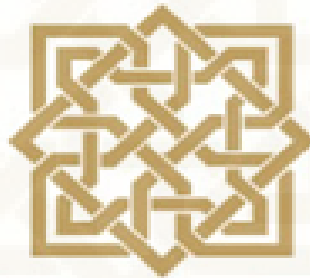


**PENENTUAN SUSEPTIBILITAS NANOPARTIKEL
MAGNETIT (Fe_3O_4) DENGAN MENGGUNAKAN
PENDEKATAN HASIL KURVA HISTERISIS**

SKRIPSI

Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Guna Memperoleh Gelar Sarjana S-1

Program Studi Fisika



Diajukan oleh
Farida Trisnawati H
08620004

Kepada

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA
2015**



PENGESAHAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Nomor : UIN.02/D.ST/PP.01.1/2492/2015

Skripsi/Tugas Akhir dengan judul : Penentuan Suseptibilitas Nanopartikel Magnetit (Fe_3O_4) dengan Menggunakan Pendekatan Hasil Kurva Histerisis

Yang dipersiapkan dan disusun oleh :
Nama : Farida Trisnawati Haryono
NIM : 08620004
Telah dimunaqasyahkan pada : 06 Mei 2015
Nilai Munaqasyah : B+
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

Asih Melati, S.Si., M.Sc.
NIP.198411102011012000

Penguji II

Wahyu Aji Eko P., M.Si.

Yogyakarta, 26 Agustus 2015
UIN Sunan Kalijaga
Fakultas Sains dan Teknologi
Dekan



Dr. Hj. Maizer Said Nandi, M.Si
NIP.19550427 198403 2 001



SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Pengajuan Persetujuan Skripsi

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 : Farida Trisnawati H

NIM : 08620004

Judul Skripsi : Penentuan Suseptibilitas Nanopartikel Magnetit (Fe_3O_4) dengan Menggunakan Pendekatan Hasil Kurva Histerisis

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 Program Studi Fisika

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, 30 April 2015

Pembimbing I

Retno Rahmawati, M.Si.
NIP. 19821116 200901 2006

PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya menyatakan bahwa sekripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan sekripsi ini 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 sekripsi ini.

Yogyakarta, 30 Mei 2015



Farida Trisnawati H
NIM. 08620004

Motto

“Sering kali, tindakan yang paling berharga
adalah langkah yang paling sulit, tetapi hasil
yang dicapai jika berhasil menyelesaikan pekerjaan
itu jauh lebih besar daripada rencana
yang lain, dan akan membawa kita lebih dekat pada tujuan.”

(Frank F. Lunn)



KATA PENGANTAR



Puja dan puji tentulah hanya milik Allah SWT. Allah Yang Maha Pengasih dan Penyayang yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya kepada kita semua sehingga saat ini kita masih dapat merasakan nikmat Iman, Islam dan Ihsan. Shalawat dan salam semoga terlimpah kami curahkan kepada Junjungan kita yakni Nabi Muhammad S.A.W.

Dengan mengucapkan syukur alhamdulillah, penulis dapat menyelesaikan tugas akhir (skripsi) dengan judul ***“Penentuan Suseptibilitas Nanopartikel Magnetit Fe_3O_4 dengan Menggunakan Pendekatan Hasil Kurva Histerisis”*** dengan baik. Penyusunan tugas akhir (skripsi) ini tidak lepas dari dukungan dan bantuan yang datang dari berbagai pihak yang sangat berarti, untuk itu dengan segenap kerendahan hati penulis 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 Kalijaga Yogyakarta.
3. Frida Agung Rahmadi, M.Sc, selaku Ketua Program Studi Fisika UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
4. Retno Rahmawati, M.Si, selaku Penasehat Akademik Program Studi Fisika dan sekaligus Dosen Pembimbing yang dengan sabar memberikan dorongan semangat serta arahan dengan penuh keikhlasan.

5. Wahyu Aji Eko Nugroho, S. Si., M.T dan Asih Melati, S.Si., M.Sc selaku penguji yang telah banyak memberikan masukan dan dorongan untuk menjadi lebih baik.
6. Semua staf Tata Usaha dan karyawan dilingkungan Fakultas Sains dan Teknologi serta Laboratorium Terpadu UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
7. Orang tua dan keluarga ayah Agus Haryono dan ibu Isnani Wahidah serta adik-adikku tersayang Rammadhan Ridha Haryono dan Muhammad Da'arul Fikri Haryono senantiasa memberikan doa dan suport.
8. Teman hidup Yoan Arie Pramudianto yang selalu setia menemani dikala susah maupun senang.
9. Sahabat tersayang Fisika 2008 Angga, Anis, Shita, Francisko, Aulia, Kholis, Hamdani, Ella, Tria, Nasrudin, Rentang, Rokhim, Huda dan Zainal meskipun jarak memisahkan kita tetap kompak menjalin kekeluargaan.
10. Teman seperjuangan di fisika material, semangat kawan-kawan dan lanjutkan penelitian terbaru di fisika material.

Penulis hanya dapat berdoa semoga mereka mendapat balasan kebaikan yang berlipat ganda dan penulis berharap semoga karya sederhana ini dapat bermanfaat. Aamiin. Untuk menjadikan tulisan ini lebih baik, penulis mengharapkan saran dan kritik dari pembaca.

وَالشُّكْرُ لِلَّهِ وَالصَّلَاةُ وَالزَّكَاةُ وَالْحَقُّ وَالْوَظْفُ وَالْإِيمَانُ وَالْحَمْدُ لِلَّهِ وَالصَّلَاةُ وَالزَّكَاةُ وَالْحَقُّ وَالْوَظْفُ وَالْإِيمَانُ

Yogyakarta, 30 Mei 2015

Penulis

Penentuan Suseptibilitas Nanopartikel Magnetit (Fe_3O_4) dengan Menggunakan Pendekatan Hasil Kurva Histerisis

Farida Trisnawati Haryono
08620004

INTISARI

Analisis senyawa kimia dan uji sifat magnetik pasir besi telah dilakukan. Tujuan penelitian adalah menentukan suseptibilitas magnetik dan sifat magnetik yang terdapat pada pasir besi Congot, Kulon Progo. Sampel pasir besi diambil dari pantai Congot. Pasir diekstraksi dengan menggunakan magnet permanen untuk memisahkan pasir magnetik dan non magnetik. Pasir magnetik disintesis dengan menggunakan metode kopresipitasi kemudian dilakukan pengujian jenis kandungan mineral dengan XRD (*X-ray Diffraction*) dan VSM (*Vibrating Sample Magnetometer*). Perhitungan nilai suseptibilitas magnetik berturut-turut pada variasi suhu 80°C sebesar 1.21 emu/grm dan pada suhu 90°C sebesar 1.20 emu/grm.

