

**PEMBUATAN MAGNETIT (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) MENGGUNAKAN  
METODE ELEKTROKIMIA DENGAN  
VARIASI TEGANGAN**

**SKRIPSI**

**Diajukan Oleh :**

**HUSNUL ULFA  
NIM. 160704002**

**Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry  
Program Studi Kimia**



**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY  
BANDA ACEH  
2021 M / 1442**

LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI/ TUGAS AKHIR

**PEMBUATAN MAGNETIT ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) MENGGUNAKAN METODE  
ELEKTROKIMIA DENGAN VARIASI TEGANGAN**

**SKRIPSI/ TUGAS AKHIR**

Diajukan Kepada Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh  
Sebagai Beban Studi Mem peroleh Gelar Sarjana dalam Ilmu Kimia

Oleh

**Husnul Ulfa**  
**NIM. 160704002**

Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi  
Program Studi Kimia

Disetujui Oleh :

Pembimbing I,



**(Reni Silvia Nasution, M. Si)**  
**NIDN. 2022028901**

Pembimbing II,



**(Muammar Yulian, M. Si)**  
**NIDN. 2030118401**

Mengetahui :

Ketua Program Studi Kimia,



**(Khairun Nisah, M. Si)**  
**NIDN. 2016027902**

LEMBARAN PENGESAHAN PENGUJI SKRIPSI/ TUGAS AKHIR  
**PEMBUATAN MAGNETIT (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) MENGGUNAKAN METODE  
ELEKTROKIMIA DENGAN VARIASI TEGANGAN**

**SKRIPSI/ TUGAS AKHIR**

Telah diuji oleh Panitia Ujian Munaqasyah Skripsi/ Tugas akhir  
Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry dan dinyatakan lulus  
serta diterima sebagai salah satu beban studi program sarjana (S-I)  
Dalam Ilmu Kimia

Pada Hari/ Tanggal : Kamis, 29 Juli 2021  
19 Zulhijah 1442

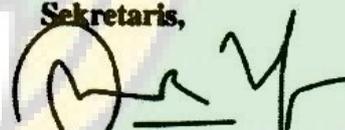
Panitia Ujian Munakasyah Skripsi/ Tugas Akhir

**Ketua,**



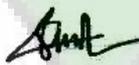
**Reni Silvia Nasution, M. Si**  
NIDN. 2022028901

**Sekretaris,**



**Muammar Yulian, M. Si**  
NIDN. 2030118401

**Penguji I,**



**Febrina Arfi, M. Si**  
NIDN. 2021028601

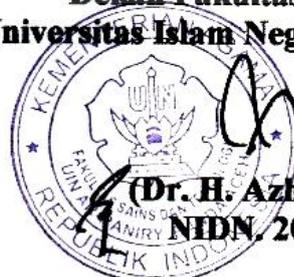
**Penguji II,**



**Bhayu Gita Bhernama, M. Si**  
NIDN. 2023018901

**Mengetahui:**

**Dekan Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh,**



  
**(Dr. H. Azhar Amsal, M.Pd)**  
NIDN. 2001066802

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH/SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Husnul Ulfa  
NIM : 160704002  
Program Studi : Kimia  
Fakultas : Sains dan Teknologi  
Judul Skripsi : Pembuatan Magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) menggunakan Metode Elektrokimia dengan Variasi Tegangan

Dengan ini menyatakan bahwa dalam penulisan skripsi ini, saya :

1. Tidak menggunakan ide orang lain tanpa mampu mengembangkan dan mempertanggung jawabkan;
2. Tidak melakukan plagiasi terhadap naskah karya orang lain;
3. Tidak menggunakan karya orang lain tanpa menyebutkan sumber asli atau tanpa izin pemilik karya;
4. Tidak memanipulasi dan memalsukan data;
5. Mengerjakan sendiri karya ini dan mampu bertanggung jawab atas karya ini.

Bila dikemudian hari ada tuntutan dari pihak lain atas karya saya, dan telah melalui pembuktian yang dapat mempertanggung jawabkan dan ternyata memang ditemukan bukti saya telah melanggar pernyataan ini, maka saya siap dikenai sanksi berdasarkan aturan yang berlaku di Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry banda Aceh.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan tanpa paksaan dari pihak manapun.

Banda Aceh 23 Juli 2021  
Yang Menyatakan,



Husnul Ulfa

## ABSTRAK

Nama : Husnul Ulfa  
NIM : 160704002  
Program Studi : Kimia  
Judul : Pembuatan Magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) menggunakan Metode Elektrokimia dengan Variasi Tegangan  
Tebal Skripsi : 47 lembar  
Pembimbing I : Reni Silvia Nasution, M.Si.  
Pembimbing II : Muammar Yulian, M.Si.  
Kata Kunci : Elektrokimia, magnetit,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , besi oksida

Magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) adalah salah satu oksida besi yang menunjukkan kemagnetan paling kuat dibandingkan dengan oksida-oksida besi yang lainnya sehingga banyak digunakan dalam berbagai bidang, diantaranya sebagai pengikat logam berat. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana proses pembuatan magnetit dengan metode elektrokimia dan untuk mengetahui bagaimana pengaruh variasi tegangan terhadap karakteristik magnetit yang dihasilkan. Pembuatan magnetit dilakukan menggunakan metode elektrokimia secara elektrolisis pada jarak antar elektroda 4 cm dengan variasi tegangan 10, 20 dan 30 V serta dilakukan karakteristik menggunakan FTIR, SEM dan magnet. Hasil dalam penelitian ini adalah Pembuatan magnetit berhasil dilakukan melalui tiga tahap preparasi besi, elektroplating dan pembuatan magnetit. Karakterisasi magnetit menggunakan FTIR yaitu terlihat puncak serapan Fe-O ditegangan 10 V pada bilangan gelombang  $436.90\text{ cm}^{-1}$ ,  $497.66\text{ cm}^{-1}$  dan  $560.35\text{ cm}^{-1}$ , tegangan 20 V pada bilangan gelombang  $457.15\text{ cm}^{-1}$  dan  $509.23\text{ cm}^{-1}$ , dan tegangan 30 V pada bilangan gelombang  $408.93\text{ cm}^{-1}$ ,  $459.08\text{ cm}^{-1}$  dan  $564.20\text{ cm}^{-1}$ . Karakteristik magnetit menggunakan SEM dengan tegangan 10, 20 dan 30 V pada pembesaran 5000x diperoleh ukuran partikel yang sama yaitu  $20\text{ }\mu\text{m}$ . Kesimpulan dalam penelitian ini adalah didapatkan partikel magnetit  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  menggunakan metode elektrokimia dengan variasi tegangan. Karakterisasi menggunakan FTIR didapatkan puncak serapan Fe-O yang berbeda-beda pada tegangan 10, 20 dan 30 V. Karakteristik magnetit menggunakan SEM dengan variasi tegangan 10, 20 dan 30 V tidak mempengaruhi ukuran partikel karena tidak ada perbedaan yang signifikan. Karakterisasi kemagnetan terlihat adanya daya tarik antar medan magnet dengan magnetit yang dihasilkan.

## ABSTRACT

Name : Husnul Ulfa  
NIM : 160704002  
Study Program : Chemistry  
Title : Magnetite Making ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) Using Electrochemical Methods With Voltage Variation  
Thesis Thickness : 47 sheet  
Supervisor I : Reni Silvia Nasution, M.Si.  
Supervisor II : Muammar Yulian, M.Si.  
Keywords : Electrochemicals, magnetite,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , iron oxide

Magnetite ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) is one of the iron oxides that shows the most powerful magnetism compared to other iron oxides so widely used in various fields, including as a heavy metal binder. This study aims to find out how the process of making magnetite by electrochemical method and to know how voltage variation affects the characteristics of magnetite produced. Magnetite manufacturing is done using electrochemical methods electrolysis at a distance between electrodes 4 cm with a variation of voltages 10, 20 and 30 V and performed characteristics using FTIR, SEM and magnets. The result in this study is that magnetite making was successfully carried out through three stages of iron preparation, electroplating and magnetite making. Characterisari magnetite using FTIR that is seen the peak of absorption Fe-O tension 10 V at wave numbers  $436.90\text{ cm}^{-1}$ ,  $497.66\text{ cm}^{-1}$  and  $560.35\text{ cm}^{-1}$ , voltage 20 V at wave numbers  $457.15\text{ cm}^{-1}$  and  $509.23\text{ cm}^{-1}$ , and voltage 30 V at wave numbers  $408.93\text{ cm}^{-1}$ ,  $459.08\text{ cm}^{-1}$  and  $564.20\text{ cm}^{-1}$ . Magnetite characteristics using SEM with the middle of 10, 20 and 30 V at an magnification of 5000x obtained the same particle size of  $20\text{ }\mu\text{m}$ . The conclusion in this study is that  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  magnetite particles are obtained using electrochemical methods with voltage variations. Characterization using FTIR obtained Fe-O absorption peaks that vary at voltages 10, 20 and 30 V. Magnetite characteristics using SEM with variations of voltages 10, 20 and 30 V do not affect particle size because there are no significant differences. The characterization of magnetism is seen the attraction between the magnetic field and the resulting magnetite.

## **KATA PENGANTAR**

### ***Bismillahirrahmanirrahim***

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah menganugerahkan Al-Qur'an sebagai petunjuk bagi seluruh manusia dan rahmat bagi segenap alam, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Shalawat dan salam tidak lupa pula penulis sampaikan kepada junjungan Nabi Besar Muhammad SAW beserta keluarganya, para sahabatnya dan seluruh umatnya yang selalu istiqamah hingga akhir zaman.

Adapun judul skripsi ini adalah “Pembuatan Magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) Menggunakan Metode Elektrokimia Dengan Variasi Tegangan”. Penulis menyusun skripsi ini bermaksud untuk melengkapi dan memenuhi kewajiban sebagai syarat untuk memperoleh gelar sarjana di Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.

Penulis dapat menyelesaikan skripsi ini berkat do'a, bimbingan, bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis pada kesempatan ini ingin mengucapkan terima kasih yang setulus-tulusnya kepada orang tua dan keluarga yang telah memberikan dukungan dan untaian do'anya selama ini. Selain itu penulis juga mengucapkan terima kasih sebanyak-banyaknya kepada :

1. Bapak Dr. Azhar, S. Pd., M. Pd., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.
2. Ibu Khairun Nisah, M. Si., selaku Ketua Program Studi Kimia yang telah membimbing dan menasehati dalam segala masalah akademik selama penulis menempuh pendidikan.
3. Ibu Reni Silvia Nasution, S. Si., M. Si., selaku Dosen Pembimbing I yang telah mengarahkan dan membimbing penulisan penyusunan skripsi hingga selesai.
4. Bapak Muammar Yulian M. Si., selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak memberi bimbingan, bantuan dan arahan kepada penulis sehingga proposal skripsi ini dapat selesai dengan baik.
5. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen, Staf dan Asisten Laboratorium Prodi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry yang

telah mengajar dan membekali ilmu kepada penulis sejak semester awal hingga semester akhir.

