28810/H/07

MILIK PERPUSTAKAAN ITS

ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

RSFi
538.44
Ari
p-1
2007

TUGAS AKHIR - SF 1380

PENGARUH PEMANASAN DAN JENIS SURFAKTAN PADA SIFAT MAGNETIK FEROFLUIDA BERBAHAN DASAR PASIR BESI

PERPUSTAKAAN
I T S

Tgl. Terima	28 - 2 - 2007
Terima Dari	H
No. Agenda Prp.	72750/

DHESY MIA ARISANDI
NRP 1102 100 039

Dosen Pembimbing
Dr. Darminto, M.Sc

JURUSAN FISIKA
Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2007

ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

FINAL PROJECT - SF 1380

EFFECT OF HEAT TREATMENT AND TYPE OF SURFACTANT ON MAGNETIC PROPERTIES OF IRON SAND-BASED FERROFLUIDS

DHESY MIA ARISANDI
NRP 1102 100 039

Advisor
Dr. Darminto, M.Sc

PHYSICS DEPARTMENT
Faculty of Mathematics and Science
Sepuluh Nopember Institut of Technology
Surabaya 2007

LEMBAR PENGESAHAN

PENGARUH PEMANASAN DAN JENIS SURFAKTAN PADA SIFAT MAGNETIK FEROFLUIDA BERBAHAN DASAR PASIR BESI

TUGAS AKHIR
Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Sains
Pada
Bidang Studi Bahan
Program Studi S-1 Jurusan Fisika
Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:
DHESY MIA ARISANDI
Nrp. 1102 100 039

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

1. Dr. Darminto, M.Sc ..... (Pembimbing)

SURABAYA, Februari 2007

PENGARUH PEMANASAN DAN JENIS SURFAKTAN PADA SIFAT MAGNETIK FEROFLUIDA BERBAHAN DASAR PASIR BESI

Nama	: Dhesy Mia Arisandi
NRP	: 1102 100 039
Jurusan	: Fisika FMIPA-ITS
Dosen Pembimbing	: Dr. Darminto, M.Sc

Abstrak

Telah dilakukan sintesis ferofluida dengan partikel nano Fe_3O_4 dari bahan dasar pasir besi yang diambil dari Sungai Regoyo, Sungai Brantas dan Sungai Madiun. Metoda yang digunakan dalam sintesis ferofluida ini adalah metoda kopresipitasi dengan ada/tidaknya perlakuan pemanasan pada partikel nano magnetik Fe_3O_4. Ferofluida ini terbentuk dengan pemberian dua jenis surfaktan, yaitu tetrametil-ammonium-hidroksida (TMAH) dan asam oleik-cis (AOc). Analisis yang dilakukan dari hasil pengujian dengan menggunakan Vibrating Sample Magnetometer (VSM) menunjukkan proses pemanasan pada sintesis partikel nano magnetik Fe_3O_4 menyebabkan sifat magnetik ferofluida dengan surfaktan TMAH lebih kuat daripada surfaktan AOc. Nilai Br terbesar dari semua pasir diperoleh 11,429 emu/gr dari ferofluida dengan surfaktan TMAH, sedangkan nilai terendah dari semua pasir diperoleh 0,561 emu/gr dari ferofluida dengan surfaktan AOc. Nilai H_{cB} untuk sampel-sampel ini berkisar antara 5,2-10 mT.

Kata kunci : ferofluida, kopresipitasi, surfaktan

EFFECT OF HEAT TREATMENT AND TYPE OF SURFACTANT ON MAGNETIC PROPERTIES OF IRON SAND-BASED FERROFLUIDS

Name : Dhesy Mia Arisandi
NRP : 1102 100 039
Department : Physics-ITS
Advisor : Dr. Darminto, M.Sc

Abstract

The Fe_3O_4 nanoparticles – based ferrofluids prepared from iron sands taken from Regoyo, Brantas and Madiun Rivers have been performed by co-precipitation method with and without heat treatment. The ferrofluids have been synthesized by using two types of surfactants, namely tetra-methyl-ammonium-hydroxide (TMAH) and cis-oleic acid (cOA). The analyses of the magnetic data measured using Vibrating Sample Magnetometer (VSM) show that the heat treatment process in preparing nanoparticles resulted in ferrofluids with stronger magnetic induction than those prepared without heating process. The highest value of remanant magnetic induction (Br) of 11.429 emu/gram was achieved by the ferrofluids with TMAH, while the lowest one of 0.561 emu/gram by that with cAO. The value of H_{cB} of all the samples ranges between 5.2 and 10 mT.

Keywords : ferrofluids, coprecipitation, surfactant

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT. atas limpahan rahmat dan hidayahNya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir yang berjudul :

"Pengaruh Pemanasan dan Jenis Surfaktan pada Sifat Magnetik Ferofluida Berbahan Dasar Pasir Besi"

Dalam penulisan tugas akhir ini banyak menerima nasehat, bimbingan, dan dorongan sehingga laporan dapat terselesaikan, untuk itu penulis menyampaikan banyak terima kasih kepada :

1. Dr. Triwikantoro, M.Sc selaku Ketua Jurusan Fisika FMIPA ITS.
2. DR. Darminto, M.Sc selaku Dosen Pembimbing.
3. Prof. Soegimin, WW dan Drs. M. Zainul Asrori, M.Si selaku dosen penguji.
4. Drs. Gatut Yudhoyono, M.T sebagai dosen wali.
5. Seluruh Dosen dan Staf Karyawan Fisika ITS.
6. Ayah, Ibuku, kakakku Ria, adikku Gogod dan sikecil Sasya.
7. Seluruh Laser Fisika 2002 dan Teman -Teman Fisika Bahan; Heni, Ulfa, Yulian, Asiyah, Dimos, Tommy, Didik, Sistin dan Mas Hendro.
8. Dan, semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu, tarima kasih atas segala bantuan dan dukungannya.

Dalam penulisan tugas akhir ini banyak terdapat kekurangan, oleh sebab itu penulis mengharapkan saran dan kritik demi kesempurnaan di masa yang akan datang.

Surabaya, Februari 2007

Penulis

DAFTAR ISI

Bab **Halaman**

Halaman Judul ..... **i**
Lembar Pengesahan ..... **iii**
Abstrak ..... **v**
Kata Pengantar ..... **ix**
Daftar Isi ..... **xi**
Daftar Gambar ..... **xiii**
Daftar Tabel ..... **xvii**
Bab I Pendahuluan **1**
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Tujuan 2
1.3 Batasan Masalah 2
1.4 Sistematika Penelitian 2
Bab II Tinjauan Pustaka **5**
2.1 Pasir Besi 5
2.2 Struktur Spinel 5
2.3 Surfaktan 7
2.4 Ferofluida 9
2.5 Aplikasi Ferofluida 11
2.6 Metode Pengendapan atau Kopresipitasi 15
2.7 Sifat Kemagnetan Bahan 16
Bab III Metodologi Penelitian **19**
3.1 Bahan Dasar 19
3.2 Peralatan 22
3.3 Langkah Kerja 22
3.4 Pengukuran Dengan VSM 26
Bab IV Hasil dan Pembahasan **29**
4.1 Hasil Analisis Kandungan Pasir 29
4.2 Analisis Sintesis Bahan 34
4.3 Analisis Kemagnetan Dengan VSM 35
4.3.1 Faktor Surfaktan 36
4.3.2 Faktor Pemanasan 42

4.3.3 Faktor Asal pasir 46
4.4 Pelapisan Ferofluida PadaPolimer Polepropilen.....48
Bab V Kesimpulan dan Saran 51
5.1 Kesimpulan 51
5.2 Saran 51
Daftar Pustaka 53
Lampiran .....

DAFTAR GAMBAR

Gambar		Halaman
Gambar 2.1	Struktur kubik ferit	7
Gambar 2.2	(a) Molekul AOc, (b) Pemberian AOc menyebabkan partikel magnet tidak beraglomerasi	8
Gambar 2.3	Pengikatan surfaktan tetrametilammonium hidroksida pada partikel nano magnetit	9
Gambar 2.4	Ferofluida yang telah diberi surfaktan	10
Gambar 2.5	Ferofluida di atas kaca dengan medan magnet di bawah kaca	11
Gambar 2.6	Ferofluida berada di celah udara dari magnet	12
Gambar 2.7	Ferofluida yang digunakan untuk terapi jaringan tumor	13
Gambar 2.8	Rangkaian teknologi sekat ferofluida (ferrofluidic sealing)	14
Gambar 2.9	Uang kertas $1 dapat tertarik magnet akibat tinta yang mengandung ferrofluida	14
Gambar 2.10	Luasan magnetik dari hard disk	15
Gambar 2.11	Bentuk umum kurva	16
Gambar 3.1	Peta-peta pengambilan pasir besi: a. Peta Lumajang, b. Peta Tulungagung, c. Peta Madiun	21
Gambar 3.2	Skema Langkah Kerja : a) Persiapan Bahan Dasar, b) Pembuatan Sampel	25
Gambar 3.3	Seperangkat peralatan VSM tipe Oxford VSM1.2H	26
Gambar 4.1	Hasil XRD pasir Lumajang	29
Gambar 4.2	Hasil XRD pasir Tulungagung	30
Gambar 4.3	Hasil XRD pasir Madiun	31
Gambar 4.4	Hasil pengamatan Pasir besi Lumajang yang telah diekstraksi dengan mikroskop optik	33

Gambar 4.5 Distribusi bentuk dan ukuran pasir besi Lumajang yang telah diekstraksi hasil pengujian dengan SEM 33
Gambar 4.6 Grafik hubungan antara distribusi partikel dengan diameter 34
Gambar 4.7 Pola XRD Ferit Fe_3O_4 33
Gambar 4.8 (a). Ferofluida yang belum dikenai medan magnet ekternal, (b) Ferofluida setelah dikenai medan magnet eksternal 35
Gambar 4.9 Pengikatan Surfaktan Pada Partikel Magnetit: (a) AOc mengikat Fe_3O_4 36
Gambar 4.10 Kurva histerisis ferofluida dari pasir besi Lumajang dengan pemanasan.....39
Gambar 4.11 Kurva histerisis ferofluida dari pasir besi Lumajang tanpa pemanasan 39
Gambar 4.12 Kurva histerisis ferofluida dari pasir besi Tulungagung dengan pemanasan 40
Gambar 4.13 Kurva histerisis ferofluida dari pasir besi Tulungagung tanpa pemanasan 40
Gambar 4.14 Kurva histerisis ferofluida dari pasir besi Madiun dengan pemanasan 41
Gambar 4.15 Kurva histerisis ferofluida dari pasir besi Madiun tanpa pemanasan 41
Gambar 4.16 Kurva histerisis ferofluida dari pasir besi Lumajang dengan penambahan surfaktan TMAH 43
Gambar 4.17 Kurva histerisis ferofluida dari pasir besi Tulungagung dengan penambahan surfaktan TMAH 43
Gambar 4.18 Kurva histerisis ferofluida dari pasir besi Madiun dengan penambahan surfaktan TMAH 44
Gambar 4.19 Kurva histerisis ferofluida dari pasir besi Lumajang dengan penambahan AOc.....44

Gambar 4.20 Kurva histerisis ferofluida dari pasir besi Tulungagung dengan penambahan AOc 45
Gambar 4.21 Kurva histerisis ferofluida dari pasir besi Madiun dengan penambahan AOc 45
Gambar 4.22 Kurva histerisis ferofluida dengan menggunakan TMAH dan pemanasan 46
Gambar 4.23 Kurva histerisis ferofluida dengan menggunakan TMAH dan tanpa pemanasan....47
Gambar 4.24 Kurva histerisis ferofluida dengan menggunakan AOc dan pemanasan 47
Gambar 4.25 Kurva histerisis ferofluida dengan menggunakan AOc dan tanpa pemanasan.....48
Gambar 4.26 Pengujian SEM pada ferofluida dengan surfaktan TMAH yang dilapiskan pada polimer polipropilen.....49
Gambar 4.27 Pengujian SEM pada ferofluida dengan surfaktan AOc yang dilapiskan pada polimer polipropilen 49

DAFTAR TABEL

Tabel		Halaman
Tabel 3.1	Komposisi bahan terlarut dan pelarut	23
Tabel 4.1	Analisa kualitatif dan kuantitatif Pasir Lumajang	29
Tabel 4.2	Analisa kualitatif dan analisa kuantitatif pasir Tulungagung	30
Tabel 4.3	Analisa kualitatif dan analisa kuantitatif pasir Madiun	31
Tabel 4.4	Analisis Kualitatif dan Kuantitatif Pasir Lumajang yang telah diekstraksi	32
Tabel 4.5	Data nilai induksi remanen dan medan koersifitas dari pengukuran VSM	38

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Nanoteknologi dan nanosains berkembang cukup pesat dalam berbagai bidang seperti material, obat-obatan, elektronika, informasi dan komunikasi. Partikel nano untuk nanoteknologi dapat berasal dari produk fotokimia dan aktivitas vulkanik, serta produk yang dihasilkan oleh tumbuhan dan alga. Partikel nano sangat menarik dipelajari menyangkut sifat-sifat kimia dan optik dibandingkan dengan partikel berukuran besar dari material yang sama. Misalnya, titanium dioksida dan seng oksida menjadi transparan pada ukuran nano, yang dapat menyerap dan memantulkan sinar ultra violet, dan ditemukan aplikasinya untuk *"sunscreen"* [1].

