

**Kode Talenta/Kode Fakultas : 06/08**

**Menyasar SDGs No : 6**

**LAPORAN AKHIR  
PENELITIAN TALENTA USU  
SKEMA KOLABORASI NASIONAL WCU (*World Class University*)**



**Pengembangan Magnet dari Logam Transisi (Co dan Ni) Berbahan Baku  
Lokal untuk Material Pembersih Air Limbah Logam Berat**

**Ketua Peneliti : Dr. Martha Rianna, S.Si (NIDN. 0021039303)**  
**Anggota Peneliti : Prof. Dr. Timbangan Sembiring, M.Sc (NIDN. 0023126203)**  
**Dr. Drs. Syahrul Humaidi, M.Sc (NIDN. 0017066501)**

Dibiayai oleh:  
Universitas Sumatera Utara  
Tahun Anggaran 2022  
sesuai dengan Kontrak Penelitian  
Nomor: 11119.1/UN5.1.R/PPM/2022, tanggal 08 Agustus 2022

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS SUMATERA UTARA  
MARET 2023**

## Halaman Pengesahan Laporan Akhir PENELITIAN KOLABORASI NASIONAL PENERIMA DANA HIBAH WCU

<b>Judul</b>	Pengembangan Magnet dari Logam Transisi (Co dan Ni) : Berbahan Baku Lokal untuk Material Pembersih Air Limbah Logam Berat
<b>Pelaksana</b>	
a. Nama	: Dr. Martha Rianna, S.Si
b. NIDN/NIDK/NIP	: 0021039303
c. Jabatan Fungsional	: -
d. Fakultas / Unit	: Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam
e. Alamat Kantor/Telp/Faks	: Jl. Bioteknologi No. 1 Kampus USU, Medan
Anggota Tim Pelaksana	
a. Jumlah Anggota	: Dosen 2 orang
<b>b. Anggota Peneliti (1)</b>	
1. Nama Lengkap	: Prof. Dr. Timbangan Sembiring, M.Sc.
2. NIP / NIDN	: 0023126203
3. Jabatan/Golongan	: Guru Besar
4. Unit	: Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam
<b>c. Anggota Peneliti (2)</b>	
1. Nama Lengkap	: Dr. Drs. Syahrul Humaidi, M.Sc.
2. NIP / NIDN	: 0017066501
3. Jabatan/Golongan	: Lektor Kepala
4. Unit	: Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam
Tahun Pelaksanaan	: 2022
Biaya Penelitian	: Rp. 80.000.000



Medan, 12 April 2023  
Ketua Tim Pengusul,  
  
Dr. Martha Rianna, S.Si  
NIP. 199303212019092001

Menyetujui  
Lembaga Penelitian  
Sekretaris,

Prof. Dr. Syafruddin Ilyas, M.Biomed  
NIP. 196602091992031003

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	1
DAFTAR ISI .....	2
RINGKASAN .....	3
BAB 1. PENDAHULUAN .....	4
1.1. Latar Belakang .....	4
1.2. Rumusan Masalah .....	4
1.3. Tujuan Khusus .....	5
1.4. Urgensi Penelitian .....	5
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA .....	6
2.1 Magnetik Ferit Spinel Ferit .....	6
2.2 Pasir Alam.....	7
2.2 Roadmap Penelitian.....	8
BAB 3. METODE PENELITIAN .....	9
3.1. Alat dan Bahan .....	10
3.2. Diagram Alir Penelitian .....	11
3.3. Susunan Organisasi Tim Pengusul dan Pembagian Tugas.....	12
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN .....	13
4.1 Analisis <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD) .....	13
4.2 Analisis <i>Scanning Electron Microscopy – FE</i> (FE-SEM) .....	14
4.3 Analisis <i>Vibrating Sample Magnetometer</i> (VSM) .....	15
4.4 <i>Atomic Adsorption Spectrofotometric</i> (AAS) .....	17
BAB 5. KESIMPULAN .....	19
DAFTAR PUSTAKA .....	20
LAMPIRAN-LAMPIRAN .....	22
Artikel Ilmiah .....	22

## RINGKASAN

Perkembangan teknologi sudah semakin canggih terutama inovasi dalam pembuatan material khususnya material nanomagnetik. Berbagai inovasi pembuatan material magnetik terus dikembangkan seperti bahan material magnetik permanen berbasis material ferit. Disamping itu, Indonesia memiliki bahan alam yang melimpah ruah terkhusus pada kesediaan pasir alam di sungai maupun di pantai. Pada penelitian ini akan dibuat pengembangan magnet dari logam transisi (Co dan Ni) dengan bahan baku pasir alam untuk material penyerap air limbah logam berat. Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan limbah menjadi produk material baru yang bernilai ekonomis tinggi, ramah lingkungan dan membuka peluang bisnis baru bagi industri, serta meningkatkan daya saing bidang teknologi sesuai dengan RENSTRA USU 2020-2029. Penambahan cobalt dan nickel di pasir alam diharapkan dapat memberikan struktur kubik spinel dan sifat parameter magnetik yang memiliki koersivitas tinggi sehingga dapat diaplikasikan dalam pengujian limbah logam berat. Cobalt klorida, nikel klorida dan pasir besi alam digunakan sebagai prekursor utama untuk pembuatan magnet dengan formula rumus  $\text{Co}_{1-x}\text{Ni}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$   $x=(0-0.3)$  %. Temperatur pembakaran dilakukan sebesar  $900^\circ\text{C}$  dengan penahanan 2 jam. Pengaruh variasi rasio molar pada prekursor akan diuji. Pengujian yang dilakukan yaitu dari struktur menggunakan pengujian XRD, SEM-EDX, struktur kimia dan sifat magnetik menggunakan pengujian FTIR dan VSM. Efektifitas magnet tersebut akan diuji dalam serapan logam berat menggunakan pengujian AAS. Tema penelitian ini sesuai dengan salah satu tujuan rencana aksi global atau *Sustainable Development Goals* (SDGs) yang keenam yaitu menjamin ketersediaan serta pengelolaan air bersih dan sanitasi yang berkelanjutan untuk semua. Hasil penelitian yang diharapkan dapat membuat material magnetik serta dapat dipublikasikan dalam 1 Jurnal Internasional Bereputasi Q1 Materials Science and Energy Technology dan luaran tambahan dalam 1 Procceding Internasional Bereputasi.

Kata kunci : Magnetik ferit,  $\text{Co}_{1-x}\text{Ni}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$ , Limbah Logam Berat

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Peningkatan inovasi dalam pembuatan bahan material magnetik terus berkembang. Bahan material magnetik dapat menunjukkan hasil sifat listrik dan magnet dikenal sebagai ferit. Oksida besi dan oksida logam adalah penyusun utama ferit (Gupta et al. 2020). Bahan magnetik ferit mengisolasi oksida magnetik di alam dan memiliki resistivitas listrik yang tinggi, arus eddy yang rendah dan kerugian dielektrik, magnetisasi saturasi tinggi, permeabilitas tinggi, dan permitivitas sedang (Ansari, Bigham, and Ahangar 2019). Ferit merupakan bahan oksida magnetik dan bersifat semikonduktor (Šutka and Gross 2016; Yelenich et al. 2015). Bahan material magnetik ferit sangat penting secara teknologi karena material ini memiliki sifat listrik dan magnet yang menarik untuk diteliti (Anu 2017). Material ferit dikelompokkan menjadi tiga yaitu spinel ferit, heksagonal ferit dan garnet. Adapun aplikasi dari pembuatan material magnetik ferit ini sebagai berikut, pada inti transformator, batang antena, perangkat memori, media perekam magnetik kepadatan tinggi, magnet permanen, transduser, penggerak, penyerap gelombang mikro, penyerap logam berat, degradasi limbah, perangkat teknologi komputer dan sebagainya (Ginting et al. 2020; Reddy and Yun 2016; Rianna et al. 2019a; Si et al. 2017).

Pasir alam merupakan salah satu bahan baku pendukung membuat magnet-ferit. Bahan baku ferit magnet yang beredar di Indonesia adalah hampir 100% diimpor dari luar negeri, sementara bahan baku dari besi pasir yang memiliki konten Fe hingga 70-80% belum digunakan secara optimal. Baru-baru ini, penggunaan bahan-bahan magnetik untuk menyerap gelombang elektromagnetik telah menarik perhatian. Bahan-bahan yang berbasis ferit sangat efektif untuk menyerap *ultrahigh* frekuensi seperti radar frekuensi dalam kisaran frekuensi GHz (Rianna et al. 2019b). Pasir besi mengandung mineral besi dengan konsentrasi yang cukup tinggi, dapat dilihat pasir besi menempel pada magnet permanen (Chakradhary, Ansari, and Akhtar 2019) dan limbah logam berat (Abdolmohammad-Zadeh, Ayazi, and Veladi 2022).

Penggunaan pewarna sintesis yang terdapat pada tekstil, sektor pangan dan pertanian merupakan sumber utama pencemaran organik berdampak pada kesehatan bagi manusia. Pada Provinsi Sumatera Utara cakupan sanitasi mencapai 56.47% dari total Penduduk Sumatera Utara 12.985.075 (SP2010) atau 7.332.671 jiwa. Sistem Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) untuk black water dan grey water, IPAL Cemara dengan kapasitas 60.000 m<sup>3</sup>/hari pada pengolahan limbah cair sampai tahun 2012 baru tercapai 20.000 m<sup>3</sup>/hari [Perda No. 10 thn 2009 Sistem Penyaluran Air Limbah Terpusat di kelola oleh BUMD PDAM Tirtanadi]. Kondisi ini diperlukan solusi material teknologi yang bermanfaat dalam membersihkan limbah salah satunya yaitu mengembangkan magnet berbasis logam transisi dari bahan baku lokal.

Dalam penelitian ini akan dibuat bahan material magnetik ferit  $\text{Co}_x\text{Ni}_{1-x}\text{Fe}_2\text{O}_4$   $x = (0-0,3)$  %mol dengan temperatur kalsinasi sebesar 900°C dengan metode co-presipitasi yang disintesa dari pasir alam. Pengujian yang dilakukan yaitu dari sifat struktur menggunakan pengujian XRD, SEM- EDS, FTIR, untuk mengetahui sifat magnetik menggunakan pengujian VSM dan pengujian AAS untuk mengetahui besar logam berat yang diserap. Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan limbah menjadi produk material baru yang bernilai ekonomis tinggi, ramah lingkungan dan membuka peluang bisnis baru bagi industri, serta meningkatkan daya saing bidang teknologi sesuai dengan RENSTRA USU 2020-2029. Tema penelitian ini sesuai dengan salah satu tujuan rencana aksi global atau *Sustainable Development Goals* (SDGs) yang keenam yaitu menjamin ketersediaan serta pengelolaan air bersih dan sanitasi yang berkelanjutan untuk semua. Penambahan cobalt dan nickel di pasir alam diharapkan dapat memberikan struktur kubik spinel dan sifat parameter magnetik yang memiliki koersivitas tinggi sehingga dapat diaplikasikan dalam pengujian limbah logam berat.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana struktur bahan magnetik material  $\text{Co}_x\text{Ni}_{1-x}\text{Fe}_2\text{O}_4$   $x = (0-0,3)$  %mol dengan temperatur kalsinasi sebesar  $900^\circ\text{C}$  menggunakan metode co-presipitasi ?
2. Bagaimana morfologi bahan magnetik material  $\text{Co}_x\text{Ni}_{1-x}\text{Fe}_2\text{O}_4$   $x = (0-0,3)$  %mol dengan temperatur kalsinasi sebesar  $900^\circ\text{C}$  menggunakan metode co-presipitasi ?
3. Bagaimana sifat bahan magnetik material ferit  $\text{Co}_x\text{Ni}_{1-x}\text{Fe}_2\text{O}_4$   $x = (0-0,3)$  %mol dengan temperatur kalsinasi sebesar  $900^\circ\text{C}$  menggunakan metode co-presipitasi ?

## 1.3 Tujuan Khusus

Tujuan khusus dalam penelitian ini adalah :

1. Mengetahui struktur bahan magnetik material  $\text{Co}_x\text{Ni}_{1-x}\text{Fe}_2\text{O}_4$   $x = (0-0,3)$  %mol dengan temperatur kalsinasi sebesar  $900^\circ\text{C}$  menggunakan metode co-presipitasi.
2. Mengetahui morfologi bahan magnetik material  $\text{Co}_x\text{Ni}_{1-x}\text{Fe}_2\text{O}_4$   $x = (0-0,3)$  %mol dengan temperatur kalsinasi sebesar  $900^\circ\text{C}$  menggunakan metode co-presipitasi.
3. Mengetahui sifat magnetik sifat bahan magnetik material ferit  $\text{Co}_x\text{Ni}_{1-x}\text{Fe}_2\text{O}_4$   $x = (0-0,3)$  %mol dengan temperatur kalsinasi sebesar  $900^\circ\text{C}$  menggunakan metode co-presipitasi.

## 1.4 Urgensi Penelitian

Urgensi penelitian ini adalah memberikan informasi dari sifat-sifat bahan magnetik material ferit  $\text{Co}_x\text{Ni}_{1-x}\text{Fe}_2\text{O}_4$   $x = (0-0,3)$  %mol dengan temperatur kalsinasi sebesar  $900^\circ\text{C}$  menggunakan metode co-presipitasi dan mampu mempublikasikan hasil penelitian tersebut pada Jurnal Internasional Bereputasi di Q1 South African Journal of Chemical Engineering. Rencana target luaran penelitian ini adalah sebagai berikut.