Kata Kunci: pasir besi, kopresipitasi, nanopartikel magnetit (Fe_3O_4), suseptibilitas, ferromagnetik.

DETERMINATION OF SUCEPTIBILITY VALUES FROM MAGNETITE NANOPARTICLES (Fe₃O₄) BY HYSTERESIS CURVES

Farida Trisnawati Haryono
08620004

ABSTRACT

The analysis of chemical compounds and the test of magnetic properties of magnetite has been done. The research objective is to determine the magnetic susceptibility and magnetic properties of the iron sand from Congot, Kulon Progo. Iron sand samples taken from the Congot beach. The sand is extracted by using a permanent magnet to separate magnetic and non-magnetic sand. The iron sand was synthesized by using coprecipitation method. Then tes of mineral content conducted by (XRD) X-ray Diffraction and (VSM) Vibrating Sample Magnetometer. The result from calculation magnetic material has susceptibility 1.21 emu/grm and 1.20 emu/grm for 80°C and 90°C.

Keywords: iron sand, coprecipitation, nanoparticles of magnetite (Fe₃O₄), susceptibility, ferromagnetic.

DAFTAR ISI

	HALAMAN
COVER	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR	iv
HALAMAN PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME	v
MOTTO	vi
KATA PENGANTAR	vi
INTISARI	ix
ABSTRACT	x
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah Penelitian	4
1.3 Batasan Masalah	5
1.4 Manfaat Penelitian	5
BAB II LANDASAN TEORI	6
2.1 Studi Pustaka	6
2.2 Landasan Teori	7
2.2.1 Ekstraksi Pasir Besi	7
2.2.2 Nanopartikel Magnetit (Fe_3O_4)	7

2.2.3 Metode Kopresipitasi	8
2.2.4 Sifat Kemagnetan Material	9
2.2.5 Kurva Histerisis	14
BAB III METODELOGI PENELITIAN.....	15
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	15
3.1.1 Waktu dan Penelitian	15
3.1.2 Tempat Penelitian	15
3.2 Alat dan Bahan	16
3.3 Metode Sintesis	16
3.4 Metode Analisis	18
3.4.1 XRD (<i>X-Ray Diffraction</i>)	18
3.4.2 VSM (<i>Vibrating Sample Magnetometer</i>)	19
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	20
4.1 Hasil Penelitian	20
4.1.1 Serbuk Hasil Sintesis Dengan Kopresipitasi	20
4.1.2 Hasil Uji XRD Setelah disintesis	21
4.1.3 Hasil Uji VSM Setelah disintesis	22
4.2 Pembahasan	29
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	30
5.1 Kesimpulan	30
5.2 Saran	31
DAFTAR PUSTAKA	32
LAMPIRAN.....	35

DAFTAR TABEL

Tabel 3.2 Alat-alat penelitian	15
Tabel 3.3 Bahan-bahan penelitian	16
Tabel 4.3 Hasil analisis partikel Fe ₃ O ₄ dari data XRD	22
Tabel 4.4 Nilai suseptibilitas magnetik dari beberapa suhu	24



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur Magnetit Fe_3O_4	8
Gambar 2.2 Magnetisasi pada Bahan	11
Gambar 2.3 Kurva Histerisis	13
Gambar 4.1 Sampel magnetit hasil sintesis	20
Gambar 4.2 Difraksi XRD partikel magnetit Fe_3O_4 dan <i>JCPDS (Joint Cummite on Powder Diffraction Standar) nomor 9-0629</i>	21
Gambar 4.3 Hasil analisis XRD dengan suhu 90°C	21
Gambar 4.4 Hasil analisis XRD dengan suhu 80°C	22
Gambar 4.5 Kurva histerisis nanopartikel magnetit pada suhu 80°C	23
Gambar 4.6 Kurva histerisis nanopartikel magnetit pada suhu 90°C	24

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Perhitungan Rasio Larutan	34
Lampiran 2 % Fraksi Kemurnian Hasil XRD Sampel Fe_3O_4	36
Lampiran 3 Perhitungan Ukuran Partikel Dengan <i>Debye-Scherrer</i>	38
Lampiran 4 Perhitungan <i>Indeks Miller</i>	41
Lampiran 5 Perhitungan Suseptibilitas Magnetik	45
Lampiran 6 Dokumentasi Proses Penelitian	47



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan Negara yang kaya akan sumber daya alam terutama bahan-bahan galian industri dan tambang. Bahan galian di Indonesia menyebar diseluruh wilayah. Salah satu kekayaan alam tersebut adalah pasir besi. Pasir besi merupakan salah satu sumber daya alam yang belum dimanfaatkan secara optimal. Kekayaan alam tersebut saat ini lebih banyak diekspor dalam bentuk bahan mentah, sebagai bahan campuran semen. Islam mengajarkan kepada umatnya untuk bersyukur dan memanfaatkan apa yang telah diciptakan oleh Allah SWT sebagaimana telah dijelaskan dalam Q.S Al Baqarah 164:

بِفَأْحِيَاءِ مَاءٍ مِنَ السَّمَاءِ مِنْ اللَّهِ أَنْزَلَ وَمَا لِلنَّاسِ يَنْفَعُ بِمَا تَبَحَّرَ فِي تَجْرِى النَّارِ وَالْفَلَائِكِ وَالنَّهَارِ اللَّيْلِ وَأَخْتَلَفِ الْأَرْضِ السَّمَوَاتِ خَلْقٍ إِنَّ
يَعْقِلُونَ لِقَوْمٍ لَّا يَدْرُونَ الْأَرْضِ السَّمَاءِ بَيْنَ الْمُسَخَّرِ وَالسَّحَابِ الرِّيحِ وَتَصْرِيفِ آيَةِ كُلِّ مِنْ فِيهَا وَبِتِّ مَوْتِهَا بَعْدَ الْأَرْضِ.