Sintesis material dalam beberapa tahun terakhir telah menghasilkan fluida magnet atau ferofluida yang mempunyai sifat fisik seperti cairan dan sifat magnet seperti bahan padat. Ferofluida biasanya mengandung partikel magnetik kecil (~10 nm) dalam suspensi dengan medium cair. Ferofluida pertama kali ditemukan pada tahun 1960 oleh NASA *Research Center*, di mana para ilmuwan meneliti untuk mengontrol cairan di luar angkasa. Dewasa ini penelitian lebih difokuskan pada ferofluida yang berbasis pada magnetit, Fe_3O_4. Ferofluida yang mengandung magnetit dapat disiapkan dengan mengkombinasikan ion–ion Fe(II) dan Fe(III) dalam larutan [2].

Bahan dasar yang digunakan untuk membuat ferofluida pada penelitian ini adalah Fe_3O_4 dalam ukuran nano. Untuk mendapatkan partikel nano Fe_3O_4 pada penelitian ini tidak dengan cara mengkombinasikan ion–ion Fe(II) dan Fe(III) dalam larutan yang didapat dari bahan-bahan murni, tetapi dengan cara mengekstraksi dan mensintesis pasir besi.

Pada penelitian ini akan dipelajari mengenai pengaruh pemanasan pada pembentukkan ferofluida

Selain itu, penelitian ini juga membandingkan sifat kemagnetan ferofluida dari pemberian dua jenis surfaktan.

1.2 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mempelajari dan membandingkan :

1. Pengaruh perlakuan pemanasan dalam sintesis pasir besi menjadi partikel nano Fe_3O_4 terhadap sifat magnetik ferofluida.
2. Pemberian dua jenis surfaktan terhadap sifat kemagnetan dari ferofluida.

1.3 Perumusan Masalah

Permasalahan yang akan dihadapi dalam penelitian ini adalah bagaimana cara mendapatkan ferofluida dari bahan alam pasir besi dan mengetahui pengaruh pemanasan serta pemberian dua jenis surfaktan terhadap sifat kemagnetan ferofluida.

1.4 Batasan Masalah

Penelitian ini menggunakan metode kopresipitasi dalam proses sintesis partikel Fe_3O_4 dari bahan dasar pasir besi dengan ukuran kristal ~10 nm dan pemberian dua jenis surfaktan untuk mengetahui sifat kemagnetan ferofluida. Surfaktan yang dipilih adalah asam oleik-cis (AOc) dan tetrametil-ammonium-hidroksida (TMAH).

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan ini terdiri dari enam bab. Bab I merupakan pendahuluan yang akan membahas latar belakang, tujuan penelitian, perumusan masalah, batasan masalah dan sistematika penulisan. Bab II membahas tentang tinjauan pustaka yang terkait dengan bahan pasir besi, struktur spinel, surfaktan, ferofluida, aplikasi ferofluida, metode pengendapan dan sifat kemagnetan bahan. Bab III memaparkan metode percobaan yang berisi preparasi bahan dan peralatan serta langkah percobaan yang

digunakan. Bab IV menampilkan hasil percobaan dan pembahasan. Dan Bab V sebagai penutup yang merupakan kesimpulan dan saran yang didapat dari penelitian ini.

MILIK PERPUSTAKAAN ITS

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pasir Besi

Pasir merupakan bahan alam yang tersedia sangat melimpah di Indonesia. Pasir biasa dimanfaatkan untuk bahan bangunan sebagai campuran semen dalam pembuatan tembok sebagai pelapis batu bata. Pasir besi pada umumnya mempunyai komposisi utama besi oksida (Fe_2O_3 dan Fe_3O_4) dan silikon oksida (SiO_2) serta senyawa-senyawa lain dengan kadar yang lebih kecil. Analisis komposisi kandungan pasir tersebut dapat dilihat setelah dilakukan pengujian dengan XRD, sehingga dapat digunakan untuk melakukan penelitian ini. Hal ini dapat menambah nilai jual pasir dengan bentuk produk ferofluida.

Pasir besi umumnya ditambang di areal sungai/dasar sungai atau tambang pasir (*quarry*) di pegunungan, tetapi hanya beberapa saja pegunungan di Indonesia yang banyak mengandung pasir besi. Transportasi di pegunungan juga sulit, karena medannya yang terjal dan berliku-liku. Hal ini yang menyebabkan penambang pasir besi lebih memilih menambang di areal sungai daripada di pegunungan, karena lebih mudah dijangkau.

2.2 Struktur Spinel

Ferit merupakan gabungan ion-ion besi dan oksida dan memiliki kemampuan magnetik yang berasal dari ion magnetik yang disebut kation. Ferit-ferit ini memiliki struktur spinel dan sering disebut ferospinel karena struktur kristalnya berhubungan erat dengan spinel $MgO.Al_2O_3$, dengan struktur komplek. Susunan spinel terdiri dari dua jenis struktur, satu tetrahedral (bagian A), karena berlokasi di tengah sebuah tetrahedron dengan sudut-sudutnya ditempati ion oksigen (Gambar 2.1a) dan yang lain disebut oktahedral (bagian B) karena ion-ion oksigen di sekitarnya menempati sudut-sudut sebuah oktahedron (Gambar 2.1b). Selain itu unit sel terbagi menjadi 8 oktan, masing-masing

berisi a/2 (Gambar 2.1c), empat oktan yang berarsir memiliki volume yang sama begitu pula yang tidak diarsir (Gambar 2.1d). Ion-ion oksigen disusun dengan cara yang sama (secara tetrahedral) di semua oktan-oktan.

Sebagian besar ferit yang ditemukan biasanya dalam keadaan terkotori seperti mineral-mineral di dalam batu. Pengetahuan tentang sifat-sifat ferit penting untuk ahli geologis yang tertarik mempelajari magnetisme batu-batuan. Kajian tentang sifat-sifat magnetik dari batu memberikan kesimpulan-kesimpulan penting mengenai kekuatan dan arah medan magnet bumi pada umur geologi lampau (*past geological ages*) dan kesimpulan-kesimpulan ini membentuk terjadinya teori pergeseran kontinental [3].

Berdasarkan distribusi ion-ion logam pada bagian A dan bagian B, maka struktur spinel dapat dibedakan menjadi :

a. Spinel normal

Spinel normal terbentuk apabila semua ion logam divalen menduduki posisi A dan semua ion logam trivalen menduduki posisi B. Dapat dicontohkan sebagai berikut :

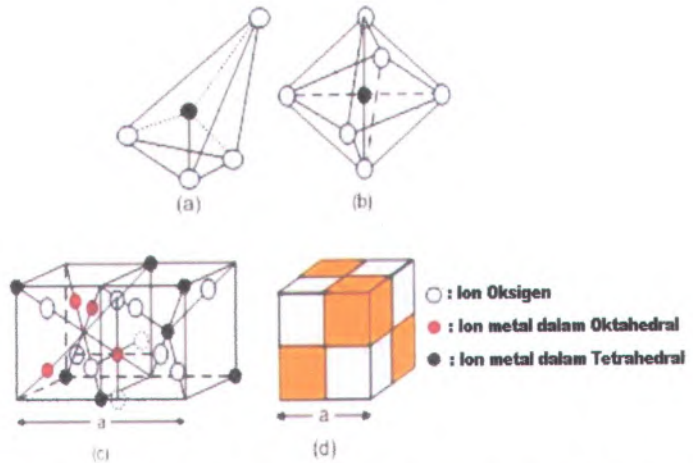
$$Zn_A^{2+}(Fe^{3+}Fe^{3+})_B O_4^{2-}$$

b. Spinel Invers

Spinel invers terbentuk apabila semua ion logam divalen dan setengah ion trivalen menduduki posisi B sedangkan setengahnya lagi menduduki posisi A, sehingga dapat ditulis sebagai berikut:

$$Fe_A^{3+}(M^{3+}Fe^{3+})_B O_4^{2-}$$

Pembentukan spinel normal dan invers ini dipengaruhi oleh besarnya jari-jari, konfigurasi elektronik dari ion logam dan energi elektro statik dari kisi kristal [4]. Gambar 2.1 memperlihatkan struktur spinel normal beberapa ferit $MO\text{-}Fe_2O_3$.



Gambar 2.1 Struktur kubik ferit. (a) Posisi atom dalam kristal tetrahedral A. (b) Posisi atom dalam oktahedral B. (c) Gabungan tetrahedral dan oktahedral. (d) Kubik magnet.

Dalam penggunaannya bahan oksida magnetik dapat digolongkan sebagai berikut :

- Bahan magnetik lunak, meliputi : bahan inti magnetik frekuensi tinggi, bahan memori magnetik, bahan magnetik untuk gelombang mikro, bahan magnetostriksi, bahan *"head"* magnetik, ferit yang sensitif terhadap temperatur dan bahan untuk pemercepat partikel.
- Bahan magnetik keras, meliputi : corong suara, kepala penerima, peralatan akustik, magnetron, pemandu gelombang mikro, amperemeter, voltmeter, motor kecil, generator, mikromotor, motor histeris, penjepit magnetik, pengolah biji magnetik dan magnet karet.

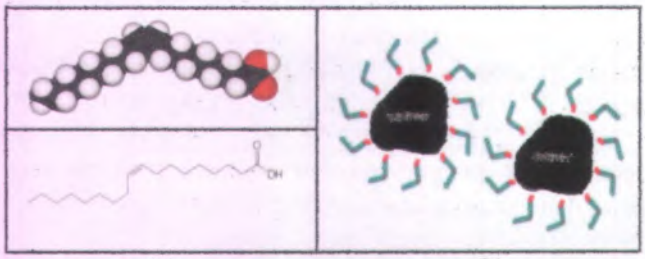
2.3 Surfaktan

Surfaktan didefinisikan sebagai zat yang dapat memudahkan penyebaran partikel dari interaksi magnetik dan

gaya Van der Waals yang bertujuan untuk menjaga kestabilan partikel. Surfaktan kepanjangan dari *"surface active agents"* umumnya campuran organik yang amphifatik yaitu ada kelompok hidrofobik dan kelompok hidrofilik, sehingga dapat larut dalam pelarut organik atau air. Surfaktan terdiri dari ion negatif dan ion positif. Ion yang lebih negatif disebut anion dan yang lebih positif dinamakan kation, sedangkan jika pada ujung-ujungnya terdapat ion negatif dan ion positif dalam satu kepala maka disebut *"zwitterionic"*. Surfaktan yang umumnya dipakai adalah asam oleik-cis (AOc) dan tetrametil-ammonium-hidroksida (TMAH) [5].