6. Abang Muhammad Fizar SKM, kakak apt. Nova Rahmatulliza, S. Farm., Qurrata Aiyun S.Tr.Keb., Ade Andriani S. Si, dan semua teman-teman seperjuangan angkatan 2016 yang telah memberikan dukungan dan motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata kesempurnaan, untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran terhadap penulisannya, sehingga dapat disempurnakan nantinya. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan bermanfaat dalam mengembangkan ilmu pengetahuan. Akhir kata penulis ingin mengucapkan terimakasih dan semoga ini menjadi amal jariyah untuk kita semua atas kebaikan serta dukungan dari berbagai pihak yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

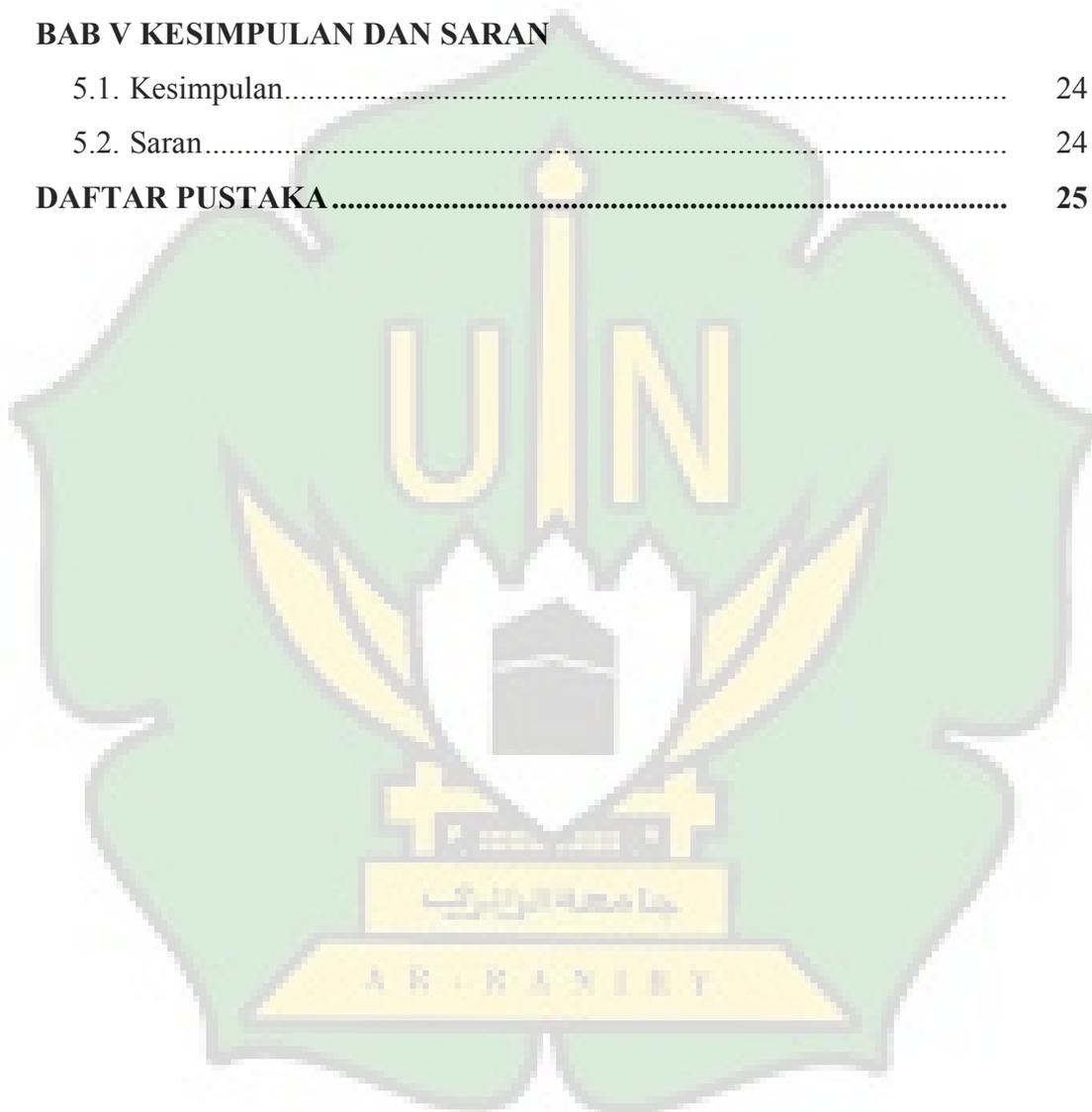
Banda Aceh 23 Juli 2021  
Penulis,

Husnul Ulfa

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PERSETUJUAN .....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH/SKRIPS.....</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>iv</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>viii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan penelitian .....	3
1.4. Manfaat penelitian .....	3
1.5. Batasan Masalah .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
2.1. Magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ).....	5
2.2. Elektrokimia.....	6
2.3. Karakteristik magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) .....	9
2.3.1 <i>Faurier Transfrom Infrared</i> (FTIR).....	9
2.3.2 <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM) .....	10
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>12</b>
3.1. Waktu dan Tempat.....	12
3.2. Alat dan bahan .....	12
3.2.1. Bahan .....	12
3.2.2. Alat.....	12
3.3. Metode Kerja .....	12
3.3.1 Preparasi bes .....	12
3.3.2 Pembuatan Larutan Elektrolit .....	12
3.3.3 Pelapisan Besi .....	12
3.3.4 Pembuatan Magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) Secara Elektrolisis Terhadap Variasi Tegangan .....	12

3.3.4. Karakteristik Magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ).....	12
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>14</b>
4.1. Hasil dan Pembahasan .....	15
4.2. Pembahasan.....	15
4.2.1 Pembuatan magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) dengan metode elektrokimia ...	15
4.2.2 Karakteristik Magnetite ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) .....	17
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1. Kesimpulan.....	24
5.2. Saran.....	24
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>25</b>



## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 4.1</b>	Karakteristik magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) pada variasi tegangan .....	14
<b>Tabel 4.2</b>	Karakteristik magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) dengan FTIR.....	14
<b>Tabel 4.3</b>	Karakteristik magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) dengan SEM .....	15



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b>	Mekanisme pembentukan magnetit .....	6
<b>Gambar 2.2</b>	Mekanisme kerja spektrofotometer inframerah dispersif.....	10
<b>Gambar 2.3</b>	Skematik prinsip kerja <i>scanning electron microscope</i> (SEM) .....	11
<b>Gambar 4.1</b>	Spektrum magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) 10 V, 20 V dan 30 V menggunakan instrumen FTIR .....	18
<b>Gambar 4.2</b>	Analisa SEM a. 10 V, b. 20 V, c. 30 V dengan pembesaran 100x .....	20
<b>Gambar 4.3</b>	Analisa SEM a. 10 V, b. 20 V, c. 30 V dengan pembesaran 1000x .....	21
<b>Gambar 4.4</b>	Analisa SEM a. 10 V, b. 20 V, c. 30 V dengan pembesaran 5000x .....	22
<b>Gambar 4.5</b>	Padatan hasil pembuatan magnetit ketika didekatkan dengan medan magnet bagian luar .....	23



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran I : Skema penelitian .....	28
Lampiran 2 : Skema Kerja .....	39
Lampiran 3 : Dokumentasi penelitian .....	32
Lampiran 4 : Hasil analisa FTIR .....	35



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar belakang

Pengembangan teknologi terus dilakukan oleh peneliti, baik dari dunia akademik dan dunia industri. Salah satu bidang yang menarik perhatian banyak peneliti yaitu pengembangan metode pembuatan partikel dengan ukuran yang berbeda dan dapat juga mengubah sifat dan fungsinya (Abdullah *et al.*, 2008). Dengan ukuran yang kecil partikel memiliki volume dan luas permukaan yang besar sehingga membuat partikel tersebut lebih reaktif sehingga dapat diaplikasikan dalam berbagai bidang, diantaranya seperti bidang medis, industri, farmasi, lingkungan dan lain-lain (Fajaroh dalam Wiqradhani, 2017).

Salah satu partikel yang banyak dikembangkan dan digunakan oleh ilmuwan yaitu magnetit. Magnetit dikenal sebagai kemagnetan paling kuat dibandingkan oksida-oksida logam transisi, sehingga banyak dimanfaatkan diberbagai bidang (Teja dan Koh, 2009). Selain itu magnetit dikenal sebagai benda yang dapat ditarik kuat oleh magnet (feromagnetik) yang tinggi karena adanya biokompatibilitas yang baik, toksisitas yang rendah dan proses sintesis yang mudah (Fajaroh *et al.*, 2012).

Pemanfaatan magnetit yang berwarna hitam biasanya digunakan sebagai tinta kering pada mesin *photo copy* pada printer laser (Yulianto *et al.*, 2003). Selain untuk tinta kering magnetit juga dapat diaplikasikan pada biomedis untuk pengiriman obat (*drug delivery*), diagnosis kanker, dan terapi termal (Lopez, *et al.*, 2010). Beberapa metode pembuatan magnetit telah diperluas di berbagai aplikasi diantaranya adalah elektrokimia (Ningsih *et al.*, 2008), emulsi (Wardiyati *et al.*, 2007), dan pengendapan (Maylani, 2016). Pembuatan menggunakan metode elektrokimia didasarkan dengan elektroda dan tegangan dalam sel elektrolisis (Ningsih *et al.*, 2008). Pembuatan dengan metode emulsi pada dasarnya menyertakan reaksi-reaksi dalam fasa air dan fasa minyak (Nabiela, 2013) dan pembuatan menggunakan metode pengendapan atau kopresipitasi menyertakan reaksi kimia spontan di fasa cair. Kelebihan menggunakan metode elektrokimia yaitu dapat mengontrol ukuran partikel dengan mengatur besar kecil

potensial listrik yang dialirkan. Ukuran partikel yang kecil menyebabkan sifat magnetik dan luas permukaan yang besar dan luas (Pratama dan Izzati, 2017).

Susilowati *et al.*, (2017) mengaplikasikan magnetit sebagai adsorpsi ion Pb(II). Sintesis magnetit dilakukan menggunakan metode elektrokimia pada jarak elektroda 2 cm dengan variasi tegangan 30, 50 dan 70 V didapatkan partikel terbaik pada tegangan 30 V. Penelitian Wiqradhani (2017) dan Yamin (2016) juga menguji adsorptivitas terhadap logam besi (Fe) dan Cu. Sintesis magnetit dilakukan menggunakan metode elektrokimia pada jarak elektroda 3 cm dengan variasi tegangan 5, 10 dan 15 V didapatkan partikel terbaik pada tegangan 10 V. menurut Januarita *at, al.*, (2010) semakin besar tegangan yang digunakan maka ukuran magnetit yang dihasilkan semakin besar pula.

Metode elektrokimia juga digunakan oleh Ningsih *et al.*, (2008) pada sintesis magnetit dengan variasi jarak antar elektroda yaitu, 2, 3 dan 4 cm, maka dihasilkan magnetit terbaik pada jarak antar elektroda 4 cm. Berdasarkan uraian diatas peneliti memiliki ketertarikan untuk melakukan penelitian sintesis magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) menggunakan metode elektrokimia pada jarak antar elektroda 4 cm dengan variasi tegangan 10, 20 dan 30 V. Untuk mengetahui hasil yang diperoleh adalah magnetit maka perlu dilakukan karakteristik menggunakan *Fourier Transform Infrared (FTIR)*, *Scanning Electron Microscopy (SEM)* dan magnet.

*Fourier Transform Infrared (FTIR)* adalah metode yang sangat bermanfaat untuk identifikasi struktur senyawa organik dan organometalik. Pengukuran spektrum *infrared* dilakukan pada cahaya *mid-infrared* yaitu pada rentang panjang gelombang 2,5-50  $\mu\text{m}$ . Setiap frekuensi cahaya yang dilewatkan mempunyai energi serapan tertentu. Besarnya energi serapan yang diperoleh dapat mempengaruhi kondisi molekul senyawa tersebut (Dachriyanus, 2004). *Scanning Electron Microscopy (SEM)* dimanfaatkan untuk melihat morfologi permukaan sampel dalam pembesaran yang tinggi dengan menggunakan berkas elektron berenergi tinggi (Andhika *et al.*, 2018). Sifat dari kutub magnet apabila bertemu kutub-kutub yang sejenis maka saling tolak menolak dan kutub-kutub yang tidak sejenis maka saling tarik menarik (Ambarwanti, 2017). Berdasarkan uraian diatas peneliti memiliki ketertarikan untuk melakukan penelitian sintesis magnetit

(Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) menggunakan metode elektrokimia pada jarak antar elektroda 4 cm dengan variasi tegangan 10, 20 dan 30 V.

### **1.2. Rumusan Masalah**

Adapun yang menjadi rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana proses pembuatan magnetit dengan metode elektrokimia?
2. Bagaimana pengaruh variasi tegangan terhadap karakteristik magnetit yang dihasilkan?

### **1.3. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dalam penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui bagaimana proses pembuatan magnetit dengan metode elektrokimia
2. Untuk mengetahui bagaimana pengaruh variasi tegangan terhadap karakteristik magnetit yang dihasilkan.

### **1.4. Manfaat penelitian**

Adapun yang menjadi manfaat penelitian ini adalah:

1. Sarana informasi bahwa jarak dan tegangan dapat mempengaruhi bentuk dan ukuran partikel magnetit.
2. Bagi peneliti, sebagai sarana untuk menambah dan memperdalam ilmu pengetahuan tentang magnetit dan pengaplikasiannya.
3. Bagi peneliti selanjutnya, diharapkan dapat dijadikan sebagai sumber rujukan yang membahas tentang pengaruh tegangan dan jarak antar elektroda terhadap magnetit.
4. Hasil penelitian ini diharapkan bermanfaat di berbagai bidang.

### 1.5. Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini antara lain:

1. Variasi tegangan yang digunakan pada penelitian yaitu 10 V, 20 V, dan 30 V dengan jarak 4 cm.
2. Karakterisasi yang digunakan pada penelitian ini yaitu dengan *Fourier Transform Infrared* (FTIR), *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dan magnet.



