

**KARAKTERISASI STRUKTUR KRISTAL  
NANOPARTIKEL MAGNETITE ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) BERBASIS  
PASIR ALAM DENGAN PENAMBAHAN VARIASI  
*Polyethylen Glycol (PEG)***

**SKRIPSI**

**Untuk memenuhi sebagian persyaratan  
Mencapai derajat Sarjana S-1**

**Program Studi Fisika**



**Diajukan Oleh:  
Sri Sumarni  
07620003**

**Kepada**

**PROGRAM STUDI FISIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA**

**2014**



## SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Pengajuan Munaqasyah

Lamp : -

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

di Yogyakarta

*Assalamu'alaikum wr. wb.*

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : SRI SUMARNI

NIM : 07620003

Judul Skripsi : KARAKTERISASI STRUKTUR KRISTAL NANOPARTIKEL *MAGNETITE* ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ )  
BERBASIS PASIR ALAM DENGAN PENAMBAHAN VARIASI *Polyethylen Glycol* (PEG)

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi FISIKA Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam Fisika Sains.

Dengan ini kami berharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqsyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

*Wassalamu'alaikum wr. wb.*

Yogyakarta, 06 Januari 2014  
Pembimbing I

Retno Rahmawati, M.Si.  
NIP. 19821116 200901 2 006



**PENGESAHAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR**

Nomor : UIN.02/D.ST/PP.01.1/400/2014

Skripsi/Tugas Akhir dengan judul : Karakterisasi Struktur Kristal Nanopartikel Magnetite ( $Fe_3O_4$ ) Berbasis Pasir Alam Dengan Penambahan Variasi *Polyethylen Glycol* (PEG)

Yang dipersiapkan dan disusun oleh :  
Nama : Sri Sumarni  
NIM : 07620003  
Telah dimunaqasyahkan pada : 16 Januari 2014  
Nilai Munaqasyah : A  
Dan dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga

**TIM MUNAQASYAH :**

Ketua Sidang

Retno Rahmawati, M.Si  
NIP.19821116 200901 2 006

Penguji I

Widayanti, M.Si  
NIP.19760526 200604 2 005

Penguji II

Karmanto, S.Si., M.Sc.  
NIP. 19820504 200912 1 005

Yogyakarta, 07 Februari 2014

UIN Sunan Kalijaga

Fakultas Sains dan Teknologi

Dekan



Prof. Dr. H. Akh. Minhaji, M.A, Ph.D  
NIP.19580919 198603 1 002

## PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah dan etika penulisan ilmiah. Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya sesuai dengan peraturan yang berlaku, apabila dikemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Yogyakarta, 06 Januari 2014



Sri Sumarni

NIM. 07620003

## Motto

**Hanglaras ilining banyu, Ngeli ananging ora keli ( Sunan Kalijaga)**

## Persembahan :

**Karya ini aku persembahkan teruntuk :**

- **Mak'e & Pak'e pahlawan hidupku, yang tak pernah lelah berdo'a dan menunggu gendhuk kecil ini jadi dewasa**
- **Mas Eko yang mengajarku bermimpi dan Mba Tini yang mengajarku kerja keras, aku tahu akan selalu "kita" bukan "aku" atau "kamu"**
  - **Aa Yono, Mba Hani (alm), Mba Wie, yang menganugrahkanku sebutan adik**
- **Dua malaikat kecilQ Nadila & Namira, yang selalu menghadirkan senyum, tawa, dan rindu**
- **Budhe Muk, Biyung2 & Paktuo2 "somo&rejo", bapak & ibu kuningan, bantul dan Palembang yang menjadikan aku bagian hidupnya**

## KATA PENGANTAR

Segala puji hanya bagi Allah SWT. yang telah memelihara seluruh alam semesta beserta isinya. Shalawat beserta salam atas jujungan Nabi Muhammad SAW., para sahabat, keluarga dan orang-orang yang senantiasa mengikuti sunah-sunnahnya. Semoga Allah SWT. meridhoi orang-orang yang selalu berada di jalannya.

Penyusunan tugas akhir (skripsi) ini tidak lepas dari dukungan dan bantuan yang datang dari berbagai pihak yang sudah pasti sangat berarti, untuk itu dengan segenap kerendahan hati saya mengucapkan terimakasih kepada :

1. Prof. Dr. H. Musa Asy' ari, selaku Rektor Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Prof. Drs. H. Akhmad Minhaji, M.A., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
3. Frida Agung Rahmadi, M.Si, selaku Ketua Program Studi Fisika UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
4. Thaqibul Fikri Niyartama, M.Si, selaku Penasehat Akademik Program Studi Fisika UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
5. Retno Rahmawati, M.Si, selaku Dosen pembimbing yang dengan sabar dan tekun memberikan dorongan semangat serta memberikan bimbingan dengan penuh keikhlasan dan keterbukaan sehingga skripsi ini bisa terselesaikan dengan baik.

6. Semua staf Tata Usaha dan karyawan dilingkungan Fakultas Sains dan Teknologi serta Laboratorium Terpadu UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta yang secara langsung maupun tidak langsung telah membantu terselesaikannya skripsi ini.
7. Keluarga tercintaku pak'e, mak'e, mz Eko, mb Tini, aa Yono, mb Hani (alm), mb Wie, Nadila, Namira, budhe Muk, alm biyung2 & pak tuo untuk setiap peluh, semangat, senyum dan harapan terimakasih yang tak terhingga :-\*
8. Saudara dan sahabatku Fisika '07 yang terdekup dalam hati NenK, Lina, Herly, Nofia, Aziz, Shanti, Vie2, Elfi, Ika, Dian, Hanif, dan semua dari NIM 07620001-0762042 yang tak dapat kusebut satu persatu. Terima kasih banyak bagiku mengenal kalian adalah mengenal hidup dan itu "Amazing".
9. Sahabat-sahabat material Dwi, Shanti, Aulia, Jonal, Kukuh, Alim, Udin, Hendi, Farida, Rentang. Ayo semangat majukan material kita.
10. Saudara dan sahabat kos Ori 2 no. 11a (Mb Ika, Nanik, Iin, Shanti, Mb Silva, Mb Anis, Icha, Ika) pelangi untuk hari-hariku yang panjang.

Penulis hanya dapat berdoa semoga mereka mendapatkan balasan kebaikan yang berlipat ganda Allah SWT. Penulis berharap semoga karya sederhana ini dapat bermanfaat. Amin. Dan untuk menjadikan tulisan ini lebih baik, penulis menunggu saran dan kritik para pembaca.

Yogyakarta, November 2013

Penulis

**KARAKTERISASI STRUKTUR KRISTAL NANOPARTIKEL *MAGNETITE*  
(Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) BERBASIS PASIR ALAM DENGAN PENAMBAHAN VARIASI  
*Polyethylene Glycol* (PEG)**

**Sri Sumarni  
07620003**

**INTISARI**

Penelitian karakterisasi struktur kristal nanopartikel *magnetite* (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) berbasis pasir alam dengan penambahan variasi *Polyethylene Glycol* (PEG) ini bertujuan untuk memperoleh nanopartikel *magnetite* dengan metode kopresipitasi dan mempelajari pengaruh penambahan variasi *Polyethylene Glycol* (PEG) pada struktur kristal nanopartikel *magnetite*. Sintesis dilakukan dengan mencampurkan pasir alam dengan HCl sebagai pelarut dan NaOH sebagai pengendap, sebagai *template* ditambahkan PEG 1000 dan PEG 6000. Penambahan masing-masing divariasikan dari 1:1, 1:2, dan 1:3 dengan larutan garam besi dan dilihat pengaruhnya pada struktur kristal yang terbentuk dari sampel. Sampel nanopartikel *magnetite* hasil percobaan dikarakterisasi dengan menggunakan alat XRD (*X Ray Diffraction*) untuk mengetahui pembentukan fasa dan ukuran kristal yang terbentuk dan SEM (*Scanning electron Microscope*) untuk mengetahui morfologi sampel. Dari hasil karakterisasi diketahui persentase fraksi volume sampel meningkat, selain itu sampel nanopartikel *magnetite* memiliki struktur kubik pusat muka (*face centered cubic*) dengan bidang-bidang kristal sesuai dengan bidang kristal standar JCPDS (*Joint Committee Powder Standart*) no.19 – 629 dengan ukuran kristal kurang dari 50 nm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan PEG dapat meningkatkan persentase fraksi volume nanopartikel *magnetite* serta tidak berpengaruh terhadap struktur Kristal nanopartikel *magnetite*

Kata kunci : nanopartikel *magnetite*, *Polyethylene Glycol* (PEG), struktur kristal.