AOc adalah asam yang mengandung lemak *"monounsaturated"* omega-9 yang dapat ditemukan dalam berbagai binatang dan sayuran. AOc ini mempunyai rumus molekul $C_{18}H_{34}O_2$ (atau $CH_3(CH_2)_7CH{=}CH(CH_2)_7COOH$). Nama IUPAC nya asam cis-9-octadecenoic dan nama pendeknya 18:1 cis-9. Molekul AOc terlihat pada Gambar 2.2a [6].

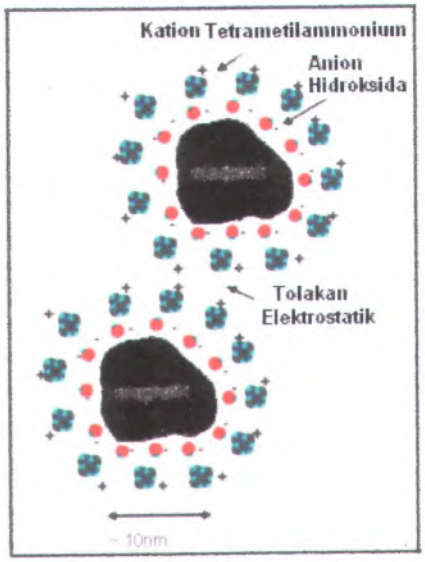
AOc dapat digunakan sebagai surfaktan karena menghasilkan tolakan sterik. Surfaktan ini adalah hidrokarbon yang berikatan panjang yang bergerak pada permukaan partikel magnetit. Panjangnya rantai hidrokarbon ini bertindak sebagai penolak berdekatannya partikel magnet. Gambar 2.2b menunjukkan reaksi pemberian asam oleik-cis pada partikel magnet [7].



(a) *(b)*

Gambar 2.2 (a) Molekul AOc, (b) Pemberian AOc menyebabkan partikel magnet tidak beraglomerasi.

Surfaktan TMAH ($N(CH_3)_4OH$) berfungsi memisahkan partikel-partikel nanomagnetik untuk membentuk suspensi koloid. TMAH terdiri dari dua jenis ion, $(CH_3)_4N^+$ dan OH^-. Anion hidroksida mengikat permukaan partikel magnetit, dan ion negatif ini menarik ion yang berlawanan dari partikel nanomagnetik, sedangkan ion tetrametil ammonium membentuk ion positif di luar partikel. Sejak terjadi pemisahan, tolakan elektrostatik antara ion positif di luar partikel mencegah partikel magnetit beraglomerasi. Hal ini yang menyebabkan partikel nano magnetit membentuk suspensi koloid. Pengikatan surfaktan TMAH ditunjukkan pada Gambar 2.3 [8].



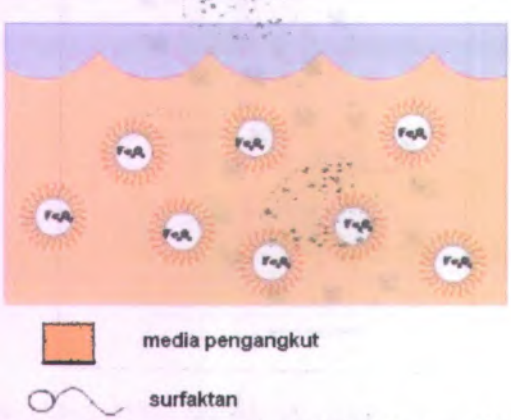
Gambar 2.3 Pengikatan surfaktan TMAH pada partikel nano magnetit [7].

2.4 Ferofluida

Ferofluida merupakan material nano magnetik yang berbentuk cairan yang tersusun atas partikel-partikel berukuran

~10 nm. Logam-logam yang umum digunakan seperti kobalt, magnetit dan besi dan fluida yang umum digunakan adalah air dan minyak. Ferofluida terdiri atas partikel feromagnetik ukuran nano dalam cairan perantara. Umumnya ferofluida berisi partikel nano, yaitu magnetit, oksida besi dan beberapa campuran lain yang berisi Fe^{2+} atau Fe^{3+} [9].

Ferofluida juga dapat didefinisikan sebagai suspensi koloid stabil dari sub-domain partikel magnetik di dalam suatu cairan pembawa. Partikel yang mempunyai ukuran rata-rata sekitar 100Å (10 nm), biasanya dilapisi dengan zat pendispersi stabil (surfaktan) yang tujuannya mencegah terjadinya aglomerasi bahkan ketika gradien medan magnet kuat diberikan pada ferofluida. Surfaktan harus cocok dengan tipe pembawa dan harus dapat menarik gaya Van der Waals dan gaya magnetik antara partikel pada ferofluida. Ferofluida biasanya berisi volume 5% partikel magnetik, 10% surfaktan dan 85% media pengangkut, seperti terlihat pada Gambar 2.4.



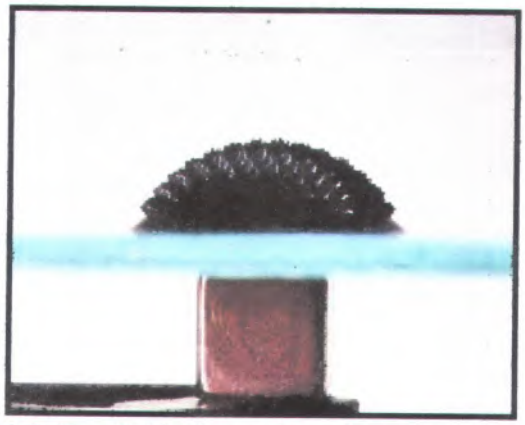
Gambar 2.4 Ferofluida yang telah diberi surfaktan.

Jika medan magnet tidak ada, maka distribusi momen magnetik dalam partikel terjadi secara acak dan fluida tidak mempunyai magnetisasi. Ketika medan magnet diberikan pada

ferofluida, momen magnetik dari partikel mengorientasi sepanjang garis medan secara langsung. Magnetisasi dari ferofluida merespons perubahan seketika dalam pemberian medan magnet dan ketika medan magnet dipindahkan, momen bergerak random secara cepat. Dalam gradien medan, keseluruhan fluida merespons secara homogen yang bergerak ke daerah fluks paling tinggi. Hal ini menyatakan bahwa ferofluida dapat dengan tepat diposisikan dan dikendalikan oleh medan magnet eksternal. Gaya tarik fluida magnetik pada tempatnya adalah sebanding dengan gradien dari medan eksternal dan nilai magnetisasi fluida. Ini berarti bahwa gaya tarik dari ferofluida dapat disesuaikan dengan mengubah magnetisasi dari fluida atau pemberian medan magnet [10].

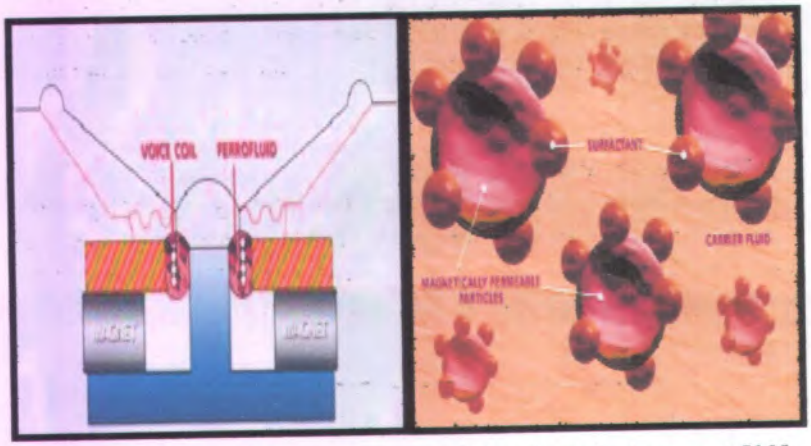
2.5 Aplikasi ferofluida

Gambar 2.5 menunjukkan ferofluida yang mengalami *"spike"* terlihat membentuk pola seperti ujung jarum, ketika diberi medan magnet luar. Hal ini berarti ferofluida mengalami polarisasi kuat terhadap medan magnet eksternal.



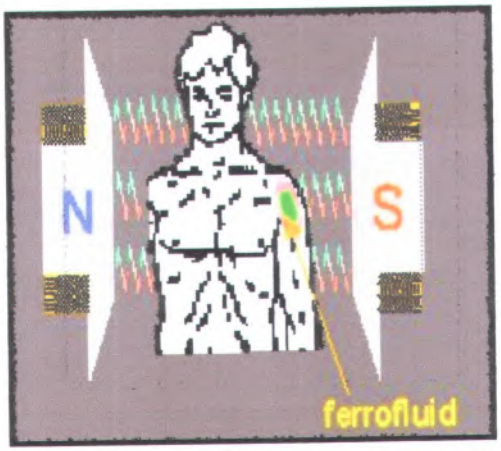
Gambar 2.5 Ferofluida di atas kaca dengan medan magnet di bawah kaca [9].

Dua sifat utama dari fluida untuk berbagai aplikasi adalah viskositas dan nilai magnetisasi. Pengaplikasian ini didapat dalam ferofluida untuk speaker audio yang telah berkembang selama lebih 25 tahun. Ferofluida disini berada di celah udara dari magnet dan melengkapi kekosongan ruang di antara koil polar dan koil permukaan, seperti terlihat pada Gambar 2.6.



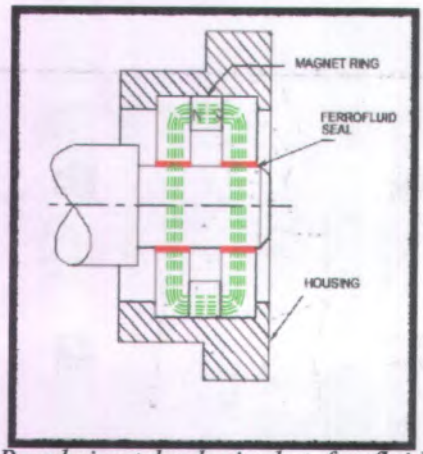
Gambar 2.6 Ferofluida berada di celah udara dari magnet [10].

Dalam bidang biomedis, aplikasi ferofluida untuk terapi jaringan tumor (hyperthermia). Ferofluida diinjeksikan pada bagian tubuh yang terdapat sel tumor dan dikenai arus bolak-balik dari luar, sehingga mengorientasi induksi magnetik dari ferofluida. Medan magnetik inilah yang mengontrol aliran panas, sehingga panas dapat menghambat pertumbuhan dari sel tumor, dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Ferofluida yang digunakan untuk terapi jaringan Tumor [11].

Aplikasi lain untuk sekat ferofluida (*ferrofluidic seals*), yang memberikan pelindung rapat dan tahan lama. Sekat ferofluida ini tahan terhadap kontaminasi dan dapat beroperasi pada kecepatan tinggi. Sekat (*seal*) ini dapat digunakan pada daerah temperatur rendah maupun tinggi dengan menggunakan sirkuit pendingin atau pemanas. Aplikasi *ferrofluidic seals* ini dapat dilihat pada Gambar 2.8.

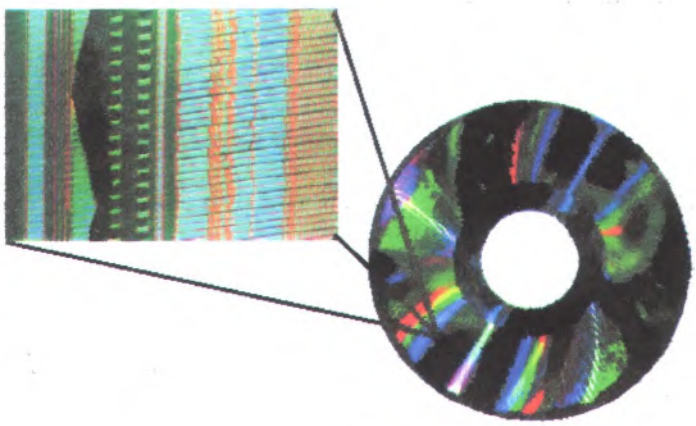


Gambar 2.8 Rangkaian teknologi sekat ferofluida (ferrofluidic sealing) [12].