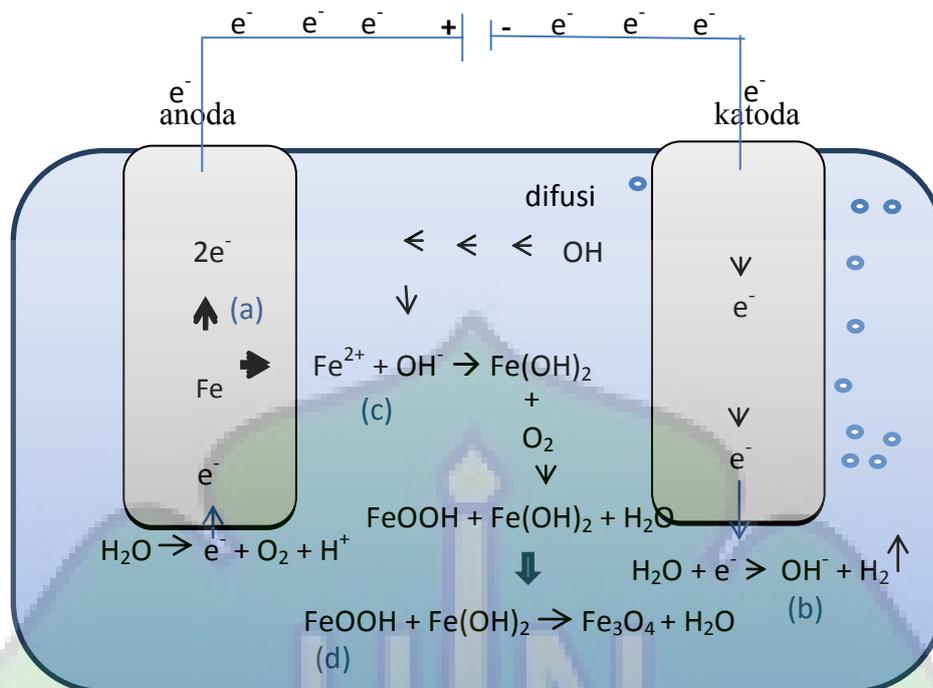
## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ )

Magnetit merupakan salah satu oksida besi yang menunjukkan kemagnetan paling kuat diantara oksida-oksida besi yang lain seperti maghemit ( $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ) dan hematit ( $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ) sehingga dimanfaatkan di berbagai bidang. Besi oksida dapat digunakan dalam berbagai aplikasi termasuk biomedis, adsorben, katalis, sistem pendingin magnet, perangkat penyimpanan yang bersifat magnetis dan sebagainya (Tan dan Bakar, 2006).

Magnetit memiliki sifat magnetik yang sangat baik, yaitu dapat merespon medan magnet luar sehingga mempunyai hubungan yang kuat dengan medan magnetnya sendiri, memiliki sifat khas yang keras, tahan panas dan zat kimia. Selain itu memiliki tahanan jenis listrik yang tinggi dan banyak digunakan dalam bidang elektronika dan dapat termagnetisasi dengan spontan pada temperatur *curie* dan bersifat paramagnetik untuk temperatur di atas temperatur *curie* (Soliha dalam Wiqradhani, 2017). Temperatur *curie* adalah titik kritis terjadinya perubahan fase feromagnetik suatu bahan padat menjadi paramagnetik akibat pemanasan dan dapat dilihat dengan terlepasnya suatu bahan feromagnetik yang dipanasi dari magnet permanen (Okimustava dan Oktova, 2009).

Mekanisme pembentukan magnetit dapat dilihat pada Gambar 2.1. Pada lempeng anoda, elektroda besi mengalami reaksi oksidasi menjadi ion  $\text{Fe}^{2+}$  dan pelepasan elektron. Air pada permukaan anoda akan mengalami oksidasi menjadi  $\text{O}_2$ ,  $\text{H}^+$  dan melepaskan elektron. Gas  $\text{O}_2$  ditandai dengan adanya gelembung-gelembung kecil pada permukaan lempeng anoda. Sedangkan pada lempeng katoda terjadi reaksi reduksi  $\text{H}_2\text{O}$  menghasilkan  $\text{OH}^-$  dan gas  $\text{H}_2$ .



**Gambar 2.1.** Mekanisme pembentukan magnetit (Januarita *et al.*, 2010).

Sifat partikel magnetik tergantung ukuran partikelnya, contohnya pada saat ukuran suatu partikel nanomagnetik dibawah 10 nm, akan bersifat paramagnetik dalam temperatur ruang. Artinya energi termal dapat menghalangi anisotropi energi penghalang dari sebuah partikel nanotunggal (Abdullah M. 2010). Dalam penelitian Ningsih *et al.*, (2008) menyatakan bahwa semakin besar jarak antar elektroda maka semakin kecil diameter magnetit yang dihasilkan.

## 2.2. Elektrokimia

Elektrokimia merupakan cabang ilmu yang mempelajari hubungan antara arus listrik dengan reaksi kimia. Sel elektrokimia terdiri dari sel volta dan sel elektrolisis. Sel volta adalah sel elektrokimia yang diperoleh dari reaksi kimia yang bereaksi dengan spontan dan menghasilkan energi listrik. Pada sel volta katoda sebagai kutub positif dan anoda sebagai kutub negatif. Anoda dan katoda dimasukkan dedalam larutan elektrolit yang telah dihubungkan dengan jembatan garam. Fungsi jembatan garam yaitu untuk pemberi suasana netral dari kedua larutan yang menghasilkan listrik. Sintesis menggunakan metode elektrokimia memiliki kelebihan yaitu memiliki prinsip yang sederhana, mudah dikontrol dan

bisa dilakukan pada suhu ruangan, seperti rapat arus yang dapat dikontrol melalui pengaturan tegangan dan jarak antar elektroda (Mawarnis, 2021).

Elektrolisis yaitu proses dimana energi listrik digunakan untuk mendorong agar reaksi redoks yang nonspontan dapat berlangsung (Chang, 2004). Pada sel elektrolisis memiliki muatan dimana katoda memiliki muatan negatif sedangkan pada anoda memiliki muatan positif. Hal ini sesuai dengan prinsip kerja arus listrik. Sel elektrokimia terdiri dari zat yang dapat mengalami proses ionisasi, elektrode dan sumber listrik (baterai). Arus listrik dialirkan dari kutub negatif dari baterai ke katoda yang bermuatan negatif. Larutan secara langsung akan mengalami ionisasi dari kation menjadi anion. Kation di katoda akan mengalami proses reduksi sedangkan di anoda akan mengalami proses oksidasi (Harahap, 2016).

Proses kimia membutuhkan penghantar yaitu larutan elektrolit sebagai media untuk serah terima elektron. Larutan elektrolit dapat dikelompokkan menjadi tiga pembagian yaitu larutan elektrolit lemah, larutan elektrolit kuat dan larutan bukan elektrolit. Larutan elektrolit kuat yaitu larutan yang memiliki ion-ion terlarut yang mampu menghantarkan arus listrik sangat baik sehingga proses perpindahan elektron berlangsung dengan cepat dan energi yang dihasilkan relatif lebih besar. Sedangkan larutan elektrolit lemah yaitu larutan yang memiliki ion-ion terlarut yang terionisasi sebagian sehingga pada proses perpindahan elektron berlangsung dengan lambat dan energi yang dihasilkan sedikit. Meskipun demikian proses elektrokimia tetap terjadi. Untuk larutan yang bukan elektrolit proses serah terima elektron tidak terjadi (Harahap, 2016).

Sel elektrolisis dapat digunakan untuk menghasilkan suatu produk, salah satunya yaitu sintesis  $\text{Fe}_2\text{O}_4$  dan  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Aplikasi yang banyak dikembangkan dalam industri salah satunya yaitu teknik elektroplating. Teknik elektroplating merupakan proses pelapisan logam dengan logam lain dalam suatu larutan elektrolit dengan menggunakan arus listrik. Konsep yang digunakan pada proses elektroplating yaitu konsep reaksi redoks dengan menggunakan sel elektrolisis. Dalam sel elektrolisis arus yang akan dialirkan akan menimbulkan reaksi redoks dengan mengubah energi listrik menjadi energi kimia. Proses pelapisan terjadi jika suatu benda yang akan dilapisi berfungsi sebagai katoda dan

benda pelapis sebagai anoda dimasukkan ke dalam larutan elektrolit dalam konsentrasi tertentu, selanjutnya dialirkan arus ke dalam larutan tersebut maka ion-ion pada anoda akan terurai ke dalam larutan dan akan melapisi benda yang akan berfungsi sebagai katoda. Proses ini terjadi karena lepasnya elektron dari atom-atom yang masuk ke dalam larutan sebagai ion-ion, sehingga menghasilkan lapisan. Banyaknya ion-ion yang terurai tergantung dari besar arus yang dialirkan. Semakin besar arus yang dialirkan maka semakin banyak ion yang diuraikan begitupun sebaliknya (Widodo, 2014).

### 2.3. Karakteristik magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ )

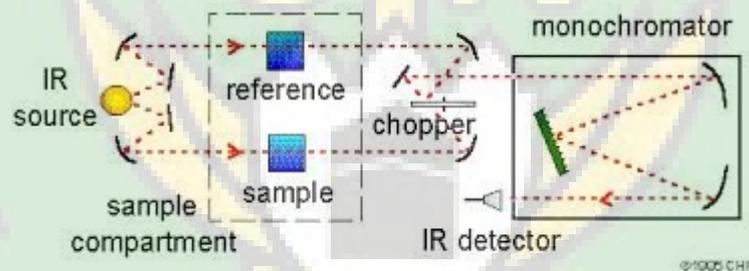
#### 2.3.1. *Fourier Transform Infrared (FTIR)*

Spektroskopi FTIR merupakan salah satu teknik analitik yang baik dalam proses analisa struktur molekul suatu senyawa. Komponen utama spektroskopi FTIR yaitu interferometer Michelson yang mempunyai fungsi menguraikan radiasi inframerah menjadi komponen frekuensi. Penggunaan interferometer Michelson memberikan kelebihan metode FTIR yaitu memberikan informasi struktur molekul dapat diperoleh dengan cara yang tepat dan akurat bila dibandingkan metode spektroskopi inframerah konvensional dan metode spektroskopi yang lain (Silviah *et al.*, 2014).

FTIR merupakan suatu alat yang digunakan untuk melihat adanya interaksi terhadap suatu molekul dengan menggunakan radiasi elektromagnetik yang terdapat pada panjang gelombang 0,75-1000  $\mu\text{m}$  (Ratnawati dalam Lubis, 2015). Analisa menggunakan spektroskopi FTIR untuk mengetahui puncak spesifik dari suatu ikatan kimia terhadap hasil sintesis. Analisa FTIR digunakan dengan cara melihat bentuk spektrumnya yaitu dengan puncak-puncak spesifik yang menunjukkan jenis gugus fungsi (Kristianingrum, 2016). Setiap gugus fungsi memiliki pita serapan infra merah yang unik pada bilangan gelombang tertentu. Vibrasi setiap ikatan memberikan ikon berupa puncak yang khas sehingga bermanfaat untuk menandai gugus fungsi senyawa (Rampengan, 2017). FTIR memberikan spektrum infrared yang berasal dari adsorpsi, emisi, fotokonduktivitas dari gas, liquid dan padatan. Infrared dimanfaatkan karena *peak* yang dihasilkan berkaitan dengan frekuensi vibrasi antara ikatan atom yang

menyusun material tersebut. Sinar infrared yang menghampiri sampel, sebagian sinar infrared akan diabsorpsi oleh sampel dan sisanya akan ditransmisikan. Hasil yang diberikan dari spektrum ini menampilkan absorpsi dan transmisi molekul yang membentuk spektrum yang unik. Sehingga tidak ada struktur molekul yang menghasilkan spektrum infrared yang sama (Amanda dan Chandra, 2015). Proses instrumen FTIR menganalisis sampel sebagai berikut :

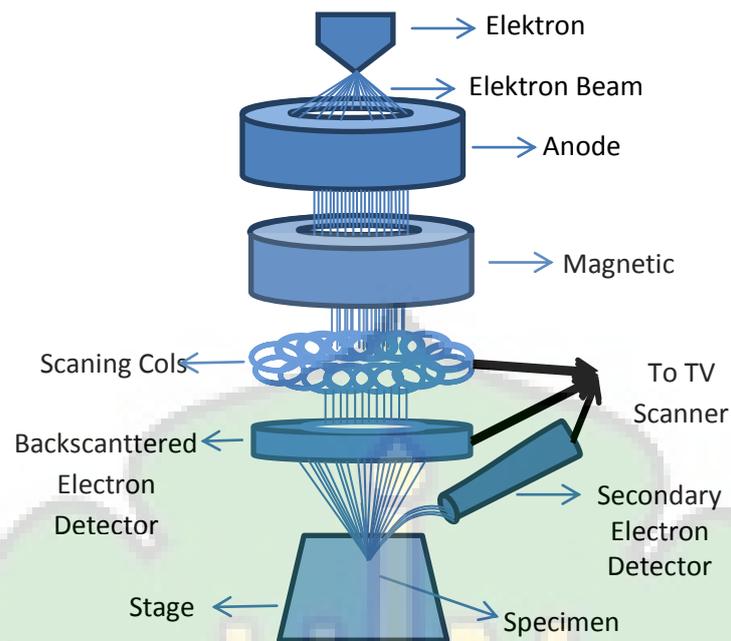
1. Energi infra merah yang ditembak melalui sumber benda hitam yang bercahaya. Sinar tersebut melewati lobang yang mengontrol jumlah energi yang akan disampaikan pada sampel dan dibaca oleh detektor.
2. Cahaya memasuki interferometer dimana pengkodean spektral berlangsung, sehingga menghasilkan sinyal interferogram dan kemudian meninggalkan interferometer.
3. Sinar lolos ke detektor untuk pengukuran akhir.
4. Sinyal yang diukur adalah digital dan di kirim ke komputer di mana transformasi fourier berlangsung (Lubis, 2015).



