

**EKSTRAKSI MAGNETIT (Fe_3O_4) DARI PASIR BESI PESISIR BARAT
SEBAGAI NANOPARTIKEL DENGAN METODE KOPRESIPITASI**

(Skripsi)

Oleh

**YURITA RENARIA
2017011008**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

ABSTRAK

EKSTRAKSI MAGNETIT (Fe_3O_4) DARI PASIR BESI PESISIR BARAT SEBAGAI NANOPARTIKEL DENGAN METODE KOPRESIPITASI

Oleh

YURITA RENARIA

Pasir besi di Provinsi Lampung tersebar di beberapa wilayah salah satunya Kabupaten Pesisir Barat. Pasir Pantai Mandiri Kabupaten Pesisir Barat berwarna abu-abu kehitaman yang mengindikasikan mengandung mineral besi, seperti magnetit. Sampel pasir besi dari Pantai Mandiri dikarakterisasi menggunakan XRF, dari hasil karakterisasi XRF pasir besi Pantai Mandiri mengandung unsur diantaranya Fe 52,854%; Si 20,553%; Ti 7,600%; Al 7,449% dan Ca 6,873%. Metode kopresipitasi merupakan metode yang banyak digunakan untuk menghasilkan nanopartikel magnetit, karena metode ini yang paling sederhana dan memberikan hasil yang tinggi. Pada penelitian ini dilakukan ekstraksi magnetit dari pasir besi Pantai Mandiri menggunakan metode kopresipitasi dengan pelarut HCl 37% serta agen pengendap NH_4OH 25% dan dikarakterisasi menggunakan *X-Ray Fluorescence* (XRF), *X-Ray Diffraction* (XRD) dan *Scanning Electron Microscope* (SEM). Hasil ekstraksi magnetit dari pasir besi Pantai Mandiri dengan variasi pH pada proses pengendapan yaitu pH 9;10;11 diperoleh endapan berwarna hitam dengan persen rendemen berturut-turut 16,42%; 18,24%; dan 21,6%. Hasil ekstraksi Fe_3O_4 dikarakterisasi menggunakan instrumen XRF diperoleh kandungan Fe_3O_4 pada masing-masing pH yaitu 84,074% untuk pH 9; 85,094 untuk pH 10 dan 91,747 untuk pH 11. Hasil ekstraksi pada variasi pH 11 dikarakterisasi menggunakan XRD. Dari hasil analisa XRD diperoleh fasa magnetit dengan ukuran 19,23 nm berstruktur kubik dan memiliki konstanta kisi $a = b = c = 8,3200\text{\AA}$ dengan $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$. Hasil karakterisasi menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM) morfologi Fe_3O_4 bentuknya tidak beraturan dan terjadi aglomerasi.

Kata kunci: Pasir Besi, Magnetit, Kopresipitasi, Nanopartikel.

ABSTRACT

EXTRACTION OF MAGNETITE (Fe₃O₄) FROM PESISIR BARAT IRON SANDS AS NANOPARTICLES BY COPRECIPITATION METHOD

By

YURITA RENARIA

Iron sand in Lampung Province is spread in several areas, one of which is Pesisir Barat Regency. The sand of Mandiri Beach Pesisir Barat Regency is gray-black which indicates it contains iron minerals, such as magnetite. Iron sand samples from Pantai Mandiri were characterized using XRF, from the XRF characterization results the iron sand of Pantai Mandiri contained elements including Fe 52.854%; Si 20.553%; Ti 7,600%; Al 7.449% and Ca 6.873%. The coprecipitation method is a widely used method for producing magnetite nanoparticles, because it is the simplest and gives high yields. In this study, magnetite extraction was carried out from the iron sand of Pantai Mandiri using the coprecipitation method with 37% HCl solvent and 25% NH₄OH precipitating agent and characterized using X-Ray Fluorescence (XRF), X-Ray Diffraction (XRD) and Scanning Electron Microscope (SEM). The results of magnetite extraction from the iron sand of Mandiri Beach with pH variations in the deposition process, namely pH 9; 10; 11 obtained a precipitate of black color with a successive percent yield of 16.42%; 18,24%; and 21.6%. Fe₃O₄ extraction results were characterized using XRF instruments obtained Fe₃O₄ content at each pH which is 84.074% for pH 9; 85.094 for pH 10 and 91.747 for pH 11. Extraction results at pH variation 11 were characterized using XRD. From the results of XRD analysis, a magnetite phase with a size of 19.23 nm is obtained with a cubic structure and has a lattice constant $a = b = c = 8.3200\text{\AA}$ with $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$. The results of characterization using *Scanning Electron Microscope* (SEM) morphology Fe₃O₄ irregular shape and agglomeration occur.

Keywords: Iron Sands, Magnetite, Coprecipitation, Nanoparticles.

**EKSTRAKSI MAGNETIT (Fe_3O_4) DARI PASIR BESI PESISIR BARAT
SEBAGAI NANOPARTIKEL DENGAN METODE KOPRESIPITASI**

Oleh

Yurita Renaria

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA SAINS**

Pada

**Jurusan Kimia
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

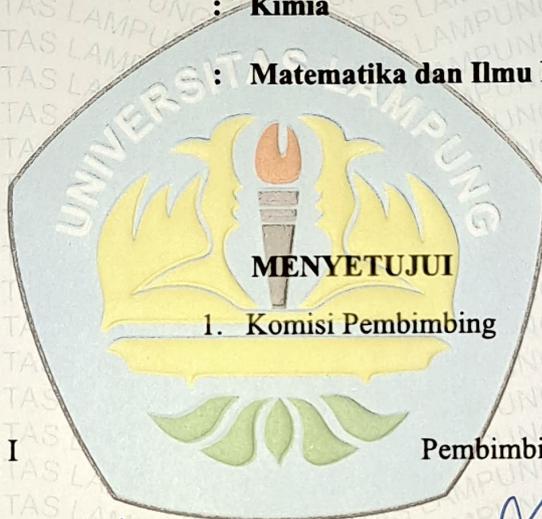
Judul Skripsi : **EKSTRAKSI MAGNETIT (Fe_3O_4) DARI PASIR BESI PESISIR BARAT SEBAGAI NANOPARTIKEL DENGAN METODE KOPRESIPITASI**

Nama Mahasiswa : **Yurita Renaria**

Nomor Pokok Mahasiswa : **2017011008**

Jurusan : **Kimia**

Fakultas : **Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. Zipora Sembiring, M.Si.

NIP. 195901061986032001

Dr. Sudiby, S.T., M.Sc.

NIP. 198203272015021002

2. **Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung**

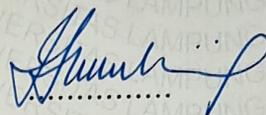
Mulyono, Ph.D.

NIP. 197406112000031002

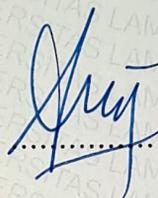
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Dr. Zipora Sembiring, MSi.

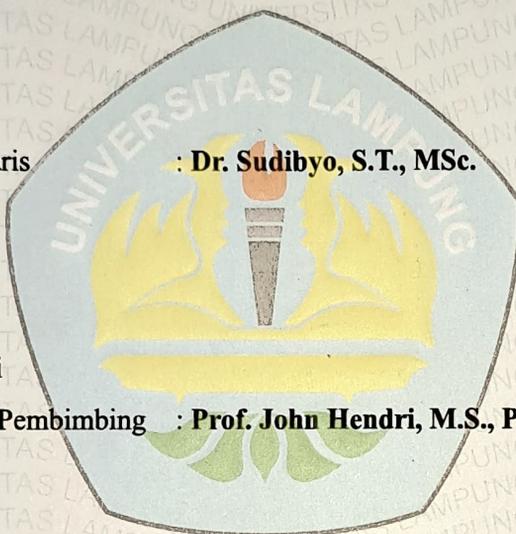


Sekretaris : Dr. Sudibyو, S.T., MSc.



Penguji

Bukan Pembimbing : Prof. John Hendri, M.S., Ph.D.

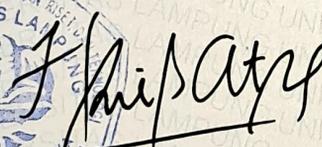


2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si.

NIP. 197110012005011002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 25 April 2024

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Sebagai civitas akademika Universitas Lampung, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Yurita Renaria
NPM : 2017011008
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Perguruan Tinggi : Universitas Lampung

Menyatakan dengan sebenar-benarnya dan sesungguhnya, bahwa skripsi saya berjudul **“Ekstraksi Magnetit (Fe_3O_4) dari Pasir Besi Pesisir Barat sebagai Nanopartikel dengan Metode Kopresipitasi”** adalah bukan saduran/terjemahan, benar karya saya sendiri, baik gagasan, hasil, dan analisisnya dengan arahan dari pembimbing. Selanjutnya saya menyerahkan hak milik atas skripsi ini kepada Universitas Lampung dan oleh karenanya Universitas Lampung berhak melakukan pengelolaan atas skripsi ini sesuai dengan norma hukum dan etika yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sadar dan sebenar-benarnya untuk digunakan sebagai mestinya.

Bandar Lampung, 25 April 2024

Yang menyatakan,



Yurita Renaria

NPM. 2017011008

RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama lengkap Yurita Renaria, lahir di Sukadana Pulau Pisang pada tanggal 04 April 2003. Penulis merupakan anak terakhir dari tiga bersaudara, putri dari Bapak Falyan Zorin dan Ibu Zainam. Penulis berasal dari satu pulau kecil yang ada di ujung Provinsi Lampung, tepatnya di Desa Sukadana, Kecamatan Pulau Pisang, Kabupaten Pesisir Barat.

Penulis memulai pendidikan di Taman Kanak-Kanak (TK) Dharma Wanita Pulau Pisang pada tahun 2008-2009, kemudian melanjutkan pendidikan di Sekolah Dasar Negeri (SDN) Labuhan Pulau Pisang pada tahun 2009-2014. Tahun 2014-2017 melanjutkan Pendidikan menengah pertama di Madrasah Tsanawiyah Nahdlatul Ulama Krui (MTs. NU Krui) dan pada tahun 2017-2020, penulis menempuh Pendidikan menengah atas di Sekolah Menengah Atas Negeri (SMAN) 01 Krui.

Pada tahun 2020 penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Universitas Lampung, Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) melalui jalur SNMPTN. Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) Periode I tahun 2023 pada 06 Januari -11 Februari 2023 di Desa Kubu Likujaya, Kecamatan Batu Ketulis, Kabupaten Lampung Barat. Pada bulan Juli-Agustus 2023 penulis melaksanakan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di Perumda-AM Way Rilau Kota Bandar Lampung di bagian laboratorium dan *quality control*. Pada bulan Oktober 2023 - Januari 2024 penulis melakukan penelitian Tugas Akhir di Laboratorium Mineral Terpadu Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN)

Tanjung Bintang, Lampung Selatan yang diberi Judul “**Ekstraksi Magnetit (Fe_3O_4) dari Pasir Besi Pesisir Barat sebagai Nanopartikel dengan Metode Kopersipitasi**”.

PERSEMBAHAN

Puji Syukur kepada Allah SWT atas limpahan rahmat dan kasih sayangNya yang selalu menyertai dalam setiap proses perkuliahan, sehingga terciptalah sebuah karya ini yang kupersembahkan sebagai wujud bakti dan tanggung jawabku kepada:

1. Kedua orang tuaku, Ibu Zainam dan Bapak Falyan Zorin. Terima kasih atas perjuangan, pengorbanan, doa, dan kasih sayang tulus yang telah diberikan kepadaku.
2. Kakak-kakakku tersayang, Agung Septama Andri Faza, Evan Gelista dan Astuti Aisyah yang selalu mendukung, memberikan semangat dan motivasi, serta doa yang tulus.
3. Keluarga besar Datuk Yusra dan keluarga besar Datuk Moenif yang selalu mendukung, memotivasi dan turut mendoakan keberhasilanku.
4. Dosen-dosen dan staf Jurusan Kimia.
5. Almamaterku tercinta, Universitas Lampung.