Tabel 1. Rencana Target Luaran

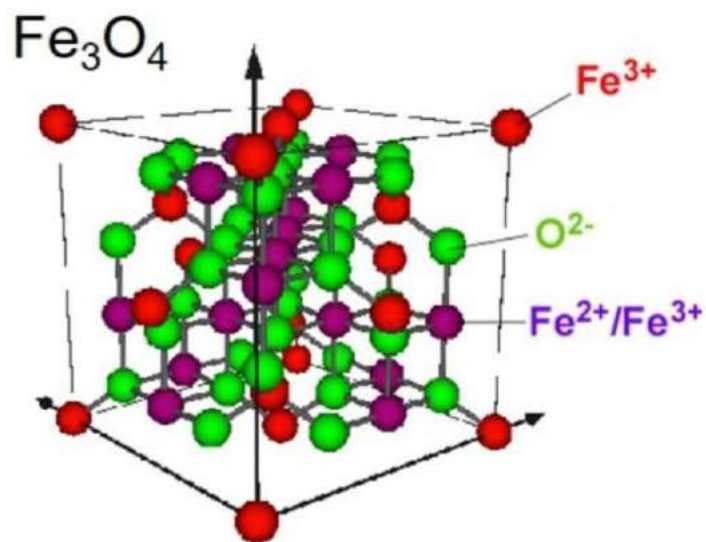
No.	Jenis Luaran	Nama jurnal, Nama Konferensi/Jenis KI, Judul Buku Ajar
	<b>Luaran Wajib</b>	
1.	Publikasi artikel di jurnal internasional	Materials Science and Energy Technology
2.	Publikasi artikel di jurnal nasional terakreditasi	-
3.	Hak Kekayaan Intelektual	-
4.	Publikasi artikel di prosiding internasional terindeks	-
	<b>Luaran tambahan</b>	
1.	Publikasi artikel di prosiding internasional terindeks	AIP Proceeding
2.	Publikasi artikel di prosiding nasional	-
3.	Hak Kekayaan Intelektual	-
4.	Produk/TTG/model/karya seni	-
5.	Buku ajar	-

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Material Magnetik Spinel Ferit

Magnetik spinel ferit memiliki sifat fisis dan kimia yang bervariasi dan dapat diaplikasikan dalam berbagai bidang teknologi dan industri (Naseri et al. 2014). Salah satu partikel magnetik tersebut yang dapat dijadikan berukuran nanometer adalah besi oksida seperti  $Fe_3O_4$  (magnetit) (Yang, Fu, and Fu 2020).  $Fe_3O_4$  merupakan salah satu fase dari oksida besi yang bersifat amfoter (kemampuan suatu zat yang dapat berpindah sifat keasaman dari asam ke sifat basa) dan memiliki daya serap yang tinggi. Magnetit ( $Fe_2O_4$ ) merupakan salah satu mineral golongan besi oksida yang memiliki sifat magnetik paling kuat di alam dengan struktur kristal berbentuk kubus seperti Gambar 1.



Gambar 1. Struktur kristal  $Fe_3O_4$  (Wang et al. 2019)

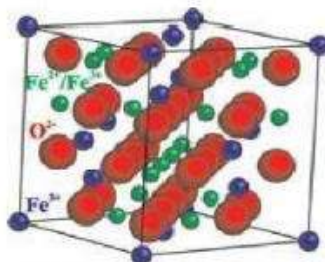
Perubahan ukuran partikel magnetit  $Fe_3O_4$  akan mempengaruhi sifat-sifat yang dimilikinya. Daftar sifat fisika dan kimia dari bahan magnetit ( $Fe_3O_4$ ) di sajikan pada tabel 2.3.

**Tabel 2. Sifat Fisika dan Kimia Magnetit  $Fe_3O_4$**

Sifat Fisika	Sifat Kimia
. Warna : Hitam	. Rumus Kimia : $Fe_3O_4$
. Kilau : kusam	. unsur yang terkandung : Fe, O
. Kristal magnetit tidak tembus pandang (buram)	. Unsur pengotor (impuritas) : Mn, Mg, Zn, Ni, Cr, Ti, V dan Al
. Struktur kristal spinel	
. Tingkat kekerasan 681-792 kg/mm <sup>2</sup>	
. Kepadatan : 5,2 gr/cm <sup>3</sup>	
. Temperatur Curie ( $T_c$ ) = 575 <sup>0</sup> -585 <sup>0</sup> C	

$Fe_3O_4$  berukuran nano memiliki sifat ferimagnetik dan memiliki peluang aplikasi luas. Dalam pengaplikasiannya  $Fe_3O_4$  yang berukuran partikel nano merupakan alternatif yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan bahan baku industri di bidang elektronik. Seperti aplikasi pada bidang industri berukuran nanopartikel adalah pada keramik, sebagai katalis, *energi storage*, *magnetic data storage*, ferrofluida, (Dayana et al. 2019). Agar dapat diaplikasikan dalam berbagai bidang tersebut, sangatlah penting untuk mempertimbangkan ukuran partikel, sifat magnetik, dan sifat permukaan dari partikel nano itu sendiri.

Rumus kimia magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) sering ditulis dalam bentuk  $\text{FeO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$  dimana satu bagian adalah wustite ( $\text{FeO}$ ) dan bagian lainnya adalah hematit ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) (Bengtson, Morgan, and Becker 2013). Selain itu magnetit mempunyai struktur kristal spinel dengan sel unit kubik yang terdiri dari 32 ion oksigen, dimana celah-celahnya ditempati oleh ion  $\text{Fe}^{2+}$  dan ion  $\text{Fe}^{3+}$  (Rianna et al. 2019b). Kristal magnetik  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  dengan struktur spinel dapat dilihat dari Gambar 2.



Gambar 2. Struktur Spinel Magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) (Kumar et al. 2018)

Nanokomposit  $\text{ZnFe}_2\text{O}_4/\text{MnO}_2$  merupakan material magnetik bersifat ferit spinel yang memiliki sifat elektrik, optik, magnetik, dan katalis. Spinel ferit memiliki struktur  $\text{AB}_2\text{O}_4$  dimana A dan B merupakan kisi tetrahedral dan octahedral dan oksigen (O) sebagai anion. Ferit spinel nanopartikel dengan formula  $\text{MFe}_2\text{O}_4$  ( $\text{M} = \text{Ni}, \text{Zn}, \text{Mn}, \text{Co}, \text{Mg}$ ) memiliki struktur fcc (Dehghan, Kakavandi, and Kalantary 2018). Sifat ferit spinel yang memiliki stabilitas kimia yang baik, kekerasan mekanik, koersivitas dan saturasi yang rendah sehingga baik diaplikasikan dalam degradasi air limbah dimana air limbah memiliki banyak logam berat (Kechrakos 2016).

## 2.2 Pasir Alam

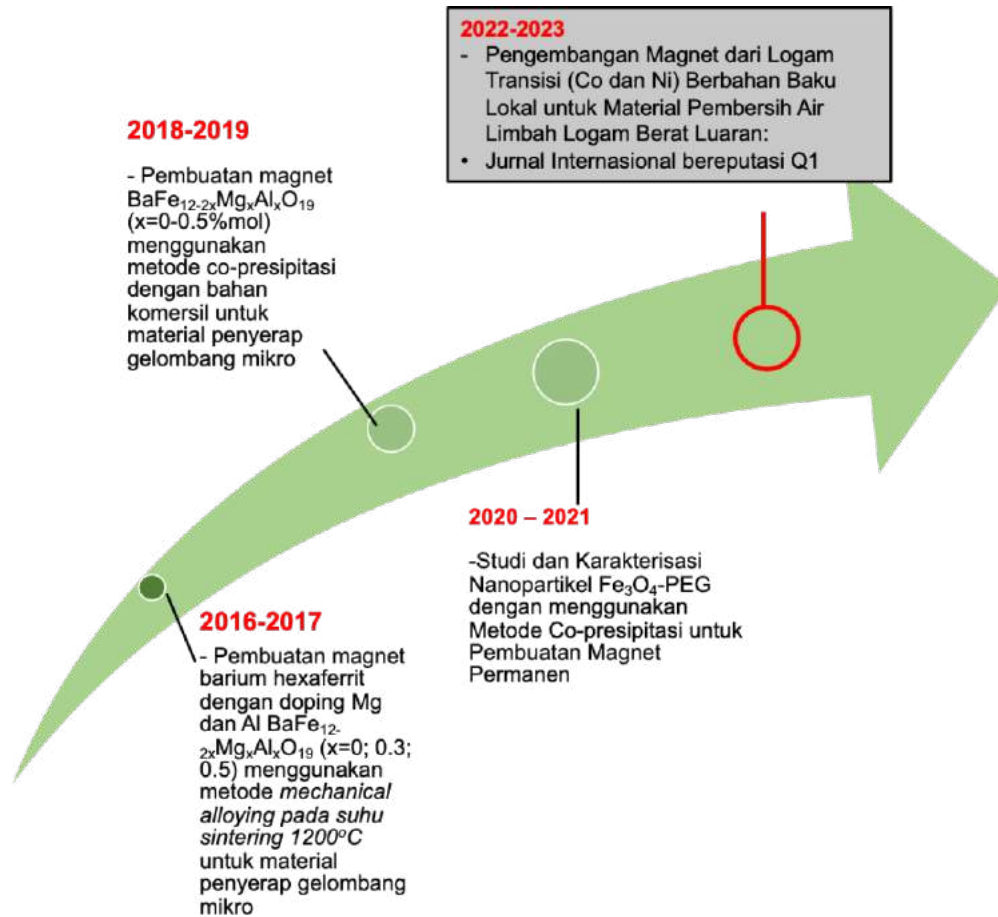
Indonesia memiliki sumber pasir alam melimpah dan dapat dimanfaatkan menjadi bahan baku pembuatan *manganese ferrite*. Pasir alam adalah endapan pasir yang mengandung partikel besi (magnetik), yang terdapat di sepanjang pantai, terbentuk karena proses penghancuran oleh cuaca, air permukaan dan gelombang terhadap batuan asal yang mengandung mineral besi seperti magnetit, limenit, oksida besi, kemudian terakumulasi serta tercuci oleh gelombang air laut. Terdapat tiga jenis bahan baku besi yang terdapat di Indonesia, antara lain bijih besi primer, besi laterit dan pasir alam. Dari ketiga jenis bahan baku besi tersebut, pasir alam merupakan yang terbesar dengan cadangan sebesar 2121 juta ton. Hal tersebut jauh lebih banyak dibandingkan potensi bijih besi primer sebesar 881,8 juta ton dan bijih besi laterit sebesar 1778,4 juta ton. Sehingga, pemanfaatan pasir alam sebagai bahan baku pembuatan besi dan baja merupakan salah satu solusi atas permasalahan masih kecilnya produksi besi dan baja dalam negeri. Sama halnya dengan bijih besi primer, pasir alam dapat diolah menggunakan metode reduksi langsung. Saat ini, pengolahan pasir alam untuk pembuatan besi dan baja sudah diterapkan secara komersial di New Zealand bagian utara (Abdul, 2018). Pasir alam ini biasanya berwarna abu-abu gelap atau kehitaman, berbutir sangat halus dengan ukuran antara 75-150 mikron, densitas 2-5  $\text{gr}/\text{cm}^3$ , bobot isi (Specific Gravity, SG) 2,99-4,23  $\text{g}/\text{cm}^3$ , dan derajat kemagnetan (MD) 6,40-27, 16%. Secara umum pasir alam terdiri dari mineral yang bercampur dengan butiran-butiran mineral seperti kuarsa, kalsit, felspar, amfibol, piroksen, biotit dan turmalin. Pasir alam terutama berasal dari batuan basaltic dan andesitic volanik. Pembentukan endapan pasir alam ditentukan oleh beberapa faktor antara lain batuan asal, proses perombakan, media transportasi, proses serta tempat pengendapannya. Sumber mineral endapan pasir alam pantai. Sebagian besar dari batuan gunung api bersifat andesit-basal (Hilman, 2014) Dalam ukuran nano, spinel ferit memiliki sifat ferromagnetik yang kuat sehingga memiliki peluang besar dalam bidang sensor magnet dan juga pada bidang industri elektronik. Riset pengolahan pasir alam di Indonesia saat ini telah banyak dilakukan, bahkan karakteristik dari pasir alam sudah diketahui, namun penelitian ini masih terus dilakukan guna memanfaatkan deposit pasir alam yang melimpah di Indonesia. Besi dan baja



adalah produl yang banyak dihasilkan dari pasir alam, tetapi jika diproduksi menjadi magnet dan penyerap logam limbah, memiliki nilai ekonomi yang jauh lebih tinggi (Siregar, 2018).

### 2.3 Roadmap Penelitian

Roadmap penelitian ini adalah sebagai berikut.



Gambar 3. Roadmap Penelitian

## BAB 3 METODE PENELITIAN

### 3.1 Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam karakterisasi dan pembuatan sampel uji dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Alat-alat yang digunakan pada penelitian

No	Nama Alat	Spesifikasi	Merek
1	Gelas Beaker	500 ml	Pyrex
2	Spatula	-	-
3	Mortar dan alu porselin	-	-
4	Neraca analitik	(presisi $\pm 0.0001$ g)	Vibra
5	Bola-bola stainless steel		
6	Aluminium voile	-	-
7	Shaker Milling	0-1200 rpm	-
8	<i>Furnace</i>	700°C-1300 °C	KSL-1700X
9	<i>Aoutomatic Axial Hydraulic Press</i>	-	-
10	Magnetic Stirrer	-	-
11	Ayakan (Sieve-shaker)	200 mesh	Tantalum 3N8 purity
12	Hotplate	-	IKA C-MAG
13	Kertas pH	-	-
14	Cruisible	100 ml	Germany
15	Magnet Batang	-	-
16	Kertas Saring		Whatmann No. 40
17	Alat uji XRD	-	Shimadzu 600
17	Alat SEM EDX	-	Model Zeiss dan JEOL 6510LV
18	Alat AAS	-	DELSA <sup>™</sup> Nano Series
19	Alat Uji Morfologi		FE-SEM
20	Alat uji Magnetik	-	VSM