**CHARACTERIZATION OF CRYSTAL STRUCTURE OF SAND-BASED  
MAGNETITE (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) NANOPARTICLE WITH INCREASING VARIATION  
OF *Polyethylene Glycol* (PEG)**

**Sri Sumarni**  
**07620003**

**ABSTRACT**

This experiment aims to acquire the magnetite nanoparticle by coprecipitation method and also increasing variation of *Polyethylene Glycol* (PEG) effect on magnetite nanoparticle's crystal structure. Synthesis had been done by mixing natural sand with HCl as solvent and NaOH as a precipitant, while PEG 1000 and PEG 6000 is added as templates. The addition of each varied from 1:1, 1:2, and 1:3 with a solution of iron salts in order to analyse its influence on the crystal structure of the sample formed. The magnetite nanoparticles resulted in the samples were characterized using X Ray Diffraction instrument to determine the phase formation and the size of the crystals formed. Further it were scanned with Electron-microscope to determine the morphology of the sample. From the characterization acknowledged that the percentage of the volume fraction of the sample were increased. Meanwhile magnetite nanoparticle samples have a face-centered cubic structure, and the crystal fields are in accordance with the JCPDS (*Joint Committee Powder Standart*) no.19 – 629 with crystal size less than 50 nm. The results showed that the addition of PEG can increase the percentage of the volume fraction of magnetite nanoparticles and does not affect the crystal structure of magnetite nanoparticles.

keywords: magnetite nanoparticles, *Polyethylene Glycol* (PEG), crystal structure.

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PESETUJUAN PEMBINA BING.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME .....	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN DAN MOTTO.....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
INTISARI.....	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DARTAR TABEL .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Batasan Masalah .....	4
1.5 Manfaat Penelitian .....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Studi Pustaka .....	6
2.2 Dasar Teori.....	7

BAB III METODE PENELITIAN .....	18
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian .....	18
3.2 Alat dan Bahan Penelitian.....	18
3.3 Metode Penelitian .....	19
3.4 Metode Analisis .....	22
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	25
4.1 Hasil Penelitian .....	25
4.2 Pembahasan.....	33
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	38
5.1 Kesimpulan .....	38
5.2 Saran.....	38
DAFTAR PUSTAKA .....	40

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.2 Kandungan senyawa kimia pasir besi .....	7
Tabel 2.3 Hasil-hasil sintesis $\text{Fe}_3\text{O}_4$ dengan metode kopresipitasi .....	10
Tabel 2.4 Sifat fisik dan sifat kimia <i>Polyethylene Glycol</i> (PEG).....	13
Tabel 2.5 Sistem Kristal.....	15
Tabel 3.1 Alat-alat penelitian.....	16
Tabel 3.2 Bahan-bahan penelitian.....	18
Tabel 4.1 Rata-rata nanopartikel $\text{Fe}_3\text{O}_4$ dari 1 gram pasir besi.....	26
Tabel 4.2 Perbandingan rasio larutan.....	27
Tabel 4.3 Bidang hkl $\text{Fe}_3\text{O}_4$ dengan penambahan PEG 1000 1:1 .....	27
Tabel 4.4 Bidang hkl $\text{Fe}_3\text{O}_4$ dengan penambahan PEG 1000 1:2 .....	28
Tabel 4.5 Bidang hkl $\text{Fe}_3\text{O}_4$ dengan penambahan PEG 1000 1:3 .....	29
Tabel 4.6 Bidang hkl $\text{Fe}_3\text{O}_4$ dengan penambahan PEG 6000 1:1 .....	29
Tabel 4.7 Bidang hkl $\text{Fe}_3\text{O}_4$ dengan penambahan PEG 6000 1:2 .....	30
Tabel 4.8 Bidang hkl $\text{Fe}_3\text{O}_4$ dengan penambahan PEG 6000 1:3 .....	31
Tabel 4.9 Kadar volume $\text{Fe}_3\text{O}_4$ setelah sintesis .....	32
Tabel 4.10 Ukuran sampel hasil sintesis berdasarkan metode <i>Debye-Scherrer</i> .....	33

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur kristal <i>magnetite</i> .....	11
Gambar 2.2 Struktur Kimia <i>Polyethylene Glycol</i> (PEG) .....	14
Gambar 2.3 Struktur Kristal .....	16
Gambar 3.1 Diagram alir desain penelitian.....	19
Gambar 3.2 Diagram alir tahapan penelitian .....	21
Gambar 4.1 Hasil uji XRD pasir besi Pantai Congot sebelum sintesis.....	25
Gambar 4.2 Serbuk <i>magnetite</i> hasil sintesis .....	26
Gambar 4.3 Hasil uji XRD nanopartikel Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> dengan penambahan PEG 1000 1 : 1 .....	28
Gambar 4.4 Hasil uji XRD nanopartikel Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> dengan penambahan PEG 1000 1 : 2 .....	28
Gambar 4.5 Hasil uji XRD nanopartikel Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> dengan penambahan PEG 1000 1 : 3 .....	29
Gambar 4.6 Hasil uji XRD nanopartikel Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> dengan penambahan PEG 6000 1 : 1 .....	30
Gambar 4.7 Hasil uji XRD nanopartikel Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> dengan penambahan PEG 6000 1 : 2 .....	30
Gambar 4.8 Hasil uji XRD nanopartikel Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> dengan penambahan PEG 6000 1 : 3 .....	31
Gambar 4.9 Pola XRD Standar Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> (JCPDS Card No. 19-629).....	31
Gambar 4.4 Hasil SEM <i>magnetite</i> .....	32
Gambar 4.11 Grafik hubungan antara ukuran kristal dan presentase PEG.....	33

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Perhitungan Rasio Larutan .....	43
Lampiran 2 Persen fraksi volume hasil XRD sampel $\text{Fe}_3\text{O}_4$ .....	44
Lampiran 3 Perhitungan ukuran partikel dengan metode <i>Debye-Scherrer</i> .....	47
Lampiran 4 Perhitungan bidang hkl .....	51
Lampiran 5 Dokumentasi Proses Penelitian .....	63

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Beberapa tahun terakhir nanopartikel *magnetite* ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) menjadi bahan kajian yang menarik perhatian para ahli. Hal ini terjadi karena peluang aplikasi dari nano partikel  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  yang luas. Dilaporkan bahwa *magnetite* ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) memiliki aplikasi pada bidang industri seperti; *magnetic recording media, high density digital recording disk, magnetic fluids, data storage, MRI, Drug Delivery System, Biosensor SPR, microwave device, magnetic sensing* (Ghandoor, et al., 2012; Riyanto, 2012) . Penggunaan *magnetite* ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) dalam pengaplikasian tersebut menuntut  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  yang bersifat superparamagnetis pada suhu kamar yakni material tanpa magnetisasi remanen sehingga terhindar dari agregasi. Syarat lain yang harus dipenuhi adalah tidak beracun, bersifat koloid stabil dalam air dengan lingkungan pH netral. Kestabilan tersebut dipengaruhi oleh ukuran dari partikel *magnetite* ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), yaitu pada saat ukuran suatu partikel nano magnetik di bawah 10 nm, akan bersifat superparamagnetik pada temperatur ruang.

Partikel *magnetite* ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) dapat diperoleh dari dua bahan yaitu bahan sintetis dan bahan alam. Bahan sintetis dapat dibeli atau dibuat sendiri dengan mencampurkan bahan kimia tertentu agar diperoleh partikel *magnetite*  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ . Kelemahan bahan sintetis dibandingkan dengan bahan alam yaitu proses pembuatannya membutuhkan waktu serta biaya yang lebih banyak, karena kita harus bermain-main dengan perbandingan bahan kimia agar didapat partikel *magnetite* ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) sesuai dengan yang kita inginkan. Pertimbangan penggunaan

bahan alam yaitu karena melimpahnya sumber bahan alam yang ada dan belum dimanfaatkan serta biaya yang dibutuhkan lebih sedikit. *Magnetite* ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) kadang-kadang ditemukan dalam jumlah besar dalam pasir alam. Pasir ini biasa disebut pasir besi (*iron sands*) atau pasir hitam (*blacks sands*). Eksplorasi pasir alam untuk aplikasi penelitian nanopartikel *magnetite* ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) masih cukup kecil dibanding jumlah dan eksplorasi pasir besi untuk bahan mentah, hal ini bisa dijadikan tantangan kajian penelitian di bidang nanomaterial (Fuad, dkk., 2010).