Artinya: “*Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi, silih bergantinya malam dan siang, bahtera yang berlayar di laut membawa apa yang berguna bagi manusia, dan apa yang Allah turunkan dari langit berupa air, lalu dengan air itu Dia hidupan bumi sesudah mati (kering)-nya dan Dia sebarkan di bumi itu segala jenis hewan, dan pengisaran angin dan awan yang dikendalikan antara langit dan bumi; sesungguhnya (terdapat) tanda-tanda (keesaan dan kebesaran Allah) bagi kaum yang memikirkan.*” (QS. Al-Baqarah: 164)

Ayat diatas menjelaskan bahwa Allah SWT telah menciptakan langit dan bumi beserta isinya untuk semua makhluk hidup. Menambah keyakinan kita padaNya, oleh sebab itu manusia bertanggung jawab untuk memelihara dan memanfaatkan sebaik-baiknya. Pemanfaatan pasir besi di Indonesia saat ini selain untuk industri logam juga banyak dimanfaatkan pada industri semen. Semoga bermanfaat bagi lingkungan seperti halnya penulis menjadikan pasir besi sebagai objek kajian riset.

Pasir besi dapat ditemukan di beberapa lokasi pesisir pantai, diantaranya pantai selatan Pulau Jawa di Kulon Progo Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Pemanfaatan pasir besi masih kurang optimal, karena bijih besi di daerah tersebut masih dijual dalam bentuk bahan mentah (*row material*). Hal berbeda yang dilakukan para peneliti, mereka banyak melakukan penelitian untuk membuat material baru yang bermanfaat dan mempunyai nilai jual yang tinggi.

Berdasarkan sifat kemagnetannya, mineral terdiri dari mineral magnetik dan mineral non magnetik. Bijih besi mengandung 73% besi oksida seperti magnetit (Fe_3O_4), hematit ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$), maghemit ($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$), limonit ($2\text{FeO}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) dan 16% titanium oksida seperti ilmenit (FeTiO_3) yang merupakan mineral-mineral magnetik. Mineral-mineral magnetik seperti magnetit dapat digunakan sebagai bahan dasar pembuatan printer laser, hematite berguna sebagai zat pewarna, maghemit adalah bahan pembuat pita kaset, ilmenite dapat bermanfaat sebagai zat pewarna yang banyak dipakai sebagai bahan baku pada industri cat. Mineral-mineral tersebut juga dapat digunakan dalam industri pembuatan magnet permanen (Yulianto, 2002).

Magnetit (Fe_3O_4) memiliki fasa kubus, sedangkan maghemit (Fe_2O_3) dan hematit (Fe_2O_3) meskipun memiliki komposisi yang sama namun kedua bahan tersebut memiliki fasa yang berbeda. Magnetit dikenal karena memiliki sifat dapat ditarik oleh magnet dengan sangat kuat. Respon yang kuat terhadap medan magnet luar menjadikan magnetit sangat berguna untuk kepentingan riset. Luasnya aplikasi membuat para peneliti terus mengembangkan material dalam skala nano.

Nanopartikel telah menjadi material menarik yang dikembangkan karena sifatnya yang terkenal dan sangat potensial dalam aplikasinya diberbagai bidang. Seperti dalam bidang biomedis digunakan sebagai *drug delivery*, terapi *hyperthermia*, media kontras *Magnet Resonance Imageing* (MRI) dan terapi kanker. Demikian sifat superparamagnetik akan dapat dicapai bila ukuran suatu partikel nano magnetik di bawah 10 nm akan mengakibatkan semakin kecil pula interaksi antar partikel. Untuk mensintesis nanopartikel dilakukan beberapa metode dengan mengatur ukurannya sehingga menjadi salahsatu kunci masalah dalam ruang lingkup sintesis partikelnano.

Dalam mensintesis banyak metode-metode kimia yang digunakan seperti mikroemulsi, sintesis *sol-gel*, *sonochemical resctions*, *flow injection synthesis* dan *electrospray synthesis*. Sebagian besar metode yang digunakan untuk memproduksi nanopartikel magnetik adalah dengan teknik kopresipitasi. Dalam penelitian ini metode yang akan digunakan adalah metode kopresipitasi melalui reduksi sebagian ion Fe^{3+} menjadi Fe^{2+} . Pengaruh ukuran butir dan struktur kristal terhadap sifatmagnetik merupakan satu cara dalam menentukan suseptibilitas.

Suseptibilitas magnetik adalah konstanta yang menentukan besar kecilnya suatu bahan untuk dimagnetisasi. Suseptibilitas magnetik suatu material mewakili kecenderungan suatu material untuk menjadi bahan magnet dalam pengaruh medan magnet luar. Pengukuran suseptibilitas dapat juga untuk mengidentifikasi mineral pembawa Fe dalam suatu sampel jenis-jenis mineral yang berbeda, serta mengidentifikasi proses pembentukan dan perpindahan mineral tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang menjadi fokus kajian ini antara lain:

1. Bagaimana proses sintesis nanopartikel magnetit (Fe_3O_4) berbahan dasar pasir alam dengan metode kopresipitasi?
2. Bagaimana menentukan suseptibilitas dan sifat kemagnetan nanopartikel magnetit (Fe_3O_4) dari kurva histerisis?

1.3 Batasan Masalah Penelitian

Pada penelitian ini dilakukan pembatasan masalah sebagai berikut.