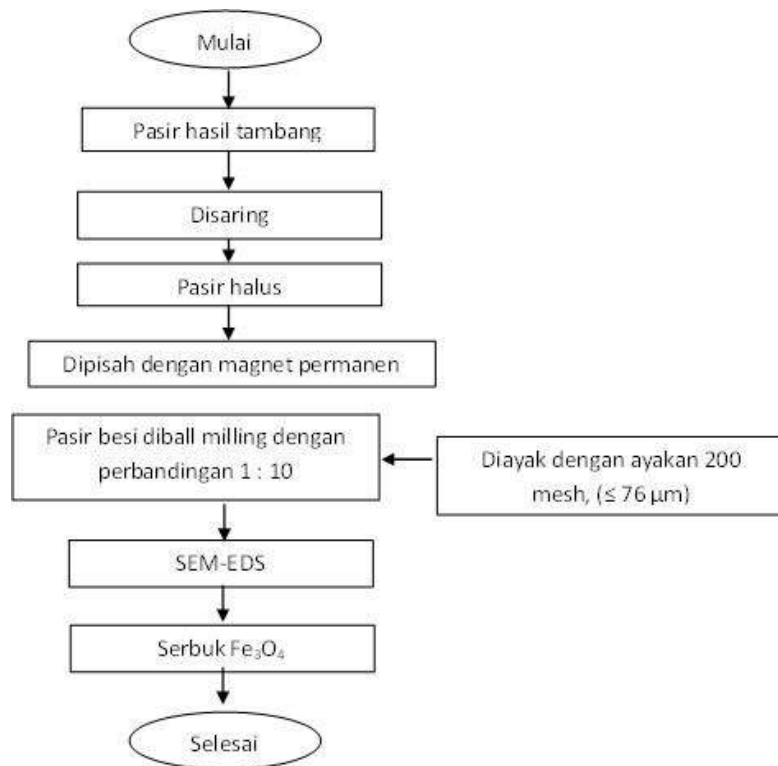
Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Bahan dasar penelitian

<b>No</b>	<b>Nama Produk</b>	<b>Rumus Kimia</b>	<b>Kemurnian</b>	<b>Produksi</b>
1	Pasir Alam	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	90 %	Alam
2	Cobalt Klorida	CoCl <sub>2</sub>	99,9 %	Merck
3	Nickel Klorida	NiCl <sub>2</sub>	99,9%	Merck
4	Aquadest	-	-	-
5	Asam Hidroklorat (37%)	HCl	-	Merck
6	Ethanol	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	96%	Merck
7	Natrium hidroksida (NaOH)	NaOH	90 %	Merck
8	Toluene	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CH <sub>3</sub>	99.9%	Merck

### 3.2 Diagram Alir Penelitian

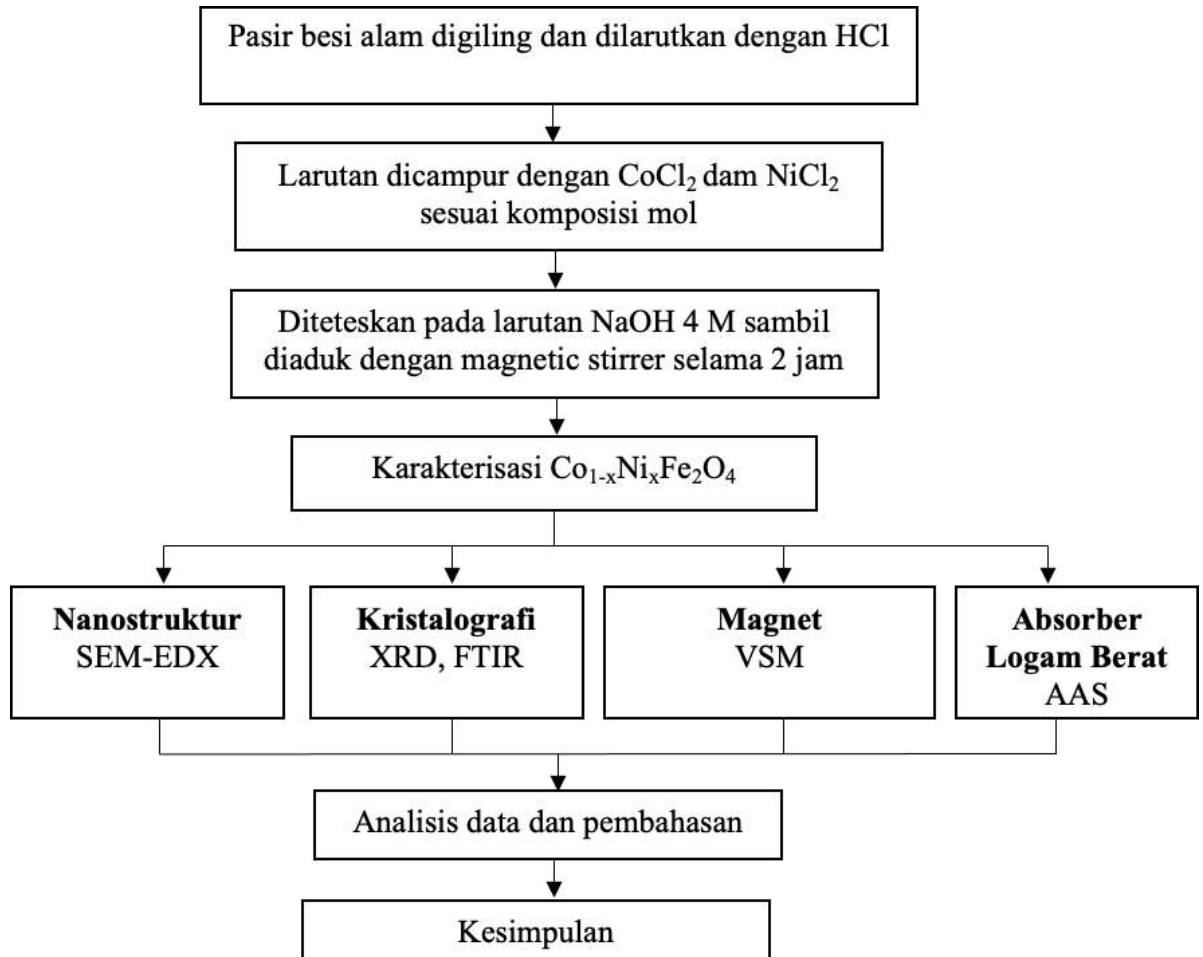
Metode yang dilakukan dalam penelitian ini adalah eksperimental menggunakan metode co-presipitasi. Penelitian ini akan dilakukan di Laboratorium Material Magnetik, Pusat Material Maju, Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) Serpong. Adapun diagram alir penelitian sebagai berikut.



Gambar 4. Diagram alir pengolahan pasir alam

Gambar 4 menunjukkan hasil tambang yang diperoleh akan disortir sebanyak lima kali dengan menggunakan magnet permanen bertujuan untuk memisahkan pasir alam dengan kerikil-kerikil kecil yang ukur tertarik pada saat penambangan. Setelah itu hasil yang diperoleh diayak dengan ayakan 100 mesh guna diperoleh pasir alam murni. Hasil ayakan 100 mesh tersebut akan di milling dengan *Planetary Ball milling* selama 15 jam yang bertujuan untuk menghaluskan pasir alam. Hasil milling selama 15 jam tersebut berbentuk powder halus yang kemudian dimasukkan kedalam oven dengan tujuan untuk menghilangkan kadar air yang masih terkandung didalam pasir alam. Kemudian gerus hasil powder tersebut sehingga menghasilkan serbuk pasir alam.

Sintesis  $\text{Co}_x\text{Ni}_{1-x}\text{Fe}_2\text{O}_4$   $x=(0-0,3)$  %mol dengan temperatur kalsinasi sebesar  $900^\circ\text{C}$  dengan metode co-presipitasi yang disintesa dari pasir alam untuk material pembuatan magnet permanen dengan prekursor  $\text{CoCl}_2$ ,  $\text{NiCl}_2$  dan pasir alam. Preparasi sampel Fe dari bahan pasir alam yaitu timbang pasir alam sesuai konsentrasi masing-masing dan campurkan ke dalam HCl (37%), kemudian stir dengan magnet stirrer selama 30 menit, suhu kamar diperlihatkan pada Gambar 5. Kemudian larutan pasir alam di saring menggunakan kertas saring Whatmann 40 biarkan selama 3 jam.



Gambar 5. Diagram alir penelitian

Larutan pasir alam yang tersaring menghasilkan  $\text{FeCl}_3$ . Masukkan aquadest ke gelas beaker, kemudian timbang dahulu  $\text{CoCl}_2$ ,  $\text{NiCl}_2$  dan campurkan ke dalam gelas beaker tersebut beserta larutan  $\text{FeCl}_3$ . Lalu stir di magnet stirrer dengan kecepatan 500 rpm seperti pada Gambar 5 suhu kamar sampai larutan homogen, angkat jika larutan sudah homogen. Sampel di keringkan dalam oven selama 15 jam dengan suhu  $100^\circ\text{C}$  sehingga terbentuk serbuk. Serbuk di haluskan menggunakan mortar. Serbuk di haluskan menggunakan mortar. Serbuk  $\text{Co}_x\text{Ni}_{1-x}\text{Fe}_2\text{O}_4$   $x=(0-0,3)$  %mol dengan temperatur kalsinasi sebesar  $900^\circ\text{C}$  selama penahanan 2 jam dengan laju pemanasan/pendinginan sebesar  $10^\circ\text{C}/\text{menit}$  menggunakan Furnace KSL-1700X.

### 3.3 Susunan Organisasi Tim Pengusul dan Pembagian Tugas

No	Nama/NIDN/NIP	Fakultas/Unit	Bidang Ilmu	Uraian Tugas
1	Dr. Martha Rianna, S.Si NIDN. 0021039303	MIPA/Fisika	Fisika Material	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Merancang secara detail prosedur penelitian dan membagi tugas kepada timpeneliti.</li> <li>✓ Mengkordinir dan mengarahkan anggota penelitian dalam menyelesaikan tugas masing-masing.</li> <li>✓ Membantu menganalisis dataXRD, FESEM-EDS.</li> <li>✓ Menganalisis data hasil penelitian secara menyeluruh.</li> <li>✓ Mengevaluasi keseluruhanhasil penelitian beserta luarannya</li> </ul>
2	Prof. Dr. Timbangan Sembiring, M.Sc NIDN. 0023126203	MIPA/Fisika	Fisika Material	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Mengkordinir mahasiswa sebagai anggota pembantu penelitian dalam membuat sampel magnet</li> <li>✓ Menganalisis hasil FTIR dan VSM.</li> <li>✓ Membuat draft publikasi ke jurnal internasional.</li> <li>✓ Membantu membuat laporanpenelitian</li> </ul>
3	Dr. Drs. Syahrul Humaidi, M.Sc	MIPA/Fisika	Fisika Material	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Menganalisis hasil XRD dan AAS</li> <li>✓ Membuat draft publikasi ke jurnal internasional.</li> <li>✓ Membantu membuat laporanpenelitian</li> </ul>
4	Prof. Perdamean Sebayang, M.Si NIP. 19550105198303100 3	Pusat Material Maju/ Badan Riset dan Inovasi Nasional	Fisika Material	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Menganalisis hasil FTIR dan VSM.</li> <li>✓ Membuat draft publikasi ke jurnal internasional.</li> <li>✓ Membantu membuat laporanpenelitian</li> </ul>

## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Telah selesai pembuatan sintesis nanopartikel magnetik  $\text{Co}_{1-x}\text{Ni}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$  dengan variasi  $x = 0,1; 0,2; 0,3$  dengan metode co-presipitasi. Pada proses pembuatan nanopartikel  $\text{Co}_{1-x}\text{Ni}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$ , serbuk yang dihasilkan berwarna hitam kecoklatan. Serbuk yang dihasilkan dari sintesis kemudian di karakterisasi dengan, *X-ray Diffraction* (XRD) menunjukkan analisa struktur dan ukuran kristal, *Scanning Electron Microscopy* (SEM) menunjukkan ukuran nanopartikel dan komposisi penyusun unsur, *Vibrating Sample Magnetometer* (VSM) menunjukkan analisa sifat magnet, dan *Atomic Adsorption Spectrofotometric* (AAS) menunjukkan analisa penyerapan limbah logam berat.



(1)

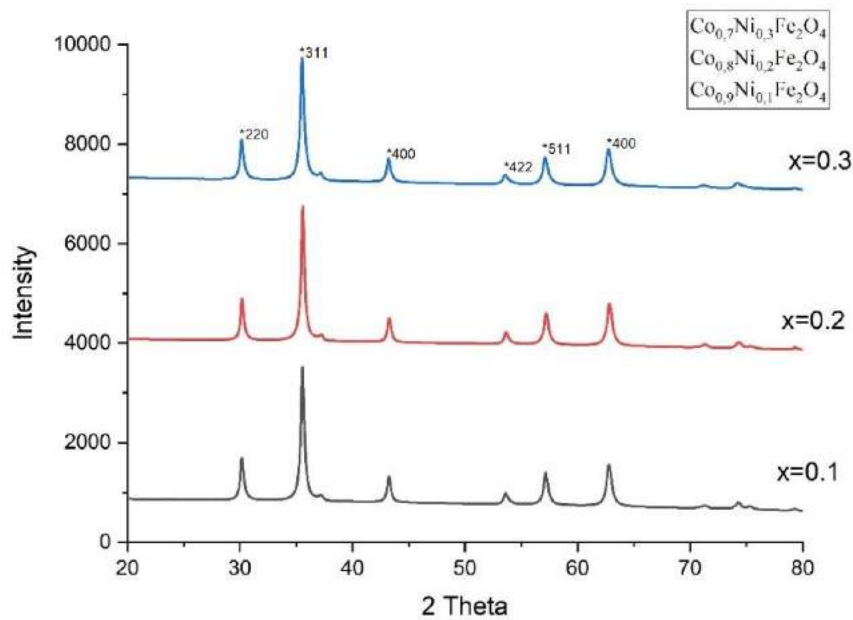


(2)

Gambar 4.1: (1) Endapan magnet  $\text{Co}_{1-x}\text{Ni}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$  mendapat respon terhadap medan magnet luar, dan (2) gambar endapan yang telah dikeringkan akan menjadi serbuk

#### 4.1 Analisis *X-Ray Diffraction* (XRD)

*X-Ray Diffraction* menghasilkan identifikasi struktur kristalin dari sampel nanopartikel magnetik  $\text{Co}_{1-x}\text{Ni}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$ . Panjang gelombang ( $\lambda$ ) sinar X yang digunakan adalah  $1,54056 \text{ \AA}$ . Selanjutnya data yang didapat diolah menggunakan *software Origin 2018*. Sehingga diperoleh grafik seperti yang ditampilkan pada gambar 4.2 berikut:



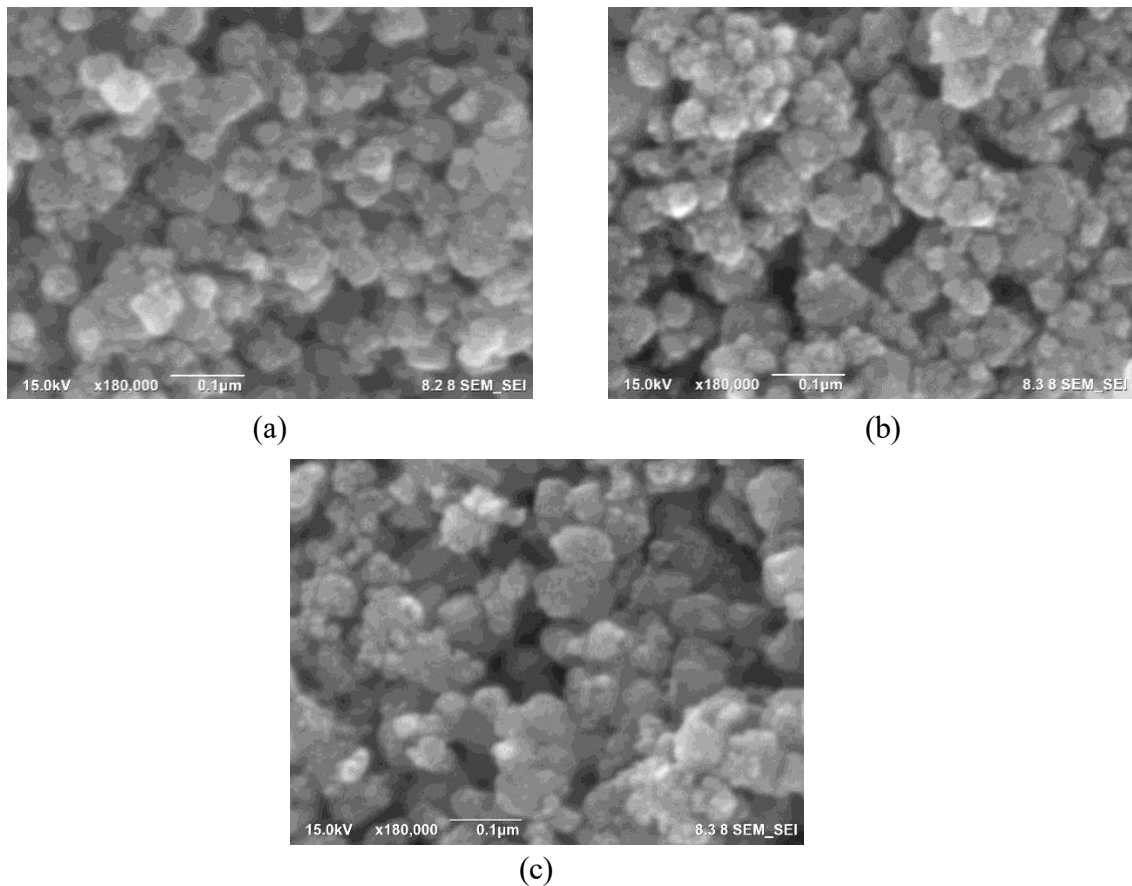
Gambar 4.2 Spektrum XRD dari nanopartikel magnetik  $\text{Co}_{1-x}\text{Ni}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$

Pada grafik bisa dilihat bahwa pada gambar 4.2 menampilkan puncak-puncak difraksi dari sampel  $\text{Co}_{1-x}\text{Ni}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$  telah dilengkapi indeks miller ( $hkl$ ) pada sampel. Puncak-puncak difraksi yang muncul pada sampel termasuk dari indeks miller khas struktur spinel. Hasil karakteristik XRD menampilkan jika nanopartikel  $\text{Co}_{1-x}\text{Ni}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$  mempunyai puncak utama pada daerah  $2\theta$  sekitar  $35,50^\circ$  merupakan puncak bidang (311). Berdasarkan pola XRD pada ketiga sampel nanopartikel  $\text{Co}_{1-x}\text{Ni}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$  variasi  $x=0,1$ ;  $0,2$ ; dan  $0,3$ , memperlihatkan bahwa *Cobalt Nickel Ferrite* ( $\text{Co}_{1-x}\text{Ni}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$ ) yang memiliki struktur kristal kubik. Berdasarkan *Joint Committee on Powder Diffraction Standards* (JCPDS) puncak-puncak lain yang teridentifikasi dalam sampel material  $\text{Co}_{1-x}\text{Ni}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$  secara berurut adalah bidang (200), (400), (511), dan (440). Hal ini membuktikan bahwa sampel  $\text{Co}_{1-x}\text{Ni}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$  mengkristal cukup baik.

#### 4.2 Analisis Scanning Electron Microscopy – FE (FE-SEM)

Pengujian SEM dilakukan untuk melihat ukuran nanopartikel pada serbuk  $\text{Co}_{1-x}\text{Ni}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$ . Analisa SEM juga dibuat untuk mengetahui komposisi unsur penyusun sampel nanopartikel  $\text{Co}_{1-x}\text{Ni}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$ . Hasil analisa SEM dengan variasi  $x=0,1$ ;  $x=0,2$ ;  $x=0,3$  memperlihatkan bahwa ukuran partikel masing-masing sebesar 38,94 nm, 42,80 nm, dan 24,16 nm. Hasil dari gambar dapat diperlihatkan oleh gambar di bawah ini, yang menunjukkan bahwa sampel memiliki ukuran partikel yang berbeda-beda dan mengalami aglomerasi yang dipengaruhi oleh pH dan endapan dari nanopartikel  $\text{Co}_{1-x}\text{Ni}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$ .

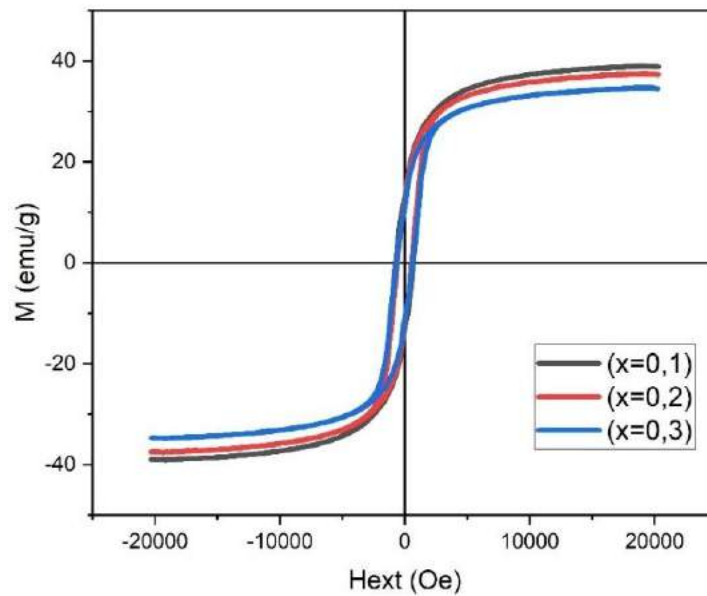




Gambar 4.3 (a) Morfologi sampel  $\text{Co}_{1-x}\text{Ni}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$   $X=0,1$  ; (b) Morfologi sampel  $\text{Co}_{1-x}\text{Ni}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$   $X=0,2$  ; (c) Morfologi sampel  $\text{Co}_{1-x}\text{Ni}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$   $X=0,3$

### 4.3 Analisis *Vibrating Sample Magnetometer* (VSM)

Agar bisa mengetahui sifat kemagnetan pada nanopartikel  $\text{Co}_{1-x}\text{Ni}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$  maka dilakukan analisis dengan penggunaan alat VSM. Pada kurva histerisis akan memuat data dari sifat kemagnetan yang diperoleh dari koersivitas ( $jH_c$ ), magnetisasi saturasi ( $\sigma_s$ ), magnetisasi remanen ( $\sigma_r$ ), dan koersivitas eksternal ( $H_{ext}$ ). Gambar dan tabel menunjukkan hasil pengujian VSM  $\text{Co}_{1-x}\text{Ni}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$  dengan variasi  $X= 0,1$ ;  $0,2$ ; dan  $0,3$ . Kurva Histerisis nanopartikel magnetik  $\text{Co}_{1-x}\text{Ni}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$  variasi  $X= 0,1$ ;  $X= 0,2$ ; dan  $X= 0,3$ .



Gambar 4.5 Kurva Histerisis  $Co_{1-x}Ni_xFe_2O_4$

Tabel 4.1 Hasil analisa kurva histerisis  $Co_{1-x}Ni_xFe_2O_4$

Sampel (x)	$M_s$ (emu/g)	$H_c$ (Oe)	$M_r$ (emu/g)
0.1	39.07	709.89	13.01
0.2	37.60	551.01	11.52
0.3	34.49	621.35	10.83

Hasil sifat magnetik dari hasil pengujian VSM diperlihatkan pada tabel 4.1 yang menunjukkan bahwa terjadi peningkatan dan penurunan nilai koersivitas pada sampel nanopartikel  $Co_{1-x}Ni_xFe_2O_4$  hal ini diperkirakan telah terjadinya aglomerasi (penggumpalan) pada serbuk dan penggerusan pada sampel yang kurang maksimal. Sifat kemagnetan suatu bahan bergantung pada kristalinitas, ukuran partikel dan adanya fasa sekunder (pengotor). Semakin tinggi nilai koersivitasnya maka semakin tinggi sifat kemagnetannya. Berdasarkan tabel 4.1 Pada nilai magnetisasi saturasi nilai sampel  $x=0,3$  memiliki nilai saturasi paling kecil diakibatkan adanya fasa hematit. Hematit bersifat antiferomagnetik sehingga nilai saturasinya berkurang. Nilai koersivitas terendah diperoleh oleh sampel  $x=0,2$  dikarenakan sampel ini memiliki ukuran kristalit paling kecil sehingga cenderung memiliki domain magnetik tunggal dan paling cenderung bersifat superparamagnetik. Nilai remanensi sampel  $x=0,1$  paling tinggi dikarenakan adanya hematit sehingga momen magnetiknya sulit untuk disearahkan. Dan pada tabel 4.1 mengidentifikasi bahwa seluruh sampel bersifat *hard magnetic*

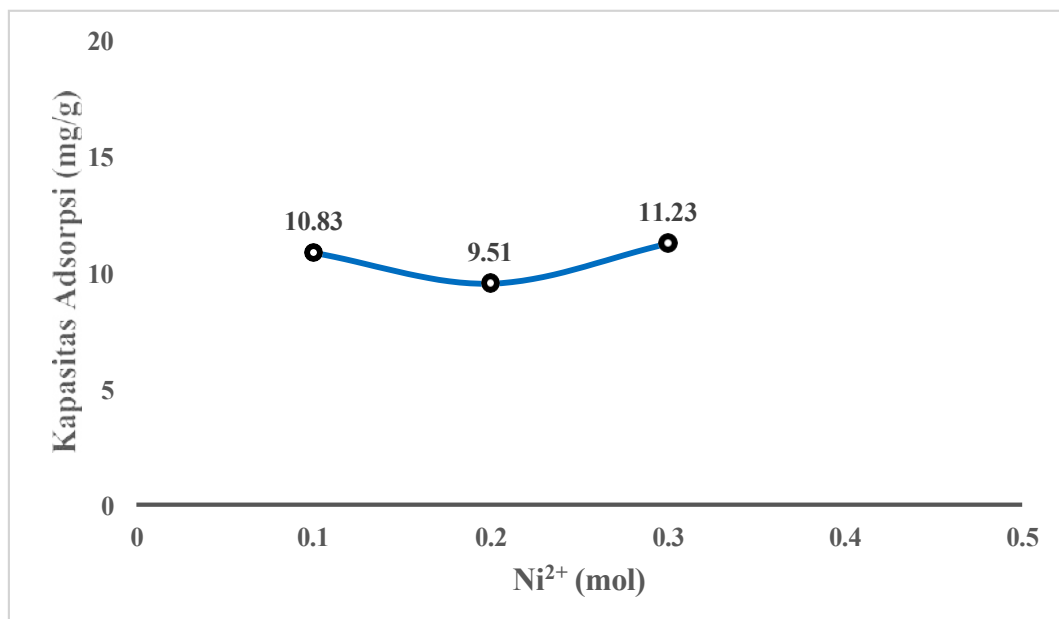
#### 4.4 Atomic Adsorption Spectrofotometric (AAS)

Serbuk nanopartikel  $\text{Co}_{1-x}\text{Ni}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$  dengan variasi  $x = 0,1; 0,2, \text{ dan } 0,3$  pada pengujian ini akan di gunakan untuk menyerap limbah logam berat. Logam berat yang digunakan adalah ion timbal ( $\text{Cr}^{3+}$ ) dan ( $\text{Cu}^{2+}$ ). Serbuk logam berat ( $\text{Cr}^{3+}$ ) dan ( $\text{Cu}^{2+}$ ) terlebih dahulu di larutkan dengan Aquades hingga menjadi larutan. Kemudian serbuk nanopartikel  $\text{Co}_{1-x}\text{Ni}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$  dicampur dengan larutan logam berat ( $\text{Cr}^{3+}$ ) dan ( $\text{Cu}^{2+}$ ) untuk di shaker selama 30 menit. Hasil pencampuran yang berupa cairan tersebut dianalisis untuk mengetahui seberapa besar daya serap (adsorpsi) nanopartikel  $\text{Co}_{1-x}\text{Ni}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$  terhadap limbah logam berat ( $\text{Cr}^{3+}$ ) dan ( $\text{Cu}^{2+}$ ) di Laboratorium Teknologi Lingkungan Gedung Geotech 820, Kawasan Puspippek serpong – Tangerang Selatan. Berikut ini laporan hasil uji.

Hasil Analisa AAS pada sampel  $\text{Co}_{1-x}\text{Ni}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$

Sampel	Konsentrasi Total Cr (mg/L)	Konsentrasi Ion Cr Total Terserap (mg/L)	Removal Efficiency (%)	Kapasitas Adsorpsi (mg/g)
X= 0,1	22,5	0,84	96,26	10,83
X= 0,2	22,5	3,48	84,53	9,51
X= 0,3	22,5	<0,03	99,86	11,23

Grafik pengaruh mol  $\text{Ni}^{2+}$  dengan kapasitas adsorpsi pada  $\text{Co}_{1-x}\text{Ni}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$



Gambar 2 : Grafik pengaruh mol  $\text{Ni}^{2+}$  dengan kapasitas adsorpsi pada  $\text{Co}_{1-x}\text{Ni}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$

Dapat dilihat pada tabel 1 dan gambar 2 bahwa efisiensi dan kapasitas adsorpsi terbesar terjadi pada sampel  $x = 0,3$  yaitu 99,86 % dan 11,23 mg/g. Hal ini karena berkaitan dengan sifat kemagnetan sampel  $\text{Co}_{1-x}\text{Ni}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$ . Pada variasi sampel  $x = 0,3$  memiliki nilai saturasi yang tinggi, nilai remanen paling kecil, namun nilai koersivitas terkecil kedua, hal ini dikarenakan pada sampel  $x = 0,1$  terdapat fasa pengotor yang dapat mengakibatkan nilai koersivitasnya rendah.

