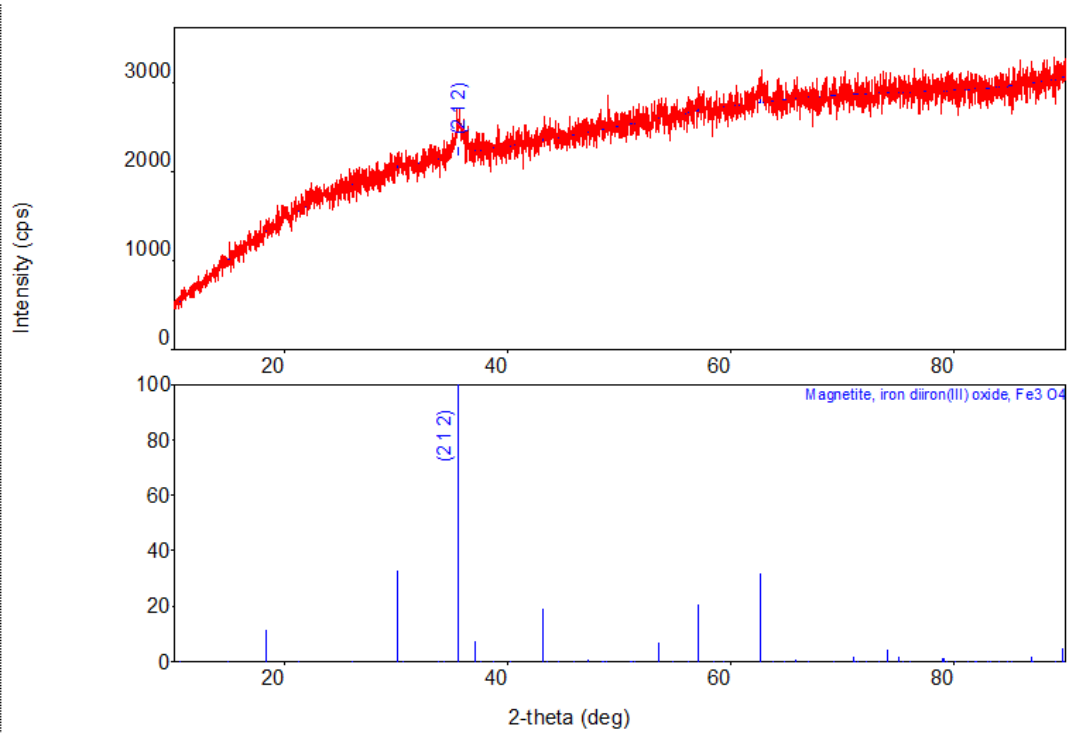
dimana D adalah ukuran kristal, k adalah faktor bentuk dari kristal (0,9-1),  $\lambda$  adalah panjang gelombang dari sinar-X (0,154056 nm),  $\beta$  adalah nilai dari *Full Width at Half Maximum* (FWHM) (rad), dan  $\theta$  adalah sudut difraksi (derajat).

$$\begin{aligned} D &= \frac{(0,94) (0,154056 \text{ nm})}{\text{Rad } (0,72) \cos (\text{Rad } 35,44/2)} \\ &= \frac{0,14481264 \text{ nm}}{(0,01257) (0,999941736)} \\ &= \frac{0,14481264 \text{ nm}}{0,01256926762} \\ &= 11,5211 \text{ nm} \end{aligned}$$



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.
Diffraction 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	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 orientation March-Dollase	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 <sup>2</sup>	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, iron	5.934000	5.925500	16.752001	90.000000	90.000000	90.000000	589.032455



**Crystallinity**

Data set name: Crystallinity(%)