MOTTO

لَا يُكَلِّفُ اللَّهُ نَفْسًا إِلَّا وُسْعَهَا

Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya.

(Q.S. Al-Baqarah: 286)

إِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا

فَإِذَا فَرَغْتَ فَانصَبْ

وَإِلَىٰ رَبِّكَ فَارْغَبْ

Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan, maka apabila kamu telah selesai (dari sesuatu urusan), kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan) yang lain, dan hanya kepada Tuhanmulah hendaknya kamu berharap.

(Q.S. Al-Insyirah: 6-8)

SANWACANA

Puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah yang Maha Esa berkat hidayah serta inayah-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“Ekstraksi Magnetit (Fe_3O_4) dari Pasir Besi Pesisir Barat sebagai Nanopartikel dengan Metode Kopresipitasi”** sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada program studi Kimia FMIPA Universitas Lampung.

Penulis menyadari bahwa dalam proses pengerjaan dan penulisan skripsi ini tidak terlepas dari kesulitan dan rintangan. Semua bisa penulis lewati berkat pertolongan Allah SWT, dan bantuan, bimbingan, saran, serta kritik yang telah diberikan berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini sebagai wujud rasa hormat, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, M.Si., selaku Dekan FMIPA Universitas Lampung;
2. Bapak Mulyono, Ph.D., selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung;
3. Ibu Dr. Zipora Sembiring, M.Si., selaku Pembimbing Utama yang telah sabar membimbing, memberikan ilmu, nasihat, semangat, kritik serta saran kepada penulis, sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik;
4. Bapak Dr. Sudibyso, M.Sc., selaku Pembimbing Kedua yang telah sabar membimbing, memberikan ilmu, nasihat, kritik dan saran kepada penulis, sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik;
5. Bapak Prof. John Hendri, Ph.D., selaku Pembahas yang telah memberikan, kritik, saran, dan arahan kepada penulis, sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik;

6. Bapak dan Ibu Dosen, laboran, staff, dan karyawan Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung yang telah memberikan banyak ilmu dan pengalaman kepada penulis selama kuliah. Semoga Tuhan Yang Maha Esa membalas kebaikan Bapak dan Ibu;
7. Bapak dan Ibu Peneliti, staff, dan karyawan Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) Tanjung Bintang yang telah memberikan banyak ilmu dan pengalaman kepada penulis selama penelitian di Kawasan Sains Iskandar Zulkarnain BRIN Tanjung Bintang. Semoga Tuhan Yang Maha Esa membalas kebaikan Bapak dan Ibu;
8. Orang tuaku tercinta, Bapak Falyan Zorin dan ibu Zainam yang telah mendidik, mendoakan, mendukung, dan menyanyangiku setulus hati;
9. Kakak-kakakku, Agung Septama Andri Faza, Evan Gelista dan Astuti Aisyah yang selalu mendoakan, memberikan semangat dan dukungan kepada penulis;
10. Keluarga besarku yang telah memberikan dukungan, motivasi dan nasehat serta doa untuk keberhasilanku;
11. Intan Aldara, Lisa Rahmawati, dan M. Rafli Akbar selaku partner dalam penelitian dan teman seperbimbingan yang telah menemani, membantu, memberikan dukungan, dan bekerja sama hingga penelitian dan skripsi ini dapat terselesaikan;
12. Dea Adelia Sotya Thian, Annisa Nur Qurbaini, Dinda Abdillah dan Dina Novita selaku teman sekelas terdekat yang selalu menemani, memberikan dukungan, canda tawa, dan semangat dalam menjalani semester demi semester bersama penulis;
13. Kakak-kakak rekan penelitian penulis di BRIN, Vinda, Hirson, Anwar, Reza dan Roihaposan yang telah membantu, memberi dukungan serta arahan kepada penulis selama penelitian;
14. Ustadzah Zakiyah Assegaf, Ummi Fatimah Alaydrus, Ummah Nina Almusawa yang telah memberikan semangat, dukungan dan motivasi serta doa yang tulus kepada penulis, sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik;

15. Teman-teman Majelis Raudhotunnisa yang telah memberikan semangat, dukungan dan motivasi serta doa yang tulus kepada penulis, sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik;
16. Keluarga besar Kimia C 2020 yang telah menjadi teman dan keluarga bagi penulis di jenjang perkuliahan ini. Semoga kita semua bisa menjadi orang yang sukses di masa depan serta berguna bagi keluarga, nusa, dan bangsa;
17. Almamater tercinta, Universitas Lampung
18. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah membantu dan memberikan dukungan dalam penyelesaian skripsi ini.

Semoga Tuhan Yang Maha Esa membalas kebaikan dan ketulusan Bapak, Ibu, serta rekan-rekan semua. Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih banyak kekurangan dan jauh dari kata sempurna. Penulis berharap semoga skripsi ini bermanfaat untuk semua pembaca.

Bandar Lampung, 25 April 2024
Penulis,

Yurita Renaria

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR ISI	ii
DAFTAR GAMBAR	iv
DAFTAR TABEL	iv
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan Penelitian	4
1.3. Manfaat Penelitian	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Pasir	6
2.2. Jenis Pasir	6
2.2.1. Pasir Silika/Kuarsa	6
2.2.2. Pasir Zeolit	7
2.2.3. Pasir Zirkon	7
2.2.4. Pasir besi	8
2.3. Magnetite (Fe ₃ O ₄)	9
2.4. Metode Ekstraksi	10
2.4.1. Metode Sol-Gel	11
2.4.2. Metode Hidrotermal	11
2.4.3. Metode Kopresipitasi	12
2.5. Karakterisasi	14
2.5.1. <i>X-Ray fluorescence</i> (XRF)	14
2.5.2. <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD)	15
2.5.3. <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM)	17
2.6. Aplikasi Magnetit (Fe ₃ O ₄)	18
III. METODE PENELITIAN	20
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian	20
3.2. Alat dan Bahan	20
3.2.1. Alat	20
3.3.1. Teknik Sampling	21
3.3.2. Preparasi	21
3.3.3. Karakterisasi	23

3.3.4. Pengolahan Data.....	24
3.3.5. Diagram Alir.....	24
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	27
4.1. Preparasi Sampel.....	27
4.2. Karakterisasi XRF Pasir Besi	28
4.3. Ekstraksi Fe ₃ O ₄	29
4.4. Pembentukan Nanopartikel Fe ₃ O ₄	30
4.5. Karakterisasi Magnetit (Fe ₃ O ₄)	34
4.5.1. <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	34
4.5.2. <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM).....	36
V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	39
5.1 Kesimpulan	39
5.2. Saran	39
DAFTAR PUSTAKA.....	41
LAMPIRAN.....	49
Lampiran 1. Perhitungan ukuran kristal Fe ₃ O ₄	50
Lampiran 2. Perhitungan persen rendemen.....	51
Lampiran 3. Spektra karakterisasi XRF	52
Lampiran 4. Hasil uji XRD Fe ₃ O ₄	54
Lampiran 5. Hasil uji SEM	55
Lampiran 6. Dokumentasi Proses Penelitian	56

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Proses Pembentukan Pasir Besi	9
2. Struktur Kristal Magnetit	10
3. Instrumen XRF Merk Panalytical Epsilon 3 XLE.	15
4. Instrument XRD Merk Panalytical XPert 3 Powder.....	15
5. Contoh Pola XRD Nanopartikel Fe_3O_4	16
6. Instrumen SEM Merk Thermo Scientific Quatro S.....	17
7. Diagram skematik dan cara Kerja SEM	18
8. Skema Alur Kerja Sampling.....	24
9. Skema Alur Kerja Preparasi Sampel.....	25
10. Skema Alur Kerja Ekstraksi Fe_3O_4 dari Pasir Besi	26
11. Pasir Besi yang Sudah Dipreparasi	27
12. Filtrat Hasil Ekstraksi Fe_3O_4	30
13. Hasil Ekstraksi Fe_3O_4 (a) pH 9, (b) pH 10, (c) pH 11	31
14. Analisis XRD Fe_3O_4	34
15. Hasil uji SEM untuk Perbesaran (a) 1000x, (b) 5000x, (c) 10000x.....	37

DAFAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 1. Hasil XRF Pasir Besi Pantai Mandiri dengan Pantai Lansilowo (Pantai Pemandangan)	28
Tabel 2. Hasil Karakterisasi Unsur.....	32
Tabel 3. Hasil Karakterisasi Oksida.....	33
Tabel 4. EDS Mapping Hasil Ekstraksi Fe ₃ O ₄ pada Variasi Pengendapan pH 11.	36

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Provinsi Lampung memiliki garis pantai sepanjang ± 1.105 km, yang membentuk empat wilayah pesisir, yaitu Pantai Barat (221 km), Teluk Semaka (200 km), Teluk Lampung (254 km), Selat Sunda (160 km) dan Pantai Timur (270 km) (BPS 2020; Buchari dkk., 2022). Panjangnya garis pantai tersebut mengindikasikan banyaknya lahan pasir pantai di Provinsi Lampung. Selama ini pasir hanya dimanfaatkan sebagai bahan bangunan, padahal pasir banyak mengandung mineral berharga yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan industri (Afdal dan Niarti, 2013).

Pasir pantai mengandung beberapa unsur seperti Fe, Si, C, Mn, Mg, Al dengan presentase yang bergantung pada lokasi pasir tersebut (Silvia dkk., 2018). Pasir Pantai yang berwarna hitam biasanya dikenal sebagai pasir besi (Rianto *et al.*, 2018). Pasir besi mengandung mineral seperti magnetit (Fe_3O_4), hematit (Fe_2O_3), dan ilmennit (FeTiO_3) serta mineral pirit (FeS), kalkopirit (CuFeS_2), almandit [$\text{Fe}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$] yang terbentuk karena proses penghancuran batuan asal oleh cuaca dan air permukaan yang kemudian tertransportasi dan diendapkan di sepanjang pantai (Rumbino dan Krisnasiwi, 2019). Pasir besi di Provinsi Lampung tersebar di beberapa wilayah salah satunya Kabupaten Pesisir Barat (Supriyatna *et al.*, 2020).

Keadaan wilayah sepanjang pantai Pesisir Barat umumnya datar dan bergelombang dengan kemiringan sekitar $10,8^\circ$ - 18° . Di bagian barat laut Kabupaten Pesisir Barat terdapat gunung-gunung dan bukit, diantaranya gunung Pugung (± 1.964) dan Bukit Barisan Selatan. Kabupaten Pesisir Barat memiliki

garis pantai \pm 221,5 km (Jalaludin dkk., 2021). Kabupaten Pesisir Barat terdiri dari 11 kecamatan, diantaranya Kecamatan Pesisir Tengah, Karya Penggawa dan Krui Selatan. Secara visual pasir pantai di kecamatan tersebut berwarna putih, abu-abu dan hitam. Pasir pantai yang berwarna abu-abu, gelap atau kehitaman mengandung mineral besi khususnya magnetit (Andani dan Octova, 2020).

Magnetit merupakan campuran dari oksida besi yang terbentuk dari reaksi oksida besi (II) dan besi (III) yang mempunyai sifat unggul berupa sifat magnetiknya yang lebih kuat (Sari, 2017). Magnetit bersifat *amfoter* dan memiliki daya serap yang tinggi (Horák *et al.*, 2007). Magnetit menarik perhatian para ahli sebagai bahan kajian dalam bidang teknologi nano karena memiliki peluang aplikasi yang luas pada bidang teknologi *ferrofluid* dalam *rotary shaft scalling*, *oscillation dumping*, dan *position sensing*, dan sebagai material pada *magnetic storage devices*, *magnetic refrigeration system* (Ermawati dan Ratnawati, 2011). Magnetit merupakan salah satu jenis material nano yang saat ini banyak dikembangkan (Alqadami *et al.*, 2016). Teknologi nano adalah teknologi yang melibatkan atom dan molekul dengan ukuran lebih kecil dari 1000 nanometer. Nanoteknologi berhubungan dengan bagaimana mengatur material, struktur dan fungsi suatu zat dalam skala nano, sehingga dapat menghasilkan fungsi materi baru (Munasir dkk., 2012).