## BAB 5. KESIMPULAN

1. Telah berhasil dilakukan sintesis nanopartikel  $\text{Co}_{0,7}\text{Ni}_{0,3}\text{Fe}_2\text{O}_4$   $x=0,3$  melalui metode co-presipitasi.
2. Sifat magnetik material  $\text{Co}_{0,7}\text{Ni}_{0,3}\text{Fe}_2\text{O}_4$  *hard magnet* hal ini dapat dilihat bahwa hasil yang didapat 621.35 Oe.
3. Morfologi pada serbuk  $\text{Co}_{0,7}\text{Ni}_{0,3}\text{Fe}_2\text{O}_4$  memperlihatkan bahwa ukuran partikel masing-masing sebesar 38,94 nm, 42,80 nm, dan 24,16 nm.
4. Struktur kristal  $\text{Co}_{0,7}\text{Ni}_{0,3}\text{Fe}_2\text{O}_4$  menunjukkan struktur kristal kubik, serta fase utama terdeteksi dengan sedikit pengotor atau unsur lain pada pola difraksinya.
5. Daya serap pada sampel  $x=0,3$  didapat kapasitas adsorpsi besar yaitu 99,86 % dan 11,23 mg/g. Hal ini karena berkaitan dengan sifat kemagnetan sampel  $\text{Co}_{0,7}\text{Ni}_{0,3}\text{Fe}_2\text{O}_4$ . Pada sampel  $x=0,3$  memiliki nilai saturasi yang tinggi, nilai remanen paling kecil, namun nilai koersivitas kecil.

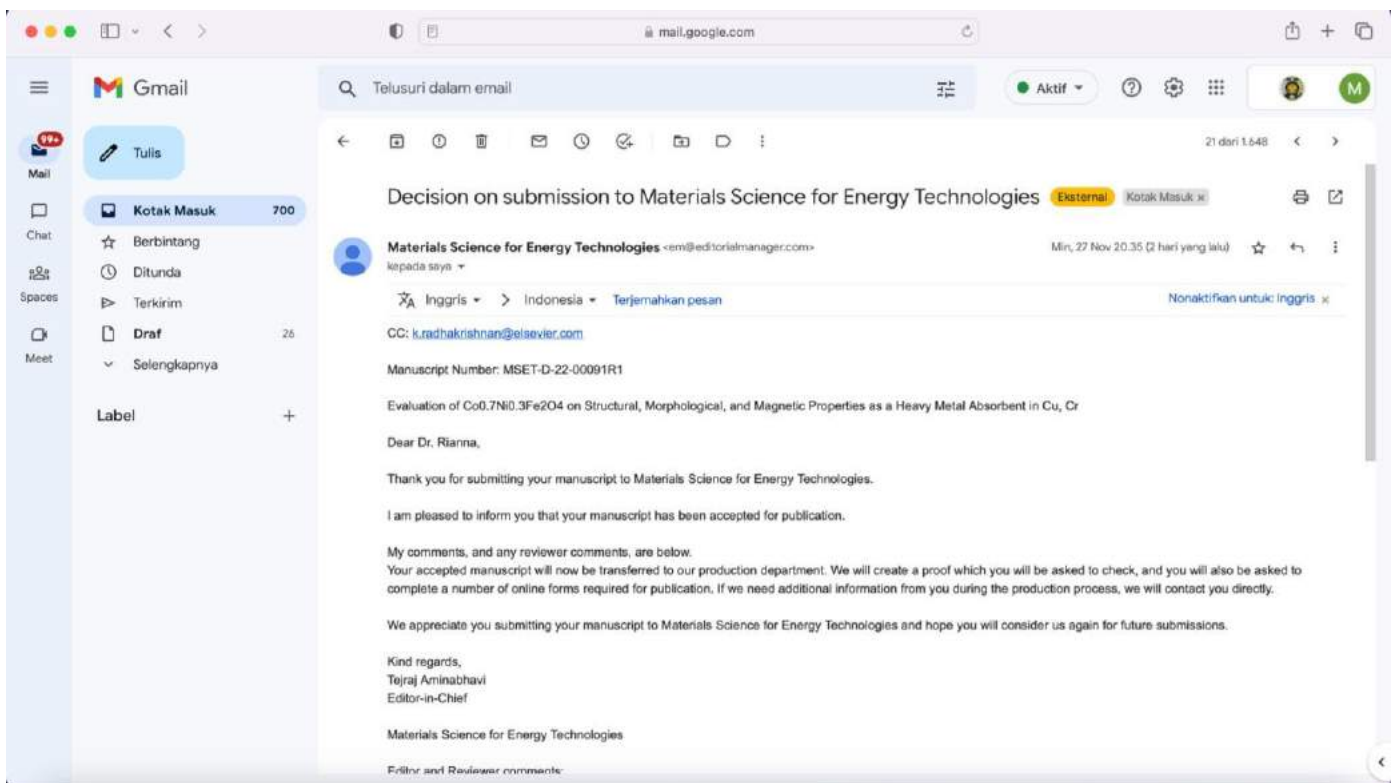
## DAFTAR PUSTAKA

- Abdolmohammad-Zadeh, Hossein, Zahra Ayazi, and Mahsa Veladi. 2022. "One-Pot Synthesis of Nickel Oxide/Nickel Ferrite Nanocomposite and Application to Dispersive Magnetic Solid-Phase Extraction of Zinc(II) Ions in Water and Milk Samples." *Journal of Food Composition and Analysis*.
- Ansari, Mohammad, Ashkan Bigham, and Hossein Abbastabar Ahangar. 2019. "Super-Paramagnetic Nanostructured CuZnMg Mixed Spinel Ferrite for Bone Tissue Regeneration." *Materials Science and Engineering C*.
- Anu. 2017. International Journal of Nanotechnology and Applications *Magnetic and Dielectric Studies on Zn Doped Mg Ferrites (MgZn<sub>x</sub> Fe<sub>2-x</sub> O<sub>4</sub>) Nanofabricated Using Self-Combustion Method*.
- Bengtson, Amelia, Dane Morgan, and Udo Becker. 2013. "Spin State of Iron in Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> Magnetite and H-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>." *Physical Review B - Condensed Matter and Materials Physics* 87(15).
- Chakradhary, Vishal K., Azizurrahman Ansari, and M. Jaleel Akhtar. 2019. "Design, Synthesis, and Testing of High Coercivity Cobalt Doped Nickel Ferrite Nanoparticles for Magnetic Applications." *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*.
- Dayana, Indri et al. 2019. "The Effect of Tetraethyl Orthosilicate (TEOS) Additions as Silica Precursors on the Magnetite Nano-Particles (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) Properties for the Application of Ferro-Lubricant." *Journal of Molecular Liquids* 294.
- Dehghan, Samaneh, Babak Kakavandi, and Roshanak Rezaei Kalantary. 2018. "Heterogeneous Sonocatalytic Degradation of Amoxicillin Using ZnO@Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> Magnetic Nanocomposite: Influential Factors, Reusability and Mechanisms." *Journal of Molecular Liquids* 264: 98–109.
- Ginting, Masno et al. 2020. "Effect of Co and Ni Additions as Doping Materials on the Micro-Structures and the Magnetic Properties of Barium Hexa-Ferrites." *Case Studies in Thermal Engineering*.
- Gupta, Nishesh Kumar et al. 2020. "Photocatalytic Degradation of Organic Pollutants over MFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> (M = Co, Ni, Cu, Zn) Nanoparticles at Neutral PH." *Scientific Reports*.
- Kechrakos, Dimitris. 2016. "Magnetic Nanoparticle Assemblies." In *Handbook of Nanophysics: Nanoparticles and Quantum Dots*.
- Kumar, Rajesh, Rajesh K. Singh, Andrei V. Alaferdov, and Stanislav A. Moshkalev. 2018. "Rapid and Controllable Synthesis of Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> Octahedral Nanocrystals Embedded-Reduced Graphene Oxide Using Microwave Irradiation for High Performance Lithium-Ion Batteries." *Electrochimica Acta* 281: 78–87.
- Naseri, Mahmoud Goodarz et al. 2014. "A Comprehensive Overview on the Structure and Comparison of Magnetic Properties of Nanocrystalline Synthesized by a Thermal Treatment Method." *Journal of Physics and Chemistry of Solids* 75(3): 315–27.
- Reddy, D. Harikishore Kumar, and Yeoung Sang Yun. 2016. "Spinel Ferrite Magnetic Adsorbents: Alternative Future Materials for Water Purification?" *Coordination Chemistry Reviews*.
- Rianna, Martha et al. 2019a. "Effect of Calcination Temperature on Microstructures, Magnetic Properties, and Microwave Absorption on BaFe<sub>11.6</sub> Mg<sub>0.2</sub> Al<sub>0.2</sub> O<sub>19</sub> Synthesized from Natural Iron Sand." *Case Studies in Thermal Engineering* 13.
- . 2019b. "Effect of Calcination Temperature on Microstructures, Magnetic Properties, and Microwave Absorption on BaFe<sub>11.6</sub> Mg<sub>0.2</sub> Al<sub>0.2</sub> O<sub>19</sub> Synthesized from Natural Iron Sand." *Case Studies in Thermal Engineering*.
- Si, Conghui et al. 2017. "Mesoporous Nanostructured Spinel-Type MFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> (M = Co, Mn, Ni) Oxides as Efficient Bi-Functional Electrocatalysts towards Oxygen Reduction and Oxygen Evolution." *Electrochimica Acta*.
- Šutka, Andris, and Karlis A. Gross. 2016. "Spinel Ferrite Oxide Semiconductor Gas Sensors." *Sensors and Actuators, B: Chemical*.

- Wang, Kuang et al. 2019. "Photothermal Performance of MFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> Nanoparticles." *Chinese Chemical Letters*.
- Yang, Lei, Qi Fu, and Heqing Fu. 2020. "Preparation of Novel Hydrophobic Magnetic Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/Waterborne Polyurethane Nanocomposites." *Journal of Applied Polymer Science* 137(15).
- Yelenich, O. V., S. O. Solopan, J. M. Greneche, and A. G. Belous. 2015. "Synthesis and Properties MFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> (M = Fe, Co) Nanoparticles and Core-Shell Structures." *Solid State Sciences*.

## Lampiran

Artikel Ilmiah sudah Accepted di Materials Science and Energy Technologies, Q1 Elsevier





## Artikel Ilmiah

### Evaluation of $\text{Co}_{0.7}\text{Ni}_{0.3}\text{Fe}_2\text{O}_4$ on Structural, Morphological, and Magnetic Properties as a Heavy Metal Absorbent in Cu, Cr

Martha Rianna<sup>1\*</sup>, Aknes Talanda<sup>1</sup>, Yoga Pratama<sup>1</sup>, Syahrul Humaidi<sup>1</sup>, Eko Arief Setiadi<sup>2</sup>, Anggito P. Tetuko<sup>2</sup>, Lukman Faris Nurdiyansah<sup>2</sup>, Timbangan Sembiring<sup>1</sup>, Perdamean Sebayang<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universitas Sumatera Utara, Medan, 20155, Indonesia

<sup>2</sup>Research Center for Advanced Materials, National Research and Innovation Agency (BRIN), Tangerang Selatan, Banten, 15314, Indonesia

\*corresponding author: [martharianna@usu.ac.id](mailto:martharianna@usu.ac.id)

#### Abstract

Progressively more complex technological advancements have been made, particularly with the invention of ferrite material manufacture. In this evaluation, the co-precipitation method was used to assess the structure, morphological, and magnetic characteristics of cobalt nickel ferrite for heavy metal adsorbent in Cu, and Cr material. Synthesized cobalt nickel ferrite of  $\text{Co}_{0.7}\text{Ni}_{0.3}\text{Fe}_2\text{O}_4$  was analyzed structurally and morphologically using x-ray diffraction (XRD) and field emission scanning electron microscopy (FE-SEM), and its room temperature hysteresis loops were measured using a vibrating sample magnetometer (VSM). Atomic absorption spectroscopy was then used to determine the metal content (AAS). XRD study that the six peaks and well-defined reflection planes of (220), (311), (400), (422), (511), and (400) at the  $2\theta$  values of  $30.12^\circ$ ,  $35.57^\circ$ ,  $43.29^\circ$ ,  $53.71^\circ$ , and  $62.72^\circ$  and there is no secondary phase in cobalt-nickel ferrite. FE-SEM results confirmed the spherical shape of the ferrite nanoparticle. The average particle size of  $\text{Co}_{0.7}\text{Ni}_{0.3}\text{Fe}_2\text{O}_4$  is found with a range of 80 to 120 nm. The peaks of Fe, Ni, Co, and O elements as energy dispersive x-ray (EDX) spectra studied the ratio of the chemical composition of metal ions (Co: Ni) and iron to oxygen (Fe:O), The magnetic properties from VSM results evaluated that  $M_s$  of 34.46 emu/g,  $M_r$  of 14.91 emu/g,  $H_c$  of 671.58 Oe, independently. Correspondingly, AAS results from a removal efficiency of 99.86 % with capacity adsorption of 11.23 mg/L of  $\text{Co}_{0.7}\text{Ni}_{0.3}\text{Fe}_2\text{O}_4$ .