Karakteristik *magnetite* ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) unik yaitu keras, tahan terhadap panas dan zat kimia, serta mempunyai tahanan jenis listrik yang tinggi. Semakin kecil ukuran partikelnya, material ini dapat bersifat ferromagnetik yang dapat termagnetisasi secara spontan pada temperatur Curie dan bersifat paramagnetik ketika di atas temperatur Curie (sholihah, 2010). Peneliti tertarik memodifikasi partikel magnetik berkaitan dengan distribusi ukurannya beberapa tahun terakhir. Partikel dengan distribusi ukuran semakin kecil maka akan semakin besar tingkat keefektifan dalam penggunaannya.

Salah satu teknik yang dipakai untuk mengontrol distribusi ukuran yaitu dengan menggunakan *Polyethylene Glycol* (PEG). *Polyethylene Glycol* (PEG) berfungsi sebagai *template* dan juga pembungkus besi sehingga tidak terbentuk agregat, hal ini dikarenakan *Polyethylene Glycol* (PEG) terjebak pada permukaan partikel dan menutupi ion positif besi, dan pada akhirnya akan diperoleh hasil partikel dengan bentuk bulatan yang seragam. Beberapa penelitian terdahulu menyebutkan bahwa terjadi penurunan ukuran partikel dengan penambahan *Polyethylene Glycol* (PEG).



Metode yang digunakan untuk melakukan sintesis nanopartikel *magnetite* ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) pada penelitian ini adalah metode kopresipitasi. Keunggulan dari metode ini adalah prosedur yang sederhana dalam mensintesis, serta memiliki variasi kondisi yang bisa dipilih mulai dari rasio, suhu, pH, agen pengendap dan sebagainya. Berdasarkan beberapa fakta yang sudah dipaparkan maka akan dilakukan penelitian Karakterisasi Struktur Kristal Nanopartikel *Magnetite* ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) Berbasis Pasir Alam Dengan Penambahan Variasi *Polyethylen Glycol* (PEG).

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, maka dapat dibuat rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana metode sintesis / ekstraksi pasir besi alam agar diperoleh nanopartikel *magnetite* ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) dengan penambahan *Polyethylen Glycol* (PEG) ?
2. Bagaimana pengaruh penambahan variasi *Polyethylen Glycol* (PEG) terhadap ukuran nanopartikel *magnetite* ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ )?
3. Bagaimana pengaruh penambahan variasi *Polyethylen Glycol* (PEG) pada karakterisasi struktur nano partikel *magnetite* ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ )?

## 1.3 Tujuan Penelitian

1. Memperoleh nanopartikel *magnetite* ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) dari bahan pasir besi alam dengan penambahan *Polyethylen Glycol* (PEG).

2. Mengetahui pengaruh penambahan variasi *Polyethylen Glycol* (PEG) terhadap ukuran nano partikel *magnetite* ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ).
3. Mengetahui pengaruh penambahan variasi *Polyethylen Glycol* (PEG) pada karakterisasi struktur nano partikel *magnetite* ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ )

#### 1.4 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini difokuskan sesuai dengan tujuan penelitian. Untuk menghindari meluasnya obyek kajian dalam penelitian ini maka diberikan batasan-batasan masalah sebagai berikut :

1. Sampel pasir besi yang digunakan adalah pasir besi Pantai Conggot Kabupaten Kulon Progo.
2. Sintesis nano partikel *magnetite* menggunakan metode kopresipitasi dengan pelarut HCl dan agen presipitat NaOH.
3. Sintesis dilakukan dengan menggunakan *Polyethylen Glycol* (PEG) yaitu PEG 1000, dan PEG 6000
4. Karakterisasi struktur dilihat dari hasil uji XRD dan hasil uji SEM

#### 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah :

1. Memberikan nilai tambah pada pasir alam yang ada di Indonesia khususnya di Jawa Tengah.
2. Memperkaya metode sintesis material nanopartikel dengan berbasis bahan alam.

3. Memberikan wacana baru dengan penggunaan *Polyethylen Glycol* (PEG) sebagai *template* nanopartikel.



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil karakterisasi dan pembahasan, maka dapat diambil kesimpulan yaitu :

- 1) Penelitian ini menghasilkan serbuk nanopartikel *magnetite* ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) yang disintesis dengan metode kopresipitasi dengan penambahan variasi *Polyethylene Glycol* (PEG) dan memiliki ukuran partikel sebesar  $(32 \pm 12)$  nm untuk penambahan PEG 1000 1:1,  $(46 \pm 34)$  nm untuk penambahan PEG 1000 1:2,  $(39 \pm 11)$  nm untuk penambahan PEG 1000 1:3,  $(39 \pm 11)$  nm untuk penambahan PEG 6000 1:1,  $(35 \pm 12)$  nm untuk penambahan PEG 6000 1:2,  $(19 \pm 4)$  nm untuk penambahan PEG 6000 1:3.
- 2) Struktur Kristal dari *magnetite* ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) adalah kubik pusat muka (*face centered cubic*). Penambahan *Polyethylene Glycol* (PEG) tidak mengubah struktur kristal *magnetite* ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), karena *Polyethylene Glycol* (PEG) bersifat sebagai *template* untuk mereduksi ukuran *magnetite* ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) saat disintesis.

#### 5.2 Saran

- 1) Sampel yang diuji hendaknya sampel yang baru diambil dan disimpan pada tempat yang kedap udara agar tidak terjadi oksidasi.

- 2) Perlu adanya ketelitian dalam proses sintesis untuk memperoleh hasil lebih baik, terutama pada suhu, perbandingan konsentrasi, molaritas dan pH larutan karena hal-hal tersebut sangat mempengaruhi proses pertumbuhan kristal.
- 3) Pada penelitian selanjutnya dapat dilakukan sintesis dengan metode yang lain, memvariasi pH, serta memvariasi suhu.



**DAFTAR PUSTAKA**

- Agus Yulianto, dkk. 2003. Comparative Study of Magnetic Characterization of Iron Sand from Several Locations in Central Java. *Indonesian Journal of Physics* **Vol.14 No. 2 April 2003**.
- Ahmad Taufik, dkk. 2008. Sintesis Partikel Nano  $\text{Fe}_{3-x}\text{Mn}_x\text{O}_4$  Berbasis Pasir Besi dan Karakterisasi Struktur Kemagnetannya. *Jurnal Nanosains & Nanoteknologi* **vol.1 No. 2, Juli 2008** : 67-73
- Alatas, Fikri, Sundani Nuro, Sukmadjaya Asyari. 2008. *Pengaruh Konsentrasi PEG 4000 terhadap Laju Disolusi ketoprofen dalam Sintesis Dispersi Padat Ketoprofen PEG-4000*. Majalah Farmasi Indonesia
- Al Rehaili. Abdullah, 2003. *Bukti kebenaran Al-Qur'an*. Penerjemah: Purna Sofia Istianati. Penerbit : Tajidu Press, Yogyakarta
- Arisandi, Desi Mia. 2007. *Pengaruh Pemanasan dan Jenis Surfaktan pada Sifat Magnetik Ferrofluida Berbahan Dasar Pasir Besi*. TA : ITS Surabaya
- Baqiya M dan Darminto. 2009. Penggunaan Polietilenglikol-400 pada Sintesis Nanopartikel  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  dan Karakterisasi Struktur serta Kemagnetannya. *Jurnal Sains Materi Indonesia*.
- Cornell, R. M. dan U, Schwertmann. 2003. *The iron oxide structure, properties, reactions, occurrences and uses* , Wiley-Vch GmbH
- Cullity, B. D. 1986. *Elements of x-ray diffraction*. Adison-Wesley metallurgy series , University Of Notre Dame
- Day, R.A dan Underwood, A.L. 1998. *Analisis Kimia Kuantitatif Edisi Keenam*. Jakarta, Penerbit Erlangga
- Endroyo, Bambang. 2007. Kualitas pasir muntan (jawa tengah) ditinjau dari Tempat pengambilan dan musim pengambilan. *Wahana TEKNIK SIPIL* **Vol. 12 No. 1 April 2007: 1-8**
- Fauziatul Fajaroh, et all., 2010. Stabilisasi nanopartikel magnetite hasil sintesis dengan metode elektrokimia melalui pelapisan silika secara in situ. *Seminar Rekayasa Kimia Dan Proses* **ISSN : 1411-4216**