Berbagai metode telah banyak dikembangkan untuk menghasilkan Fe_3O_4 antara lain metode sol-gel, hidrotermal dan kopresipitasi (Hamed *et al.*, 2017). Diantara metode-metode yang telah dikembangkan terdapat kelebihan dan kekurangan. Metode sol-gel memiliki kelebihan diantaranya homogenitas dan kemurnian produknya tinggi (Chellappa dan Vijayalakshmi, 2019). Namun, metode sol-gel juga memiliki kekurangan adalah biaya bahan baku relatif tinggi, waktu pemrosesan lama, terjadi depresiasi selama proses pengeringan dan sering terjadi keretakan produk pada saat pengeringan (Ningsih, 2016). Sintesis nanopartikel dengan metode hidrotermal memiliki kelebihan yaitu prosesnya sederhana, suhu reaksi rendah (200°C) dan produk yang dihasilkan mempunyai kemurnian yang tinggi (Morita, 2010). Kelarutan material awal harus diketahui, *slurry* hidrotermal

bersifat korosif dan penggunaan bejana bertekanan tinggi akan berbahaya jika terjadi kecelakaan merupakan kelemahan dari metode hidrotermal (Ningsih, 2016). Metode kopresipitasi memiliki keuntungan yaitu metode yang sederhana, ukuran partikel dapat dikontrol (Pejjai *et al.*, 2020), keuntungan utama dari metode kopresipitasi adalah biaya relatif rendah dan ramah lingkungan (Lai *et al.*, 2014). Secara umum, setiap masing-masing metode memiliki kelebihan dan kekurangan. Menurut (Sari, 2017) metode kopresipitasi merupakan metode yang banyak dipakai untuk menghasilkan nanomaterial magnetit, karena metode ini yang paling mudah dilakukan dan memberikan hasil tinggi. Secara umum, massa nanopartikel Fe_3O_4 yang dihasilkan dengan metode kopresipitasi lebih besar dibandingkan dengan metode lainnya (Indrayana, 2019).

Pada penelitian (Prasetyowati dkk., 2021) telah dilakukan ekstraksi Fe_3O_4 dari pasir besi Pantai Glagah Kulon Progo, Yogyakarta menggunakan metode kopresipitasi dengan berbagai variasi konsentrasi agen pengendap (NH_4OH 10%, 15%, 20%, dan 25%). Karakterisasi XRD, SEM & EDS, dan VSM dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi konsentrasi larutan pengendap NH_4OH terhadap struktur nano dan sifat kemagnetan magnetit (Fe_3O_4) yang dihasilkan. Berdasarkan hasil XRD, variasi konsentrasi larutan pengendap NH_4OH mempengaruhi ukuran kristal yang terbentuk tetapi tidak mempengaruhi struktur kristal dan nilai parameter kisinya.

Pada penelitian (Wibowo *et al.*, 2021) dilakukan sintesis nanopartikel Fe_3O_4 dari pasir besi Kulon Progo, Yogyakarta dengan metode kopresipitasi dengan waktu pengadukan yang bervariasi. Hasil akhirnya adalah serbuk nanopartikel Fe_3O_4 hitam dengan diameter partikel rata-rata 14,68 nm. Pada penelitian ini waktu pengadukan sangat berpengaruh pada ukuran partikel yang didapatkan. Efek waktu pengadukan menunjukkan bahwa 6 jam adalah waktu yang optimal untuk menghasilkan ukuran kristal yang lebih kecil dibandingkan dengan waktu pengadukan 8 jam, 7 jam dan 5 jam.

Berdasarkan uraian di atas, maka pada penelitian ini dilakukan ekstraksi Fe_3O_4 dari pasir besi Pantai Mandiri, Kecamatan Krui Selatan Kabupaten Pesisir Barat Lampung menggunakan metode kopresipitasi dengan variasi pH pada reaksi pengendapan dan dikarakterisasi menggunakan XRF untuk mengetahui mineral yang terkandung didalamnya, XRD untuk mengetahui fasa yang terbentuk dan ukuran nanopartikelnya, dan SEM-EDS untuk mengetahui morfologi permukaan Fe_3O_4 yang dihasilkan.

1.2. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui kandungan pasir besi Pantai Mandiri, Kecamatan Krui Selatan Kabupaten Pesisir Barat, Lampung.
2. Memperoleh Fe_3O_4 dari pasir besi Pantai Mandiri, Kecamatan Krui Selatan Kabupaten Pesisir Barat, Lampung menggunakan metode kopresipitasi.
3. Mendapatkan nanopartikel Fe_3O_4 dan mengetahui fasa dan ukuran Fe_3O_4 yang dihasilkan dari ekstraksi pasir besi Pantai Mandiri, Kecamatan Krui Selatan Kabupaten Pesisir Barat, Lampung.
4. Mengetahui pH pengendapan yang paling optimum untuk menghasilkan nanopartikel Fe_3O_4 .

1.3. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menambah referensi tentang mineral yang terkandung dalam pasir besi Pesisir Barat.
2. Meningkatkan potensi pemanfaatan pasir besi daerah Pesisir Barat sebagai nanopartikel.

3. Sebagai sumbangsih terhadap ilmu pengetahuan khususnya bidang material anorganik dalam proses ekstraksi magnetit dari pasir besi Pesisir Barat menggunakan metode kopresipitasi.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pasir

Pasir merupakan material granular alami yang belum terkonsolidasi terdiri dari butiran-butiran berukuran dari 0,0625 - 2 mm. Pasir terbentuk karena adanya proses pelapukan fisika dan kimia batuan (Ridwan dkk., 2018). Pasir berasal dari satuan batuan breksi vulkanik *fragments* dan *matriks support* (Solihin, 2013). Butiran pasir dapat berupa mineral tunggal, butiran batuan atau biogenik (Ridwan dkk., 2018). Materi pembentuk pasir adalah silikon dioksida, namun di beberapa pantai subtropis dan tropis umumnya batu kapur (Perdana dan Rusdiyantoro, 2013).

2.2. Jenis Pasir

Pasir dapat diklasifikasikan secara fisik ataupun kandungan mineral penyusunnya (Holtz *and* Kovacs, 1981). Klasifikasi pasir berdasarkan sifat fisiknya dapat dibedakan berdasarkan bentuk, ukuran, warna dan densitas air. Klasifikasi pasir juga dapat dilakukan dengan melihat perbedaan dari material kimiawi penyusunnya (Saniah dkk., 2014). Adapun klasifikasi pasir diantaranya adalah sebagai berikut:

2.2.1. Pasir Silika/Kuarsa

Pasir kuarsa atau dikenal juga dengan sebutan pasir putih merupakan hasil pelapukan batuan yang mengandung mineral utama kuarsa dan *feldspar*, yang

kemudian tercuci dan terbawa oleh air ataupun angin, dan mengendap di tepi-tepi sungai, danau atau laut (Fairus dkk., 2009). Pasir kuarsa mempunyai komposisi gabungan dari SiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3 , TiO_2 , CaO , MgO , dan K_2O . Pasir kuarsa umumnya ditemukan dengan ukuran butiran yang bervariasi dalam distribusi yang melebar, mulai dari fraksi halus (0,06 mm) sampai dengan ukuran kasar (2 mm) (Kusnaedi, 2010).

Pasir silika berwarna putih bening atau warna lain tergantung pada senyawa pengotornya, memiliki kekerasan 7 (skala Mohs), berat jenis 2,65, titik lebur 17-150°C, bentuk kristalnya heksagonal dan kapasitas panas spesifiknya adalah 0,185 (Kusnaedi, 2010). Pasir kuarsa dapat dimanfaatkan dalam berbagai industri, seperti industri gelas, optik, keramik dan abrasif. Pasir kuarsa juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar atau bahan tambahan pada pembuatan jalan tol, jalan raya, bahan bangunan dan *airport* (Ramadhan dan Suparma, 2018).

2.2.2. Pasir Zeolit

Zeolit merupakan kristal alumina silika terhidrasi dengan kation-kation alkali tanah. Struktur zeolit terdiri dari unit-unit tetrahidrat AlO_4 dan SiO_4 yang saling berhubungan melalui atom O dan didalam struktur tersebut Si^{4+} dapat diganti dengan Al^{3+} (Ardhiany, 2019). Pasir zeolit berasal dari batuan-batuan zeolit yang telah terpecah menjadi beberapa bagian atau *mesh*. Zeolit berukuran 0,7-8 mm (Zuhriyah dkk., 2021). Pasir zeolit berbentuk serbuk dan warna hijau (Suhana, 2003). Pasir zeolit aktif berfungsi menambah kadar oksigen dan menurunkan kadar besi/mangan yang berlebihan dalam air (Zuhriyah dkk., 2021).

2.2.3. Pasir Zirkon

Zirkonium silikat (ZrSiO_4) atau pasir zirkon merupakan mineral zirkonium yang paling melimpah di bumi. Pasir zirkon ditemukan dalam bentuk mineral aksesori

pada batuan beku hasil pembekuan magma yang kaya akan silika seperti granit, pegmatit, dan sienit nefelin. Umumnya pasir zirkon ($ZrSiO_4$) mengandung beberapa senyawa seperti titanium dalam mineral rutil (TiO_2) dan ilmenit ($FeTiO_2$), logam tanah jarang (LTJ) seperti (Y, Dy, Tb, Gd, La, Ce, Nd, Pr, Sm), dan *naturally occurring radioactive materials* (NORM) seperti U_3O_8 dan ThO_2 (Prengky dan Patrisia 2015). Pasir zirkon berwarna putih bening, kuning, kecoklatan, kehijauan hingga coklat kemerahan tergantung pada mineral pengotornya, memiliki kekerasan 6,5 – 7,5 (Wianto dkk., 2008.).

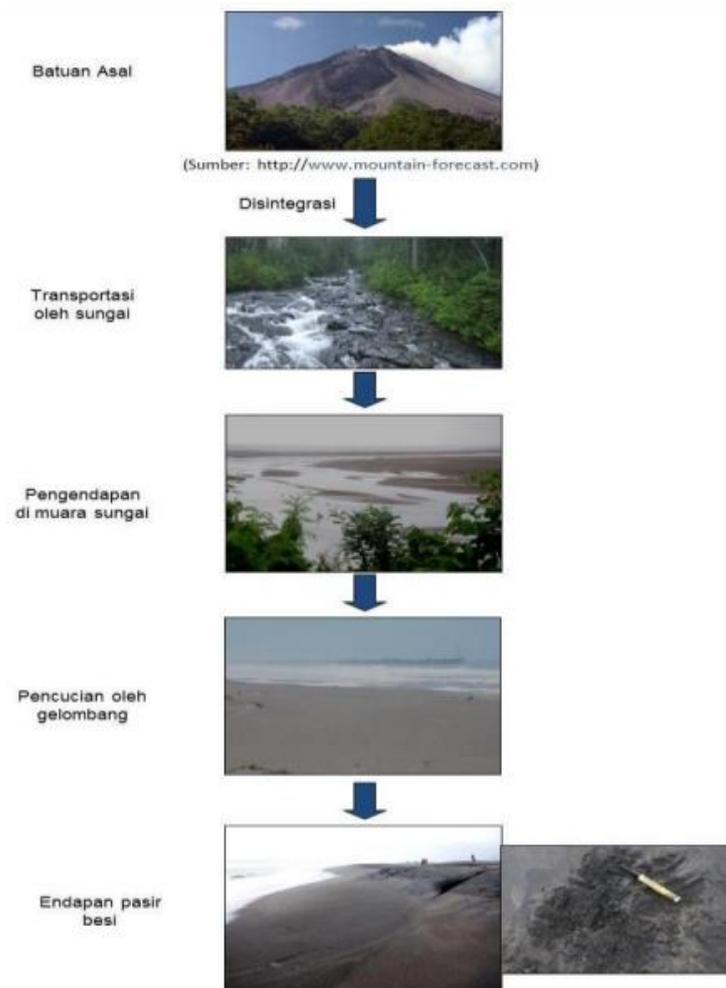
Dalam industri keramik, pasir zirkon berfungsi sebagai penguat dan glasir yang berperan untuk menghasilkan keramik putih dan keramik berwarna yang bermutu tinggi, khusus keramik untuk keperluan rumah tangga (*tableware*) dan keramik ubin (Casasola *et al.*, 2012).