**Gambar 2.2.** Mekanisme kerja spektrofotometer inframerah dispersif (Theophanides, 2012).

### 2.3.2. Scanning Electron Microscopy (SEM)

Analisis morfologi dan ukuran partikel dilakukan dengan instrumen SEM. SEM merupakan alat mikroskop elektron yang digunakan untuk menyelidiki permukaan dari objek solid secara langsung, memiliki pembesaran 10 - 3000000x, kedalaman 4 - 0,4 mm dan resolusi sebesar 1 – 10 nm (Prasetyo dalam Lubis, 2015). SEM juga dapat didefinisikan sebagai mikroskop elektron yang dapat digunakan untuk mengamati morfologi permukaan dalam skala mikro dan nano (Rianita *et al.*, 2014).



**Gambar 2.3.** Skematik prinsip kerja *scanning electron microscope* (SEM) (Sharma *et al.*, 2019).

Prinsip kerja dari instrumen SEM yaitu :

1. Elektron gun memproduksi elektron beam dari filamen. Pada umumnya elektron gun yang digunakan adalah tungsten hairpin gun dengan filamen berbentuk lilitan tungsten yang berfungsi sebagai katoda. Tegangan yang diberikan pada lilitan akan menimbulkan panas. Kemudian anoda akan membentuk gaya yang dapat menarik elektron menuju anoda.
2. Lensa magnetik berfungsi untuk memfokuskan elektron menuju suatu titik pada permukaan sampel.
3. Sinar elektron yang terfokus memindai (*scan*) keseluruhan sampel dengan cara diarahkan oleh koil pemindai.
4. Disaat elektron mengenai sampel, maka akan terjadinya penghamburan elektron, baik *Secondary Elektron* (SE) atau *Back Scattered Elektron* (BSE) dari permukaan sampel dan akan dideteksi oleh elektron dan dimunculkan dalam bentuk gambar pada monitor *Cathode Ray Tube* (CRT) (Lubis, 2015).

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1. Waktu dan Tempat**

Penelitian ini telah dilaksanakan di Laboratorium Multifungsi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry dan Laboratorium FMIPA Unsyiah pada bulan Januari – Maret 2021.

#### **3.2. Alat dan Bahan**

##### **3.2.1. Bahan**

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian yaitu natrium hidroksida (NaOH), elektroda besi, akuades ( $H_2O$ ), ferro sulfat heptahidrat ( $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ ), asam klorida (HCl), asam sulfat ( $H_2SO_4$ ), elektroda karbon n-heksan.

##### **3.2.2. Alat**

Alat-alat yang digunakan pada percobaan ini yaitu *power supply* DC, gelas kimia 500 mL, batang pengaduk, pH meter, neraca analitik, kabel penghubung dan penjepit buaya, labu ukur 500 mL, magnet, FTIR (tipe:IRPrestige-21) dan *scanning elektron microscopy* tipe HATACHI TM3000).

#### **3.3. Metode Kerja**

##### **3.3.1. Preparasi Besi (Wiqradhani, 2017)**

Diambil plat besi yang sudah disiapkan, kemudian diampelas sampai bersih. Plat besi di rendam dengan larutan NaOH 100 ppm yang dipanaskan selama 60 menit dengan suhu 60-70°C. Selanjutnya dicuci dengan akuades dan direndam lagi dengan larutan HCl 10% selama 30 menit. Setelah itu plat besi dicuci lagi dengan akuades dan direndam dengan larutan n-Heksan selama 30 menit. Kemudian plat besi diampelas lagi sampai bersih dan direndam kembali dengan larutan  $H_2SO_4$  10% selama 15 menit.

### 3.3.2. Pembuatan Larutan Elektrolit

Serbuk  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  ditimbang sebanyak 6,95 gram (Wiqradhani, 2017) dimasukkan ke dalam labu takar 500 mL kemudian ditambahkan akuades sampai tanda batas lalu diaduk sampai homogen (Ningsih *et al.*, 2008).

### 3.3.3. Pelapisan Besi (Wiqradhani, 2017)

Larutan elektrolit yang telah disediakan dimasukkan ke dalam gelas kimia 500 mL. Masukkan elektroda besi yang ingin dilapisi ditempatkan sebagai katoda dan anodanya menggunakan elektroda karbon dengan jarak 2 cm. Gelas ukur yang telah disusun rangkaian elektrolisis lalu diisi dengan larutan elektrolit dan dialirkan arus DC dari *power supply* dengan tegangan 10 V. Elektroplating besi dilakukan selama 5 jam.

### 3.3.4. Pembuatan Magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) Secara Elektrolisis Terhadap Variasi Tegangan (Wiqradhani, 2017)

Masukkan akuades 250 mL ke dalam gelas kimia 250 mL dan ditambahkan tetes per tetes larutan NaOH 0,1 M sehingga larutan tersebut dalam suasana basa (pH 10). Kemudian menempatkan batang besi hasil elektroplating sebagai anoda dan batang komersil sebagai katoda. Mengaliri arus DC pada sel elektrokimia pada variabel jarak antar elektroda 4 cm dengan variasi tegangan 10 V, 20 V, dan 30 V selama 3 jam. Di akhir proses produk yang dihasilkan adalah endapan berwarna hitam  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ . Endapan yang dihasilkan kemudian disaring menggunakan kertas saring *whattman* no.42. Selanjutnya dikeringkan menggunakan oven pada suhu  $80^\circ\text{C}$  selama 60 menit.

### 3.4. Karakteristik Magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ )

Karakteristik magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) dilakukan dengan menggunakan alat instrumen *Fourier Transform Infrared* (FTIR) untuk menentukan karakteristik dan gugus fungsi, *Scanning Electron Microscopy* (SEM) untuk menentukan karakteristik morfologi permukaan dan magnet untuk menentukan daya tarik menarik antar magnetit yang dihasilkan.

**BAB IV**  
**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**4.1. Data Hasil Penelitian**

Pembuatan magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) dilakukan melalui tiga tahap yaitu preparasi besi, elektroplating dan pembuatan magnetit dengan variasi tegangan 10, 20 dan 30 V. Setelah terbentuk magnetit lalu dilakukan karakterisasi menggunakan FTIR dan SEM (Tabel 4.2 dan tabel 4.3). Pada tabel 4.1 dapat dilihat warna dan massa endapan dari magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) yang dihasilkan dengan variasi tegangan.

**Tabel 4.1.** Hasil pembuatan magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) dengan variasi tegangan 10, 20 dan 30 V.

No	Tegangan (V)	Warna endapan	Massa endapan
1	10	Coklat kehitaman	0,0688 gr
2	20	Coklat kehitaman	0,2017 gr
3	30	Hitam	1,5949 gr

**Tabel 4.2.** Karakteristik magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) dengan FTIR

No	Tegangan (V)	Bilangan gelombang	Jenis ikatan
1	10	436.90 $\text{cm}^{-1}$ , 497.66 $\text{cm}^{-1}$ 560.35 $\text{cm}^{-1}$	$\text{Fe} - \text{O}$
2	20	457.15 $\text{cm}^{-1}$ 509.23 $\text{cm}^{-1}$	$\text{Fe} - \text{O}$
3	30	408.93 $\text{cm}^{-1}$ , 459.08 $\text{cm}^{-1}$ 564.20 $\text{cm}^{-1}$	$\text{Fe} - \text{O}$

**Tabel 4.3.** Karakteristik magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) dengan SEM

No	Tegangan (V)	Rata-rata ukuran partikel pada pembesaran 5000 kali	Bentuk permukaan pada pembesaran 5000 kali
1	10	20 $\mu\text{m}$	Halus, tidak homogen
2	20	20 $\mu\text{m}$	Halus, homogen
3	30	20 $\mu\text{m}$	Kasar, tidak homogen

## 4.2. Pembahasan

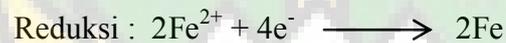
### 4.2.1. Pembuatan magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) dengan metode elektrokimia

Pembuatan magnetit dilakukan dengan metode elektrokimia karena metode ini merupakan salah satu metode yang mudah dan murah. Elektrokimia merupakan suatu proses reaksi kimia yang menghasilkan arus listrik dikarenakan adanya proses perpindahan elektron. Sel elektrolisis merupakan hasil serapan dari sel elektrokimia yang memanfaatkan media elektroda dan larutan elektrolit (Harahap, 2016). Elektroplating adalah tahap pelapisan logam dengan teknik elektrolisis, yang bertujuan untuk menghasilkan lapisan besi yang lebih murni sehingga kualitas lempeng besi semakin baik. Sebelum dilakukan elektroplating, penelitian melakukan preparasi elektroda terlebih dahulu dengan cara teknis dan kimia. Cara teknis dilakukan dengan cara mengamplas permukaan besi dengan tujuan mengamplas permukaan dari kontaminan lingkungan, seperti debu oksida dan debu lain yang melekat. Lempeng besi yang digunakan dalam penelitian ini berukuran 4 cm x 12 cm x 2 mm. Selanjutnya tahap elektrolisis ini melibatkan elektroda anoda, elektroda katoda, elektrolit, *power supply* DC dan arus listrik.

Preparasi elektroda secara kimia dilakukan dengan cara perendaman yaitu dengan larutan NaOH, HCl,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dan pelarut n-heksan. Proses perendaman dengan NaOH bertujuan untuk membersihkan lempeng besi dari kotoran, cat, minyak dan lemak yang ada pada lempeng yang ingin dilapisi. Selanjutnya lempeng besi direndam dengan larutan HCl 10% selama 30 menit untuk menghilangkan karang pada permukaan lempeng besi. Tahap selanjutnya lempeng besi direndam dengan pelarut n-heksan selama 30 menit. Tahap ini dilakukan untuk menghilangkan lemak dan minyak dari lilin-lilin dan bahan

organik lainnya. Setelah direndam lempeng besi diampas kembali untuk membersihkan sisa-sisa n-heksan dan karat yang menempel pada besi. Tahap terakhir yaitu lempeng direndam dengan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  selama 30 menit supaya dapat membuka pori-pori pada permukaan lempeng besi (Riyanto dalam Yamin Ria Rukmana, 2017).

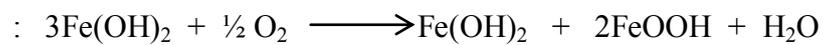
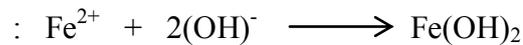
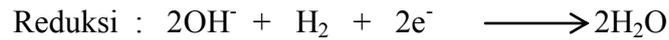
Proses pembuatan elektroda besi dengan elektroplating yaitu menggunakan tegangan 10 V dan jarak antar elektroda 2 cm dengan kuat arus 1 A selama 5 jam. Lempeng besi sebagai elektroda yang ingin dilapisi ditempatkan sebagai katoda dan elektroda karbon ditempatkan sebagai anoda. Elektroda karbon yaitu elektroda yang sukar bereaksi sehingga elektroda tersebut hanya berperan sebagai penghantar arus listrik. Pada proses ini menggunakan larutan  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  sebagai larutan elektrolit. Larutan  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  adalah larutan elektrolit kuat, dimana zat terlarut dapat larut dengan sempurna membentuk ion-ion sehingga dapat menghantarkan arus listrik dengan baik. Reaksi yang terjadi pada proses elektroplating yaitu :



(Wiqradhani, 2017)

Hasil dari elektroplating batang besi terlapisi oleh besi murni, hal ini dapat diamati dengan pengamatan fisik besi yang semakin tebal.

Pembuatan magnetit berkerja dalam sel elektrolisis, pada proses ini hasil elektroplating dihubungkan dengan anoda dan lempeng besi tanpa hasil elektroplating dihubungkan dengan katoda dan akuades ( $\text{H}_2\text{O}$ ) dengan penambahan  $\text{NaOH}$  ditetesi sedikit demi sedikit sampai pH 10 sebagai elektrolit. Penggunaan larutan basa sebagai elektrolit akan memberikan ion  $\text{OH}^-$  yang banyak sehingga akan membentuk  $\text{Fe}(\text{OH})_2$ . Pembentukan  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  dan  $\text{FeOOH}$  dapat mempengaruhi pembentukan  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , karena kedua senyawa tersebut sangat berpengaruh dalam pembentukan  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ . Mekanisme reaksi dalam pembentukan  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  dapat dijelaskan dengan reaksi sebagai berikut :



(Wiqradhani, 2017).