- Feng.Peng, et all. Syntesis of  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  / APTES / PEG diacid functionalized magnetic nanoparticles for mr imaging. *Colloids and Surfaces A Physicochemical and Engineering aspect* **no. 328 : 52-59**
- Fuad, Abdullah, Renik Wulansari, Ahmad Taufik, Sunaryono. 2010. Sintesa dan karakterisasi sifat struktur nanopartikel  $\text{Fe}_{3x}\text{Mn}_x\text{O}_4$  dengan metode kopresipitasi. *Prosiding Pertemuan Ilmiah XXIV HFI Jateng dan DIY* **10 April : 139 - 145**
- Gandhoor, H. El, et all., 2012. Synthesis and some physical properties of magnetite ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) nanoparticles. *International Journal of electrochemical Science* **vol. 7 : 5734 – 5745**
- Javiera Lopez, et all., 2010. Synthesis and charactization of  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  magnetic nanofluid. *Revista latinoamericana de Methugia Y Materiales* **Vol. 30 : 60 – 65**
- Jie Chen, Fanbing Wang, kelong Hang, Younian Liu, Sugin Liu. 2009. Preparation of  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  nanoparticles with adjustable morphology. *Journal Alloys and Compounds* **Vol. 475 : 898 – 902**
- Joint Comitte on Powder Diffraction Standard. 1967. *Powder Diffraction File*. USA
- Laurent. Et.all. 2008. Magnetik Iron Oxide Nanoparticles. *Chemical Reviews*. **Vol. 108, No. 6**
- Lili Wang dan jisen Jiang. 2009. Preparation of  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  spherical nanophorous particles facilitated by polyethylene glycol 4000. *Nano Scale Res Letter* **Vol. 4 : 1439 – 1446**
- Liong, Sylvia. 2005. *A Multifunctional Approach to Development, Fabrication, and Characterizations of  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  Composite*. Disertasi : Georgi Institut of Technologi
- Meizhen Gao, et all., 2011. Synthesis and charactization of superparamagnetic  $\text{Fe}_3\text{O}_4@/\text{SiO}_2$  core. *Word Journal of Condensed matter physic* **No. 1 : 49-54**
- Muftie, Arifin, 2004. *Matematika Alam Semesta, Kodifikasi Bilangan Prima dalam Al-Qur'an*. Bandung : Kiblat Buku Utama
- Peng jian, et all., 2008. preparation and characterization of PEG – PEI /  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  nanomagnetic fluid by co precipitation method. *Transactions of Non Ferrous Metals Society of China* **Vol. 18**

- Perdana, Febie Angelia. 2010. *Sintesis dan Karakterisasi Partikel Nano Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> dengan Template PEG-1000*. Jurusan Fisika Fakultas MIPA ITS Sukolilo Surabaya.
- Purwanto, Agus, 2008. *Ayat-Ayat Semesta Sisi-Sisi Al-Qur'an yang Terlupakan*. Bandung, Mizan
- Riyanto, Agus. 2012. *Sintesis nanopartikel Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> (magnetit) dan fungsinya sebagai material aktif pada permukaan sensing biosensor berbasis surface Plasmon resonance (SPR)*. Tesis : Universitas Gadjah Mada.
- Sholikhah, Lia Kurnia. 2010. *Sintesis Dan karakteristik Partikel Nano Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> yang Berasal dari Pasir Besi dan Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> Bahan Komersial (ALDRICH)*. Jurusan Fisika Fakultas MIPA ITS Sukolilo Surabaya.
- Smallman, R.E. 1985. *Metalurgi Fisik Modern*. Penerjemah: Sriati Djaprie, Bustanul Arifin, dan Myrna. A. Penerbit: Gramedia, Jakarta
- Sun, et all., 2006. Synthesis and charactization of biocompatible Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> nanoparticles. *Journal of Biomedical Materials Research* **25 September**
- Suherman, Wahid. 2003. *Ilmu logam I*. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri ITS Surabaya
- Suryanarayana, C. dan M. Grant Norton. 1998. *X – Ray Diffraction A Practical Approach*, Plenum Press, New York and London.
- Whei Chen, et all., 2003. Magnetic and conducting particles : preparation of polypyrrole layer on Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> nanospheres. *Applied Surface Science Elsevier Science* **Vol. 218**
- Wiyatmo, Yusman., 2007, *Fisika Modern*, Pustaka Pelajar, Yogyakarta
- Xu J, H. Yang, W. Fu, K. Du, Y. Sui, J. Chen, Yi Zeng, M. Li, G. Zou, 2000. *Journal of Magnetism and Magnetik Materials* **309 : 307–311**.
- Xiuying Qiau, Mingwen Bay, Ke Tao, Xing Long Gong, Rui Gu.2010. Magnetorheological Behavior Of Polyethilen Glicol Coated Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> Ferrofluid. *Journal Society of Rheology Japan* **Vol 38 No 1: 23-30**.
- Yoshikazu Todaka, et all., 2003. Synthesis of ferrite Nanoparticles by mechanomechanical prosessing using ball mill. *The Japan Institut of Metals Material Transactions* **vol. 44 no. 2**

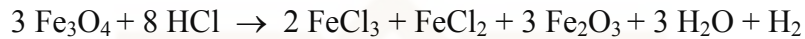


## Lampiran 1

## PERHITUNGAN RASIO LARUTAN

1. Menentukan perbandingan sampel dengan HCl 12 M, bila 1 gr sampel mengandung 38%  $\text{Fe}_3\text{O}_4$

Persamaan reaksi



$$0,38 \text{ gr Fe}_3\text{O}_4 \times \frac{3 \text{ mol Fe}_3\text{O}_4}{232 \text{ gr Fe}_3\text{O}_4} = 0,49 \times 10^{-2} \text{ mol Fe}_3\text{O}_4$$

$$0,49 \times 10^{-2} \text{ mol Fe}_3\text{O}_4 \times \frac{8 \text{ mol HCl}}{1 \text{ gr Fe}_3\text{O}_4} = 0,0392 \text{ mol HCl}$$

$$0,0392 \text{ mol HCl} \times \frac{1000 \text{ mL larutan}}{12 \text{ mol HCl}} = 3,2 \text{ mL}$$

Jadi untuk 1 gr sampel dibutuhkan 3,2 ml HCl

2. Menentukan perbandingan garambesi dengan NaOH 3,5 M

Persamaan reaksi :



$$\bullet \quad 1 \text{ gr FeCl}_3 \times \frac{2 \text{ mol FeCl}_3}{163 \text{ gr FeCl}_3} = 1,23 \times 10^{-2} \text{ mol Fe}_3\text{O}_4$$

$$1,23 \times 10^{-2} \text{ mol FeCl}_3 \times \frac{8 \text{ mol NaOH}}{1 \text{ gr FeCl}_3} = 0,098 \text{ mol NaOH}$$

$$0,098 \text{ mol NaOH} \times \frac{1000 \text{ mL larutan}}{3,5 \text{ mol NaOH}} = 28 \text{ mL}$$

$$\bullet \quad 1 \text{ gr FeCl}_2 \times \frac{1 \text{ mol FeCl}_2}{127 \text{ gr FeCl}_2} = 0,7 \times 10^{-2} \text{ mol Fe}_3\text{O}_4$$

$$0,7 \times 10^{-2} \text{ mol FeCl}_2 \times \frac{8 \text{ mol NaOH}}{1 \text{ gr FeCl}_2} = 0,056 \text{ mol NaOH}$$

$$0,048 \text{ mol NaOH} \times \frac{1000 \text{ mL larutan}}{3,5 \text{ mol NaOH}} = 16 \text{ mL}$$

Jadi untuk 1 gr sampel FeCl dibutuhkan 22 ml NaOH

## Lampiran 2

% FRAKSI KEMURNIAN HASIL XRD SAMPEL Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>

## 1. Penambahan PEG 1000 1:1

d (Å)	I/II	2 θ (deg)	Intensity (Counts)
4.84811	5.14	18.28407	11.09
2.96943	20.91	30.06936	45.15
2.53264	100	35.41307	215.96
2.10235	23.26	42.9863	50.24
1.71238	9.23	53.46554	19.93
1.61602	33.91	56.93391	73.23
1.48362	56.74	62.5556	122.54
1.32854	3.59	70.87205	7.75
1.28054	9.18	73.95889	19.82
1.21125	2.98	78.97891	6.43
1.12117	3.39	86.79108	7.33
Intensitas Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>			579.47

Intensitas fasa yang terdeteksi = 593,47 Counts

$$\% \text{ fraksi kemurnian Fe}_3\text{O}_4 = \frac{579.47}{593.47} \times 100\% = 98 \%$$

## 2. Penambahan PEG 1000 1:2

d (Å)	I/II	2 θ (deg)	Intensitas (Counts)
4.84376	4.35	18.3007	6.72
2.97016	23.27	30.0618	35.91
2.52975	100	35.4548	154.29
2.09877	20.5	43.0634	31.62
1.71224	6.03	53.4704	9.3
1.61593	27.7	56.9374	42.74
1.48419	61.56	62.5291	94.98
1.32799	1.69	70.9061	2.6
1.27944	8.48	74.0329	13.08
1.11989	2.58	86.915	3.99
Intensitas Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>			395.23