CrystallinityGraph.emf

**Crystallite size and lattice strain**

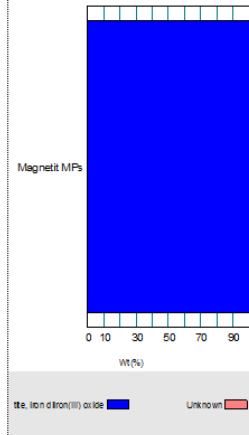
Williamson-Hall method

Data set name	Crystallite size(A)	Strain(%)
Phase name	Crystallite size(A)	Strain(%)
Magnetite, iron	-	-

CSSGraph.emf

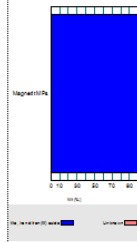
**Quantitative analysis results (RIR)**

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



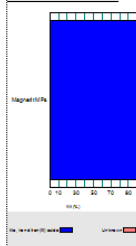
**Quantitative analysis results (standard addition method)**

Calibration data



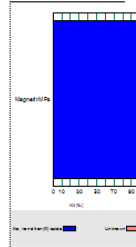
Quantitative analysis results (External Standard method)

Calibration data

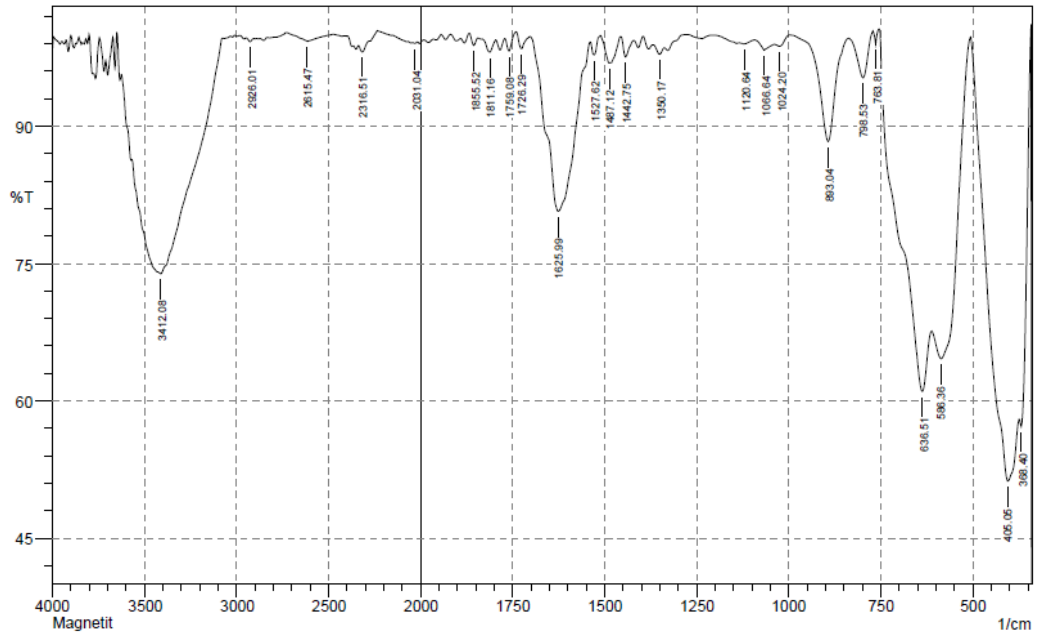


Quantitative analysis results (internal standard method)

Calibration Data



## Lampiran 4. Hasil FTIR



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 5.** Penentuan Kondisi Optimum Adsorpsi Ion Logam Cd(II) oleh Adsorben Nanopartikel Magnetit

**a) Penentuan pH Optimum**

Kondisi Analisis : Jenis Adsorben : Nanopartikel Magnetit  
Massa Adsorben : 50 mg  
Volume Larutan : 25 mL  
Konsentrasi Awal Cd(II) : 25 mg.L<sup>-1</sup>  
Waktu Kontak : 60 menit

Hasil Analisis:

<b>pH</b>	<b>q<sub>e</sub> (mg.g-1)</b>	<b>% adsorpsi</b>
4	0,52	2,62
5	2,11	10,72
6	3,43	17,45
7	7,36	37,5
<b>8</b>	<b>14,95</b>	<b>75,36</b>
9	12,17	61,61
10	9,27	47