1. Nanopartikel Fe_3O_4 disintesis dari bahan alam, yaitu dari pasir besi pantai Congot Kulonprogo DIY.
2. Sintesis nanopartikel magnetit Fe_3O_4 menggunakan metode kopresipitasi.
3. Penentuan fasa kristal Fe_3O_4 dengan menggunakan XRD dan VSM untuk sifat magnetik.
4. Pengukuran kurva histerisis magnetik untuk memperoleh suseptibilitas, besaran ini digunakan untuk melihat jenis bahan magnetik tersebut apakah keras atau lunak.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui proses sintesis nanopartikel magnetit (Fe_3O_4) dengan metode kopresipitasi.
2. Menentukan suseptibilitas dan sifat kemagnetan nanopartikel magnetit (Fe_3O_4) melalui kurva histerisis.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari Penelitian adalah:

1. Mengaplikasikan teknik pembuatan nanopartikel magnetit yang lebih murah dan efisien. Diperoleh informasi tentang pengolahan nanopartikel magnetit (Fe_3O_4) yang berasal dari pasir besi.
2. Memberikan informasi tentang pemanfaatan pasir besi sehingga dapat meningkatkan nilai ekonomis dari pasir besi tersebut.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Pasir besi yang mengandung magnetit (Fe_3O_4) disintesis melalui metode kopresipitasi. Larutan yang dari reaksi pertama, yaitu pelarutan pasir besi dengan HCl, selanjutnya diendapkan dengan NaOH dan dengan variasi suhu 80°C dan 90°C sampai 45 menit. Pengaruh suhu dari penelitian ini tidak merubah struktur kristal magnetit (Fe_3O_4) maupun setelah dilakukan uji XRD sebagai hasil reaksinya. Struktur tersebut sesuai dengan data JCPDS (*Joint Commitee Powder Diffraction Standart*) no. 19-0629, yaitu kubik pusat muka (*face centered cubic*).
2. Hasil karakterisasi dengan menggunakan VSM menunjukkan bahwa suseptibilitas nanopartikel magnetit bernilai positif. Nilai suseptibilitas magnetik pada suhu 80°C yaitu sebesar 1.21 emu/grm dan 90°C 1.20 emu/grm. Berdasarkan nilai suseptibilitas yang terhitung maka mineral magnetik pasir pantai Congot Kulon Progo termasuk dalam kelompok bahan ferromagnetik.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka hal-hal yang dapat disarankan sebagai berikut:

1. Sebaiknya ketika dalam melakukan sintesis diperlukan kehati-hatian memvariasikan kenaikan variabel seperti suhu, kecepatan pengadukan dan pencampuransampel dengan perlakuan waktu yang sama.
2. Pencucian sampel sebaiknya dilakukan sebersih mungkin agar terhindar dari pengotor-pengotor yang mengganggu dalam sintesis nanopartikel.

DAFTAR PUSTAKA

- , 2014. "Teori Dasar Karakteristik Magnetik". (Di akses tanggal 05 Maret 2014 pukul 13.15 WIB) < <http://file:///F:/jbptitbpp-gdl-elisasesan-27974-3-2001ts-2/.pdf.htm>>
- Abd El-All, E. M. 2004." *Paleomagnetism and Rock Magnetism El-Naga Ring Complex, South Eastern Desert, Egypt*". NGRIAG Journal of Geophysics, Vol. 3, No.1, PP. 17-3.
- Al Rehaili. Abdullah. 2003. Bukti kebenaran Al-Qur'an. Penterjemah: purna sofiah Istianati. Penerbit: Tajidu Press, Yogyakarta.
- Baqia, M. A. (2008). *Preparasi partikel nano Fe₃O₄ dan pelapisan pada logam non magnetik*. Laporan Tesis Jurusan Fisika. Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya.
- Bakar M. Abu, W.L. Tan, N.H.H. Abu Bakar. 2007. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials* 314 Vol 1-6.
- Bijaksana, S, (2002), *Kajian Sifat Magnetik Pada Endapan Pasir Besi di Wilayah Cilacap dan Upaya Pemanfaatannya untuk Bahan Industri*, Laporan Penelitian Hibah Bersaing, ITB.
- Bilalodin *et al.*, 2013. *Analisis Kandungan Senyawa Kimia dan Uji Sifat Magnetik Pasir Besi Pantai Ambal*. Universitas Jendral Soederman: MIPA
- Dearing, J. A., et al., 1993. *Frequency-dependent Susceptibility Measurements of Environmental Materials*. Geophys. J. Int., 124, 228-240.
- Giancoli, Douglas. 2001. Fisika Edisi kelima jilid 2. Jakarta: Erlangga.
- Guimaraes P.A. 2009. *Prinsiples of Nanomagnetism*. German: Springer.
- Hasanah, P.A, (2012). *Sintesis Nanopartikel Fe₃O₄ dengan Optimasi Waktu Pemanasan pada Temperatur Rendah*, Skripsi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas, Padang.
- Ilahi, Kurnia Dewi. 2009. *Kajian struktur Nanopartikel Magnetit (Fe₃O₄) dengan Difraksi Sinar-x dan Aplikasinya di Bidang Fisika*. Malang: Fakultas MIPA Universitas Negeri Malang.
- Ngkoimani, L., 2005, *Magnetisasi pada Batuan Andesit di Pulau Jawa dan Aplikasinya terhadap Paleomagnetisme dan Evolusi Tektonik*. Disertasi, Pascasarjana, Institut Teknologi Bandung.