Keywords: Cobalt Nickel Ferrite, Natural Iron Sand, Magnetic Properties

#### 1. Introduction

The production of magnetic materials is becoming increasingly innovative. Ferrites are magnetic materials that have both electrical and magnetic characteristics. The primary components of ferrite are metal oxides and iron oxides [1]. Because they have intriguing electrical and magnetic properties, ferrite magnetic materials like cobalt and nickel are crucial for technology. [2], [3]. Recent studies from Debnath et al [4] synthesized cobalt nickel ferrite with the addition of polyvinyl pyrrolidone (PVP) using a heat treatment method. The sample was heat a furnace for 3 h at  $700^\circ\text{C}$ . These results show average particle increases with cobalt as doping. Whereas

magnetic properties are reduced as increased cobalt as doping. Ni-CO spinel ferrite synthesis with hydrothermal method has been conducted with doping Ce-Dy rare earth as co-doping [5]. Adding co-doping in Co-Ni has increased magnetic parameters and energy band gap. The influence of co-doping materials caused structural, morphology, magnetic, electrical, and optical properties [6]–[8]. Correspondingly, natural iron sand is one of the main precursors for making ferrite magnetic materials. A previous study, making hexagonal ferrite magnetic materials from natural iron sand has been carried out for microwave absorption materials [9]. Natural iron sand contains iron minerals with a high enough concentration, it can be seen that iron sand and ferrite nanoparticle material are attached to a permanent magnetic material [3] and heavy metal waste [10].

In this research, ferrite magnetic material  $\text{Co}_{0.7}\text{Ni}_{0.3}\text{Fe}_2\text{O}_4$  will be made with a calcination temperature of  $700^\circ\text{C}$  for 1 h using the co-precipitation method which is synthesized from natural iron sand. The characterizations carried out are structural properties using XRD and FESEM-EDS. To determine magnetic properties using VSM, then to determine the number of heavy metals absorbed using AAS, respectively.

## 2. Materials and Methods

In this study, the synthesis of  $\text{Co}_{0.7}\text{Ni}_{0.3}\text{Fe}_2\text{O}_4$  used the coprecipitation method.  $\text{CoCl}_2$ ,  $\text{NiCl}_2$ , and natural iron sand are the main precursors. Firstly, 2 g of iron sand was dissolved in 30 ml of HCl (37%) and the mixture is stirred until homogeneous for 20 min under room temperature, then filtered using filter paper. Then, the solution was mixed with 2.8 g of  $\text{CoCl}_2$  and 1.9 g of  $\text{NiCl}_2$  which have been dissolved with 30 ml of distilled water. After the mixed solution is dropped into 16 g of NaOH solution. This synthesis process is carried out at a temperature of  $100^\circ\text{C}$  and the solution is stirred with a magnetic stirrer at a speed of 500 rpm for 120 minutes. After 120 minutes the solution was precipitated and washed, then the sample was dried in the oven for 15 h at a temperature of  $100^\circ\text{C}$  until the powder was evaluated. The powder was calcined at a temperature of  $700^\circ\text{C}$  for 1 h with a heating rate of  $10^\circ\text{C}/\text{min}$ . The sample was characterized by X-ray Diffraction (XRD) and Field Emission Scanning Electron Microscopes (FE-SEM), the room temperature hysteresis loops were measured by Vibrating Sample Magnetometer (VSM) then to determine metal content with heavy metal used Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS).

## 3. Results and Discussion

The X-Ray diffraction (XRD) of  $\text{Co}_{0.7}\text{Ni}_{0.3}\text{Fe}_2\text{O}_4$  has been obtained in Figure 1. The diffraction peaks match with JCPDS card 22-1086. Figure 1 shows six peaks and well-defined reflection planes of (220), (311), (400), (422), (511), and (400) at the  $2\theta$  values of  $30.12^\circ$ ,  $35.57^\circ$ ,  $43.29^\circ$ ,  $53.71^\circ$ , and  $62.72^\circ$ .

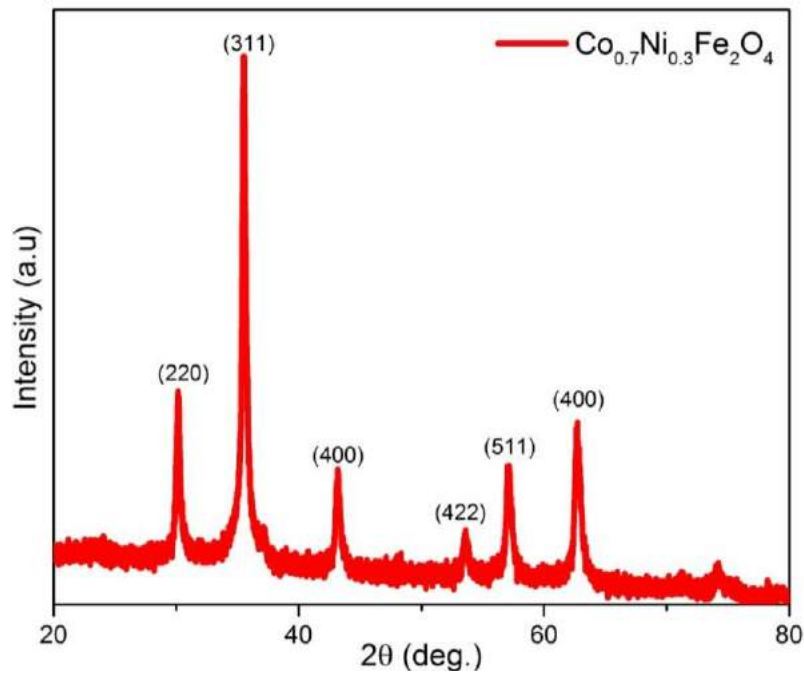
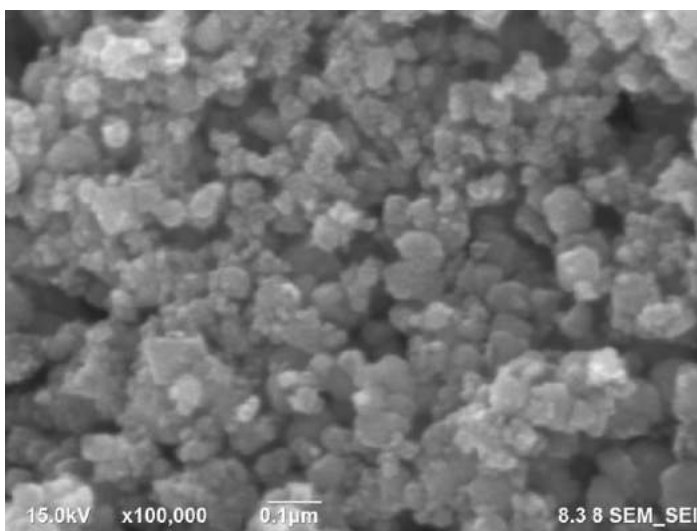
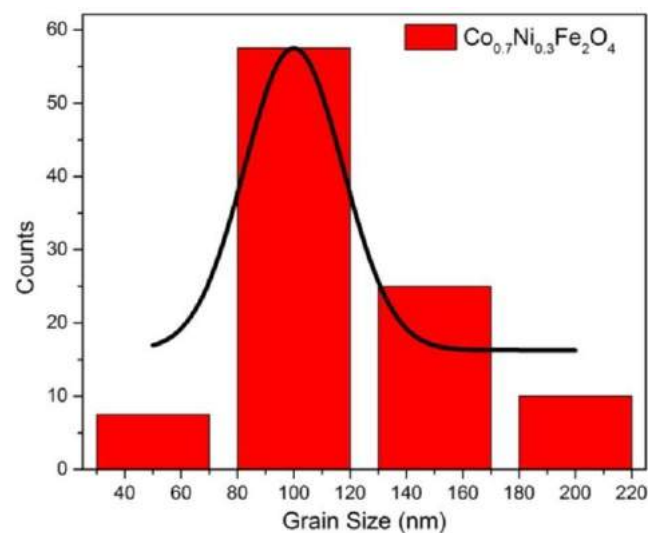


Figure 1. XRD Pattern of  $\text{Co}_{0.7}\text{Ni}_{0.3}\text{Fe}_2\text{O}_4$

According to Figure 1's peaks, impurities don't have a diffraction peak. A single phase without a secondary phase is depicted in the formation in Figure 1. The findings are consistent with the absence of a secondary phase in cobalt-nickel ferrite due to the differing atomic radius of cobalt and nickel [11]. Based on previous research, the actual cation distribution by calculating the intensity ratio, (220), (400), and (440) planes have been considered, as these are in good condition to the cation distribution [12]–[14]. The intensity of the (220) and (440) planes shows on the cations on tetrahedral sites [15] and the (400) plane depends on that of the octahedral site [16], [17]. The morphology of  $\text{Co}_{0.7}\text{Ni}_{0.3}\text{Fe}_2\text{O}_4$  is evaluated in Figure 2. The grain size distribution histogram was then calculated from the Field Emission Scanning Electron Microscope (FE-SEM) findings using Image-J software.



(a)



(b)

Figure 2. (a) Morphological structure and (b) distribution histogram of  $\text{Co}_{0.7}\text{Ni}_{0.3}\text{Fe}_2\text{O}_4$ . FE-SEM results as in Figure 2 the shape of the nanoparticles is almost spherical. The average particle size of  $\text{Co}_{0.7}\text{Ni}_{0.3}\text{Fe}_2\text{O}_4$  is found with a range of 80 to 120 nm. FE-SEM image shows some of the agglomerations. Agglomeration phenomena are caused by chemical reactions during the synthesis of raw materials. [18]. Agglomeration results from contamination of the source material during the stirring process.

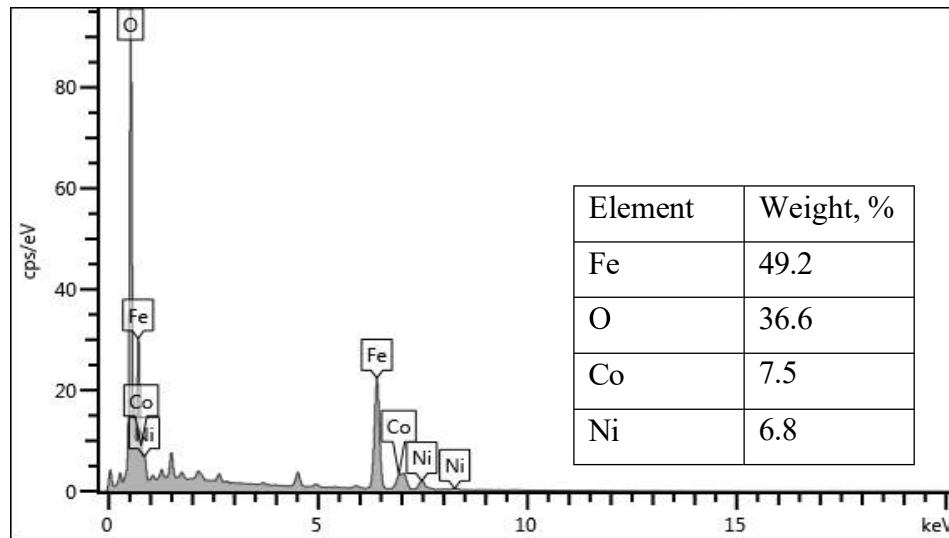


Figure 3. EDX spectra of  $\text{Co}_{0.7}\text{Ni}_{0.3}\text{Fe}_2\text{O}_4$

The elemental composition evaluation has been carried out using energy dispersive X-ray (EDX) spectra, attached with FESEM. The EDX spectra for  $\text{Co}_{0.7}\text{Ni}_{0.3}\text{Fe}_2\text{O}_4$  are shown in Figure 3. The peaks of Fe, Ni, Co, and O elements as in Figure 3 with variations of weight %. The ratio of iron to oxygen (Fe:O) and the chemical composition of metal ions (Co: Ni) in the spectra were both in accordance with the predicted composition ratio [19], without traces of any impurity element and that confirms the single phase purity of  $\text{Co}_{0.7}\text{Ni}_{0.3}\text{Fe}_2\text{O}_4$ .

Magnetic characterization of  $\text{Co}_{0.7}\text{Ni}_{0.3}\text{Fe}_2\text{O}_4$  has been evaluated using Vibrating Sample Magnetometer (VSM) and is shown in Figure 4. From the hysteresis loop, the saturation magnetization ( $M_s$ ) of 34.46 emu/g, remanent magnetization ( $M_r$ ) of 14.91 emu/g, and coercivity ( $H_c$ ) of 671.58 Oe, respectively.

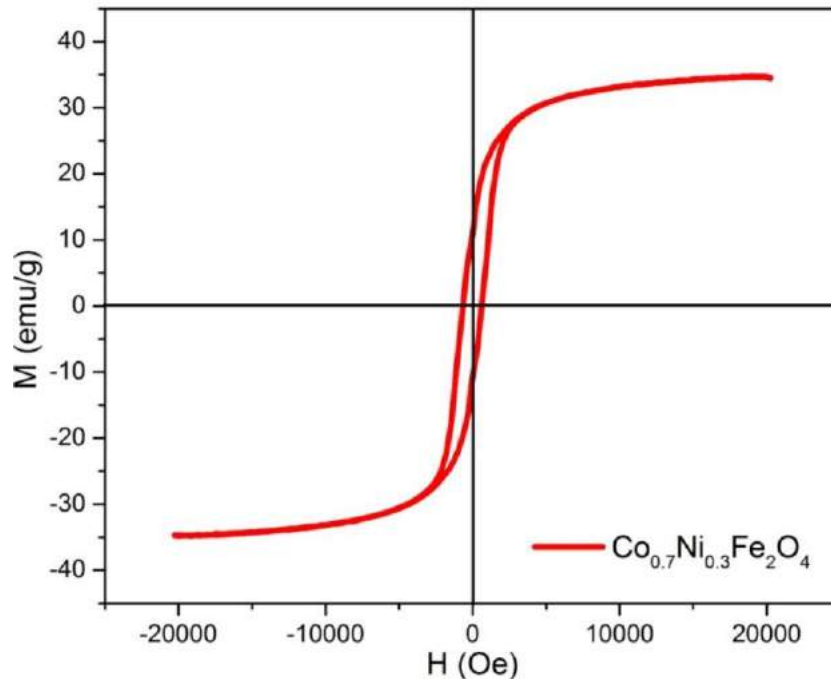


Figure 4. Hysteresis loop of  $\text{Co}_{0.7}\text{Ni}_{0.3}\text{Fe}_2\text{O}_4$

These results suggested that soft magnetic material based on coercivity ( $H_c$ ) of 671.58 Oe at  $\text{Co}_{0.7}\text{Ni}_{0.3}\text{Fe}_2\text{O}_4$  whereas Debnath et al [12] reported that  $\text{Ni}_{0.5}\text{Co}_{0.5}\text{Fe}_2\text{O}_4$  of 1003 Oe. It is suggested that the coercivity value increases with the same condition as the molar ratio of cobalt and nickel. Nanoparticle powder  $\text{Co}_{0.7}\text{Ni}_{0.3}\text{Fe}_2\text{O}_4$  in this characterization will be used to absorb heavy metal waste. The heavy metal used is lead ion  $\text{Cu}^{2+}$  and  $\text{Cr}^{3+}$ . Heavy metal powder  $\text{Cu}^{2+}$  and  $\text{Cr}^{3+}$  first dissolved with Aquadest until it becomes a solution. Then the nanoparticle powder  $\text{Co}_{0.7}\text{Ni}_{0.3}\text{Fe}_2\text{O}_4$  was mixed with heavy metal solution  $\text{Cu}^{2+}$  and  $\text{Cr}^{3+}$  and shaken for 30 minutes. The results of the mixing in the form of a liquid were analyzed to determine how much the nanoparticles' adsorption capacity was  $\text{Co}_{1-x}\text{Ni}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$  against heavy metal waste  $\text{Cu}^{2+}$  and  $\text{Cr}^{3+}$ .