2.2.4. Pasir besi

Pasir besi merupakan pasir yang mengandung partikel besi, yang terdapat di sepanjang pantai. Pasir besi terbentuk karena adanya proses penghancuran batuan asal oleh cuaca dan air permukaan yang kemudian ditransportasi oleh aliran sungai, gelombang, dan arus laut, yang kemudian diendapkan di sepanjang pantai (Rumbino dan Krisnasiwi, 2019). Sumber mineral endapan pasir besi pantai sebagian besar berasal dari batuan gunung api bersifat andesit-basal. Pembentukan endapan pasir besi dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain batuan asal, media transportasi, proses perombakan serta tempat pengendapannya (Andani dan Octova, 2020).

Pasir besi berwarna abu-abu gelap atau kehitaman, berbutir sangat halus dengan ukuran antara 0,075-0,15 mm, densitas 2-5 gr/cm³, dan derajat kemagnetan (MD) 6,40-27,16%. Pasir besi mengandung mineral seperti magnetit (Fe_3O_4), hematit (Fe_2O_3), dan ilmenit ($FeTiO_3$) serta mineral pirit (FeS) dan SiO_2 bebas (Rumbino dan Krisnasiwi, 2019). Pasir besi setiap daerah memiliki kandungan mineral

magnetik maupun non-magnetik yang beragam. Pasir besi yang memiliki kandungan magnetite (Fe_3O_4) tinggi akan memberikan sifat kemagnetan yang kuat sedangkan yang memiliki banyak mineral *gangue* seperti beberapa unsur lain seperti Mg, Si, dan Ca akan menurunkan sifat kemagnetan pasir besi (Karbeka dkk., 2020). Salah satu bahan mineral magnetik pasir besi bisa dijadikan ukuran nano dan saat ini banyak dikembangkan adalah magnetit (Alqadami *et al.*, 2016).

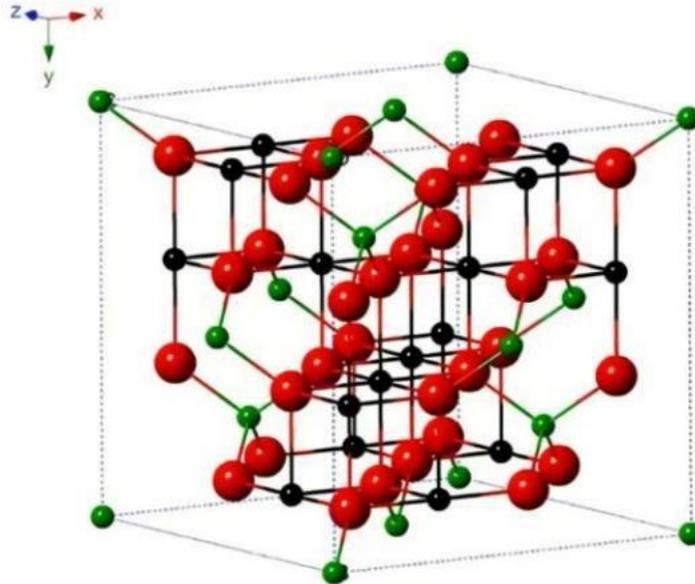


Gambar 1. Proses Pembentukan Pasir Besi (Andani dan Octova, 2020).

2.3. Magnetit (Fe_3O_4)

Magnetit dapat ditemukan secara bebas dan melimpah di alam dalam pasir besi. Magnetit memiliki sifat fisik yang meliputi sifat mekanik, optik, magnetik,

elektromagnetik, akustik dan termodinamik, sementara sifat kimianya meliputi reaktivitas, laju reaksi, ikatan kimia, dan stabilitas dalam reaksi kimia. Magnetit mempunyai struktur kubik invers spinel, dimana Fe^{2+} menempati rongga kisi oktahedral dan Fe^{3+} menempati rongga kisi tetrahedral (Sun *et al.*, 2014).



Gambar 2. Struktur Kristal Magnetit (Wu *et al.*, 2015).

Berdasarkan gambar 2, struktur kristal magnetit memiliki 8 kation divalent Fe^{2+} menempati sisi oktahedral, 8 kation trivalen Fe^{3+} menempati sisi tetrahedral, dan 8 kation Fe^{3+} juga menempati sisi oktahedral. Kation Fe^{3+} yang menempati sisi tetrahedral dan oktahedral memiliki resultan momen magnetik yang sama besar, namun orientasi berlawanan (Khan *et al.*, 2011).

2.4. Metode Ekstraksi

Ada beberapa metode yang dapat dilakukan untuk menghasilkan Fe_3O_4 antara lain:

2.4.1. Metode Sol-Gel

Metode sol-gel adalah suatu proses untuk pembuatan material anorganik melalui suatu reaksi kimia dalam suatu larutan pada suhu relative yang rendah (Elma dkk., 2018). Banyak parameter yang perlu diperhatikan dalam metode sol-gel, seperti pH, suhu, metode pengadukan (Sanpo *et al.*, 2013). Metode sol-gel memiliki kelebihan yaitu, homogenitas dan kemurnian produknya tinggi, ramah lingkungan karena limbah yang dihasilkan cukup rendah proses pembentukan kristalinitasnya cepat (Ningsih dkk., 2017). Namun, metode sol-gel juga memiliki beberapa kekurangan, yaitu membutuhkan prekursor, waktu pemrosesan relatif lama, terjadi pengurangan massa pada gel selama pemanasan (Ningsih, 2016).

Pada penelitian (Xu *et al.*, 2007) telah dihasilkan nanopartikel Fe_3O_4 dengan metode sol-gel yang dikombinasikan dengan penganilan di bawah vakum pada suhu 200 - 400°C menunjukkan bahwa nanopartikel Fe_3O_4 berukuran berbeda dengan memvariasikan suhu penganilan. Nilai magnetisasi jenuh dan nilai koersivitas meningkat dengan meningkatnya ukuran Fe_3O_4 . Ukuran nanopartikel magnetit, dihitung dari pelebaran puncak XRD menggunakan rumus Scherrer. Semakin kecil suhu penganilan, ukuran nanopartikel Fe_3O_4 yang diperoleh juga semakin kecil.

2.4.2. Metode Hidrotermal

Metode hidrotermal melibatkan pemanasan reaktan dalam wadah tertutup (*autoclave*) menggunakan air. Jika titik didih air pada saat pemanasan di atas titik didih normalnya yaitu 373K disebut dengan kondisi *superheated water*. Kondisi dimana tekanan meningkat di atas tekanan atmosfer (Ningsih, 2016). Hasil akhir sintesis dalam metode hidrotermal dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti jenis pelarut, suhu, dan durasi (Denkbaş *et al.*, 2016).

Sintesis nanopartikel dengan metode hidrotermal memiliki kelebihan yaitu prosesnya sederhana, suhu reaksi rendah (200°C) dan produk yang dihasilkan

mempunyai kemurnian yang tinggi (Morita, 2010). Kelemahan dari metode ini adalah kelarutan material awal harus diketahui, *slurry* hidrotermal bersifat korosif dan penggunaan bejana bertekanan tinggi akan berbahaya jika terjadi kecelakaan (Ningsih, 2016).

Pada penelitian (Ahmadi *et al.*, 2012) telah dihasilkan nanopartikel Fe_3O_4 dengan metode hidrotermal. FeCl_2 , FeCl_3 dan NaOH dengan rasio molar 1: 2: 8 dimasukkan dalam *autoclave hydrothermal* dan dipanaskan dengan berbagai variasi suhu (100°C ; 150°C ; 200°C) dan dikarakterisasi menggunakan XRD, SEM-TEM, dan VSM, ukuran kristal Fe_3O_4 yang diperoleh adalah 13,4 nm; 20,8 nm; 22,8 nm. Hasil karakterisasi XRD, SEM-TEM, dan VSM menunjukkan bahwa kristal rata-rata dan ukuran fisik nanokristal Fe_3O_4 yang dihasilkan meningkat dengan meningkatnya suhu. Sifat superparamagnetik, saturasi magnetisasi, dan koersivitas nanokristal yang dihasilkan juga meningkat dengan meningkatnya suhu.

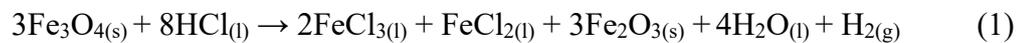
2.4.3. Metode Kopresipitasi

Metode kopresipitasi adalah suatu metode yang memiliki tahapan paling sederhana dan tidak memerlukan perlakuan suhu tinggi, untuk proses ekstraksi Fe_3O_4 ($T < 120^\circ\text{C}$). Metode kopresipitasi terdiri dari 3 tahapan utama, yaitu pembuatan garam logam prekursor, pembentukan nanopartikel melalui reaksi basa alkali dan proses pencucian *slurry* serta pengeringan *slurry* yang telah dicuci dengan akuades (Indrayana, 2019). Metode kopresipitasi merupakan metode yang paling efektif karena metode ini dapat dilakukan pada kondisi lingkungan yang normal. Dalam sintesisnya metode ini menggunakan pasangan asam dan basa. Asam berfungsi sebagai pelarut dan basa membawa zat terlarut kebawah sehingga terbentuk endapan yang dikehendaki (Mairoza dan Astuti, 2016).

Metode kopresipitasi memiliki keuntungan yaitu metode yang sederhana, ukuran partikel dapat dikontrol (Pejjai *et al.*, 2020), keuntungan utama dari metode

kopresipitasi adalah biaya relatif rendah dan ramah lingkungan (Lai *et al.*, 2014). Namun, metode kopresipitasi memiliki kelemahan, yaitu distribusi ukuran butir nanopartikel cenderung besar serta polidisversivitas partikel kecil (Indrayana, 2019).

Pada penelitian (Safitri *et al.*, 2021) telah dilakukan ekstraksi Fe₃O₄ dari pasir besi Pantai Batanghari, Jambi menggunakan metode kopresipitasi dengan HCl sebagai pelarut dan NH₄OH sebagai agen pengendap. Pasir Besi Pantai Batanghari yang sudah dipreparasi dilarutkan dalam HCl 37%. Proses yang terjadi antara pasir besi dan HCl menghasilkan reaksi sebagai berikut:



Setelah larutan terbentuk, disaring menggunakan kertas saring dan diambil filtratnya, kemudian filtrat ditambahkan NH₄OH. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Endapan yang terbentuk dikeringkan dalam oven pada suhu 120°C selama 2 jam untuk menguapkan kadar airnya. Kemudian disinterring dengan berbagai suhu, yaitu 300, 400 dan 500°C. Nanopartikel Fe₃O₄ dikarakterisasi menggunakan XRD. Berdasarkan hasil XRD, ukuran nanopartikel yang terbentuk semakin tinggi dengan meningkatnya suhu sinterring.

Pada penelitian (Prasetyowati dkk., 2021) telah dilakukan ekstraksi Fe₃O₄ dari pasir besi Pantai Glagah Kulon Progo, Yogyakarta menggunakan metode kopresipitasi dengan berbagai variasi konsentrasi agen pengendap (NH₄OH 10%, 15%, 20%, dan 25%). Karakterisasi XRD, SEM & EDS, dan VSM dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi konsentrasi larutan pengendap NH₄OH terhadap struktur nano dan sifat kemagnetan magnetit (Fe₃O₄) yang dihasilkan. Berdasarkan hasil XRD, variasi konsentrasi larutan pengendap NH₄OH mempengaruhi ukuran kristal yang terbentuk tetapi tidak mempengaruhi struktur kristal dan nilai parameter kisinya.