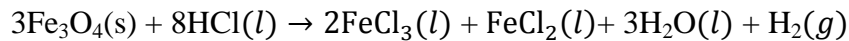
- Oktaviani, Dewi. 2010. “*Sintesis dan Karakterisasi Nanopartikel Magnetit (Fe₃O₄) dari Batuan Besi dengan Metode Kopresipitasi*. Jurnal Penelitian Nanosains dan Teknologi. Padang.
- Opel Mathias. 2012. *J. Phys.D : Appl. Spintronic oxides grows by laser MBE*. 45033001
- Prabowo, Sudiono, dan Santoso, J. 2006. *Kimia*. Yogyakarta: Intan Pariwara.
- Rianto A. Dkk. 2012. *Analisis Struktur Kristal dan Sifat Magnetik Pada Nanopartikel Magnetit (Fe₃O₄) Sebagai Bahan Aktif Biosensor Surface Plasma Resonance (SPR)*. Yogyakarta: UGM.
- R Reitz, J (1993). *Dasar Teori Listrik Magnet*. Edisi Ketiga, Penerbit ITB Bandung.
- Paul A. Tipler, (2001), *Fisika untuk Sains dan Teknik*, Jilid I, Penerbit Erlangga.
- Purba *et al.* 2010. *Hubungan M, B dan H*. Medan: FMIPA Universitas Negeri Medan.
- Setiadi A., dkk. (2013). *Sintesis Nanopartikel Cobalt Ferrite (CoFe₂O₄) dengan Metode Kopresipitasi dan Karakterisasi Sifat Kemagnetan*. Yogyakarta: MIPA-UGM.
- Sholihah Kurnia. 2010. *Sintesis dan Karakteristik Partikel nano Fe₃O₄ yang Berasal dari Pasir Besi dan Fe₃O₄ Bahan Komersial (Aldrich)*. Tugas Akhir. Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya.
- Yulianto, A.S., Bijaksana, W. Loeksmanto, 2002, *Karakteristik Magnetik dari Pasirbesi Cilacap*, Jurnal Fisika Himpunan Fisika Indonesia, Vol A5, No 0527.
- Zakarian *et al.* 2008. *Size-controlled Synthesis and Characterization of Fe₃O₄ Nanoparticles by Chemical Coprecipitation Method*. Sains Malaysiana

Lampiran 1

PERHITUNGAN RASIO LARUTAN

1. Menentukan perbandingan sampel dengan HCl 12 M

Persamaan reaksi



- M_r masing-masing senyawa

$$M_r\text{Fe}_3\text{O}_4 = (56 \times 3) + (16 \times 4) = 232 \text{ gr/mol}$$

$$M_r\text{HCl} = (1 \times 1) + (35.5 \times 1) = 36.5 \text{ gr/mol}$$

- Massa masing-masing senyawa

$$\text{gr } 3\text{Fe}_3\text{O}_4 = \text{mol} \times M_R = 3 \times 232 = 696 \text{ gr}$$

$$\text{gr } 8\text{HCl} = \text{mol} \times M_R = 8 \times 36.5 = 292 \text{ gr}$$

- Perbandingan (rasio)

$$\text{Fe}_3\text{O}_4 : \text{HCl} = 696 \text{ g} : 292 \text{ g} = 1 \text{ gr} : 0.5 \text{ gr}$$

- Volume HCl 12 M 0.5 kg

$$\text{Mol} = \frac{g}{m_r} = \frac{0.5 \text{ gr}}{36.5 \text{ gr/mol}} = 0.014 \text{ mol}$$

$$V = \frac{\text{mol}}{M} = \frac{0.014 \text{ gr}}{12} = 0.001 \text{ Liter} = 1 \text{ ml}$$

Jadi untuk 1 gram sampel dibutuhkan 1 ml HCl

2. Menentukan perbandingan sampel dengan NaOH 3.5 M.

Persamaan Reaksi



- M_R masing-masing senyawa

$$M_R\text{FeCl}_3 = (56 \times 1) + (35.5 \times 3) = 162.5 \text{ gr/mol}$$

$$M_R\text{FeCl}_2 = (56 \times 1) + (35.5 \times 2) = 127 \text{ gr/mol}$$

$$M_R\text{H}_2\text{O} = (1 \times 2) + (16 \times 1) = 18 \text{ gr/mol}$$

$$M_R\text{NaOH} = (30 \times 1) + (16 \times 1) + (1 \times 1) = 47 \text{ gr/mol}$$

$$grFeCl_3 = mol \times M_R = 2 \times 162.5 = 325 \text{ gr}$$

$$grFeCl_2 = mol \times M_R = 1 \times 127 = 127 \text{ gr}$$

$$grH_2O = mol \times M_R = 1 \times 18 = \underline{18 \text{ gr}}$$

$$grNaOH = mol \times M_R = 8 \times 47 = 376 \text{ gr}$$

- Perbandingan (rasio)

$$\text{Garam besi : NaOH} = 470 \text{ gr} : 376 \text{ gr} = 1 \text{ gr} : 0.8 \text{ gr}$$

- Volume NaOH 3.5 M 0,8 gr

$$Mol = \frac{gr}{mr} = \frac{0.8 \text{ gr}}{47 \text{ gr/mol}} = 0.02 \text{ mol}$$

$$V = \frac{mol}{M} = \frac{0.02 \text{ mol}}{3.5} = 0.005 \text{ Liter} = 5 \text{ ml}$$

Jadi, 1 gram sampel NaOH dibutuhkan 5 ml NaOH

Lampiran 2

% FRAKSI KEMURNIAN HASIL XRD SAMPEL Fe₃O₄

1. Sampel magnetit pada temperatur 80°C

2θ (deg)	d (Å)	I/II	Intensitas (counts)
18.4000	4.81795	13	38
18.9000	4.69161	11	30
30.2764	2.94967	31	87
30.7980	2.90089	3	8
35.6214	2.51836	100	283
40.5521	2.22281	5	15
40.9540	2.20192	10	27
43.1880	2.09305	30	86
43.8000	2.09305	5	14
53.4000	1.71437	6	16
53.6600	1.77068	9	26
53.8800	1.70023	8	22
62.6686	1.48126	42	119
73.9583	1.28058	9	26
Intensitas Fe ₃ O ₄			797

Total intensitas fasa yang terdeteksi = 1141 counts.

$$\% \text{fraksi kemurnian Fe}_3\text{O}_4 = \frac{797}{2429} \times 100\% = 32.8\%$$

2. Sempel magnetit pada temperatur 90°C

2θ (deg)	d(Å)	I/II	Intensitas (Counts)
18.3800	4.82315	9	20
18.7000	4.74133	11	23
30.4475	2.93348	32	68
35.8135	2.50530	100	213
37.4433	2.39991	12	26
37.8000	2.37808	3	7
43.3790	2.08428	25	53
43.7600	2.06701	8	16
53.7200	1.70491	12	25
62.8381	1.47767	51	108
65.9200	1.41585	9	20
78.9635	1.21148	19	41
Intensitas Fe ₃ O ₄			620

Total intensitas fasa yang terdeteksi = 1141 counts.

$$\% \text{fraksi kemurnian Fe}_3\text{O}_4 = \frac{620}{2901} \times 100\% = 21.3\%$$