Mekanisme yang terjadi yaitu, air di permukaan katoda akan tereduksi dari  $\text{H}_2\text{O}$  menjadi  $\text{OH}^-$  dan gas  $\text{H}_2$ . Terbentuknya gas  $\text{H}_2$  dapat dilihat dengan adanya gelembung-gelembung. Pada anoda, elektroda besi mengalami reaksi oksidasi menjadi ion  $\text{Fe}^{2+}$  dan melepaskan elektron. Air di permukaan anoda juga akan teroksidasi menjadi  $\text{O}_2$ ,  $\text{H}^+$  dan melepaskan elektron. Adanya gelembung-gelembung kecil di permukaan anoda ditandai dengan adanya gas  $\text{O}_2$ . Gelembung-gelembung  $\text{H}_2$  lebih nampak dari pada gelembung-gelembung  $\text{O}_2$ , Karena gas  $\text{H}_2$  tidak bereaksi lebih lanjut sehingga masih didapatkan pada akhir pembuatan. Ion  $\text{OH}^-$  yang terbentuk di katoda akan berjalan menuju anoda dan bereaksi dengan ion  $\text{Fe}^{2+}$  membentuk  $\text{Fe}(\text{OH})_2$ , Karena mobilitas ion  $\text{OH}^-$  lebih cepat bila dibandingkan dengan  $\text{Fe}^{2+}$ , oleh karena itu reaksi pembentukan  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  terjadi di daerah sekitar anoda.

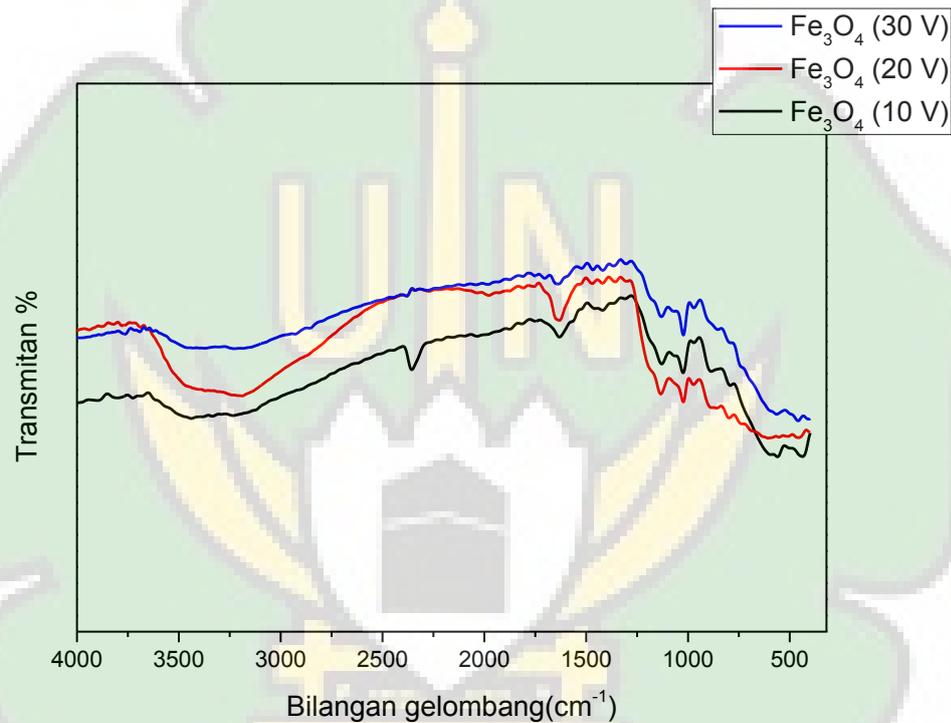
Menurut penelitian Januarita *et al.*, (2010) nilai mobilitas ion absolut  $\text{OH}^-$  ( $\mu_0^-$ ) pada temperatur  $25^\circ\text{C}$  sebesar  $0,002050 \text{ cm}^2 \text{ volt}^{-1} \text{ sec}^{-1}$ , sedangkan untuk nilai mobilisasi ion absolut  $\text{Fe}^{2+}$  yaitu sebesar ( $\mu_0^+$ )  $0,000616 \text{ cm}^2 \text{ volt}^{-1} \text{ sec}^{-1}$ . Sumber  $\text{O}_2$  selain dari oksigen yang terlarut juga berasal dari reaksi oksidasi yang terjadi disekitar anoda.

#### 4.2.2. Karakteristik Magnetite ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ )

##### 4.2.2.1. Analisis FT-IR

Analisa ikatan Fe dengan O pada hasil pembuatan magnetit menggunakan FTIR yang dapat dilihat pada gambar 4.1. Berdasarkan data hasil analisa FTIR pada tabel 4.2, dengan tegangan 10V menghasilkan bilangan gelombang  $436.90 \text{ cm}^{-1}$ ,  $497.66 \text{ cm}^{-1}$  dan  $560.35 \text{ cm}^{-1}$  membentuk gugus fungsi Fe - O, pada tegangan 20 V menghasilkan bilangan gelombang  $457.15 \text{ cm}^{-1}$  dan

509.23  $\text{cm}^{-1}$ , dan pada tegangan 30 V menghasilkan bilangan gelombang 408.93  $\text{cm}^{-1}$ , 459.08  $\text{cm}^{-1}$  dan 564.20  $\text{cm}^{-1}$ . Munculnya lebih dari dua puncak serapan pada tegangan 10 dan 30 V diduga karena adanya serapan senyawa antara pada pembentukan  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ . Nilai serapan ikatan gugus logam dengan oksigen yaitu Fe-O dari  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  yang terbentuk mendekati daerah serapan bilangan gelombang yang didapatkan oleh Fajar, (2017) pada bilangan gelombang 570  $\text{cm}^{-1}$  dan 439  $\text{cm}^{-1}$ , Rempengan, (2017) pada bilangan gelombang 408  $\text{cm}^{-1}$  dan 586  $\text{cm}^{-1}$  selanjutnya Reknohari *et al.*, (2020) pada bilangan gelombang 509  $\text{cm}^{-1}$  dan 586  $\text{cm}^{-1}$ .



**Gambar 4.1.** Spektrum magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) pada tegangan 10 V, 20 V dan 30 V menggunakan instrumen FTIR.

#### 4.2.2.2. Analisa SEM

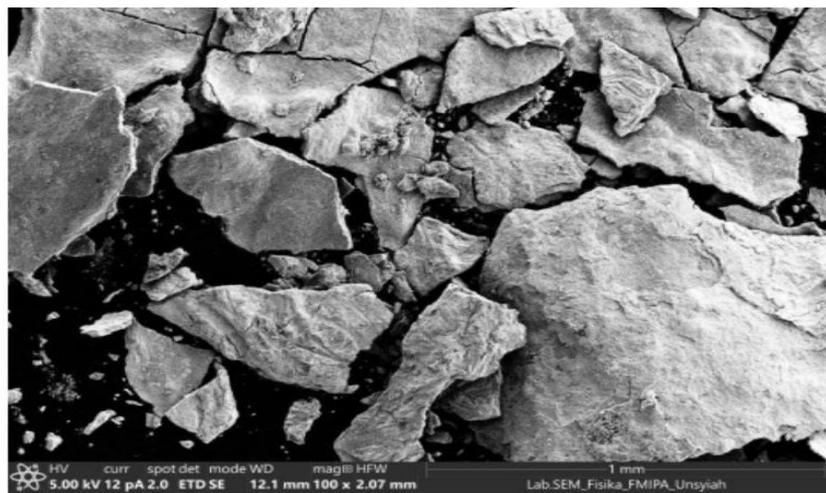
Analisa morfologi dilakukan menggunakan instrumen SEM. SEM merupakan salah satu mikroskop elektron yang memberikan foto permukaan 3 dimensi dengan resolusi yang lebih tinggi (Kesuma, 2018). Analisa morfologi magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) bertujuan untuk mengetahui bentuk dan ukuran diameter partikel terhadap hasil pembuatan magnetit. Berdasarkan gambar 4.2, gambar 4.3 dan gambar 4.4 di bawah, hasil analisa SEM pada pembesaran 100x dengan variasi voltase 10 V, 20 V dan 30 V didapatkan partikel dengan skala 2,07 mm dan rata-rata partikelnya 1 mm, pada pembesaran 1000x disetiap voltase didapatkan nilai partikel dengan skala 207  $\mu\text{m}$  dan rata-rata partikelnya 100  $\mu\text{m}$  dan pada pembesaran 5000x disetiap voltase didapatkan nilai partikel dengan skala 41,4  $\mu\text{m}$  dan rata-rata partikelnya 20  $\mu\text{m}$ .



a.

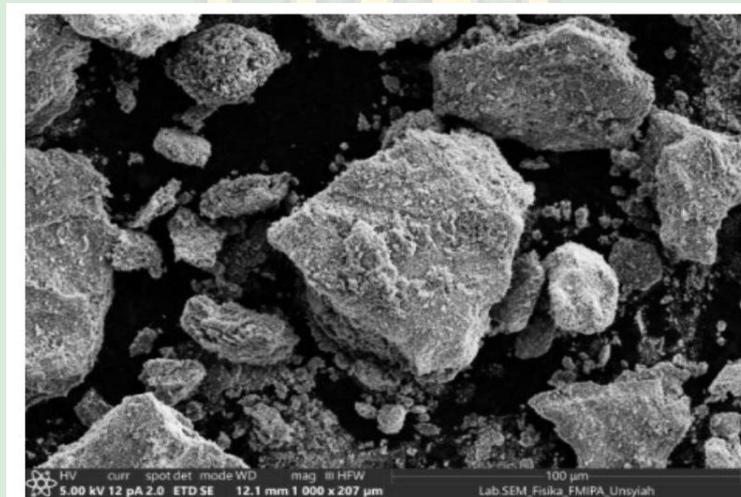


b.

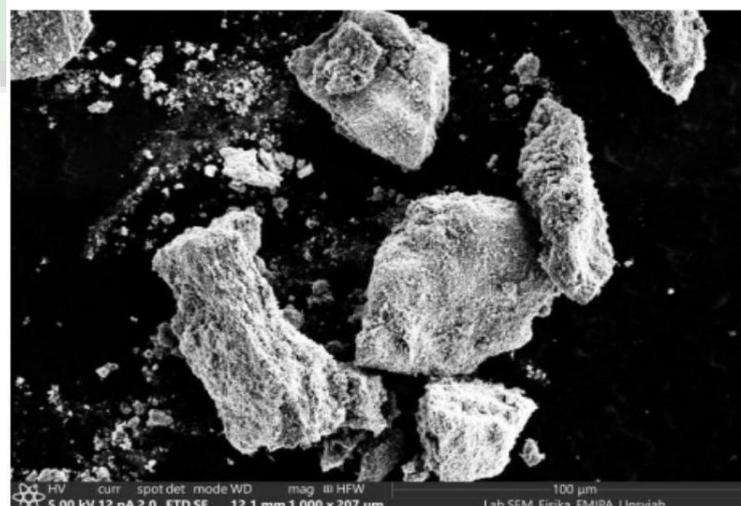


c.

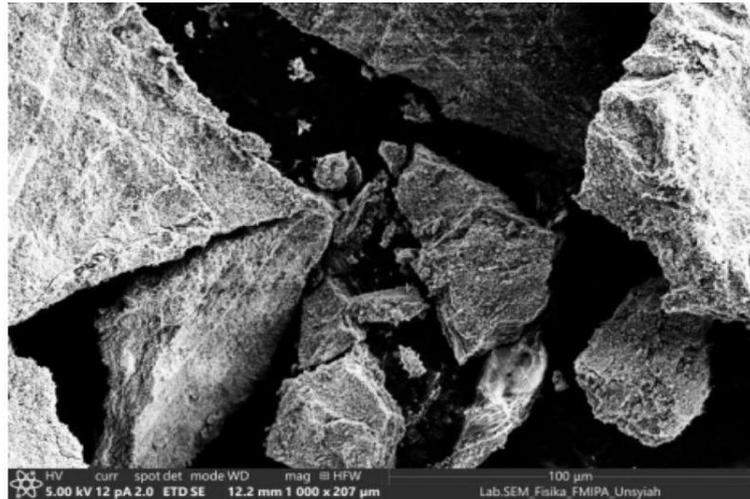
**Gambar 4.2.** Analisa SEM (a) 10 V; (b) 20 V; (c) 30 V dengan pembesaran 100x



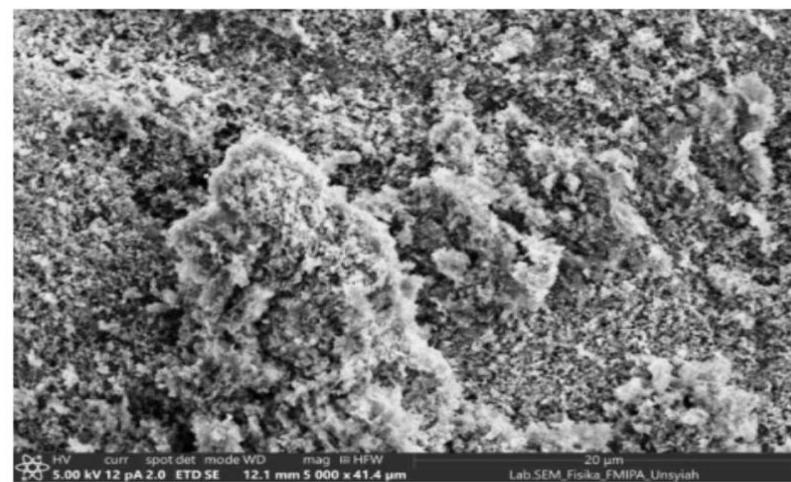
a.