2.5. Karakterisasi

2.5.1. *X-Ray fluorescence* (XRF)

X-Ray fluorescence (XRF) adalah suatu instrumen untuk analisis unsur yang terkandung dalam bahan secara kualitatif maupun kuantitatif. Analisis kualitatif mengenai jenis unsur yang terkandung dalam bahan yang dianalisis, yang ditunjukkan oleh adanya spektrum unsur pada energi sinar-X. Sedangkan analisis kuantitatif mengenai jumlah unsur yang terkandung dalam bahan yang ditunjukkan oleh ketinggian puncak spektrum (Jamaludin dan Adiantoro, 2012). Prinsip pengukuran pada XRF berdasarkan atas terjadinya proses eksitasi elektron pada kulit atom bagian dalam ketika atom dari suatu unsur tersebut dikenai sinar-X, sehingga terjadi kekosongan elektron. Kekosongan elektron tersebut akan diisi oleh elektron bagian luar dengan melepaskan energi yang spesifik untuk setiap unsur (Saksono, 2002).

Dalam prosesnya, analisis XRF diperoleh dari tumbukan atom-atom pada permukaan sampel oleh sinar-X. Saat sinar-X ditembakkan ke sampel, Sebagian sinar akan diabsorpsi dan dihamburkan. Pada saat sinar-X diabsorpsi oleh atom dengan memindahkan energi ke elektron yang lebih dalam disebut efek fotolistrik (Jafar, 2017). Efek fotolistrik terjadi karena elektron dari atom target (sampel) terkena sinar energi tinggi (sinar gamma, sinar-X). Ketika energi pancaran lebih tinggi dari energi ikat detektor di orbital K, L, atau M atom target, detektor di atom target meninggalkan orbitalnya. Sehingga terjadi kekosongan detektor pada atom target. Kekosongan ini diisi dengan elektron dari orbital luar, diikuti dengan pelepasan energi berupa sinar-X (Munasir dkk, 2012).



Gambar 3. Instrumen XRF Merk Panalytical Epsilon 3 XLE.

2.5.2. X-Ray Diffraction (XRD)

X-ray Diffraction (XRD) merupakan instrumen yang digunakan untuk melakukan karakterisasi dengan memanfaatkan sifat sinar-X yang memiliki Panjang gelombang antara 0,1 hingga 10 nm. Arah dan bidang kisi pada suatu kristal dapat diidentifikasi oleh difraksi sinar-X dengan mengamati interferensi konstruktif yang dihasilkan pada sudut tertentu (Hamid, 2021). *X-ray Diffraction (XRD)* juga digunakan untuk mengkarakterisasi struktur kristal dan parameter mikrostruktur nanopartikel, dan untuk mengetahui komposisi fasa dalam sampel nanopartikel (Indrayana, 2019).



Gambar 4. Instrument XRD Merk Panalytical X'Pert 3 Powder.

Secara sederhana, prinsip kerja dari XRD adalah setiap senyawa yang tersusun oleh atom-atom yang membentuk suatu bidang tertentu. Jika sebuah bidang memiliki bentuk tertentu, maka partikel cahaya (foton) yang datang dengan sudut tertentu hanya akan menghasilkan pola pantulan maupun pembiasan yang khas (Setiabudi dkk., 2012). Untuk analisis XRD, sampel yang digunakan dapat berupa bubuk, padatan, lapisan tipis, atau pita. Jumlah minimum sampel yang diperlukan hanya beberapa miligram namun dengan jumlah yang besar (gram) maka akan didapatkan keakuratan yang lebih baik. Ukuran kristal dapat ditentukan menggunakan persamaan Scherrer menggunakan data yang didapatkan dari difraktogram, berupa puncak-puncak pada sudut (2θ) tertentu, data tinggi puncak (cts), *full width at half maximum* (FWHM, $^\circ$), *d-spacing* (\AA), dan intensitas relatif (%).

$$D = \frac{K\lambda}{\beta \cos\theta} \quad (1)$$

Keterangan:

D: ukuran kristal

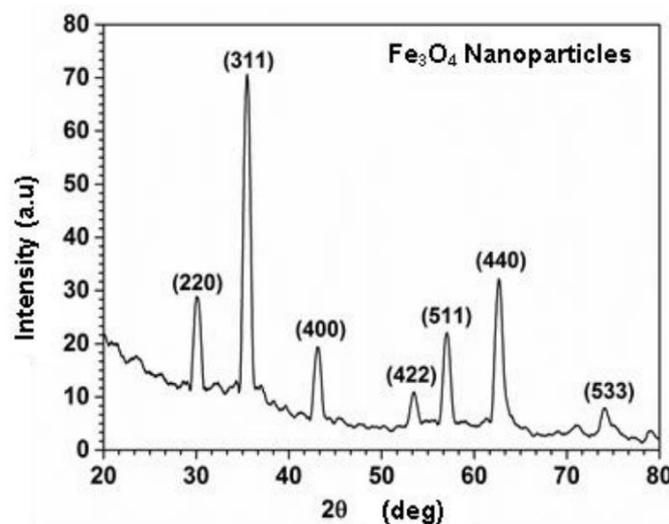
K: konstanta Scherrer

λ : Panjang gelombang sinar-X

β : lebar puncak setengah tinggi (FWHM)

θ : sudut puncak

(Monshi *et al.*, 2012).



Gambar 5. Contoh Pola XRD Nanopartikel Fe_3O_4 (Malega *et al.*, 2018).

2.5.3. Scanning Electron Microscope (SEM)

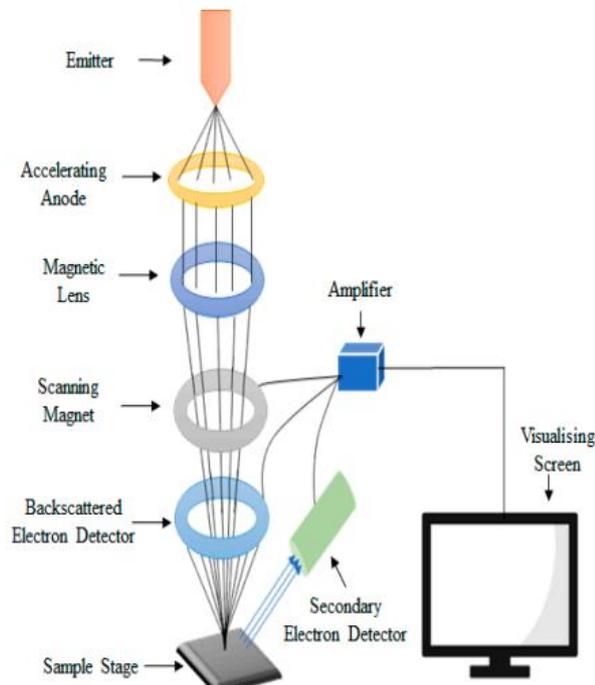
Scanning Electron Microscope (SEM) adalah mikroskop elektron pemindai yang digunakan untuk mengamati permukaan dari sampel dalam bentuk padatan yang memiliki pembesaran 10 - 3000000x, kedalaman 4 - 0,4 mm dan resolusi sebesar 1 – 10 nm (Karolina dkk., 2022). SEM merupakan suatu tipe mikroskop elektron yang menggambarkan permukaan sampel melalui proses *scanning* dengan menggunakan pancaran energi yang tinggi dari elektron dalam suatu pola *scan raster*. SEM memanfaatkan interaksi antara elektron sumber (*primary electron*) dengan elektron penyusun contoh yang akan menghasilkan emisi elektron ataupun foton. Hasil dari interaksi tersebut akan direkam oleh detektor *Energy Dispersive X-ray Spectroscopy* (EDS) (Annisa dan Hapsari, 2017). SEM yang dilengkapi dengan *Energy Dispersive X-ray Spectroscopy* (EDS) dapat mengidentifikasi komposisi unsur-unsur yang terkandung pada sampel (Rianita dkk., 2014).

Komponen utama yang terdapat pada SEM adalah tiga pasang lensa-lensa elektromagnetik, sumber elektron dan *imaging detector*. Lensa elektromagnetik berfungsi memfokuskan berkas elektron menjadi sebuah titik kecil, sumber electron yang biasanya berupa filamen dari bahan kawat tungsten dapat menyediakan berkas elektron yang teoretis memiliki energi tunggal (monokromatik) dan *imaging detector* berfungsi mengubah sinyal elektron menjadi gambar (Sujatno dkk., 2015).



Gambar 6. Instrumen SEM Merk Thermo Scientific Quattro S.

Prinsip kerja SEM adalah ketika permukaan benda ditembak dengan berkas elektron berenergi tinggi, permukaan benda yang dikenai berkas akan memantulkan kembali berkas tersebut atau menghasilkan elektron sekunder ke segala arah. Tetapi dari semua berkas electron yang dipantulkan terdapat satu arah dengan intensitas tertinggi. Detektor di dalam SEM akan mendeteksi elektron yang dipantulkan dan menentukan lokasi berkas yang dipantulkan dengan intensitas tertinggi. Arah tersebut memberi informasi profil permukaan benda seperti seberapa landai dan ke mana arah kemiringan (Abdullah dan Khairurrijal, 2009). Diagram skematik dan cara Kerja SEM digambarkan sebagai berikut:



Gambar 7. Diagram skematik dan cara Kerja SEM (Sharma *et al.*, 2019).

2.6. Aplikasi Magnetit (Fe_3O_4)

Magnetit (Fe_3O_4) dapat diaplikasikan sebagai *magnetic recording media*, *high density digital recording disk*, *magnetic fluids*, *data storage*, *MRI*, *drug delivery system*, *biosensor SPR*, *microwave device* dan *magnetic sensing* (El Ghandoor et

al., 2012). Magnetit juga dapat digunakan sebagai bahan pembuatan besi baja, tinta kering (*toner*) pada mesin *photo-copy* dan *printer* laser (Yulianto dkk, 2003). Aplikasi lainnya adalah sebagai pemisah logam dalam pengolahan limbah cair, sebagai lipida protein *detector*, katalis dan enzim *immobilizator* (Ermawati dan Ratnawati, 2011).

III. METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Agustus 2023 sampai dengan Januari 2024. Preparasi sampel dan karakterisasi hasil menggunakan instrumen *X-Ray Fluorescence* (XRF), *X-Ray Diffraction* (XRD) dan *Scanning Electron Microscope* (SEM) dilakukan di Laboratorium Mineral Terpadu Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) Tanjung Bintang, Lampung Selatan.

3.2. Alat dan Bahan

3.2.1. Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi gelas kimia 500mL, labu ukur 100mL, pipet tetes, corong kaca, gelas ukur 50mL; 100mL, batang pengaduk, spatula *stainless steel*, cawan porselin, mortar dan alu, ayakan 325 mesh, neraca analitik, magnet permanen, *planetary ball mill* PQ-N2, *shieve shaker* AS200 Tap, *magnetic stirrer*, *hot plate*, oven, *muffle furnace* Nabertherm, instrumen *X-Ray Fluorescence* (XRF) Merk *Panalytical Xpert Epsilon 3 XLE*, *X-Ray Diffraction* (XRD) Merk *Panalytical XPert 3 Powder* dan *Scanning Electron Microscope* (SEM) Merk *Thermo Scientific Quatro S*.

3.2.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi pasir besi pantai Mandiri Pesisir Barat Lampung, kertas saring whattman 42, indikator pH universal, HCl p.a Merck (*made in Germany*), NH₄OH p.a Merck (*made in Germany*), dan akuades.