Lampiran 3

PERHITUNGAN UKURAN PARTIKEL DENGAN DEBYE-SCHERRER

Diketahui :

$$\lambda_{Cu} = 1.54060 \text{ \AA} = 0.154060$$

$$1 \text{ rad} = 57.3 \text{ deg}$$

$$\text{Metode debbye-scherrer } D = \frac{K\lambda}{\beta \cos \theta}$$

1. Sampel magnetit pada temperatur 80°C

2 θ (deg)	θ (deg)	FWHM (deg)	FWHM (rad)	Intensitas (counts)
35.6214	17.7694	0.34820	0.00607	5245
62.6668	31.3344	0.41730	0.00728	2805
30.2764	15.1382	0.33070	0.00577	1511

$$\begin{aligned} D_1 &= \frac{(0.9)(0.154060 \text{ nm})}{(0.00607 \text{ rad})} \cos 17.7694 \text{ rad} \\ &= \frac{0.139 \text{ nm} (0.9522)}{0.00607} \\ &= \frac{0.1323 \text{ nm}}{0.00607} \\ &= 21.7 \text{ nm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D_2 &= \frac{(0.9)(0.154060)}{(0.00728 \text{ rad})} \cos 31.33443 \text{ rad} \\ &= \frac{0.139 \text{ nm} (0.8541)}{(0.00728)} \\ &= \frac{0.1187}{0.00728} \\ &= 16.3 \text{ nm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 D_3 &= \frac{(0.9)(0.154060)}{(0.00577 \text{ rad})} \cos 15.1382 \text{ rad} \\
 &= \frac{0.139 \text{ nm} (0.9652)}{(0.00577)} \\
 &= \frac{0.1341}{0.00577} \\
 &= 23.2 \text{ nm}
 \end{aligned}$$

$$\bar{D} = \frac{D_1 + D_2 + D_3}{N} = \frac{(21.7 + 16.3 + 23.2) \text{ nm}}{3} = \frac{61.2}{3} = 20.4 \text{ nm}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta D &= \frac{|D_1 - \bar{D}| + |D_2 - \bar{D}| + |D_3 - \bar{D}|}{N} \\
 &= \frac{|21.7 - 20.4| + |16.3 - 20.4| + |23.2 - 20.4|}{3} \\
 &= \frac{1.3 + 4.1 + 2.8}{3} = 2.7 \text{ nm}
 \end{aligned}$$

2. Sempel magnetit pada temperatur 90°C

2θ (deg)	θ (deg)	FWHM (deg)	FWHM (rad)	Intensitas (counts)
35.8135	17.90675	0.36600	0.00638	4499
62.8381	31.4190	0.34030	0.00593	2349
57.2493	28.62465	0.35470	0.00619	1298

$$\begin{aligned}
 D_1 &= \frac{(0.9)(0.154060 \text{ nm})}{(0.00638 \text{ rad})} \cos 17.90675 \text{ rad} \\
 &= \frac{0.139 \text{ nm} (0.9515)}{0.00638} \\
 &= \frac{0.1322}{0.00638} \\
 &= 21.7 \text{ nm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 D_1 &= \frac{(0.9)(0.154060 \text{ nm})}{(0.00593 \text{ rad})} \cos 31.41905 \text{ rad} \\
 &= \frac{0.139 \text{ nm} (0.8533)}{0.00593} \\
 &= \frac{0.1186}{0.00593} \\
 &= 21.1 \text{ nm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 D_1 &= \frac{(0.9)(0.154060 \text{ nm})}{(0.00619 \text{ rad})} \cos 28.62465 \text{ rad} \\
 &= \frac{0.139 \text{ nm} (0.8777)}{0.00619} \\
 &= \frac{0.1220}{0.00619} \\
 &= 19.7 \text{ nm}
 \end{aligned}$$

$$\bar{D} = \frac{D_1 + D_2 + D_3}{N} = \frac{(21.7 + 21.1 + 19.7) \text{ nm}}{3} = \frac{62.5}{3} = 20.8 \text{ nm}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta D &= \frac{|D_1 - \bar{D}| + |D_2 - \bar{D}| + |D_3 - \bar{D}|}{N} \\
 &= \frac{|21.7 - 20.8| + |21.1 - 20.8| + |19.7 - 20.8|}{3} \\
 &= \frac{0.9 + 0.3 + 1.1}{3} = 2.3 \text{ nm}
 \end{aligned}$$

Lampiran 4

PERHITUNGAN INDEKS MILLER

Diketahui : $\alpha = 8.39 \text{ \AA} = 0.839 \text{ nm}$

$\lambda = 1.54060 \text{ \AA} = 0.154060 \text{ nm}$

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

keterangan :

α = parameter kisi (nm)

λ = panjang gelombang (nm)

h, k, l = Indeks Miller

a. Fungsi temperatur 80°C

2θ	$h^2 + k^2 + l^2$	h	k	l
30.2764	8	2	2	0
35.8135	11	3	1	1
43.7600	24	4	0	0
53.6600	10	4	2	2
56.3183	26	5	1	1
62.6686	32	4	4	0

$$\bullet \quad 0,839 \text{ nm} = \frac{0,154060 \text{ nm}}{2 \sin (15,1382)} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0,839 \text{ nm} = \frac{0,154060 \text{ nm}}{0,530507} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$\begin{aligned} 0,839 \text{ nm} &= 0,290401 \text{ nm} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2} \\ &= (2.889108)^2 \\ &= 8 \text{ nm} \end{aligned}$$

$$\blacksquare \quad 0,839 \text{ nm} = \frac{0,154060 \text{ nm}}{2 \sin (17.90675)} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0,839 \text{ nm} = \frac{0,154060 \text{ nm}}{0,614937} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$\begin{aligned} 0,839 \text{ nm} &= 0,250529 \text{ nm} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2} \\ &= (3,48913)^2 \\ &= 11 \text{ nm} \end{aligned}$$

$$\blacksquare \quad 0,839 \text{ nm} = \frac{0,154060 \text{ nm}}{2 \sin (21.88)} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0,839 \text{ nm} = \frac{0,154060 \text{ nm}}{0,745327} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$\begin{aligned} 0,839 \text{ nm} &= 0,206701 \text{ nm} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2} \\ &= (4,059003)^2 \\ &= 16 \text{ nm} \end{aligned}$$