The formula to determine the adsorption capacity and removal efficiency :

$$q = \frac{C_o - C_e}{w} \quad (1)$$

$$\%R = \frac{C_o - C_e}{C_o} 100\% \quad (2)$$

with:  $q$  = Adsorption capacity (mg/L)  
 $C_o$  = initial concentration (mg/L)  
 $C_e$  = Final concentration (mg/L)  
 $W$  = mass of magnetic powder (grams)  
 $V$  = waste volume (L)  
 $R$  = Removal Efficiency (%)

Results of Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) on  $\text{Co}_{0.7}\text{Ni}_{0.3}\text{Fe}_2\text{O}_4$  based on formula (1) and (2) is concentration total, Cr of 22.5 mg/L, concentration ion Cr absorbed of 0.03 mg/L, removal efficiency of 99.86 % with capacity adsorption of 11.23 mg/L.

#### 4. Conclusion

The co-precipitation method was used to study the structural, morphology, and magnetic characteristics of cobalt nickel ferrite for use as a heavy metal adsorbent in Cu, Cr material. The characterization was evaluated by XRD, FE-SEM, EDX, VSM, and AAS. XRD study that the six peaks and well-defined reflection planes of (220), (311), (400), (422), (511), and (400) at the  $2\theta$  values of  $30.12^\circ$ ,  $35.57^\circ$ ,  $43.29^\circ$ ,  $53.71^\circ$ , and  $62.72^\circ$  and there is no secondary phase in cobalt-nickel ferrite. The ferrite nanoparticle's almost spherical shape was confirmed by FE-SEM characterization. The average particle size of  $\text{Co}_{0.7}\text{Ni}_{0.3}\text{Fe}_2\text{O}_4$  is found with a range of 80 to 120 nm. The peaks of Fe, Ni, Co, and O elements as energy dispersive X-Ray (EDX) spectra studied the ratio of chemical composition of metal ions (Co: Ni) and iron to oxygen (Fe:O), The magnetic properties from VSM results evaluated that  $M_s$  of 34.46 emu/g,  $M_r$  of 14.91 emu/g,  $H_c$  of 671.58 Oe, respectively. Correspondingly, AAS results in removal efficiency of 99.86 % with capacity adsorption of 11.23 mg/L of  $\text{Co}_{0.7}\text{Ni}_{0.3}\text{Fe}_2\text{O}_4$ . These results that  $\text{Co}_{0.7}\text{Ni}_{0.3}\text{Fe}_2\text{O}_4$  was good material for Heavy Metal Absorbent in Cu, Cr.

#### 5. Acknowledgments

The authors acknowledge the facilities, scientific and technical support from Universitas Sumatera Utara by Talenta Research 2022 of National Collaboration Research in World Class University (WCU) Scheme with contract number 357/UN5.2.3.1/PPM/KP-TALENTA/2022 and Advanced Characterization Laboratories Serpong, National Research and Innovation Agency through E-Layanan Sains, Badan Riset dan Inovasi Nasional.

#### 6. References

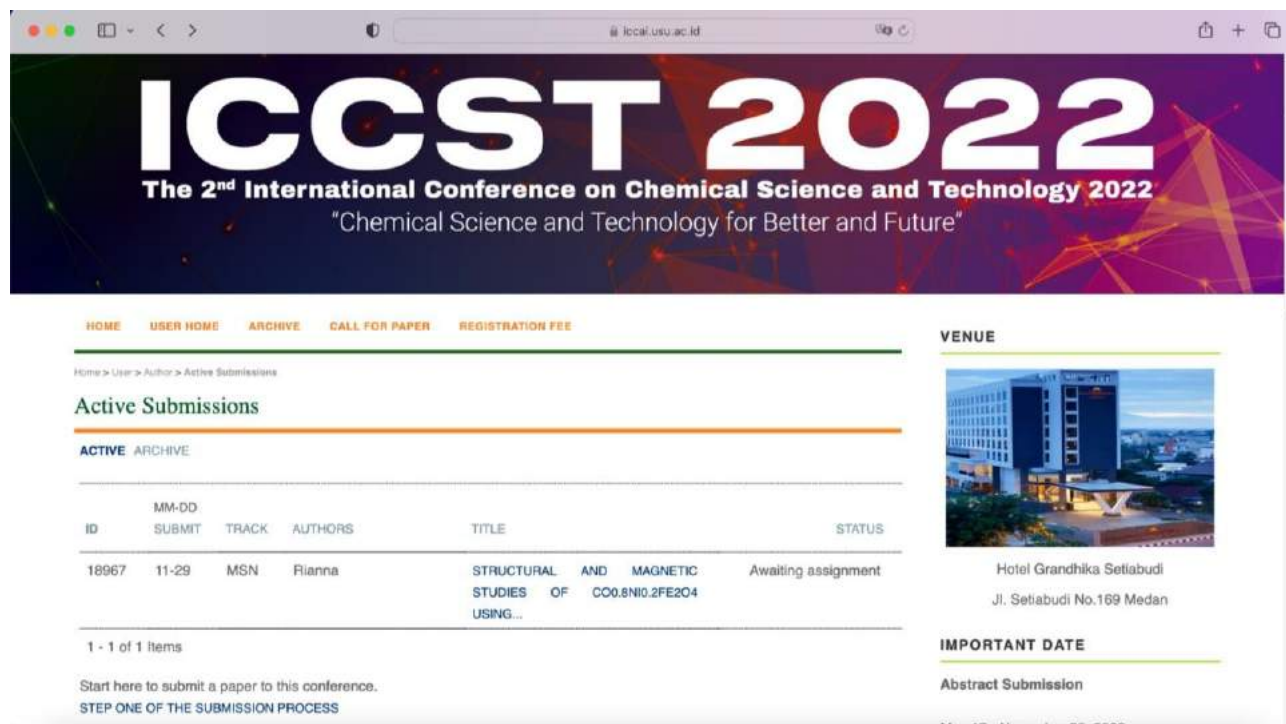
- [1] N. K. Gupta, Y. Ghaffari, S. Kim, J. Bae, K. S. Kim, and M. Saifuddin, "Photocatalytic Degradation of Organic Pollutants over  $\text{MFe}_2\text{O}_4$  (M = Co, Ni, Cu, Zn) Nanoparticles at Neutral pH," *Sci. Rep.*, 2020.
- [2] Anu, "Magnetic and dielectric studies on Zn doped Mg ferrites ( $\text{MgZn}_x\text{Fe}_{2-x}\text{O}_4$ ) nanofabricated using the self-combustion method," 2017.
- [3] V. K. Chakradhary, A. Ansari, and M. J. Akhtar, "Design, synthesis, and testing of high coercivity cobalt doped nickel ferrite nanoparticles for magnetic applications," *J. Magn. Mater.*, 2019.
- [4] S. Debnath and R. Das, "Cobalt doping on nickel ferrite nanocrystals enhance the microstructural and magnetic properties: Shows a correlation between them," *J. Alloys Compd.*, 2021.
- [5] M. A. Almessiere *et al.*, "Effects of Ce–Dy rare earths co-doping on various features of Ni–

- Co spinel ferrite microspheres prepared via hydrothermal approach,” *J. Mater. Res. Technol.*, 2021.
- [6] M. A. Almessiere *et al.*, “Ce–Nd Co-substituted nanospinel cobalt ferrites: An investigation of their structural, magnetic, optical, and apoptotic properties,” *Ceram. Int.*, 2019.
- [7] C. Aziz and B. Azhdar, “Synthesis of dysprosium doped cobalt ferrites nanoparticles by solgel auto-combustion method and influence of grinding techniques on structural, Morphological, and magnetic properties,” *J. Magn. Magn. Mater.*, 2022.
- [8] M. A. Almessiere *et al.*, “Sonochemical synthesis and physical properties of  $\text{Co}_{0.3}\text{Ni}_{0.5}\text{Mn}_{0.2}\text{Eu}_x\text{Fe}_{2-x}\text{O}_4$  nano-spinel ferrites,” *Ultrason. Sonochem.*, 2019.
- [9] M. Rianna *et al.*, “Effect of calcination temperature on Microstructures, magnetic properties, and microwave absorption on  $\text{BaFe}_{11.6}\text{Mg}_{0.2}\text{Al}_{0.2}\text{O}_{19}$  synthesized from natural iron sand,” *Case Stud. Therm. Eng.*, vol. 13, 2019.
- [10] H. Abdolmohammad-Zadeh, Z. Ayazi, and M. Veladi, “One-pot synthesis of nickel oxide/nickel ferrite nanocomposite and application to dispersive magnetic solid-phase extraction of zinc(II) ions in water and milk samples,” *J. Food Compos. Anal.*, 2022.
- [11] K. M. Srinivasamurthy *et al.*, “Evaluation of structural, dielectric and LPG gas sensing behavior of porous  $\text{Ce}^{3+}$ -  $\text{Sm}^{3+}$  doped Cobalt nickel ferrite,” *Mater. Chem. Phys.*, 2022.
- [12] S. Debnath, A. Das, and R. Das, “Effect of cobalt doping on structural parameters, cation distribution and magnetic properties of nickel ferrite nanocrystals,” *Ceram. Int.*, 2021.
- [13] B. Nandan, M. C. Bhatnagar, and S. C. Kashyap, “Cation distribution in nanocrystalline cobalt substituted nickel ferrites: X-ray diffraction and Raman spectroscopic investigations,” *J. Phys. Chem. Solids*, 2019.
- [14] P. A. M. Vitor, J. Venturini, J. B. M. da Cunha, and C. P. Bergmann, “The influence of cation distribution on the magnetic properties of mixed  $\text{Co}_{1-y}\text{Ni}_y\text{Fe}_2\text{O}_4$  nanoferrites produced by the sol-gel method,” *J. Alloys Compd.*, 2021.
- [15] G. Satyanarayana, K. Vijaya Babu, and G. Nageswara Rao, “Structural, electrical, and magnetic properties of Co-substituted  $\text{Ni}_{1-x}\text{Co}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$  ( $x = 0.1, 0.2, \text{ and } 0.3$ ) nanocrystalline ferrites,” *Ferroelectrics*, 2021.
- [16] D. B. Pawar, P. P. Khirade, V. Vinayak, L. S. Ravangave, and S. M. Rathod, “Sol–gel auto-ignition fabrication of  $\text{Gd}^{3+}$  incorporated  $\text{Ni}_{0.5}\text{Co}_{0.5}\text{Fe}_2\text{O}_4$  multifunctional spinel ferrite nanocrystals and its impact on structural, optical and magnetic properties,” *SN Appl. Sci.*, 2020.
- [17] M. Rianna, T. Sembiring, E. Amiruddin, and P. Sebayang, “Materials Science for Energy Technologies Co-precipitation synthesis of  $\text{LaFe}_{1-x}\text{Al}_x\text{O}_3$  ( $x = 0 - 0.2$ ) on structure and electromagnetic properties,” vol. 6, pp. 43–47, 2023.

- [18] T. Zeeshan, S. Anjum, S. Waseem, F. Majid, M. Danish Ali, and A. Aslam, "Influence of zinc substitution on structural, elastic, magnetic and optical properties of cobalt chromium ferrites," *Mater. Sci. Pol.*, 2021.
- [19] A. Karimian, M. S. Rad, and E. Mahdavi, "CoNiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>@Silica-SO<sub>3</sub>H nanoparticles: New recyclable magnetic nanocatalyst for the one-pot synthesis of 3,4-dihydropyrimidin-2(1H)-ones/thiones under solvent-free conditions," *J. Chinese Chem. Soc.*, 2020.



## Prosiding Internasional, sudah submit ke ICCST USU 2022



The screenshot shows the ICCST 2022 website interface. At the top, there is a navigation menu with links for HOME, USER HOME, ARCHIVE, CALL FOR PAPER, and REGISTRATION FEE. The main header features the conference title "ICCST 2022" and the subtitle "The 2<sup>nd</sup> International Conference on Chemical Science and Technology 2022" with the tagline "Chemical Science and Technology for Better and Future".

The page is titled "Active Submissions" and includes a breadcrumb trail: Home > User > Author > Active Submissions. Below the title, there are tabs for "ACTIVE" and "ARCHIVE". A table lists the active submissions:

ID	MM-DD SUBMIT	TRACK	AUTHORS	TITLE	STATUS
18967	11-29	MSN	Rianna	STRUCTURAL AND MAGNETIC STUDIES OF CO <sub>0.8</sub> NI <sub>0.2</sub> FE <sub>2</sub> O <sub>4</sub> USING...	Awaiting assignment

Below the table, it indicates "1 - 1 of 1 items". A link is provided to start the submission process: "Start here to submit a paper to this conference. STEP ONE OF THE SUBMISSION PROCESS".

On the right side, the "VENUE" section features an image of Hotel Grandhika Setiabudi and its address: "Hotel Grandhika Setiabudi, Jl. Setiabudi No.169 Medan". The "IMPORTANT DATE" section lists "Abstract Submission" from May 17 to November 30, 2022.