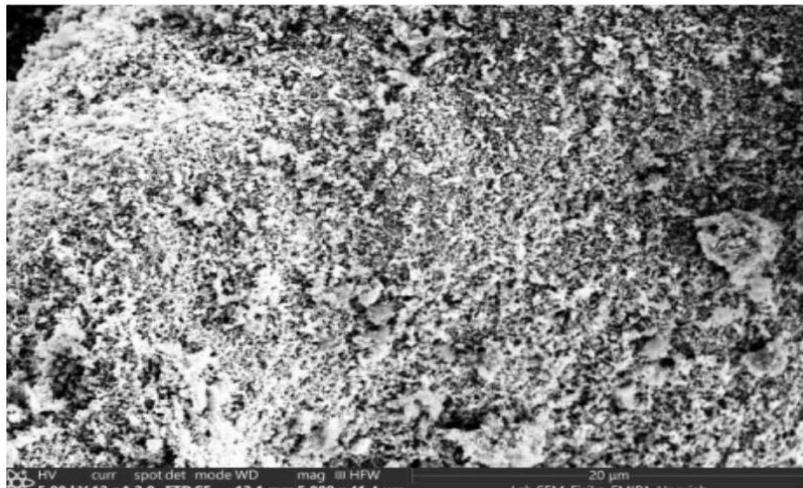
b.



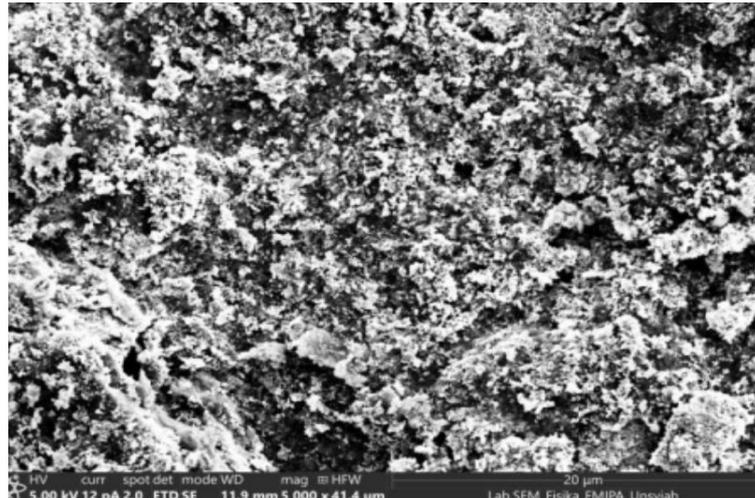
**Gambar 4.3.** Analisa SEM (a) 10 V; (b) 20 V; (c) 30 V dengan pembesaran 1000x



a.



b.



c.

**Gambar 4.4.** Analisa SEM (a) 10 V; (b) 20 V; (c) 30 V dengan pembesaran 5000x

Berdasarkan gambar 4.4. pada pembesaran 5000x menunjukkan bentuk partikel Pada sumber tegangan 10 V didapatkan bentuk permukaan partikel yang halus, tegangan 20 V didapatkan bentuk permukaan yang lebih halus dan homogen sedangkan pada tegangan 30 V menghasilkan bentuk permukaan yang kasar. Dari hasil pembuatan magnetit dengan tengangan 10, 20 dan 30 V pada pembesaran 5000x diperoleh ukuran partikel yang sama yaitu 20  $\mu\text{m}$ . Variasi tegangan 10, 20 dan 30 V tidak mempengaruhi ukuran partikel karena tidak ada perbedaan yang signifikan.

#### 4.2.2.3. Analisa kemagnetan menggunakan medan magnet luar

Pengujian menggunakan medan magnet luar dilakukan dengan cara dimasukkan ke dalam wadah lalu diberi medan magnet dari bagian luar dinding wadah tersebut, selanjutnya diamati apakah magnetit tersebut dapat berinteraksi dengan medan magnet yang diberikan. Hal ini dapat dilihat pada gambar 4.4.



**Gambar 4.5.** padatan hasil pembuatan magnetit ketika didekatkan dengan medan magnet bagian luar.

Padatan yang tertarik ke medan magnet tidak hanya sebagian namun hampir seluruh magnetit yang ada dalam wadah ikut tertarik juga. Hal ini terbukti bahwa magnetit yang dihasilkan memiliki kemagnetan paling kuat (ferromagnetik).

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian tentang “Pembuatan Magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) menggunakan Metode Elektrokimia dengan Variasi Tegangan” maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Pembuatan magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) dapat dilakukan menggunakan metode elektrokimia dengan variasi tegangan melalui tiga tahap preparasi besi, elektroplating dan pembuatan magnetit.
2. Karakterisasi menggunakan FTIR didapatkan puncak serapan Fe-O yang berbeda-beda pada tegangan 10, 20 dan 30 V. Karakteristik magnetit menggunakan SEM dengan variasi tegangan 10, 20 dan 30 V tidak mempengaruhi ukuran partikel karena tidak ada perbedaan yang signifikan. Karakterisasi kemagnetan terlihat adanya daya tarik antar medan magnet dengan magnetit yang dihasilkan.

#### **5.2. Saran**

Saran yang dapat diberikan oleh penulis yaitu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan jarak antar elektroda 4 cm dengan variasi tegangan yang berbeda karena diameter partikel yang dihasilkan relatif sama.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M. 2010. *Karakterisasi Nanomaterial, Teori, Penerapan dan Pengolahan Data*. Bandung: CV. Rezeki Putra Bandung.
- Abdullah, M., Virgus, Y., Nirmin, dan Khairurrijal. (2008). Review: Sintesis Nanomaterial. *Jurnal Nanosains dan Nanoteknologi*, 1(2), 33–57. <https://www.researchgate.net/publication/26844331>
- Amanda, V., dan Chandra, P. (2015). Sintesis Partikel Magnetite dengan Metode Elektrokimia dengan Bantuan Chelating Agent. *Skripsi*.
- Ambarwanti. 2017. *E-Book Medan Magnet*. Desyani.ambar. <https://fliphtml5.com/oejx/dzwc/basic>
- Andhika *et al.* 2018. Teknik Pengamatan Sampel Biologi dan Non-konduktif Menggunakan Scanning Electron Microscopy. *Seminar Nasional Instrumentasi, Kontrol dan Otomasi (SNIKO)*.
- Chang, R. (2004). *Kimia Dasar Jl. 2 Ed. 3*. Jakarta. Erlangga.
- Dachriyanus. 2004. Analisis Struktur Senyawa Organik Secara Spektroskopi. Padang. Lembaga Teknologi Informasi dan Komunikasi.
- Fajarah, F., Setyawan, H., Widiyastuti, W., dan Winardi, S. (2012). Synthesis Of Magnetite Nanoparticles By Surfactant-Free Electrochemical Method In An Aqueous System. *Advanced Powder Technology*, 23(3), 328–333. <https://doi.org/10.1016/j.appt.2011.04.007>
- Harahap, M. R. (2016). Sel Elektrokimia : Karakteristik dan Aplikasi. *Circuit*, 2(1), 177–180.
- Harris, L. A. (2002). Polymer Stabilized Magnetite Nanoparticles and Poly (propylene oxide) Modified Styrene-Dimethacrylate Networks Polymer Stabilized Magnetite Nanoparticles. 1(1), 1–161. <http://hdl.handle.net/10919/27547>
- Januarita, A. W., Febriana, R., Fajarah, F., dan Setyawan, H. (2010). Sintesa Nanopartikel Magnetite dengan Metode Elektrokimia. *Seminar Rekayasa Kimia Dan Proses*, 1–7.
- Kesuma, W. A. P. (2018). Karakterisasi Material Berbahan Dasar Silika Resume. *Skripsi*.
- Kristianingrum, S. (2016). Handout Spektroskopi Infra Merah. 1(1), 1–15.

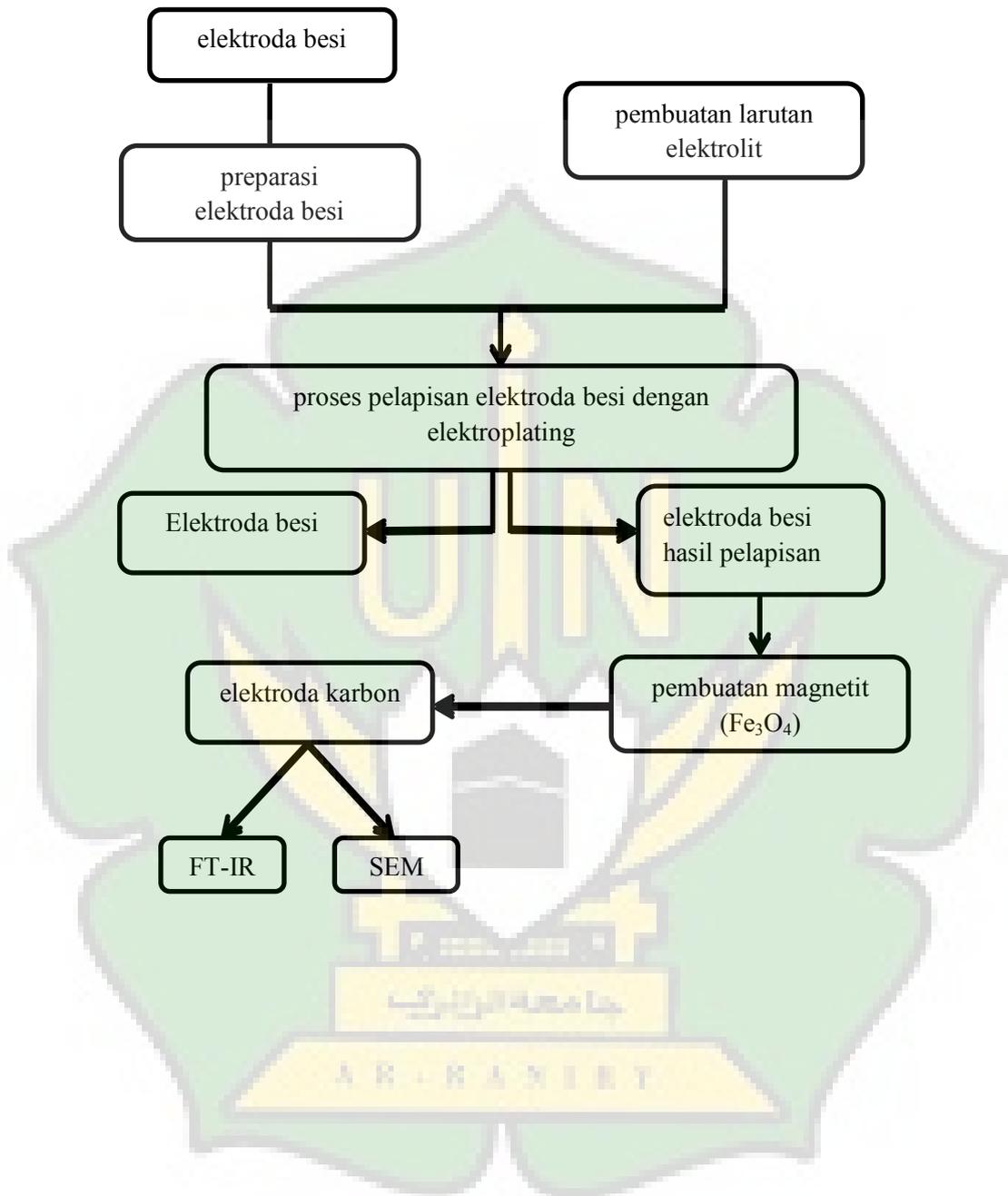
- Lopez, J. A., González, F., Bonilla, F. A., Gustavo, Z., dan Gómez, M. E. (2010). Synthesis and Characterization Of  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  Magnetic Nanofluid. *Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales*, 30(1), 60–66.
- Lubis, K. (2015). Metoda-Metoda Karakterisasi Nanopartikel Perak. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 21(79), 50–55.
- Mawarnis, E. R. (2021). *Kimia Dasar II*. Yogyakarta : Deepublish.
- Maylani, A.S. (2016). Preparasi Nanopartikel  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  (Magnetit) Serta Aplikasinya Sebagai Adsorben Ion Logamkadmium. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 5(2), 1–6.
- Nabiela, W. (2013). Formulasi Emulsi Tipe M / A Minyak Biji Jinten Hitam (*Nigella sativa* L.). *Skripsi*.  
<http://repository.uinjkt.ac.id/dspace/handle/123456789/26494>
- Ningsih, D. W., Fajaroh, F., dan Wonorahardjo, S. (2008). Aplikasi Nanopartikel  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  (Magnetite) Hasil Sintesis Secara Elektrokimia Sebagai Adsorben Ion Kadmium (II). *Kimia FMIPA Universitas Negeri Malang*, 39(3), 1421–1424. <https://doi.org/10.1063/1.2838320>
- Okimustava, R., dan Oktova, O. (2009). Penentuan Suhu Curie Besi dengan Metode Kawat Berarus Listrik. *Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya*.
- Rahman, T., Fadhlulloh, M. A., Nandiyanto, A. B., dan Mudzakir, A. (2014). Review : Sintesis Tintanium Dioksida Nanopartikel. *Jurnal Integrasi Proses*, 5(1), 15-29.
- Rampengan, A. M. (2017). Analisis gugus fungsi pada polimer polyethylene glycol (PEG) coated-nanopartikel oksida besi hitam ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) dan biomolekul. *Fullerene Journal of Chemistry*, 2(2), 96. <https://doi.org/10.37033/fjc.v2i2.18>
- 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). *Universitas Brawijaya*, 2(1), 2–5.
- Riyanto, A., Listiawati, D., Suharyadi, E., dan Abraha, K. (2012). Analisis Struktur Kristal dan Sifat Magnetik pada Nanaopartikel Magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) sebagai Bahan Aktif Surface Plasmon Resonance (SPR). *Prosiding Pertemuan Ilmiah XXVI HFI Jateng & DIY*, ISSN: 0853-823, 1(14), 203–207.
- Silviyah, S., Widodo, S. C., dan Masruroh. (2014). Penggunaan Metode FT-IR (Fourier Transform Infra Red) untuk Mengidentifikasi Gugus Fungsi pada