3.3. Metode Penelitian

3.3.1. Teknik Sampling

Sampel pasir yang digunakan berasal dari Pantai Mandiri Kabupaten Pesisir Barat. Pengambilan sampel pasir pada penelitian ini menggunakan metode *random sampling*, yaitu pemilihan lokasi sampling dilakukan secara acak sederhana. Hal pertama yang dilakukan adalah membuat daftar atau list yang berisi satuan-satuan sampling yang ada dalam sebuah populasi. Dalam memilih sampel menggunakan tabel angka random (Riyanto dan Hatmawan, 2020). Tahapan sampling pasir besi dengan metode acak yaitu dibuat 10 plot pada 5 titik yang berbeda dengan jarak antar titik adalah 50 meter. Setiap plot memiliki panjang 1 meter dan lebar 1 meter, kemudian dipilih sebanyak 5 plot dengan cara acak menggunakan nomor undian, setiap nomor yang terpilih dilakukan pengambilan menggunakan pipa yang ditekan perlahan-lahan sampai kedalaman 100 cm. kemudian pasir yang sudah diambil dihomogenkan.

3.3.2. Preparasi

3.3.2.1. Preparasi Sampel

Pada tahap awal, dilakukan pengeringan pasir pantai dengan menggunakan panas matahari, kemudian dilakukan pemisahan pasir besi dari pengotornya dengan

menggunakan magnet permanen (Wibowo *et al.*, 2021). Proses penarikan pasir besi yang telah didapatkan dilakukan beberapa kali untuk memperoleh pasir besi yang lebih murni (Sinurat dkk., 2021). Kemudian dihaluskan menggunakan *planetary ball mill* PQ-N2 dengan kecepatan 300 rpm selama 30 menit agar pasir besi tersebut berukuran lebih kecil dan lebih besar luas permukaannya, lalu diayak menggunakan ayakan 325 mesh pada *shieve shaker* AS200Tap. Hasil yang diperoleh dikarakterisasi menggunakan XRF untuk mengetahui kandungan awal pasir tersebut (Mira dkk., 2018).

3.3.2.2. Ekstraksi Magnetit (Fe_3O_4)

Sebanyak tiga sampel pasir besi masing-masing adalah 50 gram dilarutkan ke dalam HCl masing-masing 50mL dalam gelas beaker 500mL, kemudian diaduk menggunakan *magnetic stirrer* sambil dipanaskan dengan *hot plate* dengan kecepatan pengadukan 350 rpm pada suhu 70°C selama 40 menit (Mira dkk., 2018). Setelah larutan terbentuk, dilakukan penyaringan dengan menggunakan kertas saring dan diambil filtrat hasil penyaringan. Selanjutnya ditambahkan larutan NH_4OH 25% ke dalam masing-masing filtrat secara perlahan sambil dipanaskan pada suhu 70°C dan diaduk dengan kecepatan pengadukan 350 rpm dan hingga diperoleh pH 9; 10; 11, setelah terbentuk pH yang diinginkan, larutan diaduk menggunakan *hot plate magnetic stirrer* dengan kecepatan pengadukan 350 rpm sambil dipanaskan dengan pada suhu 70°C selama 20 menit (Prasetyowati dkk., 2021). Kemudian didiamkan selama 40 menit hingga terbentuk endapan. Endapan tersebut kemudian dilarutkan dengan 100mL akuades dan disaring, lalu endapan dicuci berulang dengan akuades 50mL di setiap pencucian untuk menghilangkan sisa garam (Swastika dkk., 2021). Setelah itu, endapan dikeringkan menggunakan oven pada suhu 105°C. Kemudian dilakukan kalsinasi pada suhu 400°C selama 2 jam untuk menghilangkan pengotor yang masih tersisa. Hasil sintesis Fe_3O_4 diperoleh dalam bentuk serbuk berwarna hitam (Elsafitri dkk., 2020).

3.3.3. Karakterisasi

3.3.3.1. *X-Ray Fluorescence (XRF)*

X-Ray Fluorescence (XRF) digunakan sebagai uji pendahuluan suatu material untuk mengetahui kandungan mineral, karena tidak merusak sampel yang dianalisis, tidak membutuhkan standar, dan akurasi yang relatif tinggi (Setiabudi dkk., 2012). Pasir besi hasil ekstraksi dimasukkan ke dalam *sample holder*, lalu diradiasi dengan sinar-X. Dari data yang diperoleh dapat ditentukan kadar kandungan mineral dalam sampel pasir besi (Sumari dkk., 2019).

3.3.3.2. *X-Ray Diffraction (XRD)*

X-Ray Diffraction (XRD) digunakan untuk karakterisasi struktur kristal yang meliputi ukuran kristal, parameter kisi, dan keberadaan fasa dari magnetit. Sampel diletakkan pada wadah sampel, lalu sampel dikenakan sinar-X dari berbagai sudut. Kemudian dilakukan pengamatan terhadap sinar-sinar yang didifraksikan dalam bentuk gelombang-gelombang yang melalui material sampel yang akan menentukan jenis senyawa-senyawa dari material sampel (Nurbaiti dkk., 2021).

3.3.3.3. *Scanning Electrone Microscope (SEM)*

Untuk proses pengambilan gambar (image) dan data komposisi sampel dengan alat SEM, sampel diletakkan dan ditempel di atas *SEM specimen holder* dengan menggunakan *carbon double tipe* dengan bagian penampang lintang (*cross section*) mengarah vertikal ke atas atau lensa obyektif. *Double tipe* menghantarkan semua elektron yang masuk ke dalam sampel keluar melalui *grounding*. Detektor di dalam SEM akan mendeteksi elektron yang dipantulkan dan menentukan lokasi berkas yang dipantulkan kemudian hasil akan terbaca pada monitor (Sujatno dkk., 2015).

3.3.4. Pengolahan Data

3.3.4.1. X-Ray Diffraction (XRD)

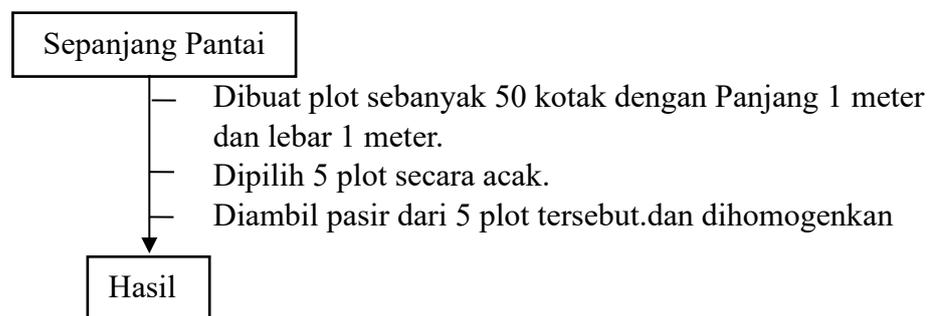
Serbuk Fe_3O_4 yang dihasilkan dikarakterisasi menggunakan XRD untuk mengetahui struktur kristal, parameter kisi, dan ukuran kristal. Data yang didapat dari karakterisasi XRD adalah difraktogram. Difraktogram menunjukkan puncak-puncak difraksi pada sudut tertentu. Untuk menentukan ukuran kristal dapat dihitung dengan persamaan Scherrer:

$$D = \frac{k\lambda}{\beta \cos \theta} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana D, k, λ , β , dan θ secara berturut-turut adalah ukuran kristal (nm), konstanta faktor bentuk kristal (0,94), panjang gelombang sinar-X (nm), nilai dari *Full Width at Half Maximum* (FWHM) (rad) dan sudut difraksi ($^\circ$) (Atkins *et al.*, 2019).

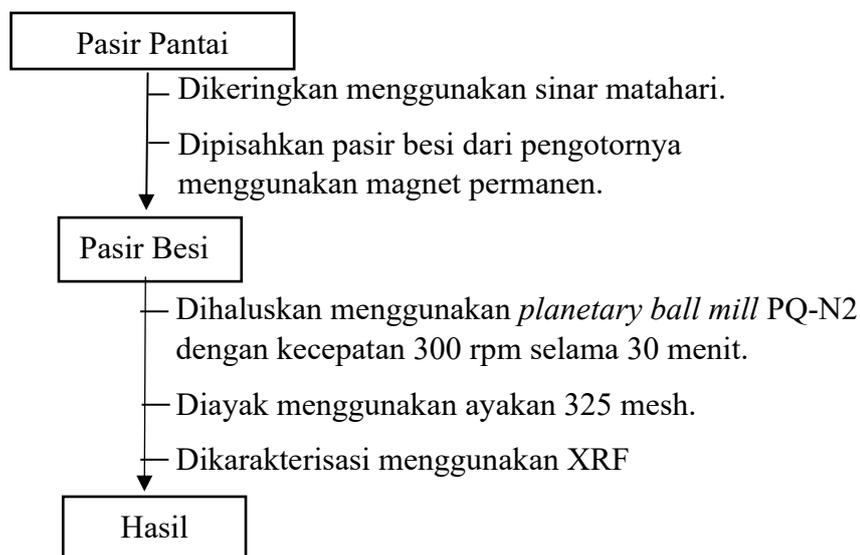
3.3.5. Diagram Alir

3.3.5.1. Metode Sampling



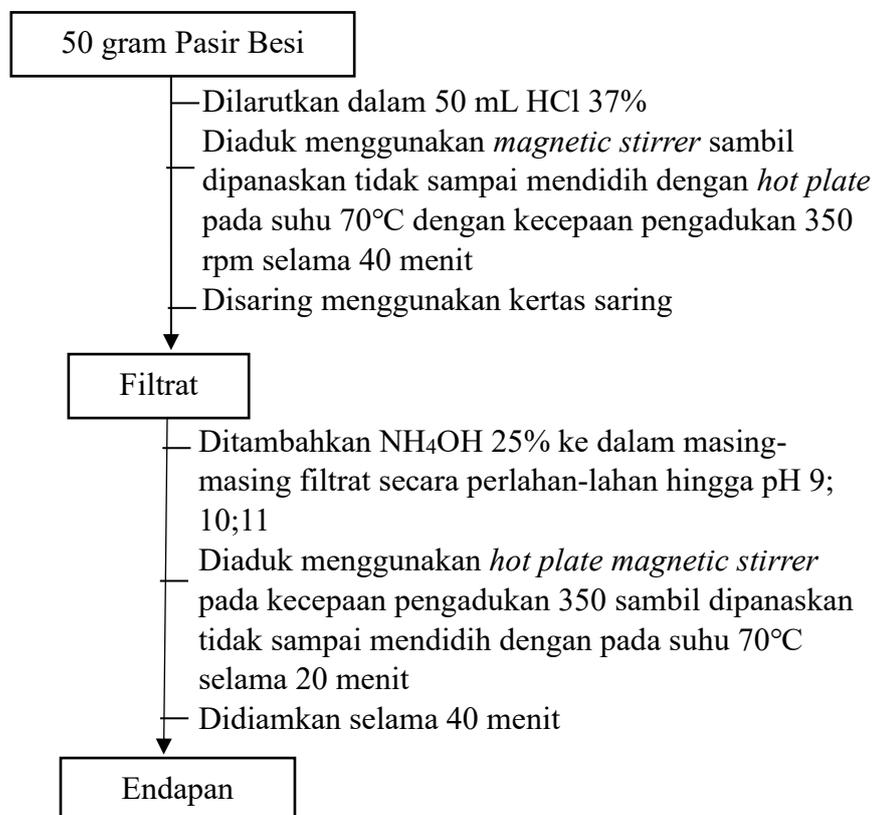
Gambar 8. Skema Alur Kerja Sampling.