Salah satu aplikasi yang menarik dari ferofluida adalah tinta. Tinta yang mengandung ferrofluida digunakan oleh pemerintah Amerika Serikat (US) untuk mencetak uang kertas dolar, untuk menolong pemerintah dalam mengidentifikasi pemalsuan dari uang kertas tersebut. Aplikasi ini dapat dilihat pada Gambar 2.9.

Gambar 2.9 Uang kertas $1 dapat tertarik magnet akibat tinta yang mengandung ferrofluida [7].

Ferofluida juga digunakan pada pita magnetik, untuk melapisi seluruh permukaan bahan perekam. Ketika cairan medium menguap, partikel berkumpul pada daerah butir. Hal ini ditampilkan sebagai garis-garis gelap pada cahaya tampak dan dapat dilihat dengan mikroskop. Medan luar yang kecil dapat digunakan pada spesimen untuk menambah kontras dari gambar [13]. Lihat Gambar 2.10.



Gambar 2.10 Luasan magnetik dari hard disk [13].

2.6 Metode Pengendapan atau Kopresipitasi

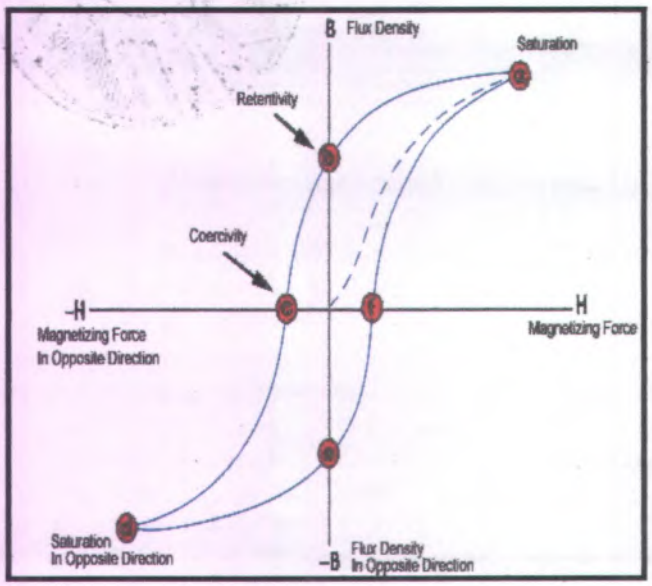
Dalam pembuatan ferit, cara-cara dan kondisi yang digunakan akan mempengaruhi sifat-sifat produk akhir yang diperoleh. Dalam metode basah garam-garam yang diperlukan sebagai bahan dasar dilarutkan bersama-sama dalam pelarut, misalnya asam. Kepada larutan yang sudah diaduk sampai homogen ditambahkan larutan pengendap sedemikian rupa sehingga endapan yang didapat mempunyai homogenitas yang tinggi [14].

Senyawa-senyawa karbonat dapat digunakan sebagai bahan pengendap. Biasanya digunakan pengendap NaOH hanya

kerugiannya kation-kiation Na^+ dapat diabsorbsi oleh endapan hidroksida, sedangkan pencucian untuk membebaskan endapan dari kation-kation ini sangat sulit dilakukan. Pengotoran seperti ini yang menurunkan mutu ferit yang dibuat. Penggunaan NH_4OH lebih menguntungkan karena sisa NH_4OH yang mengotori endapan dapat dihilangkan dengan jalan memanaskan endapan pada suhu tinggi [15].

2.7 Sifat Kemagnetan Bahan

Induksi magnetik dalam bahan magnet sangat tergantung pada medan magnet dan jenis bahan. Hal ini dapat dijelaskan dengan menggunakan loop histerisis. Kurva histerisis dapat menunjukkan informasi tentang sifat–sifat kemagnetan dari suatu bahan. Loop histerisis menunjukkan hubungan antara rapat induksi magnet B dan kemagnetan dari luar H. Sebagai contoh dapat dilihat pada Gambar 2.11 :



Gambar 2.11 Bentuk umum kurva histerisis.

Dari grafik hubungan antara B dengan H dapat terlihat besaran–besaran yang menunjukkan sifat kemagnetan bahan antara lain :

- Induksi remanen (B_r/Retensivitas) : adalah induksi magnet yang tersisa ketika medan luar H telah dihilangkan, hal ini menunjukkan kemampuan magnetisasi bahan ketika diberikan medan luar. Semakin besar nilai B_r dari suatu bahan maka sifat kemagnetannya juga semakin besar.
- H_c (Medan koersifitas) : adalah besarnya medan yang dibutuhkan untuk membuat kemagnetannya sama dengan nol. Semakin besar nilai H_c akan menunjukkan sifat kemagnetan yang semakin besar [16].

BAB III
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Bahan Dasar

Bahan dasar yang digunakan dalam penelitian ini berupa pasir besi yang diambil dari 3 sungai di Jawa Timur. Sungai-sungai itu antara lain, Sungai Regoyo, Desa Gondoruso Kecamatan Pasirian Kabupaten Lumajang; Sungai Brantas, Desa Ngujang Kecamatan Kedungwaru Kabupaten Tulungagung; dan Sungai Madiun, Kecamatan Mangunarjo Kota Madiun. Lokasi pengambilan pasir dapat dilihat pada Gambar 3.1.

(a)

PETA POTENSI KABUPATEN TULUNGAGUNG
Kab. Kediri
Kab. Ponorogo
Kab. Trenggalek
Kab. Blitar
Kabupaten Kediri
Sendang
Pagerwojo
Karangrejo
Ngantru
Kedungwaru
Wonodadi
Kalangbret
TULUNGAGUNG
Srengat
Gondang
Sumbergempol
Ngunut
Boyolangu
Rejotangan
Pakel
Campur Darat
Bandung
Kalidawir
Bakung
Besuki
Tanggunggunung
Sripit
Pucanglaban
U
B
T
S
KETERANGAN
BLIMBING
Rejotangan, Ngunut
Jumlah Unit Usaha Th 1995 sebanyak :
Jumlah Produksi : 3.000 kw/th
Ikan hias
Kedungwaru
Jumlah Unit Usaha Th 1995 sebanyak :
Jumlah Produksi :
PANDAI BESI
Gondang
Jumlah Unit Usaha Th 1995 sebanyak :
Jumlah Produksi : 1 bh/th
Onik
BESUKI
Jumlah Unit Usaha Th 1995 sebanyak :
Jumlah Produksi : 1.050 bh/th
LEGENDA
Batas Kabupaten
Jalan Propinsi
Batas Kecamatan
PETA PROPINSI DAERAH TINGKAT I JAWA TIMUR
Laut Jawa
JAWA TENGAH
BALI
SAMUDERA INDONESIA

(b)

(c)

Gambar 3.1 Peta-peta pengambilan pasir besi: a. Peta Lumajang, b. Peta Tulungagung, c. Peta Madiun [17].

Pasir-pasir besi di atas mempunyai warna-warna yang berbeda. Warna pasir besi dari Sungai Regoyo berwarna hitam pekat, sedangkan pasir besi dari Sungai berantas berwarna hitam agak keabuan dan pasir besi dari Sungai Madiun berwarna lebih terang dari pasir besi yang lain yaitu abu-abu keputihan.

Hasil pengujian dengan XRD didapatkan kandungan Fe_3O_4 dari masing-masing pasir, sehingga memudahkan untuk direaksikan menjadi bahan ferit ukuran nanometer. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari bahan larutan asam klorida (HCl) 12,063M, larutan ammonium hidroksida (NH_4OH) 6,5M dan aqua DM.

3.2 Peralatan

Penelitian ini menggunakan peralatan sebagai berikut :

1. Pemanas dan pengaduk magnetik (*hotplate & magnetic stirrer*)
2. *X-ray diffraktrometer* (JEOL-6000) Shimadzu
3. Gelas ukur
4. Magnet permanen
5. Timbangan digital
6. Pipet, kertas saring, pengaduk dan kertas pembersih
7. VSM tipe Oxford VSM1.2H dan SEM

3.3 Langkah Kerja

Dalam sintesis fluida magnetik terdapat dua tahapan, yaitu persiapan bahan dasar dan pembuatan sampel. Sedangkan pemilihan bahan-bahan meliputi pasir Fe_3O_4 dan larutan HCl dan NH_4OH, komposisinya harus diketahui seperti reaksi berikut :

$$3\,Fe_3O_4 + 8\,HCl \rightarrow 2\,FeCl_3 + FeCl_2 + 3\,Fe_2O_3 + 4\,H_2O + H_2 \quad (3.1)$$

$$2\,FeCl_3 + FeCl_2 + 4\,H_2O + 8\,NH_4OH \rightarrow Fe_3O_4 + 8\,NH_4Cl + 7\,H_2O + O_2 \quad (3.2)$$

Tujuan pemberian HCl pada pasir yang telah diekstraksi adalah untuk melarutkan besi oksida dan mengendapkan pengotor yang tidak larut dalam HCl, sedangkan

pemberian pemanasan 70° C akan mempercepat pembentukan Fe_3O_4. Ketika pasir terlarut dalam HCl terlihat larutan berwarna kuning dan kemudian berwarna cokelat pekat, warna kuning menunjukkan fase $FeCl_2$ dan warna cokelat pekat menunjukkan fase $FeCl_3$. Pasir besi yang terlarut dipisahkan dengan menggunakan kertas saring untuk mendapatkan hasil partikel Fe_3O_4 yang murni. Selama 5 menit larutan diaduk dengan pengaduk magnetik dengan kecepatan lebih kecil dan pemanasannya dinaikkan menjadi 100° C, hal ini untuk mempermudah pemberian NH_4OH, tujuannya untuk mendapatkan partikel Fe_3O_4 dalam ukuran nano. Pemberian NH_4OH dihentikan apabila larutan telah berwarna hitam, kemudian kecepatan diperbesar lagi, supaya pengadukkannya lebih merata selama 5 menit. Tetapi pemberian NH_4OH yang berlebih atau telah melebihi batas jenuh diduga akan mempercepat pembentukkan partikel Fe_2O_3, terlihat warna larutan dari hitam menjadi agak kecoklatan.