Proses Pembaluran Penderita Miomia. Jurusan Fisika FMIPA Universitas Brawijaya, 2(1), 1–28.

- Sharma S., Jaiswal S., Duffy B., Jaiswal A. K. (2019). Nanostructured Materials for Food Applications: Spectroscopy, Microscopy and Physical Properties. *Bioengineering*. 6(1), 1-17. <https://doi.org/10.3390/bioengineering6010026>
- Susilowati, E. N., Fajaroh, F., dan Wonorahardjo, S. (2017). Sintesis Nanopartikel Magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) Secara Elektrokimia dan Aplikasinya Sebagai Penyerap Pb(II). *Jurnal Kimia FMIPA Universitas Negeri Malang*, 1(1), 1–10.
- Syam, L. M. (2017). Uji Karakteristik Nanopartikel Magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) Menggunakan X-Ray Diffraction Dan Scanning Electron Microscopy. *Skripsi*. <http://repositori.uin-alauddin.ac.id/id/eprint/9216>
- Teja, A. S., dan Koh, P. Y. (2009). Synthesis, Properties, and Applications of Magnetic Iron Oxide Nanoparticles. *Progress in Crystal Growth and Characterization of Materials*, 55(1–2), 22–45. <https://doi.org/10.1016/j.pcrysgrow.2008.08.003>
- Theophanides Theophile Theo. (2012). Introduction to Infrared Spectroscopy. *Infrared Spectroscopy - Materials Science, Engineering and Technology*. <https://www.researchgate.net/publication/224831013>
- Wardiyati, S., Yusuf, S., dan Handayani, A. (2007). Metode Emulsi Menggunakan Surfaktan Cetyl Trimethyl Ammonium Bromide (CTAB). *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 21(4), 151–155.
- Widodo, T. (2014). Analisis Pengaruh Waktu Penahanan Celup Terhadap Ketebalan Permukaan dan Kilap pada Proses Elektroplating Baja Karbon Tinggi. *Skripsi*. <http://eprints.ums.ac.id/id/eprint/30393>
- Wiqradhani, W. (2017). Sintesis Nanopartikel Magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) Secara Elektrolisis dan Uji Adsorptivitas Terhadap Logam Besi (Fe). *Skripsi*. <http://repositori.uin-alauddin.ac.id/id/eprint/4042>
- Yamin, R. R. (2016). Sintesis Nanopartikel Magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) Secara Elektrolisis dan Uji Adsorptivitas Terhadap Logam Tembaga (Cu). *Skripsi*. <http://repositori.uin-alauddin.ac.id/id/eprint/11297>
- Yulianto, A., Bijaksana, S., Loeksmanto, W., dan Kurnia, D. (2003). Produksi Hematit ( $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ) Dari Pasir Besi : Pemanfaatan Potensi Alam Sbagai Bahan Industri Berbasis Sifat Kemagnetan. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 5(1), 51–54.