**Structural and Magnetic Studies of  $\text{Co}_{0.8}\text{Ni}_{0.2}\text{Fe}_2\text{O}_4$  using Co-precipitation Method**

Martha Rianna<sup>1</sup>, Aknes Talanda<sup>1</sup>, Yoga Pratama<sup>1</sup>, Eko Arief Setiadi<sup>2</sup>, Anggito P. Tetuko<sup>2</sup>, Lukman Faris Nurdiansah<sup>2</sup>, Syahrul Humaidi<sup>1</sup>, Timbangan Sembiring<sup>1</sup>, Perdamean Sebayang<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universitas Sumatera Utara, Medan, 20155, Indonesia

<sup>2</sup>Research Center for Advanced Materials, National Research and Innovation Agency (BRIN), Tangerang Selatan, Banten, 15314, Indonesia

\*corresponding author: [martharianna@usu.ac.id](mailto:martharianna@usu.ac.id)

**Abstract**

In this research, synthesis of  $\text{Co}_{0.8}\text{Ni}_{0.2}\text{Fe}_2\text{O}_4$  has been conducted using co-precipitation method with calcined at  $900^\circ\text{C}$  for 2 h. The sample were characterized using X-Ray Diffraction (XRD), Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive Spectroscopy (SEM-EDS) and Vibrating Sample Magnetometer (VSM) to confirm structural and magnetic studies. The XRD results shows the peaks can be indexed as (220), (311), (400), (422), (511), and (440). SEM-EDX results shows the sample has unifom particle size with average of 1  $\mu\text{m}$ . The variation of saturation magnetization ( $M_s$ ) of 37.54 emu/g, remanence magnetization ( $M_r$ ) of 17.31 emu/g, coercive field ( $H_c$ ) of 747.25 Oe and squareness of hysteresis loop ( $M_r/M_s$ ) of 0.46, respectively.

Keywords: Structural, Magnetic Studies, Hysteresis Loop

**1. Introduction**

The ferrite magnetic particles are good material and unique physical peculiarities like structural and magnetic properties [1]. They are also technologically important materials as they are widely utilized in magnetic permanent material, absorbing microwave and electronic devices [2], [3]. The properties of cobalt and nickel ferrites can be greatly influenced by doping nickel atoms and cobalt atoms [4]. Ferrites can be prepared by various methods including sol-gel method, co-precipitation method, hydrothermal method, solid state reaction, precursor method etc [5]–[7]. Iron sand is a potential natural resource in Indonesia. Iron sand has four phases: maghemite ( $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ), hematite ( $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ), goethite ( $\text{FeO}(\text{OH})$ ) and magnetite ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ). Of the four phases, only maghemite ( $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ) and magnetite ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) have magnetic properties and besides that magnetite ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) is also amphoteric and has high absorption [8]. The magnetite compound is black with a spinel structure and contains  $\text{Fe}^{2+}$  and  $\text{Fe}^{3+}$  ions. Iron sand has the potential to be made of nanometer-sized of  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  [9]–[11]. In this research, the preparation and characterization of  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  synthesized from natural iron sand will be made using the co-precipitation method.

**2. Materials and Methods**

Doped cobalt nickel ferrite powders were synthesized by iron sand using co precipitation method with NaOH as the main precursors. The main precursor was dissolved in 100 ml deionized water taken in a hotplate. Then stoichiometric amounts of iron sand, nickel chloride and cobalt chloride were added into the HCl solution. NaOH solution was added with continuous stirring for 2 hours at  $100^\circ\text{C}$ . The solution containing powders of  $\text{Co}_{0.8}\text{Ni}_{0.2}\text{Fe}_2\text{O}_4$  was removed by washing with

water and ethanol. The resultant powder was dried in the oven for 24 hours at 100°C. The resulting powder was calcined at 900°C for 2 hours. The sample were characterized using XRD, SEM-EDS and VSM to confirm structural and magnetic studies.

### 3. Results and Discussion

The characterization of X-ray diffraction (XRD) of  $\text{Co}_{0.8}\text{Ni}_{0.2}\text{Fe}_2\text{O}_4$  are shown in Figure 1. XRD pattern observed that  $\text{Co}_{0.8}\text{Ni}_{0.2}\text{Fe}_2\text{O}_4$  crystallize in cubic spinel morphology of  $Fd\bar{3}m$  space group. The peaks can be indexed as (220), (311), (400), (422), (511), and (440), respectively. All peaks are in diffraction patterns with JCPDS Card Number 22-1086.

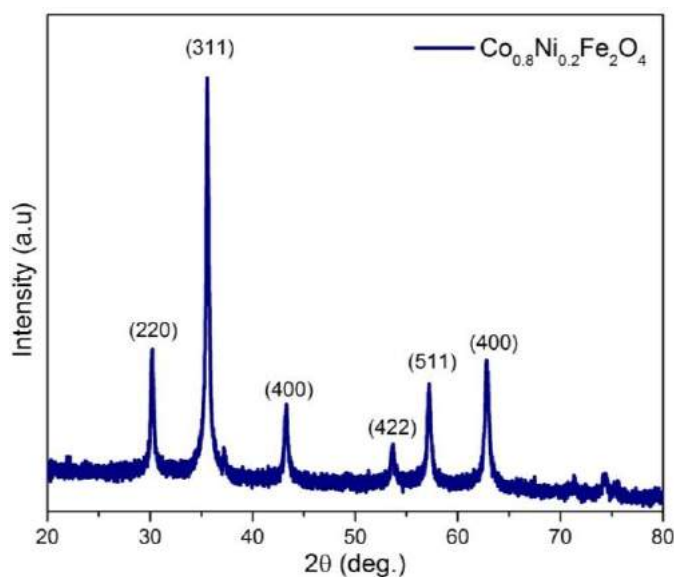


Figure 1. XRD Patterns of  $\text{Co}_{0.8}\text{Ni}_{0.2}\text{Fe}_2\text{O}_4$  sample

Based from Figure 1, cobalt content has been substitution to nickel content. It is indication that substitution of  $\text{Ni}^{2+}$  with a smaller ionic radius (0.69 Å) whereas  $\text{Co}^{2+}$  with a larger ionic radius (0.74 Å) [12]. SEM-EDS results of  $\text{Co}_{0.8}\text{Ni}_{0.2}\text{Fe}_2\text{O}_4$  are shown in Figure 2 and Table 1.

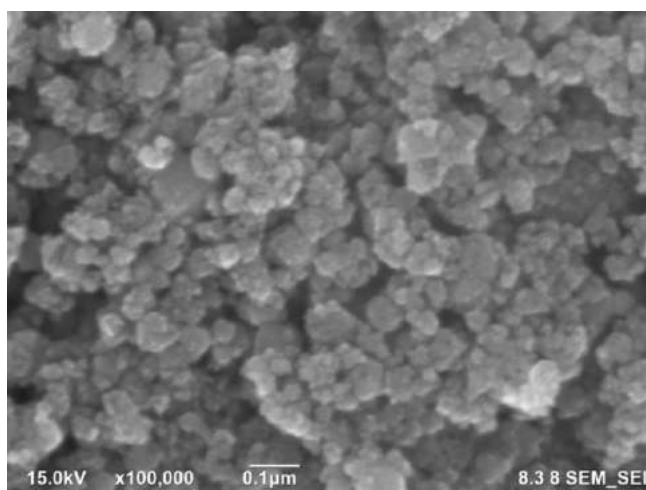


Figure 2. SEM image of  $\text{Co}_{0.8}\text{Ni}_{0.2}\text{Fe}_2\text{O}_4$  sample

Table 1. The element of  $\text{Co}_{0.8}\text{Ni}_{0.2}\text{Fe}_2\text{O}_4$  sample

Element	At%
<b>O</b>	55.7
<b>Fe</b>	37.5
<b>Co</b>	5.6
<b>Ni</b>	1.2

From Figure 2 shows that the sample has uniform particle size with average of 1  $\mu\text{m}$ . It shows that the other particle content several structural. This is also to substitution of Co and Ni contents as additive concentrations at  $\text{Co}_{0.8}\text{Ni}_{0.2}\text{Fe}_2\text{O}_4$ . The magnetic studies can be seen in Figure 3. Figure 3 shows room temperature M-H loops of  $\text{Co}_{0.8}\text{Ni}_{0.2}\text{Fe}_2\text{O}_4$ .

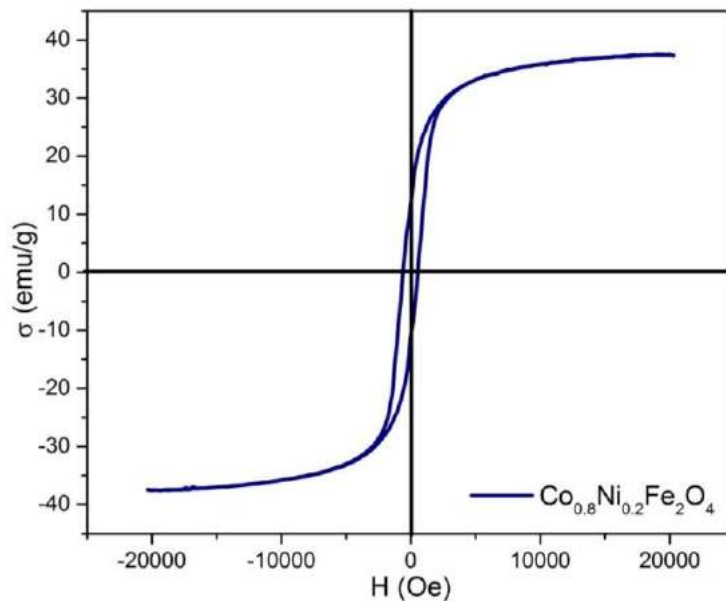


Figure 3. M-H loops of  $\text{Co}_{0.8}\text{Ni}_{0.2}\text{Fe}_2\text{O}_4$  sample

Figure 3 shows variation of saturation magnetization ( $M_s$ ) of 37.54 emu/g, remanence magnetization ( $M_r$ ) of 17.31 emu/g, coercive field ( $H_c$ ) of 747.25 Oe and squareness of hysteresis loop ( $M_r/M_s$ ) of 0.46. Velhal et al [13] suggested that the coercivity field with metal logam as Ni and Co can be confirmed on the strain, magneto crysallite anisotropy and shape anisotropy of crystallite structure.

#### 4. Conclusion

The synthesis of  $\text{Co}_{0.8}\text{Ni}_{0.2}\text{Fe}_2\text{O}_4$  material has been conducted using co-precipitation method. The sample were characterized using XRD, SEM-EDS and VSM to confirm structural and magnetic studies. The XRD results shows the peaks can be indexed as (220), (311), (400), (422), (511), and (440). SEM-EDX results shows the sample has uniform particle size with average of 1  $\mu\text{m}$ . The variation of saturation magnetization ( $M_s$ ) of 37.54 emu/g, remanence magnetization ( $M_r$ ) of

17.31 emu/g, coercive field (Hc) of 747.25 Oe and squareness of hysteresis loop (Mr/Ms) of 0.46, respectively.

## 5. Acknowledgments

The authors acknowledge the facilities, scientific and technical support from Universitas Sumatera Utara by Talenta Research 2022 of National Collaboration Research in World Class University (WCU) Scheme with contract number 357/UN5.2.3.1/PPM/KP-TALENTA/2022 and Advanced Characterization Laboratories Serpong, National Research and Innovation Agency through E-Layanan Sains, Badan Riset dan Inovasi Nasional.

## 6. References

- [1] H. W. Zhang, J. Li, H. Su, T. C. Zhou, Y. Long, and Z. L. Zheng, "Development and application of ferrite materials for low temperature co-fired ceramic technology," *Chinese Physics B*. 2013.
- [2] U. Younas, M. Bilal, and J. Ren, "Diversity of exact solutions and solitary waves with the influence of damping effect in ferrites materials," *J. Magn. Magn. Mater.*, 2022.
- [3] B. Swain, J. Halder, N. Swain, P. P. Nayak, and S. Bhuyan, "Performance improvement of inductive coupling system using ferrite materials," in *Materials Today: Proceedings*, 2021.
- [4] A. Mesbahinia, M. Almasi-Kashi, A. Ghasemi, and A. Ramezani, "First order reversal curve analysis of cobalt-nickel ferrite," *J. Magn. Magn. Mater.*, 2019.
- [5] M. Rianna *et al.*, "The effect of Mg-Al additive composition on microstructure, magnetic properties, and microwave absorption on  $\text{BaFe}_{12-2x}\text{Mg}_x\text{Al}_x\text{O}_{19}$  ( $x = 0-0.5$ ) material synthesized from natural iron sand," *Mater. Lett.*, vol. 256, 2019.
- [6] F. Majid *et al.*, "Cobalt doping of nickel ferrites via sol gel approach: Effect of doping on the structural and dielectric properties," *Zeitschrift fur Phys. Chemie*, 2021.
- [7] X. Chen, Y. Wang, H. Liu, S. Jin, and G. Wu, "Interconnected magnetic carbon@Ni<sub>x</sub>Co<sub>1-x</sub>Fe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> nanospheres with core-shell structure: An efficient and thin electromagnetic wave absorber," *J. Colloid Interface Sci.*, 2022.
- [8] J. K. Xu, F. F. Zhang, J. J. Sun, J. Sheng, F. Wang, and M. Sun, "Bio and nanomaterials based on Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>," *Molecules*. 2014.
- [9] Y. F. Shen, J. Tang, Z. H. Nie, Y. D. Wang, Y. Ren, and L. Zuo, "Preparation and application of magnetic Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> nanoparticles for wastewater purification," *Sep. Purif. Technol.*, 2009.
- [10] A. N. Syahida, H. Sutanto, I. Alkian, F. D. D. Irianti, A. A. Wibowo, and P. Priyono, "Synthesized and characterization nanosized synthesis Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> powder from natural iron sand," in *Journal of Physics: Conference Series*, 2021.
- [11] E. Handoko *et al.*, "Structural, magnetic and microwave absorption properties of natural iron sand," in *Journal of Physics: Conference Series*, 2021.
- [12] C. Kumari, H. K. Dubey, F. Naaz, and P. Lahiri, "Structural and optical properties of nanosized Co substituted Ni ferrites by coprecipitation method," *Phase Transitions*, 2020.
- [13] N. B. Velhal, N. D. Patil, A. R. Shelke, N. G. Deshpande, and V. R. Puri, "Structural, dielectric and magnetic properties of nickel substituted cobalt ferrite nanoparticles: Effect of nickel concentration," *AIP Adv.*, 2015.