$$\blacksquare \quad 0,839 \text{ nm} = \frac{0,154060 \text{ nm}}{2 \sin (0,902689)} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0,839 \text{ nm} = \frac{0,154060 \text{ nm}}{0,747724} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$\begin{aligned} 0,839 \text{ nm} &= 0,170667 \text{ nm} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2} \\ &= (4,916006)^2 \\ &= 24 \text{ nm} \end{aligned}$$

$$\blacksquare \quad 0,839 \text{ nm} = \frac{0,154060 \text{ nm}}{2 \sin (28.15915)} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0,839 \text{ nm} = \frac{0,154060 \text{ nm}}{0,943845} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$\begin{aligned} 0,839 \text{ nm} &= 0,163225 \text{ nm} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2} \\ &= (5,140143)^2 \\ &= 26 \text{ nm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \blacksquare \quad 0,839 \text{ nm} &= \frac{0,154060 \text{ nm}}{2 \sin (31,3343)} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2} \\ 0,839 \text{ nm} &= \frac{0,154060 \text{ nm}}{1,04007} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2} \\ 0,839 \text{ nm} &= 0,148124 \text{ nm} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2} \\ &= (5,664173)^2 \\ &= 32 \text{ nm} \end{aligned}$$

b. Fungsi temperatur 90°C

2θ	$h^2 + k^2 + l^2$	h	k	l
30.4475	8	2	2	0
35.8135	11	3	1	1
43.7600	16	4	0	0
53.7200	10	4	2	2
56.2057	27	5	1	1
62.8381	32	4	4	0

$$\begin{aligned} \blacksquare \quad 0,839 \text{ nm} &= \frac{0,154060 \text{ nm}}{2 \sin (15,22375)} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2} \\ 0,839 \text{ nm} &= \frac{0,154060 \text{ nm}}{0,052517} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2} \\ 0,839 \text{ nm} &= 0,293353 \text{ nm} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2} \\ &= (2,860035)^2 \\ &= 8 \text{ nm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \blacksquare \quad 0,839 \text{ nm} &= \frac{0,154060 \text{ nm}}{2 \sin (17,93675)} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2} \\ 0,839 \text{ nm} &= \frac{0,154060 \text{ nm}}{0,165933} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2} \\ 0,839 \text{ nm} &= 0,250124 \text{ nm} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2} \\ &= (3,354336)^2 \\ &= 11 \text{ nm} \end{aligned}$$

$$\blacksquare \quad 0,839 \text{ nm} = \frac{0,154060 \text{ nm}}{2 \sin (21,88)} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0,839 \text{ nm} = \frac{0,154060 \text{ nm}}{0,745327} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$\begin{aligned} 0,839 \text{ nm} &= 0,206701 \text{ nm} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2} \\ &= (4,059003)^2 \\ &= 16 \text{ nm} \end{aligned}$$

$$\blacksquare \quad 0,839 \text{ nm} = \frac{0,154060 \text{ nm}}{2 \sin (226,06)} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0,839 \text{ nm} = \frac{0,154060 \text{ nm}}{0,878625} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$\begin{aligned} 0,839 \text{ nm} &= 0,175342 \text{ nm} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2} \\ &= (4,784934)^2 \\ &= 22 \text{ nm} \end{aligned}$$

$$\blacksquare \quad 0,839 \text{ nm} = \frac{0,154060 \text{ nm}}{2 \sin (28,10285)} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$0,839 \text{ nm} = \frac{0,154060 \text{ nm}}{0,94212} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$\begin{aligned} 0,839 \text{ nm} &= 0,163524 \text{ nm} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2} \\ &= (5,130745)^2 \\ &= 26 \text{ nm} \end{aligned}$$

$$\blacksquare \quad 0,839 \text{ nm} = \frac{0,154060 \text{ nm}}{2 \sin (31,41905)} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

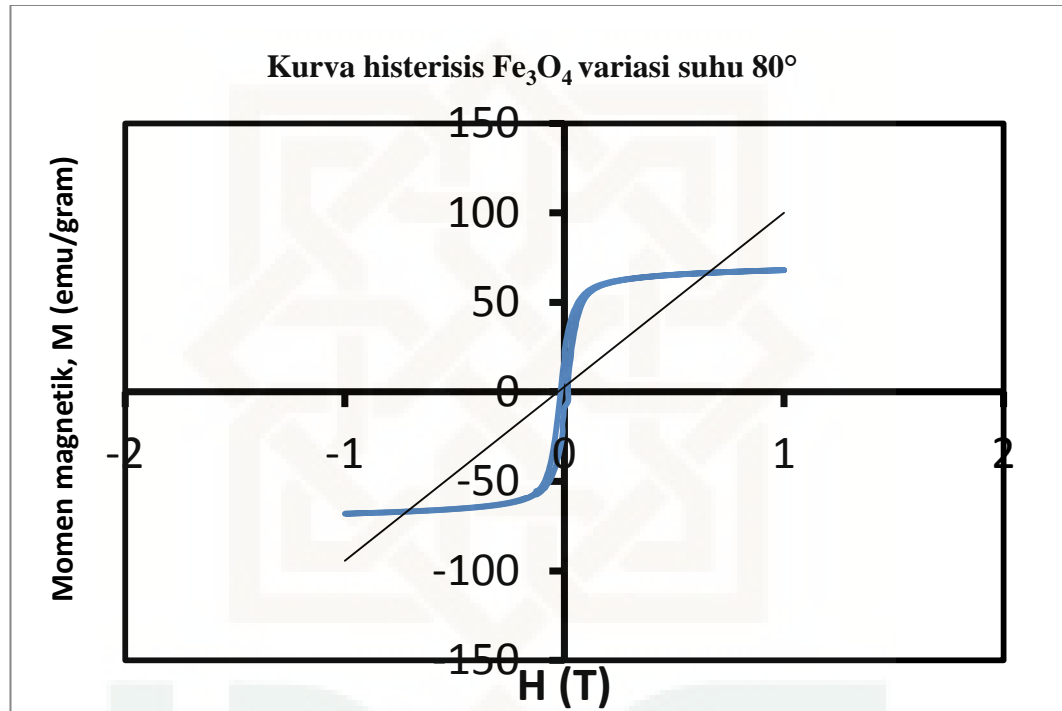
$$0,839 \text{ nm} = \frac{0,154060 \text{ nm}}{1,042587} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$\begin{aligned} 0,839 \text{ nm} &= 0,147767 \text{ nm} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2} \\ &= (5,677857)^2 \\ &= 32 \text{ nm} \end{aligned}$$