**b) Penentuan Waktu Optimum**

Kondisi Analisis : Jenis Adsorben : Nanopartikel Magnetit  
Massa Adsorben : 50 mg  
Volume Larutan : 25 mL  
Konsentrasi Awal Cd(II) : 25 mg.L<sup>-1</sup>  
pH : 8

Hasil Analisis:

<b>Waktu</b>	<b>q<sub>t</sub></b>	<b>% adsorpsi</b>
5	11,69	58,94
10	12,49	63,23
20	13,62	68,26
40	14,86	75,22
<b>60</b>	<b>15,15</b>	<b>76,70</b>
90	14,90	75,70
120	14,31	72,74

c) **Penentuan Kapasitas Adsorpsi**

Kondisi Analisis : Jenis Adsorben	: Nanopartikel Magnetit
Massa Adsorben	: 50 mg
Volume Larutan	: 25 mL
Konsentrasi Awal Cd(II)	: 25 mg.L <sup>-1</sup>
pH	: 8
Waktu kontak	: 60 menit

Hasil Analisis:

<b>Konsentrasi</b>	<b>q<sub>e</sub> (mg/g)</b>	<b>% adsorpsi</b>
10	12,74	6,21
25	15,22	39,76
50	16,20	61,18
75	18,44	62,75
100	19,24	66,73
<b>150</b>	<b>20,47</b>	<b>83,69</b>
250	20,34	71,15

## Lampiran 6. Isoterm Adsorpsi

### a) Isoterm Adsorpsi Eksperimen

Konsentrasi (mg/L)	C <sub>e</sub> (mg/L)	q <sub>e</sub> (mg/g)	% adsorpsi
10	9,37	12,74	6,21
25	15,05	15,22	39,76
50	18,62	16,20	61,18
75	29,11	18,44	62,75
100	33,26	19,24	66,73
<b>150</b>	<b>43,26</b>	<b>20,47</b>	<b>83,69</b>
250	40,75	20,34	71,15

### b) Isoterm Adsorpsi Langmuir bentuk Linear

Konsentrasi (mg/L)	C <sub>e</sub> (mg/L)	C <sub>e</sub> /q <sub>e</sub>
10	9,37	0,73
25	15,05	0,98
50	18,62	1,14
75	29,11	1,57
100	33,26	1,72
150	43,26	2,11
250	40,75	2,00

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

Parameter	Nilai
Persamaan	0,040x + 0,383
1/q <sub>max</sub> K	0,383
1/q <sub>max</sub>	0,04
q <sub>max</sub>	25
K	0,10
R <sup>2</sup>	0,998



c) **Isoterm Adsorpsi Freundlich bentuk Linear**

Konsentrasi (mg/L)	Log C <sub>e</sub>	Log q <sub>e</sub>
10	0,97	1,10
25	1,17	1,18
50	1,27	1,20
75	1,46	1,26
100	1,52	1,28
150	1,63	1,31
250	1,61	1,30

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

Parameter	Nilai
Persamaan	y = 0,307x - 0,814
Log K <sub>F</sub>	0,810
K	6,4565
1/n	0,2850
R <sup>2</sup>	0,995

d) **Isoterm Adsorpsi Sips bentuk Linear**

Konsentrasi (mg/L)	ln C <sub>e</sub>	ln (q/q <sub>m</sub> -q)
10	2,23	-0,35
25	2,71	-0,02
50	2,92	0,09
75	3,37	0,39
100	3,50	0,50
150	3,76	0,67
250	3,70	0,65