Intensitas fasa yang terdeteksi = 406.73 Counts

$$\% \text{ fraksi kemurnian Fe}_3\text{O}_4 = \frac{406.73}{395.23} \times 100\% = 97 \%$$

### 3. Penambahan PEG 1000 1:3

d (Å)	I/II	2 θ (deg)	Intensitas (counts)
4.82664	3.45	18.36611	4.78
2.96443	21.46	30.12127	29.75
2.5313	100	35.43234	138.64
2.10079	22.48	43.01981	31.17
1.71056	7.87	53.52711	10.92
1.61504	35.47	56.97189	49.17
1.48466	59.63	62.50717	82.66
1.32722	2.46	70.95345	3.42
1.27831	7.04	74.10907	9.76
1.20894	2.25	79.15968	3.13
1.12061	4.12	86.84507	5.72
			369.12

Intensitas fasa yang terdeteksi = 477.64 Counts

$$\% \text{ fraksi kemurnian Fe}_3\text{O}_4 = \frac{477.64}{369.12} \times 100\% = 77 \%$$

### 4. Penambahan PEG 6000 1:1

d (Å)	I/II	2 θ (deg)	Intensitas (counts)
4.87533	2.93	18.18112	4.65
2.97329	21.35	30.0294	33.81
2.53276	100	35.41132	158.35
2.09775	20.42	43.08531	32.34
1.7106	7.66	53.52576	12.13
1.61583	30.46	56.9414	48.24
1.4826	56.55	62.60364	89.54
1.32641	3.68	71.00318	5.82
1.27844	9.47	74.10089	15
1.26411	7.54	75.08442	11.94
			411.82

Intensitas fasa yang terdeteksi = 429.29 Counts

$$\% \text{ fraksi kemurnian Fe}_3\text{O}_4 = \frac{429.29}{411.82} \times 100\% = 96 \%$$

## 5. Penambahan PEG 6000 1:2

d (Å)	I/II	2 θ (deg)	Intensitas (counts)
4.8494	4.65	18.27918	4.83
2.96655	19.21	30.09917	19.95
2.5331	100	35.40631	103.87
2.09624	25	43.11787	25.96
1.71272	11.96	53.45413	12.42
1.61296	36.78	57.05191	38.21
1.48223	69.18	62.62089	71.86
1.27782	10.76	74.14232	11.18
1.20883	4.21	79.16843	4.38
Intensitas Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>			292.66

Intensitas fasa yang terdeteksi = 314 Counts

$$\% \text{ fraksi kemurnian Fe}_3\text{O}_4 = \frac{292.66}{314} \times 100\% = 93 \%$$

## 6. Penambahan PEG 6000 1:3

d (Å)	I/II	2 θ (deg)	Intensitas (counts)
2.93336	18.71	30.44792	19.71
2.52298	100	35.55312	105.37
2.08519	27.56	43.35782	29.04
1.70544	9.34	53.70048	9.85
1.60989	29.54	57.17059	31.12
1.47801	81.11	62.82033	85.46
1.31874	4.08	71.47909	4.3
1.27517	11.85	74.32232	12.48
1.11839	2.8	87.06127	2.95
			300.28

Intensitas fasa yang terdeteksi = 310.84 Counts

$$\% \text{ fraksi kemurnian Fe}_3\text{O}_4 = \frac{300.28}{310.84} \times 100\% = 97 \%$$

## Lampiran 3

## PERHITUNGAN UKURAN PARTIKEL DENGAN BEDYE-SCHERRER

Diketahui :  $\lambda \text{ Cu} = 1.54056 \text{ \AA} = 0.154056 \text{ nm}$   
 $1 \text{ rad} = 57.3 \text{ deg}$

$$\text{Metode Debye-Scherrer } D = \frac{0,9\lambda}{L \cos\theta}$$

1. Sampel *magnetite* dengan penambahan PEG 1000 1:1

2 theta (deg)	theta (deg)	FWHM (rad)	Intensity count
35.41307	17.706535	0.00349	216
62.5556	31.2778	0.00489	123
56.93391	28.466955	0.00768	73

$$\bullet D_{(1)} = \frac{(0.9)(0.154056)nm}{0.00349rad \cos 17.706} = 42 \text{ nm}$$

$$\bullet D_{(2)} = \frac{(0.9)(0.154056)nm}{0.00489 rad \cos 31.277} = 33 \text{ nm}$$

$$\bullet D_{(3)} = \frac{(0.9)(0.154056)nm}{0.00768 rad \cos 28.466} = 21 \text{ nm}$$

$$\bullet D_{\text{rata-rata}} = \frac{D(1) + D(2) + D(3)}{3} = \frac{42 \text{ nm} + 33 \text{ nm} + 21 \text{ nm}}{3} = 32 \text{ nm}$$

$$\bullet \Delta D = \frac{|(D(1)-D_{\text{rata-rata}})+(D(2)-D_{\text{rata-rata}})+(D(3)-D_{\text{rata-rata}})|}{3} = \frac{|(42-32)+(33-32)+(21-32)|}{3} = 12 \text{ nm}$$

2. Sampel *magnetite* dengan penambahan PEG 1000 1:2

2 theta (deg)	theta (deg)	FWHM (rad)	Intensity count
35.45482	17.72741	0.00349	154
62.52914	31.26457	0.00209	95
56.93735	28.468675	0.00838	43

$$\bullet D_{(1)} = \frac{(0.9)(0.154056)nm}{0.00349rad \cos 17.727} = 42 \text{ nm}$$

$$\bullet D_{(2)} = \frac{(0.9)(0.154056)nm}{0.00209 rad \cos 31.264} = 78 \text{ nm}$$

- $D_{(3)} = \frac{(0.9)(0.154056)nm}{0.00838 \text{ rad} \cos 28.468}$   
= 19 nm
- $D_{\text{rata-rata}} = \frac{D(1) + D(2) + D(3)}{3} = \frac{42 \text{ nm} + 78 \text{ nm} + 19 \text{ nm}}{3} = 46 \text{ nm}$
- $\Delta D = \frac{|(D(1)-D_{\text{rata-rata}})+(D(2)-D_{\text{rata-rata}})+(D(3)-D_{\text{rata-rata}})|}{3}$   
=  $\frac{|(42-46)+(78-46)+(19-46)|}{3} = 34 \text{ nm}$

### 3. Sampel magnetite dengan penambahan PEG 1000 1:3

2 theta (deg)	theta (deg)	FWHM (rad)	Intensity count
35.43234	17.71617	0.00349	139
62.50717	31.253585	0.00349	83
56.97189	28.485945	0.00559	49

- $D_{(1)} = \frac{(0.9)(0.154056)nm}{0.00349 \text{ rad} \cos 17.716}$   
= 42 nm
- $D_{(2)} = \frac{(0.9)(0.154056)nm}{0.00349 \text{ rad} \cos 31.253}$   
= 47 nm
- $D_{(3)} = \frac{(0.9)(0.154056)nm}{0.00559 \text{ rad} \cos 28.485}$   
= 28 nm
- $D_{\text{rata-rata}} = \frac{D(1) + D(2) + D(3)}{3} = \frac{42 \text{ nm} + 47 \text{ nm} + 28 \text{ nm}}{3} = 39 \text{ nm}$
- $\Delta D = \frac{|(D(1)-D_{\text{rata-rata}})+(D(2)-D_{\text{rata-rata}})+(D(3)-D_{\text{rata-rata}})|}{3}$   
=  $\frac{|(42-39)+(47-39)+(28-39)|}{3} = 11 \text{ nm}$

### 4. Sampel magnetite dengan penambahan PEG 6000 1:1

2 theta (deg)	theta (deg)	FWHM (rad)	Intensity count
35.41132	17.70566	0.00349	158
62.60364	31.30182	0.00349	90
56.9414	28.4707	0.00559	48

- $D_{(1)} = \frac{(0.9)(0.154056)nm}{0.00349 \text{ rad} \cos 17.705}$   
= 42 nm
- $D_{(2)} = \frac{(0.9)(0.154056)nm}{0.00349 \text{ rad} \cos 31.301}$   
= 47 nm
- $D_{(3)} = \frac{(0.9)(0.154056)nm}{0.00559 \text{ rad} \cos 28.470}$

$$= 28 \text{ nm}$$

- $D_{\text{rata-rata}} = \frac{D(1) + D(2) + D(3)}{3} = \frac{42 \text{ nm} + 47 \text{ nm} + 28 \text{ nm}}{3} = 39 \text{ nm}$
- $\Delta D = \frac{|(D(1) - D_{\text{rata-rata}}) + (D(2) - D_{\text{rata-rata}}) + (D(3) - D_{\text{rata-rata}})|}{3}$   
 $= \frac{|(42 - 39) + (47 - 39) + (28 - 39)|}{3} = 11 \text{ nm}$