Selanjutnya larutan disaring dengan kertas saring dan dicuci berkali-kali sampai air cucian jernih dan diambil endapannya. Tujuan penyaringan di sini untuk mendapatkan Fe_3O_4 yang murni, setelah itu endapan diambil dan dipisahkan menjadi 2 bagian. Bagian pertama diberi surfaktan tetrametilammonium hidroksida dan bagian yang kedua diberi surfaktan asam oleik-cis, pemberian surfaktan dimaksudkan untuk mencegah aglomerasi pada partikel Fe_3O_4. Garis besar penelitian dapat digambarkan dengan diagram alir dalam Gambar 3.2. Massa pasir besi yang telah diekstrak dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Komposisi bahan terlarut dan pelarut

Pasir Besi	Massa (gr)	HCl (ml)	NH_4OH(ml)
Madiun	21.016	38	24
Tulungagung	20.0648	38	21
Lumajang	20.038	38	19

Endapan Fe_3O_4 hasil sintesis diambil 10 gram. Lima gram endapan ditambahkan 1,2 ml surfaktan tetrametil-ammonium-hidroksida dan 5 gram yang lain ditambah 1,2 ml surfaktan asam oleik-cis. Jadi total volum ferofluida adalah 6 ml. Konsentrasi ferofluida diperoleh 3,67 M dari mol sebesar 0,022 mol dapat dicari dengan persamaan rumus 3.1a dan 3.1b.

$$\textbf{Mol} = \frac{\textbf{Massa}}{\textbf{Mr}} \quad \text{.....(3.1a)}$$

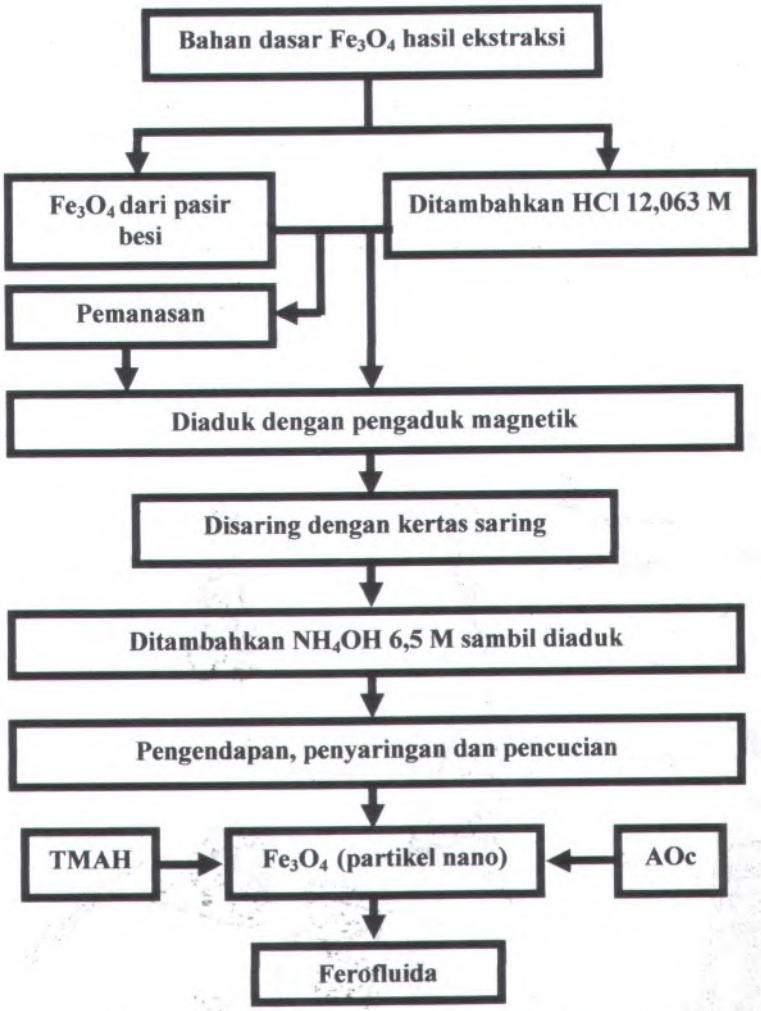
dan

$$\textbf{M} = \frac{\textbf{Mol}}{\textbf{Volume}} \quad \text{.....(3.1b)}$$

a. Persiapan Bahan Dasar

MILIK PERPUSTAKAAN ITS

b. Pembuatan Sampel



Gambar 3.2 Skema Langkah Kerja : a) Persiapan bahan dasar, b) Pembuatan sampel

3.4 Pengukuran Dengan VSM

Vibrating Sample Magnetometer (VSM) tipe Oxford VSM1.2H merupakan salah satu jenis peralatan yang digunakan untuk mempelajari sifat magnetik bahan. Informasi yang diperoleh dari alat ini adalah besaran-besaran sifat magnetik sebagai akibat perubahan medan magnet luar yang digambarkan dengan kurva histerisis. VSM merupakan salah satu alat ukur magnetisasi yang bekerja berdasarkan metoda induksi, yaitu magnetisasi diukur dari sinyal yang ditimbulkan/diinduksikan oleh sampel yang bergetar dalam lingkungan medan magnet pada sepasang kumparan, seperangkat peralatannya dapat dilihat pada Gambar 3.4.

Gambar 3.3 Seperangkat peralatan VSM tipe Oxford VSM1.2H [18].

Dalam proses pengukurannya, mula-mula sampel yang akan diukur magnetisasinya dipasang pada ujung bawah batang kaku yang bergetar secara vertikal dalam lingkungan medan magnet luar H. Jika sampel termagnetisasi, secara permanen atau sebagai respons dari adanya medan luar, getaran ini akan mengakibatkan perubahan garis gaya magnetik. Perubahan ini akan menimbulkan/menginduksikan sinyal tegangan AC pada kumparan pengambil (*pick-up coil* atau *sense coil*) yang ditempatkan secara tepat dalam sistem medan magnet ini.

Selanjutnya sinyal AC ini akan dibaca oleh rangkaian *pre-amp* dan *Lock-in amplifier*. Frekuensi dari *Lock-in amplifier* diset sama dengan frekuensi getaran sinyal referensi dari pengontrol getaran cuplikan. *Lock-in amplifier* ini akan membaca sinyal tegangan dari kumparan yang sefasa dengan sinyal referensi. Kumparan pengambil biasanya dirangkai berpasangan dengan kondisi arah lilitan yang berlawanan. Hal ini untuk menghindari terbacanya sinyal yang berasal selain sampel, misalnya dari akibat adanya perubahan medan magnet luar itu sendiri. Selanjutnya medan magnet yang diberikan, suhu sampel, sudut dan interval waktu pengukuran dapat divariasi melalui kendali komputer. Komputer akan merekam data tegangan kumparan sebagai fungsi medan magnet luar, suhu, sudut ataupun waktu [18].

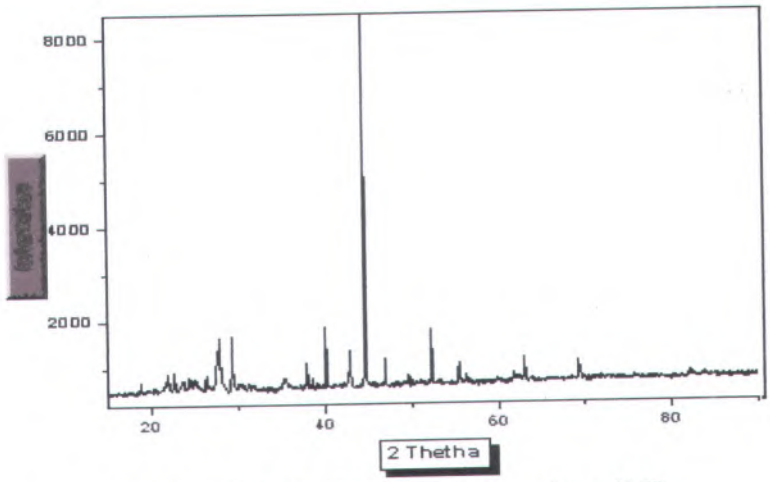
BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Analisis Kandungan Pasir

Pasir besi dari Lumajang yang telah diekstraksi setelah dilakukan uji XRD didapatkan komposisinya yang mempunyai kandungan fase-fase yang terlihat pada Tabel 4.1 dan sebagai perbandingan digunakan pasir besi dari Tulungagung dan Madiun (Tabel 4.2 dan Tabel 4.3).

Tabel 4.1 Analisis Kualitatif dan Kuantitatif Pasir Lumajang

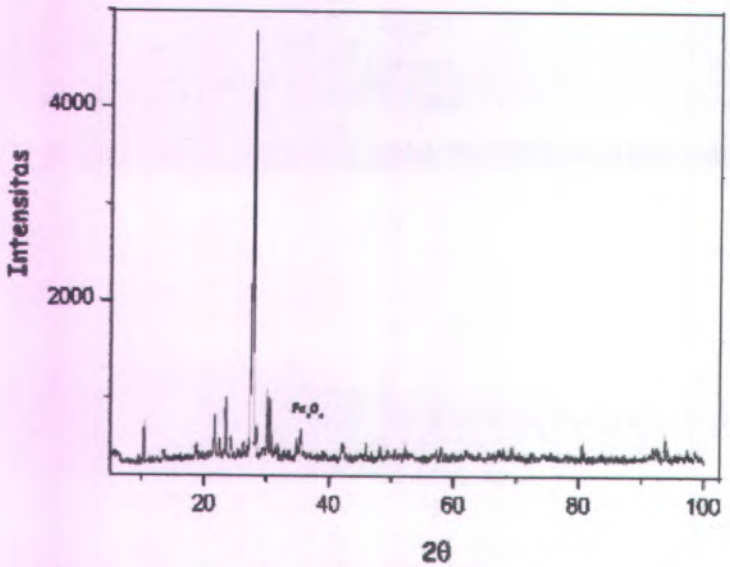
No	Jenis Fase	Prosentase Kandungan %
1	Fe_2O_3	30,18
2	Fe_3O_4	26,95
3	SiO_2	8,96
4	(Fe, Ni)	26,4



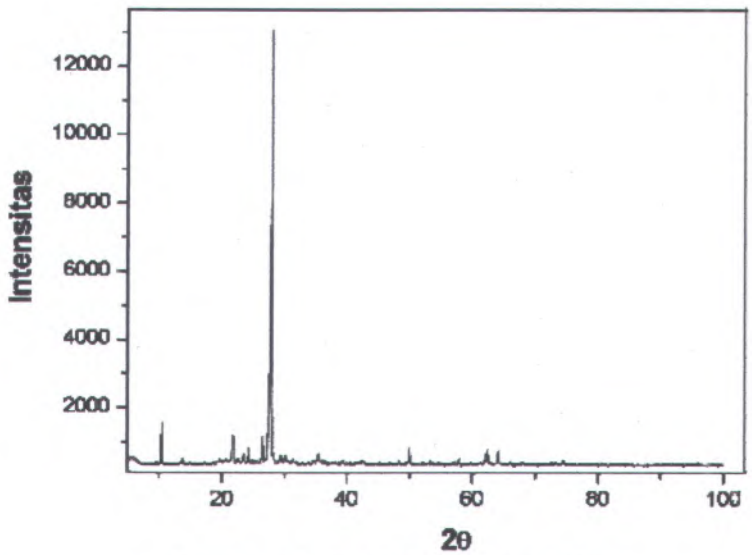
Gambar 4.1 Hasil XRD pasir Lumajang [16].

Tabel 4.2 Analisis kualitatif dan analisis kuantitatif pasir Tulungagung

No	Jenis Fase	Prosentase Kandungan %
1	Fe_2O_3	7,69
2	Fe_3O_4	16,53
3	SiO_2	6,92
4	$FeSO_3$	38,84
5	Al_6Fe	9,28
6	SiP	18,84
7	Si	1,92



Gambar 4.2 Hasil XRD pasir Tulungagung.



Gambar 4.3 Hasil XRD pasir Madiun

Tabel 4.3 Analisis kualitatif dan analisis kuantitatif pasir Madiun

No	Jenis Fase	Prosentase Kandungan %
1	Fe_2O_3	5,42
2	Fe_3O_4	8,6
3	$FeSO_3$	35,74
4	SiO_2	22,62
5	Ai_6O_4	20,81
5	SiP	6,78

Hasil pengujian XRD menunjukkan pasir besi yang diambil dari 3 tempat yang berbeda mempunyai kandungan fase sejenis, walaupun dari Tabel 4.1 sampai 4.3 menunjukkan prosentase kandungan berbeda. Fase-fase Fe_3O_4 dan Fe_2O_3 yang berupa bahan dasar untuk pembuatan ferofluida yang berukuran

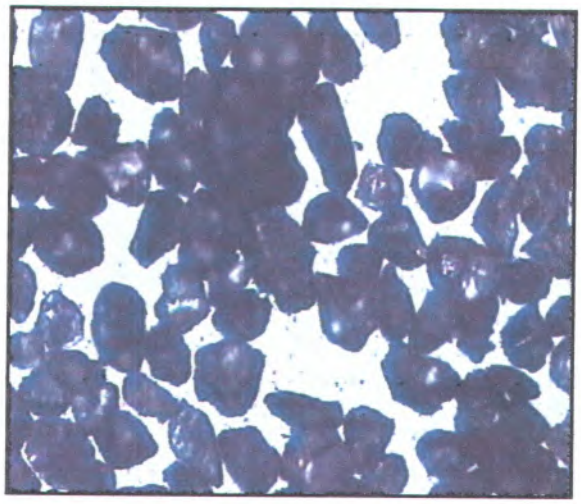
nanometer. Prosentase kandungan pasir besi Lumajang dari hasil penelitian sebelumnya [16], memperlihatkan kandungan fase Fe_3O_4 sebesar 26,95% dan kandungan fase Fe_2O_3 sebesar 30,18%. Prosentase ini menunjukkan kandungan fase pasir besi Lumajang lebih besar daripada pasir besi yang diambil dari sungai di Tulungagung dan di Madiun.