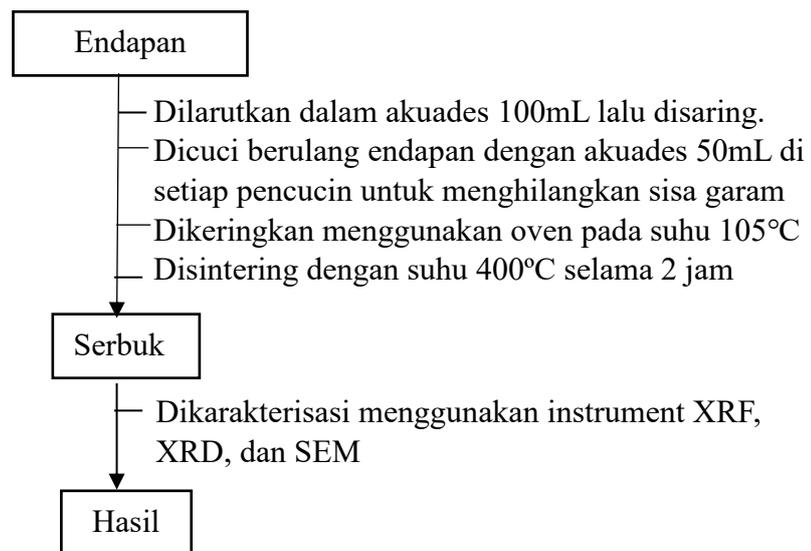
3.3.5.2. Preparasi Sampel



Gambar 9. Skema Alur Kerja Preparasi Sampel.

3.3.5.3. Ekstraksi Fe_3O_4 dari Pasir Besi





Gambar 10. Skema Alur Kerja Ekstraksi Fe_3O_4 dari Pasir Besi.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Hasil karakterisasi menggunakan instrumen *X-Ray Fluoresence* (XRF) menunjukkan bahwa kandungan pasir besi Pantai mandiri didominasi oleh unsur Fe dengan kemurnian sebesar 52,854%.
2. Metode kopresipitasi telah berhasil digunakan untuk mengekstraksi nanopartikel magnetit (Fe_3O_4) dari bahan dasar pasir besi Pantai Mandiri, Pesisir Barat menggunakan pelarut HCl 37% dan agen pengendap NH_4OH 25% dengan variasi pH pada proses pengendapan yaitu pH 9; 10; dan 11.
3. Hasil ekstraksi pada variasi pengendapan pH 11 dikarakterisasi menggunakan instrumen *X-Ray Diffraction* (XRD) diperoleh 3 puncak difraksi yang merupakan fasa magnetit dan maghemite. Fasa magnetit yang diperoleh berukuran 19,23 nm berstruktur kubik dan memiliki konstanta kisi dengan nilai $a = b = c = 8,3200 \text{ \AA}$ dengan $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$.
4. Hasil ekstraksi Fe_3O_4 pada variasi pH pengendapan 9; 10; dan 11 berturut-turut adalah 84,074%; 85,094%; 91,747%, maka hasil ekstraksi magnetit yang paling optimum adalah pada variasi pengendapan pH 11.
5. Hasil karakterisasi menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM) menunjukkan bahwa partikel Fe_3O_4 yang dihasilkan dari hasil ekstraksi pada variasi pengendapan pH 11 teraglomerasi (menggumpal).

5.2. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka pada penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan pelindian yang lebih tinggi dengan menggunakan

reaktor yang mempunyai pengaturan dan kemampuan untuk suhu, tekanan dan pH tinggi untuk meningkatkan kemurnian Fe_3O_4 yang dihasilkan, dan disarankan untuk melakukan penelitian lebih lanjut dalam pengaplikasian magnetit sebagai nanopartikel.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M., dan Khairurrijal, D. 2009. Review: Karakterisasi Nanomaterial. In *Jurnal Nanosains & Nanoteknologi ISSN*, 2(1), 1-9.
- Afdal, A., dan Niarti, L. 2013. Karakterisasi Sifat Magnet dan Kandungan Mineral Pasir Besi Sungai Batang Kuranji Padang Sumatera Barat. *Jurnal Ilmu Fisika*, 5(1), 24–30.
- Ahmadi, S., Chia, C. H., Zakaria, S., Saeedfar, K., and Asim, N. 2012. Synthesis of Fe₃O₄ Nanocrystals Using Hydrothermal Approach. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 324(24), 4147–4150.
- Alqadami, A. A., Naushad, M., Abdalla, M. A., Ahamad, T., Abdullah Alothman, Z., and Alshehri, S. M. 2016. Synthesis and Characterization of Fe₃O₄@TSC Nanocomposite: Highly Efficient Removal of Toxic Metal Ions from Aqueous Medium. *RSC Advances*, 6(27), 22679–22689.
- Andani, Y., dan Octova, A. 2020. Eksplorasi Pasir Besi Kawasan Pasia Paneh Nagari Tiku Selatan Kecamatan Tanjung Mutiara sebagai Bahan Baku Industri di Sumatera barat. *Jurnal Bina Tambang*, 5(3), 88–101.
- Annisa, A dan Hapsari, R. 2017. Identifikasi Karakteristik Mineral pada Batubara dengan Pendekatan Ilmiah Analisa Xrd dan Analisa Sem-Eds. *Prosiding SNRT*, 21–28.
- Ardhiany, S. 2019. Pengaruh Ukuran Mesh Adsorben Zeolit dan Konsentrasi HCl pada Pengolahan Limbah Pencelupan Kain Jumputan. *Jurnal Teknik Patra Akademika*, 10(2), 4–15.
- Atkins, P., Paula, J. de, and Keeler, J. 2019. *Physical Chemistry*. Oxford University Press.
- Buchari, H., Linirin Widiastuti, E., dan Bakri, S. 2022. Analisis Alokasi Ruang Laut dalam Rencana Zonasi Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil

- (RZWP3K) Provinsi Lampung. *Jurnal Sumberdaya Akuatik Indopasifik*, 6(1), 192-197.
- Casasola, R., Rincón, J. M., and Romero, M. (2012). Glass-ceramic glazes for ceramic tiles: A review. In *Journal of Materials Science*, 47(2), 553-582.
- Chellappa, M., and Vijayalakshmi, U. 2019. Fabrication of Fe₃O₄-Silica Core-Shell Magnetic Nano-Particles and Its Characterization for Biomedical Applications. *Materials Today: Proceedings*, 9, 3713799.
- Darminto, Cholishoh, M. N., Perdana, F. A., Baqiya, M. A., Mashuri, Cahyono, Y., & Triwikantoro. 2011. Preparing Fe₃O₄ Nanoparticles from Fe²⁺ Ions Source by Co-precipitation Process in Various pH. In *AIP Conference Proceedings*, 1415(1), 234-237.
- Denkbaş, E. B., Çelik, E., Erdal, E., Kavaz, D., Akbal, Ö., Kara, G., and Bayram, C. 2016. Magnetically Based Nanocarriers in Drug Delivery. In *Nanobiomaterials in Drug Delivery: Applications of Nanobiomaterials*, 285-331.
- El Ghandour, H., Zidan, H. M., Khalil, M. M. H., and Ismail, M. I. M. 2012. Synthesis and Some Physical Properties of Magnetite (Fe₃O₄) Nanoparticles. In *Int. J. Electrochem*, 7(6), 5734-5745.
- Elma, M., Paramita, A., dan Sumardi, A. 2018. Pengaruh Penambahan Dual Katalis pada Silica-Carbon Xerogel sebagai Material Pelapis Organo Silica Membranes. *Konversi*, 7(2). 55-61.
- Elsafitri, O., MZ, N., and Deswardani, F. 2020. Sintesis dan Karakterisasi Nanopartikel Fe₃O₄ (Magnetite) dari Pasir Besi Sungai Batanghari Jambi yang Dienkapsulasi dengan Polyethylene Glycol (Peg-4000). *Jurnal Pendidikan Fisika Tadulako Online (JPFT)*, 8(3), 97-103.
- Ermawati, R., dan Ratnawati, E. 2011. Sintesis Nanopartikel Magnetit dengan Metode Dekomposisi Termal. *J. Kimia Kemasan*, 33(1), 96-101.
- Fairus, S., Haryono, Sugita, M. H., dan Agus, S. 2009. Proses Pembuatan Waterglass dari Pasir Silika dengan Pelebur Natrium Hidroksida. *Jurnal Teknik Kimia Indonesia*, 8(2), 56-62.
- Hamed, S. D., Ribeiro, A. H., Ersöz, B., Tremel, W., Jakob, G., and Asadi, K. 2017. Effect of Precursor Concentration on Size Evolution of Iron Oxide Nanoparticles. *CrystEngComm*, 19(44), 6694-6702.

- Hamid, A. 2021. *Pendahuluan Fisika Zat Padat*. Syiah Kuala University Press. Banda Aceh.
- Hartati, dan Prasetyo, D. 2023. *Katalis Berbasis Aluminosilikat*. Airlangga University Press. Surabaya.
- Holtz, R. D., Kovacs, W. D., and Sheahan, T. C. 1981. *An Introduction to Geotechnical Engineering Second Edition*. Prentice Hall, Englewood Cliffs New Jersey.
- Horák, D., Babič, M., Macková, H., and Beneš, M. J. 2007. Preparation and Properties of Magnetic Nano- and Microsized Particles for Biological and Environmental Separations. *Journal of Separation Science*, 30(11), 175-1772.
- Indrayana, I. P. T. 2019. Review Fe₃O₄ dari Pasir Besi: Sintesis, Karakterisasi, dan Fungsionalisasi hingga Aplikasinya dalam Bidang Nanoteknologi Maju. *Jurnal UNIERA*, 8(2), 65–75.
- Jafar, N. 2017. Analisis Unsur Endapan Bauksit Menggunakan X-Ray Fluorescence (XRF) PT. Antam Tbk. Unit Geomin Daerah Kenco Kabupaten Landak Provinsi Kalimantan Barat. *Journal Of Chemical Process Engineering*, 02(01), 45-48.
- Jalaludin, M., Giovano, H., dan Baihaqy, M. 2021. Analisis Bentuk Lahan di Sepanjang Bukit Barisan, Kabupaten Pesisir Barat, Provinsi Lampung. *Jurnal Kajian Ilmu dan Pendidikan Geografi*, 4(1), 10–15.
- Jamaludin, A., dan Adiantoro, D. 2012. Analisis Kerusakan X-Ray Fluorescence (XRF). *Jurnal Batan: Pengelolaan Instalansi Nuklir*, 9(10), 19–28.
- Karbeka, M., Koly, F. V. L., dan Tellu, N. M. 2020. Karakterisasi Sifat Kemagnetan Pasir Besi Pantai Puntaru Kabupaten Alor-NTT. *Lantanida Journal*, 8(2), 96–188.
- Karolina, R., Indra, I., Balyan, M., dan Pulungan, I. H. 2022. *Scanning Electron Microscope (SEM) TM 3000: Teori dan Aplikasinya*. PT. Pena Persada Kerta Utama. Purwokarto.
- Khan, U. S., Khattak, N. S., Rahman, A., and Khan, F. 2011. Historical Development of Magnetite Nanoparticles Synthesis. *J.Chem.Soc.Pak*, 33(6), 793–804.
- Kusnaedi. 2010. *Mengolah Air Kotor untuk Air Minum*. Penebar Swadaya. Jakarta.