#### 5. Sampel magnetite dengan penambahan PEG 6000 1:2

2 theta (deg)	theta (deg)	FWHM (rad)	Intensity count
35.40631	17.703155	0.00489	104
62.62089	31.310445	0.00349	72
57.05191	28.525955	0.00559	38

- $D_{(1)} = \frac{(0.9)(0.154056) \text{ nm}}{0.00489 \text{ rad} \cos 17.703}$   
 $= 30 \text{ nm}$
- $D_{(2)} = \frac{(0.9)(0.154056) \text{ nm}}{0.00349 \text{ rad} \cos 31.310}$   
 $= 47 \text{ nm}$
- $D_{(3)} = \frac{(0.9)(0.154056) \text{ nm}}{0.00559 \text{ rad} \cos 28.525}$   
 $= 28 \text{ nm}$
- $D_{\text{rata-rata}} = \frac{D(1) + D(2) + D(3)}{3} = \frac{30 \text{ nm} + 47 \text{ nm} + 28 \text{ nm}}{3} = 35 \text{ nm}$
- $\Delta D = \frac{|(D(1) - D_{\text{rata-rata}}) + (D(2) - D_{\text{rata-rata}}) + (D(3) - D_{\text{rata-rata}})|}{3}$   
 $= \frac{|(30 - 35) + (47 - 35) + (28 - 35)|}{3} = 12 \text{ nm}$

#### 6. Sampel magnetite dengan penambahan PEG 6000 1:2

2 theta (deg)	theta (deg)	FWHM (rad)	Intensity count
35.55312	17.77656	0.00838	105
62.82033	31.410165	0.00977	85
57.17059	28.585295	0.00698	31

- $D_{(1)} = \frac{(0.9)(0.154056) \text{ nm}}{0.00838 \text{ rad} \cos 17.776}$   
 $= 17 \text{ nm}$
- $D_{(2)} = \frac{(0.9)(0.154056) \text{ nm}}{0.00977 \text{ rad} \cos 31.410}$   
 $= 16 \text{ nm}$
- $D_{(3)} = \frac{(0.9)(0.154056) \text{ nm}}{0.00698 \text{ rad} \cos 28.578}$   
 $= 23 \text{ nm}$
- $D_{\text{rata-rata}} = \frac{D(1) + D(2) + D(3)}{3} = \frac{17 \text{ nm} + 16 \text{ nm} + 23 \text{ nm}}{3} = 18 \text{ nm}$

- $\Delta D = \frac{|(D(1)-Drata-rata)+(D(2)-Drata-rata)+(D(3)-Drata-rata)|}{3}$   
 $= \frac{|(17-18)+(16-18)+(23-18)|}{3} = 4 \text{ nm}$





## Lampiran 4

PERHITUNGAN *INDEKS MILLER*

Diketahui :  $a = 8.39 \text{ \AA} = 0.839 \text{ nm}$   
 $\lambda = 1.54056 \text{ \AA} = 0.154056 \text{ nm}$

$$a = \frac{\lambda}{2 \sin \theta} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

Dengan :  $a = \text{Parameter kisi (nm)}$   
 $\lambda \text{ Cu} = \text{panjang gelombang (nm)}$   
 $h, k, l = \text{indeks miller}$

## 1. Penambahan PEG 1000 1:1

$2\theta$	$h^2+k^2+l^2$	h	k	l
30.06936	8	2	2	0
35.41307	11	3	1	1
42.98630	16	4	0	0
53.46554	24	4	2	2
56.93391	27	5	1	1
62.55560	32	4	4	0
73.95889	43	5	3	3

- $$a = \frac{0.154056 \text{ nm}}{2 \sin \theta_1} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0.839 \text{ nm} = \frac{0.154056 \text{ nm}}{2 \sin 15.03468} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0.839 \text{ nm} = \frac{0.154056 \text{ nm}}{0.518806} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0.839 \text{ nm} = 0.296943 \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$h^2 + k^2 + l^2 = (2.82545)^2$$

$$h^2 + k^2 + l^2 = 8$$

- $$a = \frac{0.154056 \text{ nm}}{2 \sin \theta_2} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0.839 \text{ nm} = \frac{0.154056 \text{ nm}}{2 \sin 17.70654} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0.839 \text{ nm} = \frac{0.154056 \text{ nm}}{0.608284} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0.839 \text{ nm} = 0.253263 \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$h^2 + k^2 + l^2 = (3.312761)^2$$

$$h^2 + k^2 + l^2 = 11$$

- $a = \frac{0.154056 \text{ nm}}{2 \sin \theta_3} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$   
 $0.839 \text{ nm} = \frac{0.154056 \text{ nm}}{2 \sin 21.49315} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$   
 $0.839 \text{ nm} = \frac{0.154056 \text{ nm}}{0.732778} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$   
 $0.839 \text{ nm} = 0.210236 \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$   
 $h^2 + k^2 + l^2 = (3.990753)^2$   
 $h^2 + k^2 + l^2 = 16$

- $a = \frac{0.154056 \text{ nm}}{2 \sin \theta_4} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$   
 $0.839 \text{ nm} = \frac{0.154056 \text{ nm}}{2 \sin 26.73277} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$   
 $0.839 \text{ nm} = \frac{0.154056 \text{ nm}}{0.899658} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$   
 $0.839 \text{ nm} = 0.171238 \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$   
 $h^2 + k^2 + l^2 = (4.899613)^2$   
 $h^2 + k^2 + l^2 = 24$

- $a = \frac{0.154056 \text{ nm}}{2 \sin \theta_5} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$   
 $0.839 \text{ nm} = \frac{0.154056 \text{ nm}}{2 \sin 28.46696} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$   
 $0.839 \text{ nm} = \frac{0.154056 \text{ nm}}{0.953302} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$   
 $0.839 \text{ nm} = 0.161603 \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$   
 $h^2 + k^2 + l^2 = (5.191735)^2$   
 $h^2 + k^2 + l^2 = 27$

- $a = \frac{0.154056 \text{ nm}}{2 \sin \theta_6} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$   
 $0.839 \text{ nm} = \frac{0.154056 \text{ nm}}{2 \sin 31.2778} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$   
 $0.839 \text{ nm} = \frac{0.154056 \text{ nm}}{1.038376} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$   
 $0.839 \text{ nm} = 0.148362 \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$   
 $h^2 + k^2 + l^2 = (5.655086)^2$   
 $h^2 + k^2 + l^2 = 32$

- $$a = \frac{0.154056 \text{ nm}}{2 \sin \theta_7} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0.839 \text{ nm} = \frac{0.154056 \text{ nm}}{2 \sin 36.97945} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0.839 \text{ nm} = \frac{0.154056 \text{ nm}}{1.203056} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0.839 \text{ nm} = 0.128054 \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$h^2 + k^2 + l^2 = (6.551923)^2$$

$$h^2 + k^2 + l^2 = 43$$

## 2. Penambahan PEG 1000 1:2

$2\theta$	$h^2+k^2+l^2$	h	k	l
30.06175	8	2	2	0
35.45482	11	3	1	1
43.06335	16	4	0	0
53.47043	24	4	2	2
56.93735	27	5	1	1
62.52914	32	4	4	0
74.03285	43	5	3	3