Pengujian dengan XRD pasir besi Lumajang yang telah diekstraksi dari penelitian sebelumnya didapatkan kandungan Fe_3O_4 meningkat dari 26,95 % menjadi 83,33 %, dapat dilihat pada Tabel 4.4. Hal ini memudahkan pasir tersebut untuk direaksikan untuk menjadi bahan ferit dengan ukuran nanometer.

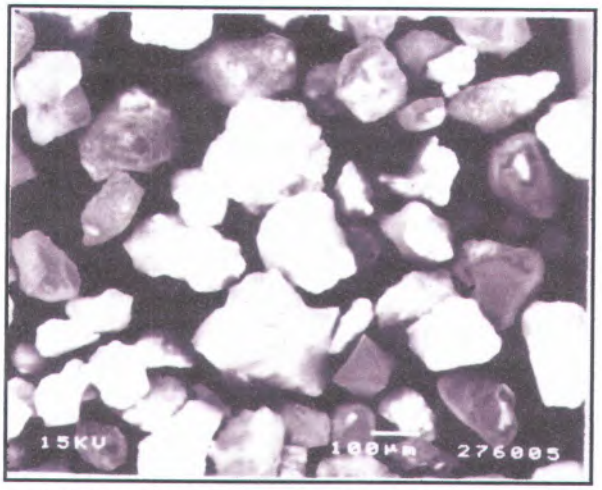
Tabel 4.4 Analisis Kualitatif dan Kuantitatif Pasir Lumajang yang Sudah Diekstraksi [16].

No	Jenis Fase	Prosentase Kandungan %
1	Fe_2O_3	16,66
2	Fe_3O_4	83,33

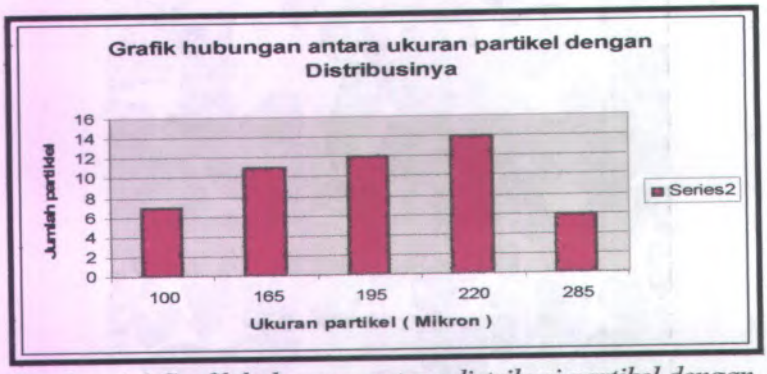
Gambar 4.4 menunjukkan mikrostruktur bahan dasar Fe_3O_4 dari pasir besi Lumajang yang telah diekstraksi dengan menggunakan mikroskop optik. Partikel-partikel Fe_3O_4 terlihat seperti butir-butir berwarna hitam, sedangkan distribusi bentuk dan ukurannya seperti ditunjukkan Gambar 4.5. Gambar 4.6 menunjukkan Grafik hubungan antara distribusi partikel dengan diameter dan diperoleh diameter rata-rata partikel Fe_3O_4 sekitar 181 mikrometer.



Gambar 4.4 Hasil pengamatan Pasir besi Lumajang yang telah diekstraksi dengan mikroskop optik [19].



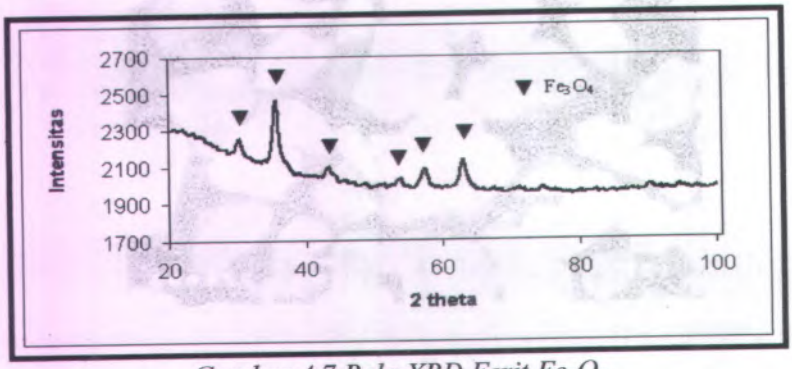
Gambar 4.5 Distribusi bentuk dan ukuran pasir besi Lumajang yang telah diekstraksi hasil pengujian dengan SEM [16].



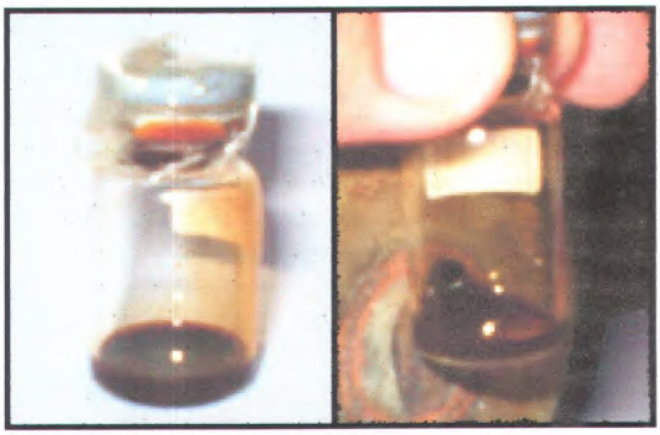
Gambar 4.6 Grafik hubungan antara distribusi partikel dengan diameter [16].

4.2 Analisis Sintesis Bahan

Preparasi pasir besi sebagai bahan dasar telah dilakukan melalui sintesis dengan penambahan HCl dan NH_4OH pada bahan dasar Fe_3O_4 pasir besi seperti reaksi pada Persamaan 3.1 dan Persamaan 3.2. Hasil sintesis dengan pengujian XRD menunjukkan prosentase kadar Fe_3O_4 mencapai 100% dengan ukuran kristal 7,06 nm, yang dapat dilihat pada Gambar 4.7. Diameter ukuran kristal ferit yang kurang dari 10 nm dapat dijadikan syarat untuk membuat ferofluida.



Gambar 4.7 Pola XRD Ferit Fe_3O_4.



(a) (b)

Gambar 4.8 (a). Ferofluida yang belum dikenai medan magnet ekternal, (b) Ferofluida setelah dikenai medan magnet eksternal.

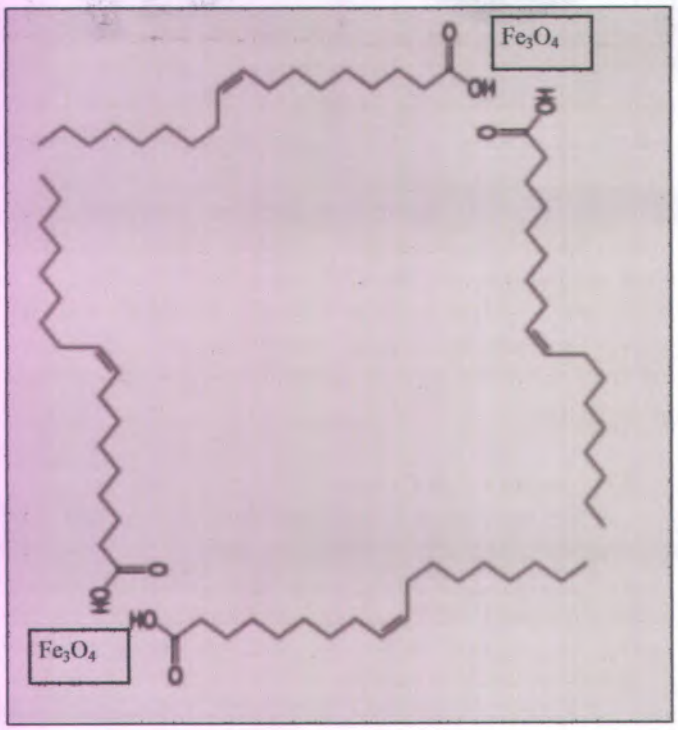
Gambar 4.8 merupakan gambar ferofluida (dengan surfaktan TMAH) yang disintesis dari ferit Fe_3O_4. Ferofluida ini jika diberi medan magnet dari luar maka fluida ini akan bergerak mengikuti arah medan magnet tersebut. Gambar 4.8a adalah ferofluida yang belum dikenai medan magnet eksternal dan Gambar 4.8b adalah keadaan ferofluida yang dikenai medan magnet eksternal.

4.3 Analisis Kemagnetan Dengan VSM

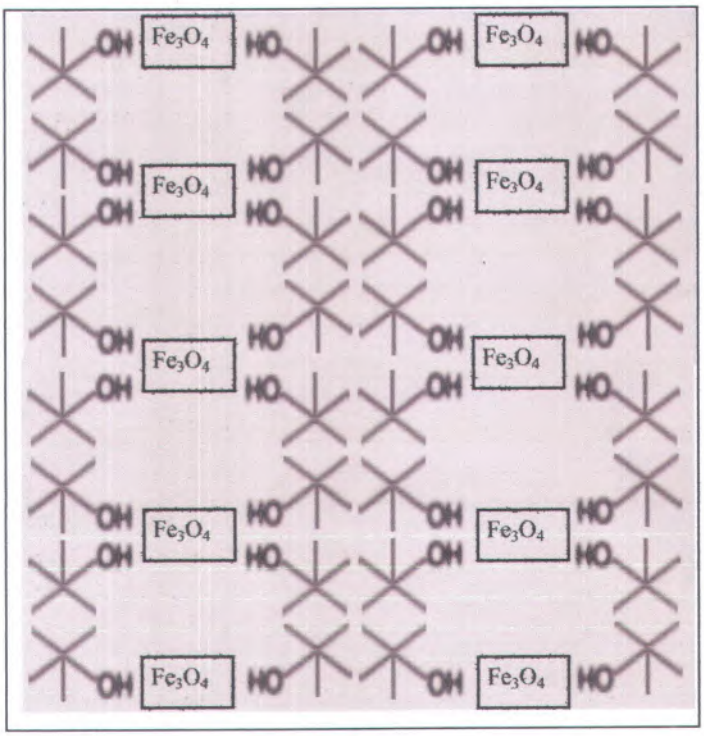
Pengujian dengan menggunakan VSM tipe Oxford VSM1.2H menghasilkan besarnya kemagnetan fluida magnet dari pasir besi Lumajang, Tulungagung dan Madiun. Pemberian pemanasan maupun tidak dengan pemanasan masing-masing ditambahkan surfaktan AOc dan TMAH digambarkan dan dibahas dalam uraian di bawah ini.

4.3.1 Faktor Surfaktan

Surfaktan TMAH mempunyai ikatan rantai C yang lebih sedikit dari surfaktan AOc. Ikatan rantai C yang lebih sedikit inilah yang dapat memberikan tempat lebih bagi partikel Fe_3O_4 karena dalam konsentrasi yang sama, ferofluida yang diberi TMAH dapat mengikat partikel Fe_3O_4 lebih banyak. Sedangkan ferofluida yang diberi AOc dengan ikatan rantai C yang panjang hanya mampu mengikat partikel Fe_3O_4 lebih sedikit (lihat gambar 4.9). Oleh karena itu ferofluida yang diberi surfaktan TMAH mempunyai sifat magnet yang lebih besar dibandingkan dengan ferofluida jika diberi surfaktan AOc (lihat Tabel 4.5).