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

Parameter	Nilai
Persamaan	0,677x - 1,874
ln K <sub>s</sub>	-1,8740
K <sub>s</sub>	0,15
n	0,67
q <sub>max</sub>	30,96
R <sup>2</sup>	0,999

e) **Isoterm Adsorpsi Langmuir bentuk Non-Linear (Program Solver)**

Konsentrasi (mg/L)	C <sub>e</sub> (mg/L)	q <sub>e</sub> (mg/g)	q <sub>e</sub> L (mg/g)	Res <sup>2</sup>
10	9,37	12,74	14,10	1,85
25	15,05	15,22	16,23	1,01
50	18,62	16,20	17,05	0,71
75	29,11	18,44	18,45	0,0001
100	33,26	19,24	18,80	0,20
150	43,26	20,47	19,38	1,17
250	40,75	20,34	19,26	1,16

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

Parameter	Nilai
K	0,2
q <sub>max</sub>	21,62
RSS	6,13

f) **Isoterm Adsorpsi Freundlich bentuk Non-Linear (Program Solver)**

Konsentrasi (mg/L)	C <sub>e</sub> (mg/L)	q <sub>e</sub> (mg/g)	q <sub>e</sub> F (mg/g)	Res <sup>2</sup>
10	9,37	12,74	14,52	3,18
25	15,05	15,22	15,97	0,55
50	18,62	16,20	16,66	0,21
75	29,11	18,44	18,22	0,05
100	33,26	19,24	18,71	0,28
150	43,26	20,47	19,72	0,55
250	40,75	20,34	19,48	0,72

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

Parameter	Nilai
K	9,28
n	0,2
RSS	5,57

g) **Isoterm Adsorpsi Sips bentuk Non-Linear (Program Solver)**

Konsentrasi (mg/L)	C <sub>e</sub> (mg/L)	q <sub>e</sub> (mg/g)	q <sub>e</sub> S (mg/g)	Res <sup>2</sup>
10	9,37	12,74	12,70	0,001
25	15,05	15,22	15,14	0,006
50	18,62	16,20	16,25	0,003
75	29,11	18,44	18,55	1,01
100	33,26	19,24	19,21	1,0009
150	43,26	20,47	20,48	0,0001
250	40,75	20,34	20,20	0,02

$$q_e = \frac{q_m \cdot K_s \cdot C_e^{1/n}}{1 + K_s \cdot C_e^n}$$

<b>Parameter</b>	<b>Nilai</b>
K	0,15
n	0,67
q <sub>max</sub>	30,96
RSS	0,04

## Lampiran 7. Kinetika Adsorpsi

### a) Kinetika Orde Satu Semu

Waktu (menit)	qt (mg/g)	qe (mg/g)	(qe-qt)	log (qe-qt)
5	11,69	15,15	3,46	0,40
10	12,49	15,15	2,66	-0,02
20	13,62	15,15	1,53	-0,25
40	14,86	15,15	0,29	-0,93
60	15,15	15,15	0	-4,39
90	14,90	15,15	0,25	-0,59
120	14,31	15,15	0	0

### b) Kinetika Orde Dua Semu

Waktu (menit)	qt (mg/g)	t/qt
5	11,69	0,42
10	12,49	0,80
20	13,62	1,46
40	14,86	2,69
60	15,15	3,95
90	14,90	6,03
120	14,31	8,38

**Lampiran 8. Penentuan Koefisien Selektivitas Adsorpsi**

- a) Koefisien Selektivitas Adsorpsi Ion Logam Cd(II) pada Larutan Biner Cd(II)/Cu(II), Cd(II)/Pb(II), Cd(II)/Ni(II) dari 50 mg Adsorben Nanopartikel Magnetit dengan Konsentrasi  $2,224 \cdot 10^{-4}$  M**

No.	Biner	Selektivitas Adsorpsi Larutan Biner		
		Distribusi (D)		Koefisien selektivitas ( $\alpha$ )
		Cd <sup>2+</sup>	Cu <sup>2+</sup>	
1	Cd/Cu	0,70	0,19	3,56