- $$a = \frac{0.154056 \text{ nm}}{2 \sin \theta_1} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0.839 \text{ nm} = \frac{0.154056 \text{ nm}}{2 \sin 15.03088} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0.839 \text{ nm} = \frac{0.154056 \text{ nm}}{0.518678} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0.839 \text{ nm} = 0.297017 \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$h^2 + k^2 + l^2 = (2.824754)^2$$

$$h^2 + k^2 + l^2 = 8$$

- $$a = \frac{0.154056 \text{ nm}}{2 \sin \theta_2} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0.839 \text{ nm} = \frac{0.154056 \text{ nm}}{2 \sin 17.72741} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0.839 \text{ nm} = \frac{0.154056 \text{ nm}}{0.608976} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0.839 \text{ nm} = 0.252975 \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$h^2 + k^2 + l^2 = (3.316533)^2$$

$$h^2 + k^2 + l^2 = 11$$

- $$a = \frac{0.154056 \text{ nm}}{2 \sin \theta_3} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0.839 \text{ nm} = \frac{0.154056 \text{ nm}}{2 \sin 21.53168} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0.839 \text{ nm} = \frac{0.154056 \text{ nm}}{0.73403} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0.839 \text{ nm} = 0.209877 \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$h^2 + k^2 + l^2 = (3.997579)^2$$

$$h^2 + k^2 + l^2 = 16$$

- $$- = \frac{0.154056 \text{ nm}}{2 \sin \theta_4} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0.839 \text{ nm} = \frac{0.154056 \text{ nm}}{2 \sin 26.73522} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0.839 \text{ nm} = \frac{0.154056 \text{ nm}}{0.899734} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0.839 \text{ nm} = 0.171224 \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$h^2 + k^2 + l^2 = (4.900014)^2$$

$$h^2 + k^2 + l^2 = 24$$

- $$a = \frac{0.154056 \text{ nm}}{2 \sin \theta_5} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0.839 \text{ nm} = \frac{0.154056 \text{ nm}}{2 \sin 28.46868} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0.839 \text{ nm} = \frac{0.154056 \text{ nm}}{0.95391} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0.839 \text{ nm} = 0.1615 \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$h^2 + k^2 + l^2 = (5.195046)^2$$

$$h^2 + k^2 + l^2 = 27$$

- $$a = \frac{0.154056 \text{ nm}}{2 \sin \theta_6} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0.839 \text{ nm} = \frac{0.154056 \text{ nm}}{2 \sin 31.26457} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0.839 \text{ nm} = \frac{0.154056 \text{ nm}}{1.03798} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0.839 \text{ nm} = 0.148419 \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$h^2 + k^2 + l^2 = (5.652915)^2$$

$$h^2 + k^2 + l^2 = 32$$

- $$a = \frac{0.154056 \text{ nm}}{2 \sin \theta_7} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0.839 \text{ nm} = \frac{0.154056 \text{ nm}}{2 \sin 37.01643} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0.839 \text{ nm} = \frac{0.154056 \text{ nm}}{1.204086} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0.839 \text{ nm} = 0.127944 \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$h^2 + k^2 + l^2 = (6.557556)^2$$

$$h^2 + k^2 + l^2 = 43$$

### 3. Penambahan PEG 1000 1:3

$2\theta$	$h^2+k^2+l^2$	h	k	l
30.12127	8	2	2	0
35.43234	11	3	1	1
43.01981	16	4	0	0
53.52711	24	4	2	2
56.97189	27	5	1	1
62.50717	32	4	4	0
74.10907	43	5	3	3

- $$a = \frac{0.154056 \text{ nm}}{2 \sin \theta_1} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0.839 \text{ nm} = \frac{0.154056 \text{ nm}}{2 \sin 15.06064} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0.839 \text{ nm} = \frac{0.154056 \text{ nm}}{0.519682} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0.839 \text{ nm} = 0.296443 \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$h^2 + k^2 + l^2 = (2.830223)^2$$

$$h^2 + k^2 + l^2 = 8$$
- $$a = \frac{0.154056 \text{ nm}}{2 \sin \theta_2} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0.839 \text{ nm} = \frac{0.154056 \text{ nm}}{2 \sin 17.71617} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0.839 \text{ nm} = \frac{0.154056 \text{ nm}}{0.6086} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0.839 \text{ nm} = 0.253132 \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$h^2 + k^2 + l^2 = (3.314476)^2$$

$$h^2 + k^2 + l^2 = 11$$
- $$a = \frac{0.154056 \text{ nm}}{2 \sin \theta_3} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0.839 \text{ nm} = \frac{0.154056 \text{ nm}}{2 \sin 21.50991} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0.839 \text{ nm} = \frac{0.154056 \text{ nm}}{0.733324} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0.839 \text{ nm} = 0.210079 \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$h^2 + k^2 + l^2 = (3.993735)^2$$

$$h^2 + k^2 + l^2 = 16$$

- $a = \frac{0.154056 \text{ nm}}{2 \sin \theta_4} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$   
 $0.839 \text{ nm} = \frac{0.154056 \text{ nm}}{2 \sin 26.76356} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$   
 $0.839 \text{ nm} = \frac{0.154056 \text{ nm}}{0.900618} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$   
 $0.839 \text{ nm} = 0.171056 \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$   
 $h^2 + k^2 + l^2 = (4.904826)^2$   
 $h^2 + k^2 + l^2 = 24$
- $a = \frac{0.154056 \text{ nm}}{2 \sin \theta_5} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$   
 $0.839 \text{ nm} = \frac{0.154056 \text{ nm}}{2 \sin 28.48595} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$   
 $0.839 \text{ nm} = \frac{0.154056 \text{ nm}}{0.953886} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$   
 $0.839 \text{ nm} = 0.161504 \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$   
 $h^2 + k^2 + l^2 = (5.194917)^2$   
 $h^2 + k^2 + l^2 = 27$
- $a = \frac{0.154056 \text{ nm}}{2 \sin \theta_6} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$   
 $0.839 \text{ nm} = \frac{0.154056 \text{ nm}}{2 \sin 31.25359} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$   
 $0.839 \text{ nm} = \frac{0.154056 \text{ nm}}{1.037652} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$   
 $0.839 \text{ nm} = 0.148466 \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$   
 $h^2 + k^2 + l^2 = (5.651125)^2$   
 $h^2 + k^2 + l^2 = 32$
- $a = \frac{0.154056 \text{ nm}}{2 \sin \theta_7} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$   
 $0.839 \text{ nm} = \frac{0.154056 \text{ nm}}{2 \sin 37.05454} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$   
 $0.839 \text{ nm} = \frac{0.154056 \text{ nm}}{1.205148} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$   
 $0.839 \text{ nm} = 0.127832 \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$   
 $h^2 + k^2 + l^2 = (6.563301)^2$   
 $h^2 + k^2 + l^2 = 43$

## 4. Penambahan PEG 6000 1:1

$2\theta$	$h^2+k^2+l^2$	h	k	l
30.02940	8	2	2	0
35.41132	11	3	1	1
43.08531	16	4	0	0
53.52576	24	4	2	2
56.94140	27	5	1	1
62.60364	32	4	4	0
74.10089	43	5	3	3

- $$a = \frac{0.154056 \text{ nm}}{2 \sin \theta_1} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0.839 \text{ nm} = \frac{0.154056 \text{ nm}}{2 \sin 15.0147} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0.839 \text{ nm} = \frac{0.154056 \text{ nm}}{0.519308} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0.839 \text{ nm} = 0.296656 \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$h^2 + k^2 + l^2 = (2.828191)^2$$

$$h^2 + k^2 + l^2 = 8$$
- $$a = \frac{0.154056 \text{ nm}}{2 \sin \theta_2} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0.839 \text{ nm} = \frac{0.154056 \text{ nm}}{2 \sin 17.70566} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0.839 \text{ nm} = \frac{0.154056 \text{ nm}}{0.60817} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0.839 \text{ nm} = 0.253311 \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$h^2 + k^2 + l^2 = (3.312134)^2$$

$$h^2 + k^2 + l^2 = 11$$
- $$a = \frac{0.154056 \text{ nm}}{2 \sin \theta_3} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0.839 \text{ nm} = \frac{0.154056 \text{ nm}}{2 \sin 21.54266} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0.839 \text{ nm} = \frac{0.154056 \text{ nm}}{0.734386} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0.839 \text{ nm} = 0.209775 \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$h^2 + k^2 + l^2 = (3.999523)^2$$

$$h^2 + k^2 + l^2 = 16$$

- $$a = \frac{0.154056 \text{ nm}}{2 \sin \theta_4} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0.839 \text{ nm} = \frac{0.154056 \text{ nm}}{2 \sin 26.76288} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0.839 \text{ nm} = \frac{0.154056 \text{ nm}}{0.900598} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0.839 \text{ nm} = 0.17106 \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$h^2 + k^2 + l^2 = (4.904711)^2$$

$$h^2 + k^2 + l^2 = 24$$
- $$a = \frac{0.154056 \text{ nm}}{2 \sin \theta_5} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0.839 \text{ nm} = \frac{0.154056 \text{ nm}}{2 \sin 28.4707} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0.839 \text{ nm} = \frac{0.154056 \text{ nm}}{0.953418} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0.839 \text{ nm} = 0.161583 \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$h^2 + k^2 + l^2 = (5.192377)^2$$

$$h^2 + k^2 + l^2 = 27$$
- $$a = \frac{0.154056 \text{ nm}}{2 \sin \theta_6} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0.839 \text{ nm} = \frac{0.154056 \text{ nm}}{2 \sin 31.30182} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0.839 \text{ nm} = \frac{0.154056 \text{ nm}}{1.039092} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0.839 \text{ nm} = 0.14826 \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$h^2 + k^2 + l^2 = (5.658977)^2$$

$$h^2 + k^2 + l^2 = 32$$
- $$a = \frac{0.154056 \text{ nm}}{2 \sin \theta_7} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0.839 \text{ nm} = \frac{0.154056 \text{ nm}}{2 \sin 37.05045} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0.839 \text{ nm} = \frac{0.154056 \text{ nm}}{1.205034} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0.839 \text{ nm} = 0.127844 \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$h^2 + k^2 + l^2 = (6.562685)^2$$

$$h^2 + k^2 + l^2 = 43$$



## 5. Penambahan PEG 6000 1:2

$2\theta$	$h^2+k^2+l^2$	h	k	l
30.09917	8	2	2	0
35.40631	11	3	1	1
43.11787	16	4	0	0
53.45413	24	4	2	2
57.05191	27	5	1	1
62.62089	32	4	4	0
74.14232	43	5	3	3