- Lai, W., Liu, M., Li, C., Suo, H., and Yue, M. 2014. Recovery of A Composite Powder from NdFeB Slurry by Co-Precipitation. *Hydrometallurgy*, 150, 27–33.
- Mairoza, A. 2016. Sintesis Nanopartikel Fe₃O₄ dari Batuan Besi Menggunakan Asam Laurat sebagai Zat Aditif. *Jurnal Fisika Unand*, 5(3), 283-286.
- Malega, F., Indrayana, I. P. T., dan Suharyadi, E. 2018. Synthesis and Characterization of the Microstructure and Functional Group Bond of Fe₃O₄ Nanoparticles from Natural Iron Sand in Tobelo North Halmahera. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-Biruni*, 7(2), 129–138.
- Mira, P. V., Mahmudin, L., dan Iqball. 2018. Sintesis dan Analisis Sifat Magnetik Nanopartikel Magnetit (Fe₃O₄) Berbasis Pasir Besi. *Gravitasi*, 17(2), 29–33.
- Monshi, A., Foroughi, M. R., and Monshi, M. R. 2012. Modified Scherrer Equation to Estimate More Accurately Nano-Crystallite Size Using XRD. *World Journal of Nano Science and Engineering*, 02(03), 154–160.
- Morita, T. 2010. Piezoelectric Materials Synthesized by The Hydrothermal Method and Their Applications. *Materials*, 3(12), 5236–5245.
- Munasir, Triwikantoro, Zainuri, M., dan Darminto. 2012. Uji XRD dan XRF pada Bahan Meneral (Batuan dan Pasir) sebagai Sumber Material Cerdas (CaCO₃ dan SiO₂). *Jurnal Penelitian Fisika dan Aplikasinya (JPFA)*, 2(1), 20–29.
- Mursal, I. L. P. 2018. Karakterisasi XRD dan SEM pada Material Nanopartikel serta Peran Material Nanopartikel dalam Drug Delivery Sistem. *Jurnal Sains dan Ilmu Farmasi*, 3(2), 214–221.
- Ningsih, S. K. W. 2016. *Sintesis Anorganik*. UNP Press. Padang.
- Ningsih, S. K. W., Nizar, U. K., dan Utari, N. 2017. Sintesis dan Karakterisasi Nanopartikel ZnO Doped Cu²⁺ melalui Metoda Sol-Gel. *Eksakta*, 18(2), 39–51.
- Nuraeni, W., Daruwati, I., Maria, E., dan Sriyani., M.E. 2013. Verifikasi Kinerja alat Particle Size Analyzer (PSA) HORIBA LB-550 untuk Penentuan Distribusi Ukuran Nanopartikel. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Nuklir*, 266-271.

- Nurbaiti, Van Hoten, H., Bismantolo, P., dan Kunci Braket, K. 2021. Karakterisasi Material Braket Kawat Gigi dalam Larutan Saliva Buatan. *Jurnal Sistem Mekanik dan Termal*, 5(1), 33–37.
- Nurhayati, S., Shofiyani, A., dan Zaharah, T. A. 202. Sintesis Magnetit dari Limbah Tambang Bauksit Menggunakan Templat Cetyltrimethylammoniumbromide. *Jurnal Kimia dan Kemasan*, 43(2), 143-151.
- Ogendal, L. 2019. Light Scattering: a brief introduction. University of Copenhagen. Deenmark. Pejjai, B., Reddivari, M., and Kotte, T. R. R. 2020. Phase Controllable Synthesis of CuS Nanoparticles by Chemical Co-Precipitation Method: Effect of Copper Precursors on The Properties of CuS. *Materials Chemistry and Physics*, 239, 1-10.
- Prengki, B., dan Patrisia, Y. 2015. Pengaruh Penambahan Material Silikon terhadap Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton. *Jurnal Mahasiswa PTK Parentas*, 1(1).
- Prasdiantika, R. 2016. Preparasi dan Penentuan Jenis Oksida Besi pada Material Magnetik Pasir Besi Lansilowo. *Jurnal Teknosains*, 6(1), 7-15.
- Prasdiantika, R., dan Susanto, S. 2020. Pencucian Material Magnetik Pasir Besi Lansilowo Menggunakan Larutan Asam Klorida. *Jurnal Teknosains*, 10(1), 75-85.
- Perdana, A., dan Rusdiyantoro. 2013. Rancangan Pembuatan Mesin Pengayak Pasir untuk Meningkatkan Produktivitas Kerja Operator. *Jurnal Teknik WAKTU*, 11(2), 41–46.
- Prasetyowati, R., Widiawati, D., Swastika, E. P., Ariswan, dan Warsono. 2021. Sintesis dan Karakterisasi Nanopartikel Magnetit (Fe_3O_4) Berbasis Pasir Besi Pantai Glagah Kulon Progo dengan Metode Kopersipitasi pada Berbagai Konsentrasi NH_4OH . *J. Sains Dasar*, 10(2), 57-61.
- Rahimah, R., Fadli, A., Yelmida, Y., Nurfajriani, N., & Zakwan, Z. 2019. Synthesis and Characterization Nanomagnetite by Co-Precipitation. *Indonesian Journal of Chemical Science and Technology*, 2(2), 90-96.
- Ramadhan, G. B., dan Suparma, L. B. 2018. Pengaruh Penggunaan Pasir Kuarsa pada Laston AC-WC sebagai Pengganti Agregat Halus. *Jurnal HPJI*, 4(2), 91–104.

- Rianita, Y., Widodo, C. S., dan Masruroh. 2014. Studi Identifikasi Komposisi Obat dan Limbah Balur Benzoquinon (BQ) Hasil Terapi Pembaluran dengan Scanning Electron Microscopy (SEM). *Physics Student Journal*, 2(1), 2–5.
- Rianto, D., Yulfriska, N., Murti, F., Hidayati, H., dan Ramli, R. 2018. Analysis of Crystal Structure of Fe₃O₄ Thin Films Based on Iron Sand Growth by Spin Coating Method. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 335(1), 1-7.
- Ridwan, A., Winarko, S., dan Siswanto, E. 2018. Jobmix Beton Menggunakan Pasir Lumajang dan Penambahan Additive Masterpozzolith®402R. *Jurnal Civilla*, 3(2), 192-197.
- Riyanto, S., dan Hatmawan, A. H. 2020. *Metode Riset Penelitian Kuantitatif Penelitian Di Bidang Manajemen, Teknik, Pendidikan dan Eksperimen*. Deepublish Publisher. Sleman.
- Rumbino, Y., dan Krisnasiwi, I. F. 2019. Recovery Konsentrat Pasir Besi Menggunakan Alat Sluice Box. *Jurnal Ilmiah Teknologi FST Undana*, 13(1), 61-64.
- Safitri, I., Wibowo, Y. G., Rosarina, D., and Sudiby. 2021. Synthesis and Characterization of Magnetite (Fe₃O₄) Nanoparticles from Iron Sand in Batanghari Beach. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 10011(1), 1-10.
- Saksono, N. 2002. Analisis Iodat dalam Bumbu Dapur dengan Metode Iodometri dan X-Ray Fluorescence. *MAKARA of Technology Series*, 6(3), 89–94.
- Saniah, Purnawan, S., dan Karina, S. 2014. Karakteristik dan Kandungan Mineral Pasir Pantai Lhok Mee, Beureunut dan Leungah, Kabupaten Aceh Besar. *Depik*, 3(3), 263–270.
- Sanpo, N., Berndt, C. C., Wen, C., and Wang, J. 2013. Transition Metal-Substituted Cobalt Ferrite Nanoparticles for Biomedical Applications. *Acta Biomaterialia*, 9(3), 5830–5837.
- Sari, F. I. P. 2017. Sintesis, Karakterisasi Nanopartikel Magnetit, Mg/AlNO₃-Hidrotalsit dan Komposit Magnetit-Hidrotalsit. *Jurnal Kimia VALENSI*, 3(1), 44–49.
- Setiabudi, A., Hardian, R., dan Mudzakir, A. 2012. *Karakterisasi Material; Prinsip dan Aplikasinya dalam Penelitian Kimia*. UPI Press. Bandung.

- Sharma, S., Jaiswal, S., Duffy, B., and Jaiswal, A. K. 2019. Nanostructured Materials for Food Applications: Spectroscopy, Microscopy and Physical Properties. *Bioengineering*, 6(1), 1–17.
- Silvia, L., Zainuri, M., Subagyo, B. A., Sukamto, H., Mashuri, dan Yani Purwaningsih, S. 2018. Analisis Kandungan Mineral Pasir Pantai di Kabupaten Pacitan dengan Metode Ekstraksi. *Seminar Nasional Edusainstek*, 1(1), 16–20.
- Sinurat, M., Gusti, R. D., Deswardani, F., Safitri, dan Sudibyoy. 2021. Sintesis dan Karakterisasi Nanopartikel Magnetit (Fe_3O_4) dari Pasir Besi Sungai Batanghari, Jambi yang Dienkapsulasi dengan Silika. *JPFT*, 9(1), 106–114.
- Solihin, S. 2013. Bahan Galian Batu dan Pasir (Quarry) Daerah Puloampel, Kecamatan Puloampel Kabupaten Serang, Provinsi Banten. *Jurnal Teknologi*, 1(23), 46–59.
- Suhana, A. 2003. *Membuat Alat Penjerni Air*. Niaga Swadaya. Jakarta.
- Sujatno, A., Salam, R., dan Dimiyati, B. A. 2015. Studi Scanning Electron Microscopy (SEM) untuk Karakterisasi Proses Oksidasi Paduan Zirkonium. *Jurnal Forum Nuklir (JFN)*, 9(2), 44–50.
- Sulistyaningsih, T., Santosa, S. J., Siswanta, D., dan Rusdiarso, B. 2017. Synthesis and Characterization of Magnetites Obtained from Mechanically and Sonochemically Assisted Co-Precipitation and Reverse Co-Precipitation Methods. *Int. J. Mater. Mech. Manuf*, 5(1), 16-19.
- Sumari, Dinar, R. B., Muhammad, R. A., dan Yana, F. P. 2019. Analisis Kandungan dari Pasir Pantai Peh Pulo Kabupaten Blitar Menggunakan XRF dan XRD. *Jurnal Fisika: Fisika Sains dan Aplikasinya*, 4(2), 52–55.
- Sun, S. N., Chao, W., Zan, Z. Z., Long, H. Y., Venkatraman, S. S., and Chuan, X. Z. 2014. Magnetic Iron Oxide Nanoparticles: Synthesis and Surface Coating Techniques for Biomedical Applications. *Chinese Physics B*, 23(3), 1-19.
- Supriyatna, Y. I., Sumardi, S., Astuti, W., Nainggolan, A. N., Ismail, A. W., Petrus, H. T. B. M., and Prasetya, A. 2020. Characterization and a Preliminary Study of TiO_2 Synthesis from Lampung iron sand. *Key Engineering Materials*, 849, 113–118.
- Swastika, P. E., Hardheyanti, F., Prasetyowati, R., dan Ariswan, W. 2021. Pengaruh Konsentrasi HCl terhadap Mikrostruktur dan Sifat Kemagnetan Nanopartikel Fe_3O_4 yang Disintesis dari Pasir Besi Pantai Glagah Kulonprogo. *J. Sains Dasar*, 2(1), 24–29.

- Ubaid, A., dan Munasir. 2016. Pengaruh Variasi Aging Terhadap Porositas Nanosilika Sebagai Adsorben Gas Nitrogen. *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia (IFI)*, 5(1), 1-6.
- Wianto, T., dan Haryanti, N. H. 2008. Penentuan Mineral dan Logam sebagai Material Dasar dalam Pengembangan Potensi Kalimantan Selatan sebagai Daerah Penghasil Nanomaterial. *Jurnal Fisika FLUX*, 5(2), 185–196.
- Wibowo, A. A., Sutanto, H., Priyono, P., Syahida, A. N., Irianti, F. D. D., and Alkian, I. 2021. The Effect of 6 Hours Stirring Time on Natural Iron Sand Base on Magnetics Fe₃O₄ Nanoparticle by Sonification. *Journal of Physics: Conference Series*, 1943(1), 1–6.
- Wu, W., Wu, Z., Yu, T., Jiang, C., and Kim, W.S. 2015. Recent Progress on Magnetic Iron Oxide Nanoparticles: Synthesis, Surface Functional Strategies and Biomedical Applications. *Science and Technology of Advanced Materials*, 16(2): 1-43.
- Xu, J., Yang, H., Fu, W., Du, K., Sui, Y., Chen, J., Zeng, Y., Li, M., and Zou, G. 2007. Preparation and magnetic properties of magnetite nanoparticles by sol-gel method. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 309(2), 307–311.
- Yulianto, A., Bijaksana, S., Loeksmanto, W., dan Kurnia, D. 2003. Produksi Hematit (α -Fe₂O₃) dari Pasir Besi: Pemanfaatan Potensi Alam sebagai Bahan Industri Berbasis Sifat Kemagnetan. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 5(1), 51–554.
- Zuhriyah, L., Lufira, R. D., Muktiningsih, S. D., Rahayu, A. P., dan Wiratmojo, M. A. 2021. *Menabung Air Hujan untuk Kesehatan Lingkungan*. UB Press. Malang.