(a)



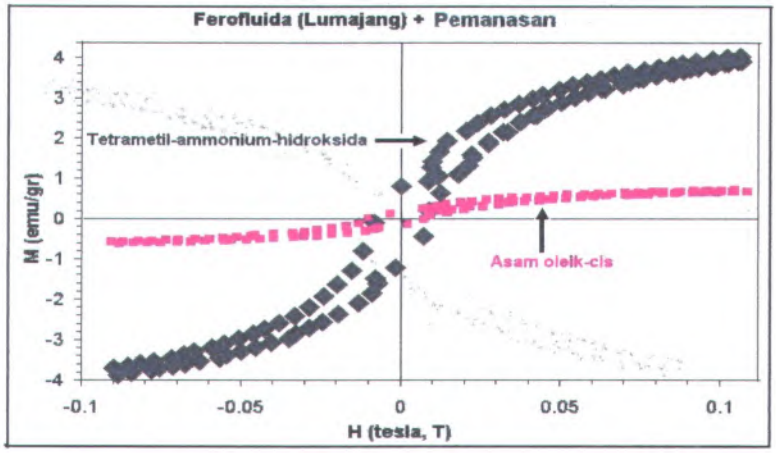
(b)

Gambar 4.9 Pengikatan Surfaktan pada partikel magnetit : (a) AOc mengikat Fe_3O_4, (b) TMAH mengikat Fe_3O_4.

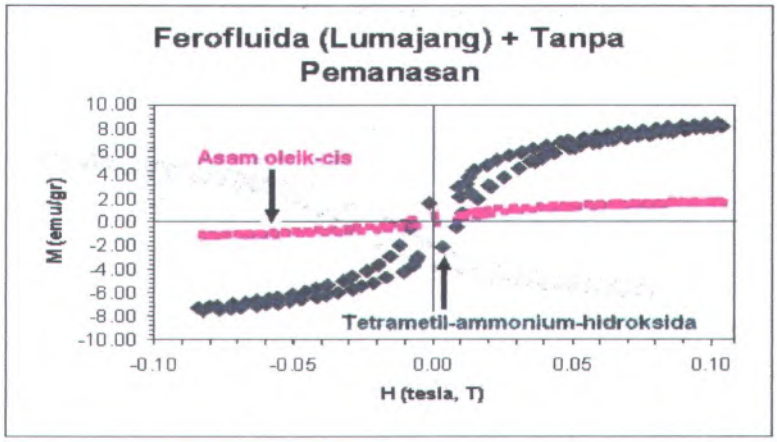
Tabel 4.5 Data Nilai Induksi Remanen dan Medan Koersifitas dari pengukuran VSM.

Pasir	Surfaktan		Pemanasan		Besaran	
	AOc	TMAH	Dengan	Tanpa	Br (emu/gr)	HcB (x 10^{-3} Tesla)
Lumajang	✓		✓		0,631	5,2
				✓	1,397	8,15
		✓	✓		3,866	7,7
				✓	10,41	10
Tulungagung	✓		✓		2,83	7,8
				✓	2,288	7,85
		✓	✓		4,405	9,15
				✓	0,937	6,25
Madiun	✓		✓		0,561	8,65
				✓	0,561	3,85
		✓	✓		11,429	8,95
				✓	5,631	5,45

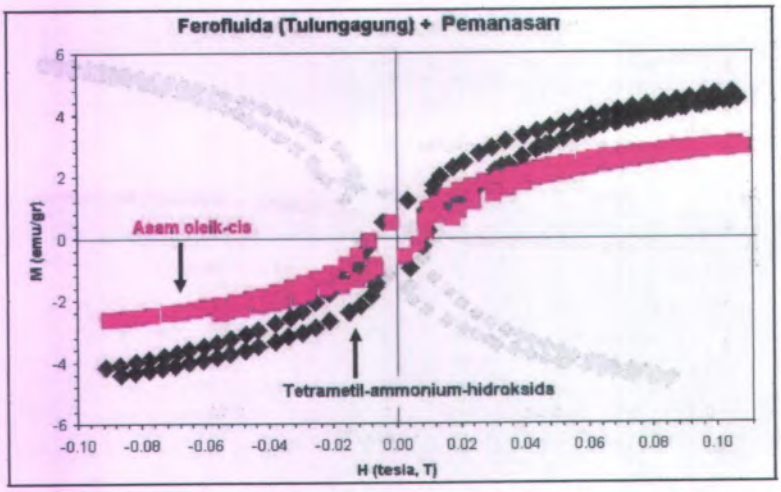
Tabel 4.5 menunjukkan ferofluida (dari pasir Tulungagung) tanpa pemanasan dengan surfaktan TMAH mempunyai sifat magnetik yang lebih kecil daripada ferofluida tanpa pemanasan dengan surfaktan AOc (lihat gambar 4.13). Ini dapat disebabkan adanya penggabungan partikel Fe_3O_4 (karena pengeringan yang terlalu lama setelah tahap pencucian) pada ferofluida dengan surfaktan TMAH, sehingga partikel yang berukuran besar akan mengandung lebih banyak domain (total momen magnetik = 0) dan ketika diberi medan luar menghasilkan sifat magnetik yang justru lebih lemah.



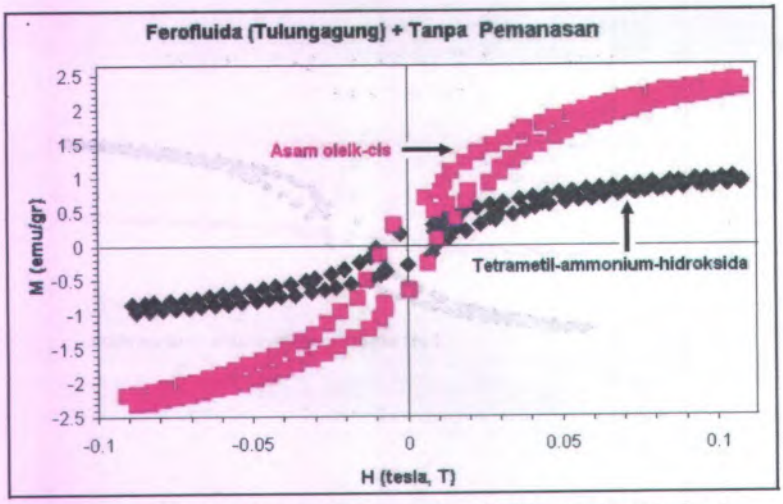
Gambar 4.10 Kurva histerisis ferofluida dari pasir besi Lumajang dengan pemanasan.



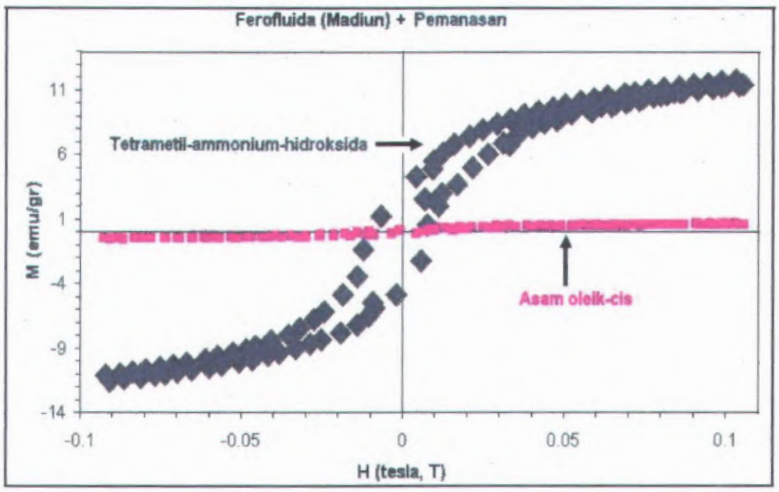
Gambar 4.11 Kurva histerisis ferofluida dari pasir besi Lumajang tanpa pemanasan.



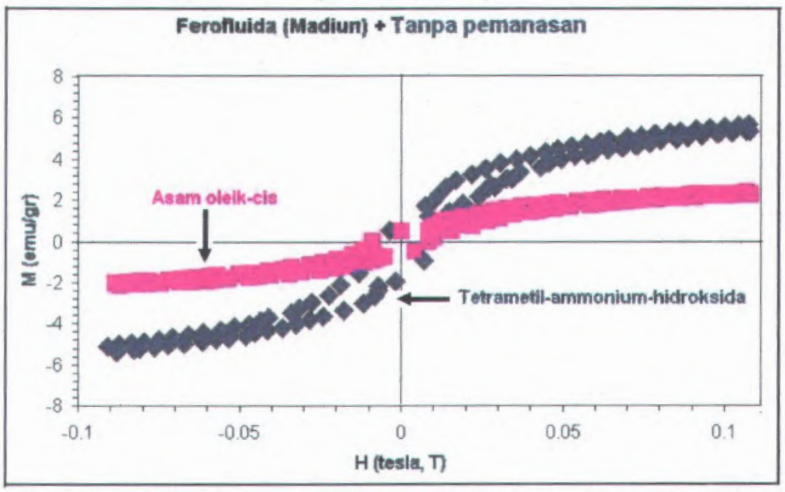
Gambar 4.12 Kurva histerisis ferofluida dari pasir besi Tulungagung dengan pemanasan.



Gambar 4. 13 Kurva histerisis ferofluida dari pasir besi Tulungagung tanpa pemanasan.



Gambar 4.14 Kurva histerisis ferofluida dari pasir besi Madiun dengan pemanasan.

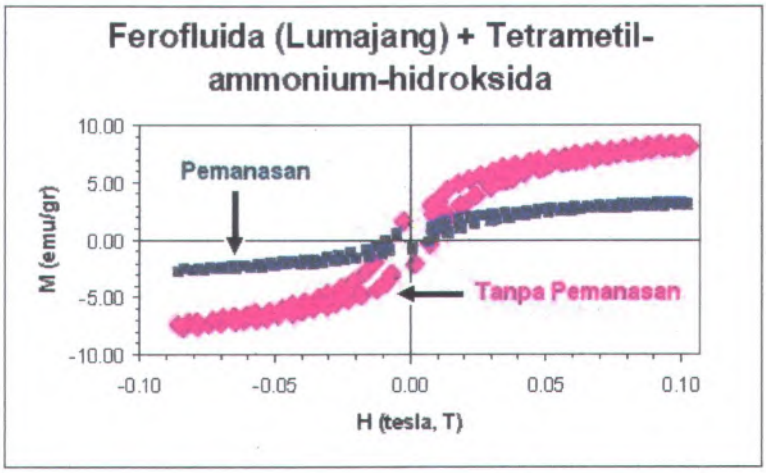


Gambar 4.15 Kurva histerisis ferofluida dari pasir besi Madiun tanpa pemanasan.