- $$a = \frac{0.154056 \text{ nm}}{2 \sin \theta_1} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0.839 \text{ nm} = \frac{0.154056 \text{ nm}}{2 \sin 15.04959} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0.839 \text{ nm} = \frac{0.154056 \text{ nm}}{0.519308} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0.839 \text{ nm} = 0.296656 \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$h^2 + k^2 + l^2 = (2.828191)^2$$

$$h^2 + k^2 + l^2 = 8$$
- $$a = \frac{0.154056 \text{ nm}}{2 \sin \theta_2} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0.839 \text{ nm} = \frac{0.154056 \text{ nm}}{2 \sin 17.70316} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0.839 \text{ nm} = \frac{0.154056 \text{ nm}}{0.60817} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0.839 \text{ nm} = 0.253311 \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$h^2 + k^2 + l^2 = (3.312134)^2$$

$$h^2 + k^2 + l^2 = 11$$
- $$a = \frac{0.154056 \text{ nm}}{2 \sin \theta_3} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0.839 \text{ nm} = \frac{0.154056 \text{ nm}}{2 \sin 21.55894} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0.839 \text{ nm} = \frac{0.154056 \text{ nm}}{0.734916} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0.839 \text{ nm} = 0.209624 \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$h^2 + k^2 + l^2 = (4.002404)^2$$

$$h^2 + k^2 + l^2 = 16$$
- $$a = \frac{0.154056 \text{ nm}}{2 \sin \theta_4} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0.839 \text{ nm} = \frac{0.154056 \text{ nm}}{2 \sin 26.72707} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0.839 \text{ nm} = \frac{0.154056 \text{ nm}}{0.89948} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0.839 \text{ nm} = 0.171272 \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$h^2 + k^2 + l^2 = (4.898640)^2$$

$$h^2 + k^2 + l^2 = 24$$

- $a = \frac{0.154056 \text{ nm}}{2 \sin \theta_5} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$

$$0.839 \text{ nm} = \frac{0.154056 \text{ nm}}{2 \sin 31.31045} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0.839 \text{ nm} = \frac{0.154056 \text{ nm}}{0.955112} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0.839 \text{ nm} = 0.161296 \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$h^2 + k^2 + l^2 = (5.201616)^2$$

$$h^2 + k^2 + l^2 = 27$$

- $a = \frac{0.154056 \text{ nm}}{2 \sin \theta_6} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$

$$0.839 \text{ nm} = \frac{0.154056 \text{ nm}}{2 \sin 31.31045} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0.839 \text{ nm} = \frac{0.154056 \text{ nm}}{1.039348} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0.839 \text{ nm} = 0.148224 \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$h^2 + k^2 + l^2 = (5.660351)^2$$

$$h^2 + k^2 + l^2 = 32$$

- $a = \frac{0.154056 \text{ nm}}{2 \sin \theta_7} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$

$$0.839 \text{ nm} = \frac{0.154056 \text{ nm}}{2 \sin 37.07116} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0.839 \text{ nm} = \frac{0.154056 \text{ nm}}{1.205612} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0.839 \text{ nm} = 0.127782 \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$h^2 + k^2 + l^2 = (6.562685)^2$$

$$h^2 + k^2 + l^2 = 43$$

## 6. Penambahan PEG 6000 1:3

$2\theta$	$h^2+k^2+l^2$	h	k	l
30.44792	8	2	2	0
35.55312	11	3	1	1
43.35782	16	4	0	0
53.70048	24	4	2	2
57.17059	27	5	1	1
62.82033	32	4	4	0
74.32232	43	5	3	3

- $$a = \frac{0.154056 \text{ nm}}{2 \sin \theta_1} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0.839 \text{ nm} = \frac{0.154056 \text{ nm}}{2 \sin 15.22396} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0.839 \text{ nm} = \frac{0.154056 \text{ nm}}{0.525468} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0.839 \text{ nm} = 0.293179 \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$h^2 + k^2 + l^2 = (2.861732)^2$$

$$h^2 + k^2 + l^2 = 8$$
- $$a = \frac{0.154056 \text{ nm}}{2 \sin \theta_2} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0.839 \text{ nm} = \frac{0.154056 \text{ nm}}{2 \sin 17.77656} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0.839 \text{ nm} = \frac{0.154056 \text{ nm}}{0.61061} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0.839 \text{ nm} = 0.252299 \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$h^2 + k^2 + l^2 = (3.325419)^2$$

$$h^2 + k^2 + l^2 = 11$$
- $$a = \frac{0.154056 \text{ nm}}{2 \sin \theta_3} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0.839 \text{ nm} = \frac{0.154056 \text{ nm}}{2 \sin 21.67891} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0.839 \text{ nm} = \frac{0.154056 \text{ nm}}{0.738808} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0.839 \text{ nm} = 0.20852 \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$h^2 + k^2 + l^2 = (4.023594)^2$$

$$h^2 + k^2 + l^2 = 16$$

- $$a = \frac{0.154056 \text{ nm}}{2 \sin \theta_4} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0.839 \text{ nm} = \frac{0.154056 \text{ nm}}{2 \sin 26.85024} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0.839 \text{ nm} = \frac{0.154056 \text{ nm}}{0.90332} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0.839 \text{ nm} = 0.170544 \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$h^2 + k^2 + l^2 = (4.919551)^2$$

$$h^2 + k^2 + l^2 = 24$$
- $$a = \frac{0.154056 \text{ nm}}{2 \sin \theta_5} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0.839 \text{ nm} = \frac{0.154056 \text{ nm}}{2 \sin 28.5853} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0.839 \text{ nm} = \frac{0.154056 \text{ nm}}{0.956932} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0.839 \text{ nm} = 0.160989 \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$h^2 + k^2 + l^2 = (5.211536)^2$$

$$h^2 + k^2 + l^2 = 27$$
- $$a = \frac{0.154056 \text{ nm}}{2 \sin \theta_6} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0.839 \text{ nm} = \frac{0.154056 \text{ nm}}{2 \sin 31.41017} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0.839 \text{ nm} = \frac{0.154056 \text{ nm}}{1.042322} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0.839 \text{ nm} = 0.147801 \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$h^2 + k^2 + l^2 = (5.676551)^2$$

$$h^2 + k^2 + l^2 = 32$$
- $$a = \frac{0.154056 \text{ nm}}{2 \sin \theta_7} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0.839 \text{ nm} = \frac{0.154056 \text{ nm}}{2 \sin 37.16116} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

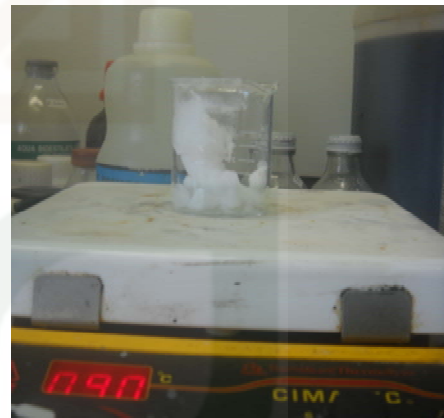
$$0.839 \text{ nm} = \frac{0.154056 \text{ nm}}{1.208118} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0.839 \text{ nm} = 0.127517 \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$h^2 + k^2 + l^2 = (6.579514)^2$$

$$h^2 + k^2 + l^2 = 43$$

## Lampiran 5

**DOKUMENTASI PROSES PENELITIAN****1. Bahan dan Sampel Pasir Besi****2. Proses Sintesis**

### 3. Sampel hasil sintesis