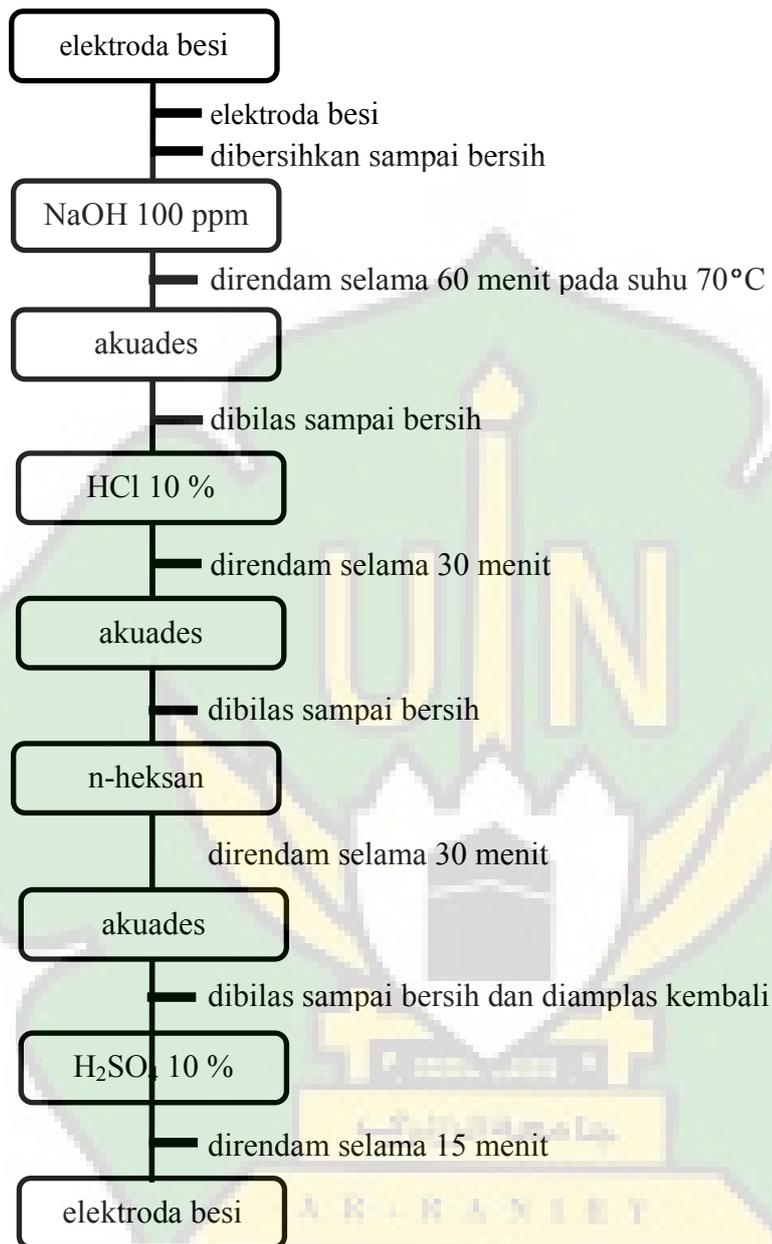
## LAMPIRAN

### Lampiran I : Skema penelitian

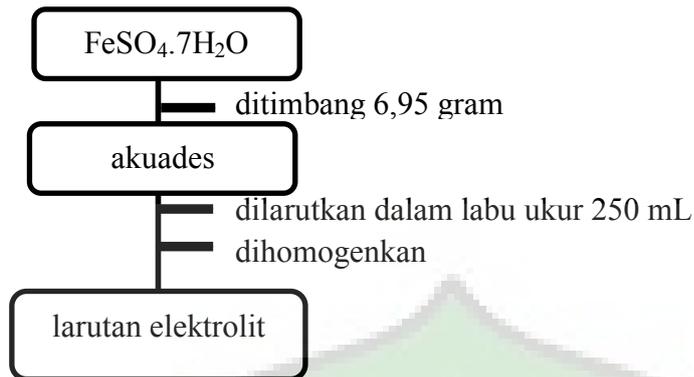


## Lampiran 2 : Skema Kerja

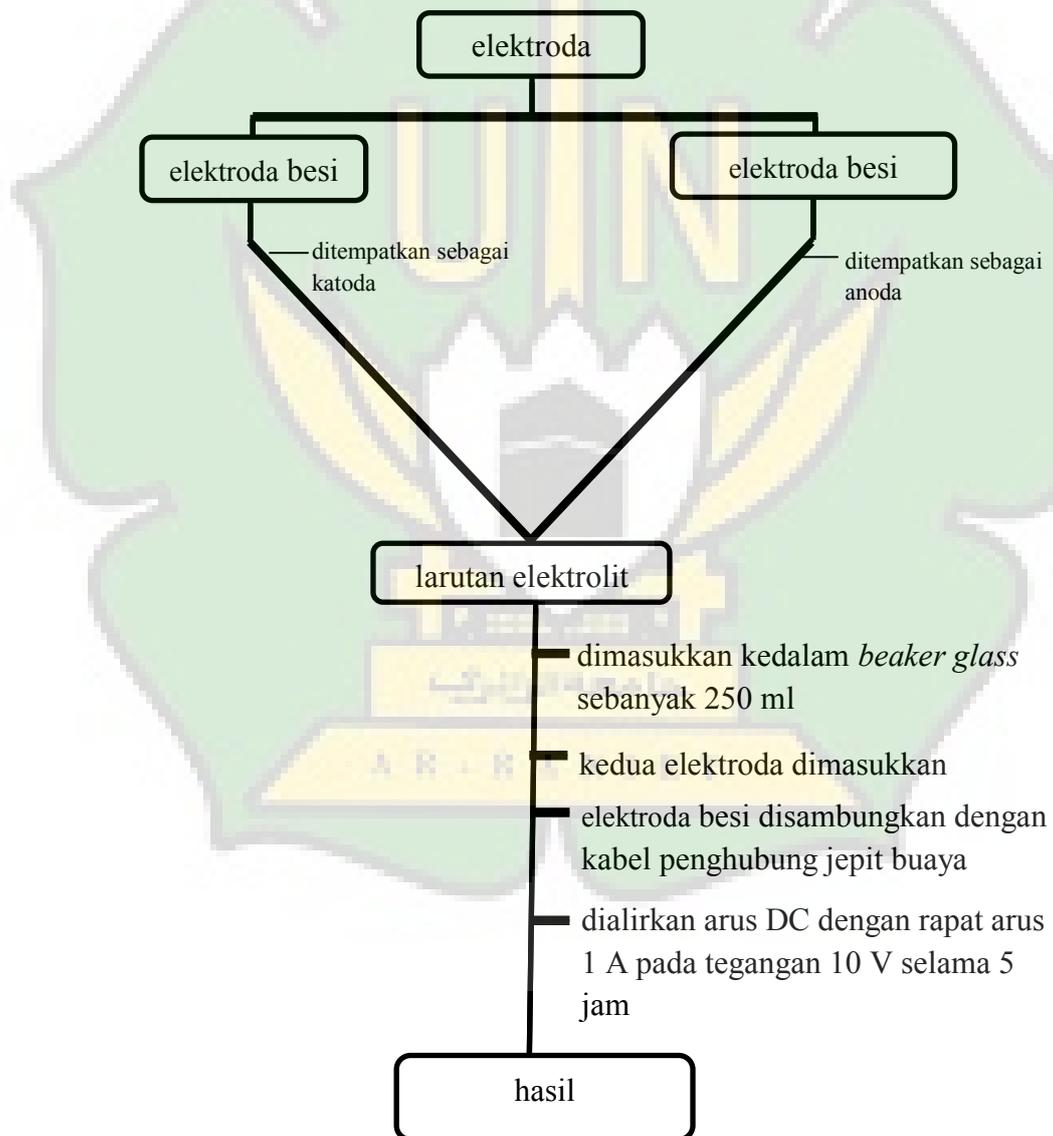
### 1. Preparasi elektroda besi



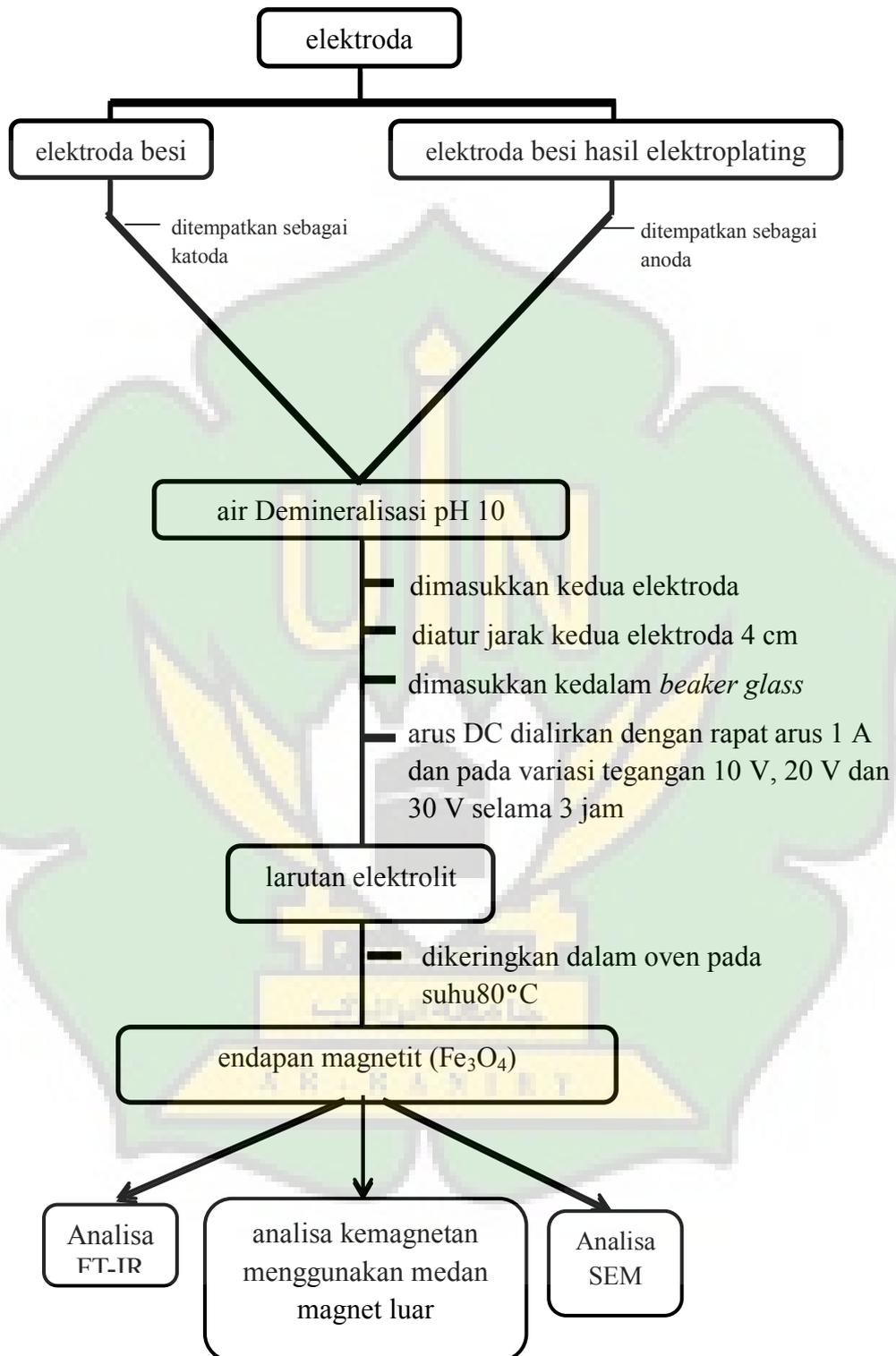
## 2. Pembuatan larutan elektrolit



## 3. Pembuatan elektroda besi dengan teknik elektroplating



## 4. Pembuatan magnetit dengan metode elektrolisis



**Lampiran 3 : Dokumentasi penelitian****a. Preparasi elektroda besi**

Pengamplasan besi

Perendaman besi dengan NaOH  
100 ppm

Perendaman besi dengan HCl 10%

Perendaman besi  
dengan n-heksanPerendaman besi dengan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>  
10%

## b. Pembuatan Larutan elektrolit

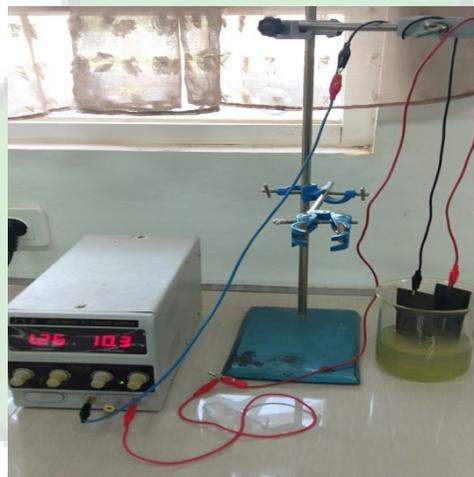


Sampel ditimbang



Larutan elektrolit

## c. Pembuatan elektroda besi dengan teknik electroplating

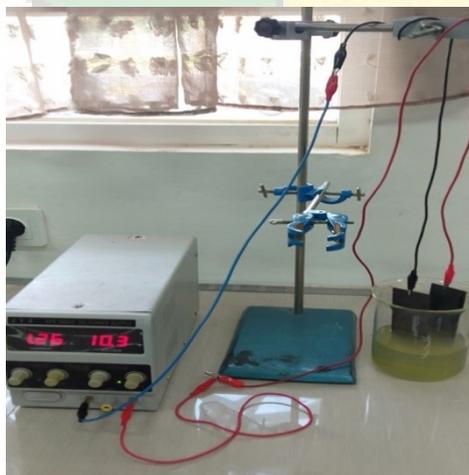


Rangkaian elektroplating



Hasil elektroplating

## d. Pembuatan magnetit dengan teknik elektrolisis



Rangkaian elektrolisis



Perubahan larutan selama 3 jam elektrolisis



Penyaringan endapan

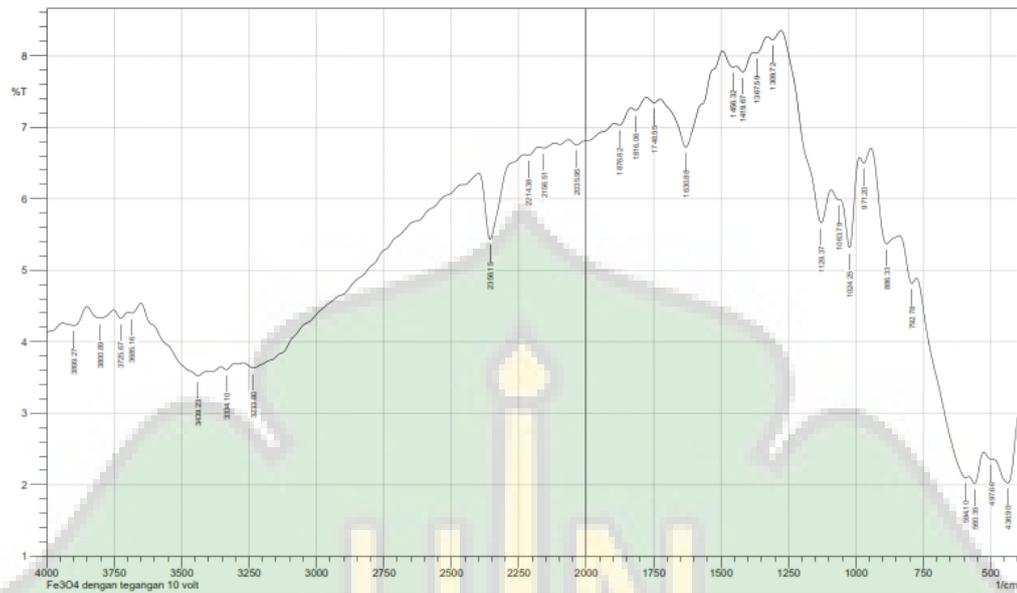


Hasil penyaringan  $\text{Fe}_3\text{O}_4$   
dengan variasi voltase

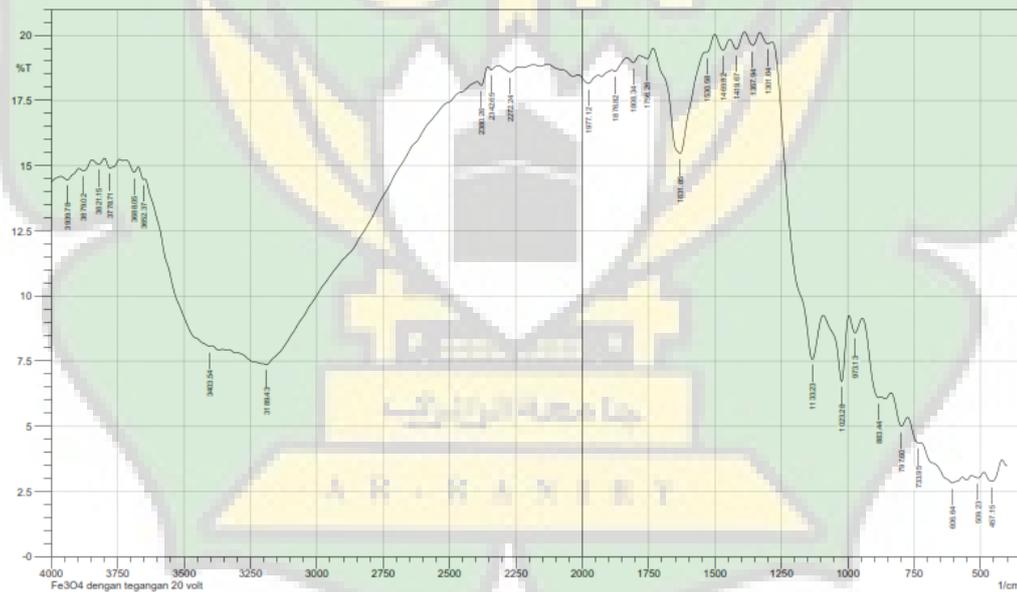


### Lampiran 4 : Hasil analisa magnetit menggunakan FTIR

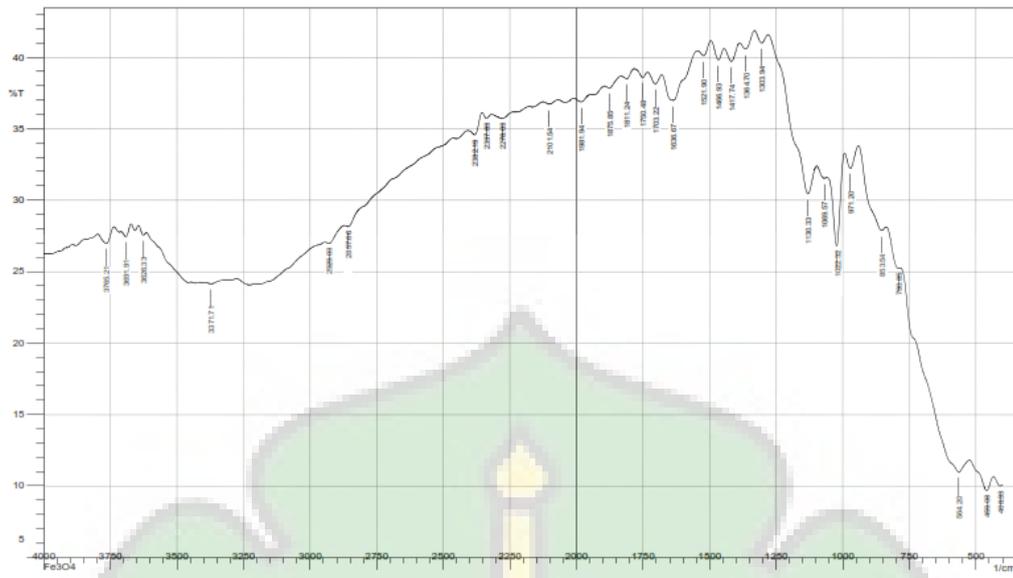
Hasil analisa magnetit menggunakan FTIR pada tegangan 10, 20 dan 30 V



(Spektrum magnetit pada tegangan 10 V)



(Spektrum magnetit pada tegangan 20 V)



(Spektrum magnetit pada tegangan 30 V)