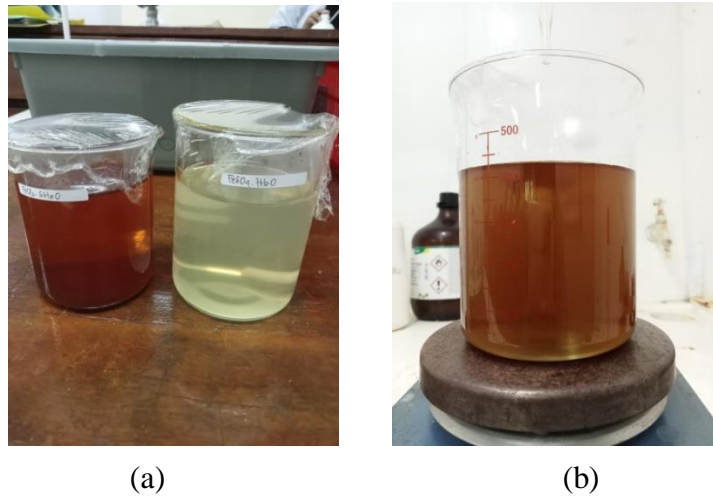
No.	Biner	Selektivitas Adsorpsi Larutan Biner		
		Distribusi (D)		Koefisien selektivitas ( $\alpha$ )
		Cd <sup>2+</sup>	Pb <sup>2+</sup>	
2	Cd/Pb	2,08	0,73	2,81

No.	Biner	Selektivitas Adsorpsi Larutan Biner		
		Distribusi (D)		Koefisien selektivitas ( $\alpha$ )
		Cd <sup>2+</sup>	Ni <sup>2+</sup>	
3	Cd/Ni	1,01	0,61	1,65

- b) Koefisien Selektivitas Adsorpsi Ion Logam Cd(II) pada Larutan Kuartener Cd(II)/Cu(II)/Pb(II)/Ni(II) dari 50 mg Adsorben Nanopartikel Magnetit dengan Konsentrasi  $2,224 \cdot 10^{-4}$  M**

No.	Kuartener	Selektivitas Adsorpsi Larutan Kuartener						
		Distribusi (D)				Koefisien selektivitas ( $\alpha$ )		
		Cd <sup>2+</sup>	Cu <sup>2+</sup>	Pb <sup>2+</sup>	Ni <sup>2+</sup>	Cu <sup>2+</sup>	Pb <sup>2+</sup>	Ni <sup>2+</sup>
1	Cd/Cu/Pb/Ni	1,83	0,78	1,24	1,77	2,35	1,47	1,03

## Lampiran 9. Dokumentasi Kegiatan Penelitian



**Gambar 1.** (a) Larutan  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  dan  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  200 mL (b) Larutan Campuran  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  dan  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$



**Gambar 2.** Proses Penambahan  $\text{NH}_4\text{OH}$  25% sampai Warna Hitam Pekat pH 11



**Gambar 3.** Terbentuk Magnetit yang dapat Ditarik Magnet



**Gambar 4.** Proses Penyaringan Magnetit



**Gambar 5.** Magnetit setelah Dioven 80°C



(a)



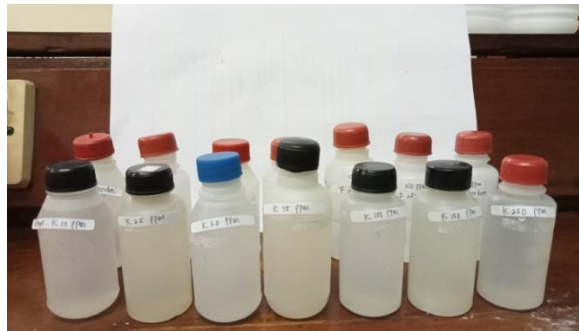
(b)

**Gambar 6.** (a) Proses Penimbangan Adsorben Magnetit (b) Optimasi pH Optimum Larutan Ion Logam Cd(II)





**Gambar 7.** Larutan dikontakkan dengan Adsorben dan *shaker* 200 rpm



**Gambar 8.** Penentuan Kapasitas Adsorpsi



**Gambar 9.** Larutan Biner dan Kuartener



**Gambar 10.** Uji AAS