Lampiran 5

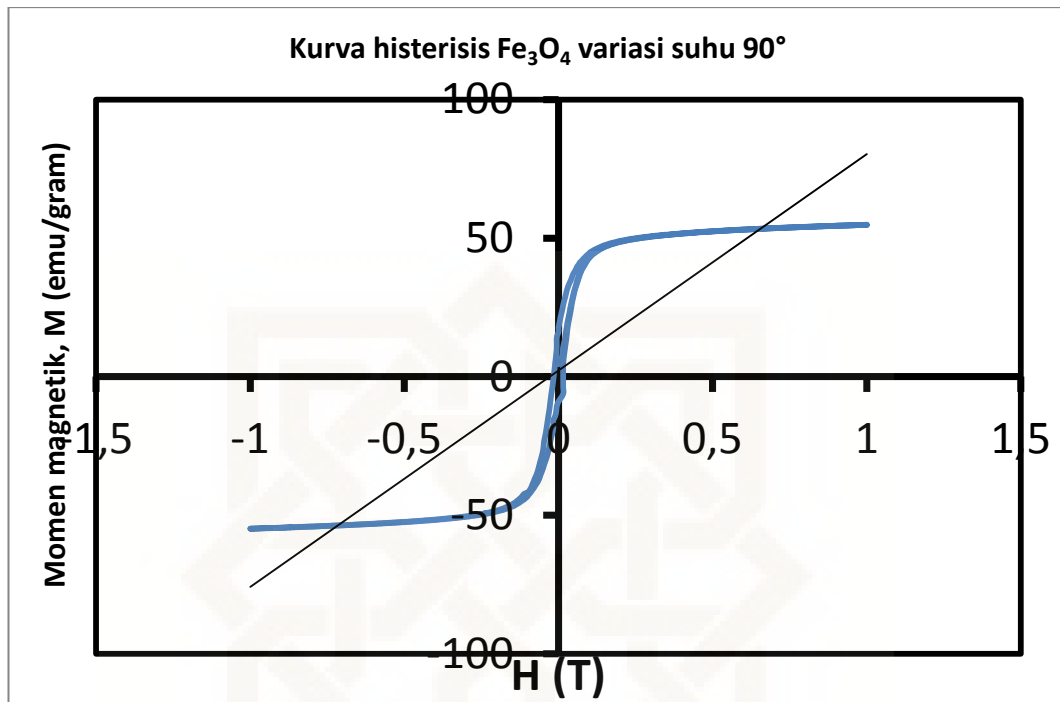
PERHITUNGAN SUSEPTIBILITAS MAGNETIK

a. Sampel magnetit variasi suhu 80°C



$$M = \chi_m H$$
$$= 1.21 \text{ emu/grm}$$

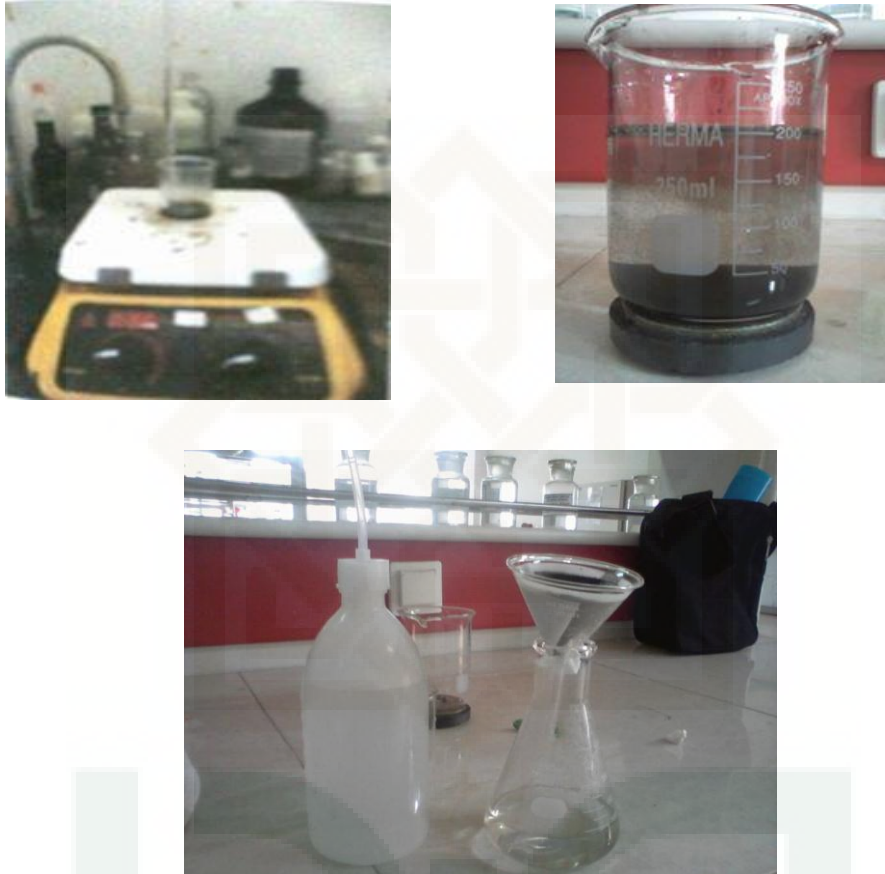
b. Sampel magnetit variasi suhu 90°C



$$M = \chi_m H$$
$$= 1.20 \text{ emu/grm}$$

Lampiran 6

DOKUMENTASI PENELITIAN



Gambar 5.1 Proses sintesis pencucian dan penyiangan