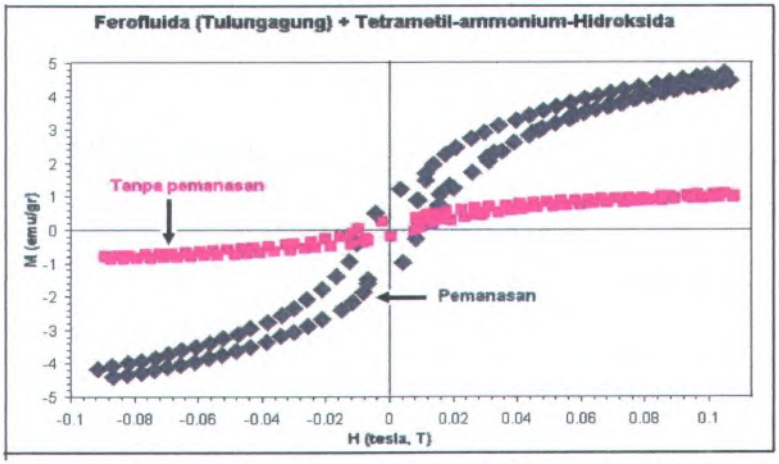
4.3.2 Faktor Pemanasan

Pembuatan ferofluida dengan pemanasan dapat menyebabkan peningkatan sifat magnetnya (lihat tabel 4.5). Hal ini dikarenakan luas daerah domain (yang merupakan daerah yang memberikan sifat magnet) pada partikel Fe_3O_4 semakin besar sehingga ukuran butir juga ikut besar. Selama proses pembuatan ferofluida, pemanasan (*heat treatment*) menyebabkan daerah-daerah domain semakin luas. Jika arah momen magnetik dalam domain-domain ini disearahkan dengan medan luar (eksternal), maka terjadi magnetisasi (sifat magnet) yang sangat kuat. Sehingga sifat magnet ferofluida yang terisi dengan partikel-partikel Fe_3O_4 juga semakin kuat. Hal ini ditunjukkan oleh hasil pengukuran VSM pada Gambar 4.17, 4.18 dan 4.20.

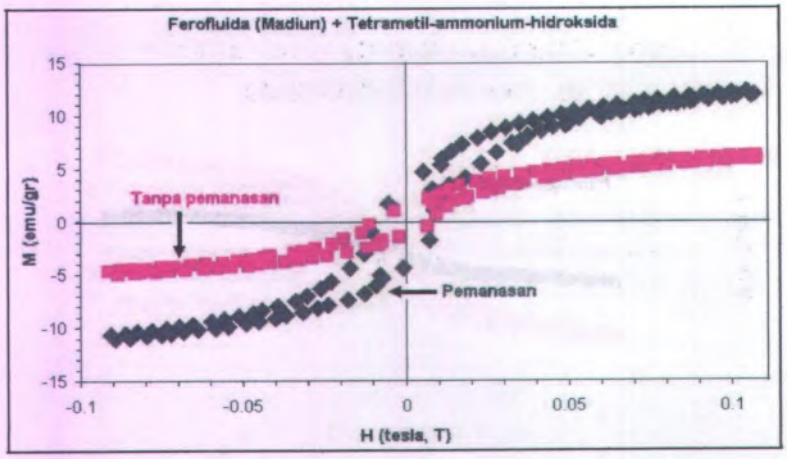
Di lain kasus, Gambar 4.16, 4.19 dan 4.21 menunjukkan ferofluida yang disintesis dengan pemanasan mempunyai sifat magnetik yang lebih rendah daripada tanpa pemanasan. Faktor pemanasan pada saat sintesis dapat menyebabkan kehadiran fasa pengotor, yaitu Fe_2O_3. Proses pemanasan ini menyebabkan oksigen menguap dan ion Fe yang berikatan dengan O menjadi lebih sedikit. Hal ini juga dapat disebabkan oleh faktor pencucian yang kurang bersih pada ferofluida yang diberi perlakuan panas sehingga partikel Fe_2O_3 masih tersisa. Jumlah partikel Fe_3O_4 dalam gr/ml yang sama jadi lebih sedikit dan menyebabkan sifat magnetiknya menjadi lemah, karena dalam ferofluida selain terisi dengan partikel Fe_3O_4 dan surfaktan AOc juga terisi partikel Fe_2O_3.



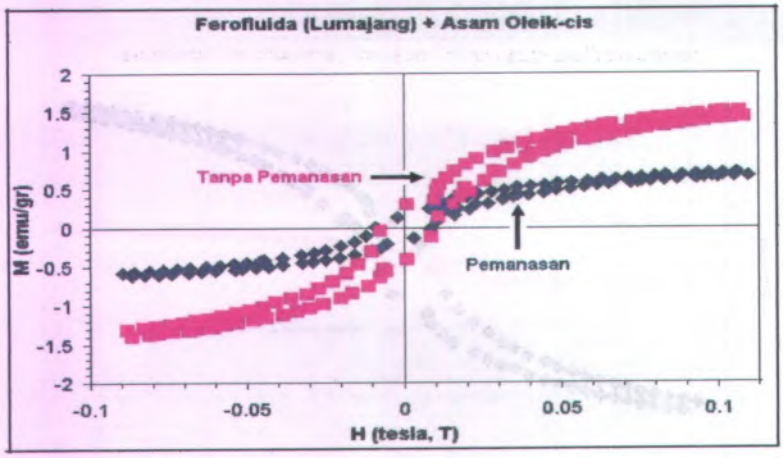
Gambar 4.16 Kurva histerisis ferofluida dari pasir besi Lumajang dengan penambahan surfaktan TMAH



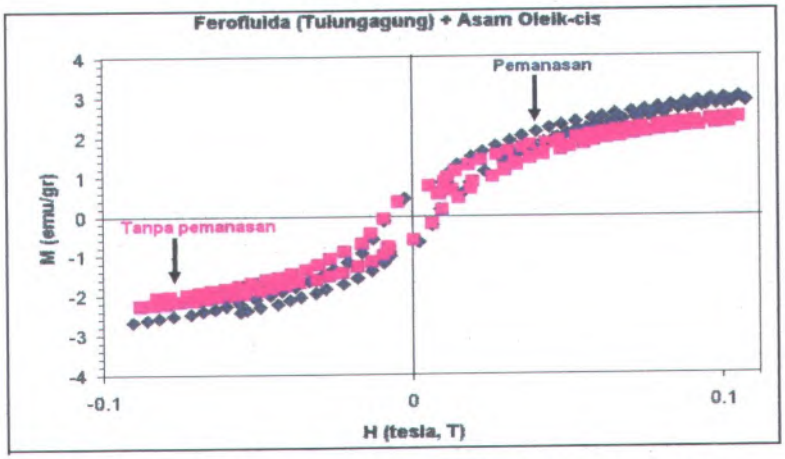
Gambar 4.17 Kurva histerisis ferofluida dari pasir besi Tulungagung dengan penambahan surfaktan TMAH



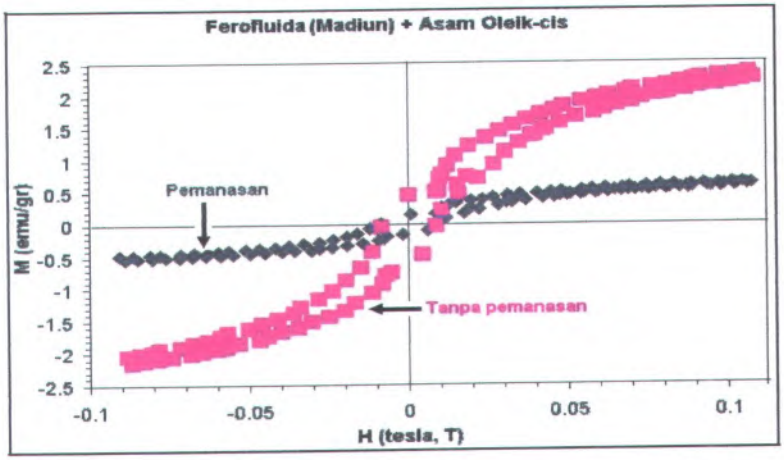
Gambar 4.18 Kurva histerisis ferofluida dari pasir besi Madiun dengan penambahan surfaktan TMAH.



Gambar 4.19 Kurva histerisis ferofluida dari pasir besi Lumajang dengan penambahan AOc.



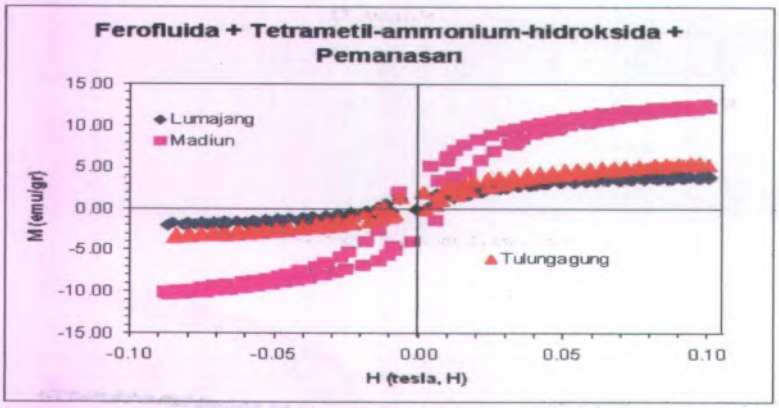
Gambar 4.20 Kurva histerisis ferofluida dari pasir besi Tulungagung dengan penambahan AOc.



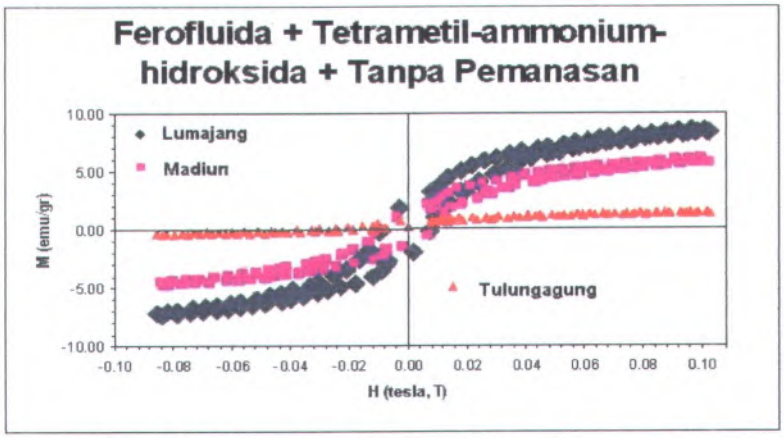
Gambar 4.21 Kurva histerisis ferofluida dari pasir besi Madiun dengan penambahan AOc.

4.3.3 Faktor Asal Pasir

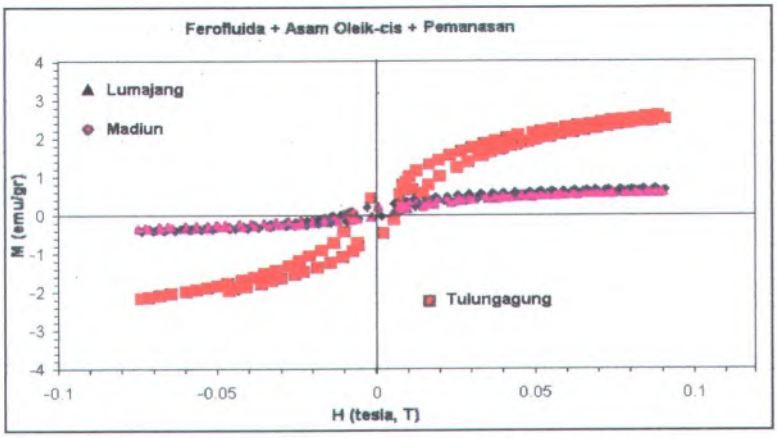
Hasil uji XRD menunjukkan pasir besi Lumajang memiliki kadar Fe_3O_4 lebih banyak daripada pasir besi Madiun dan Tulungagung, yaitu sebesar 26,95 % (dapat dilihat pada Tabel 4.1 s/d 4.3). Ini menjadikan sifat magnetik ferofluida dari pasir Lumajang lebih kuat dibanding dengan pasir besi dari Tulungagung dan Madiun. Tetapi setelah Fe_3O_4 dari ketiga asal pasir disintesis (dalam ukuran nano) kandungannya sama (100 %), sehingga prosentase dari Fe_3O_4 pada Tabel 4.1 s/d 4.3 tidak dapat dijadikan patokan besar kecilnya sifat magnetik dari ferofluida (dapat dilihat pada Gambar 4.22 s/d 4.25).



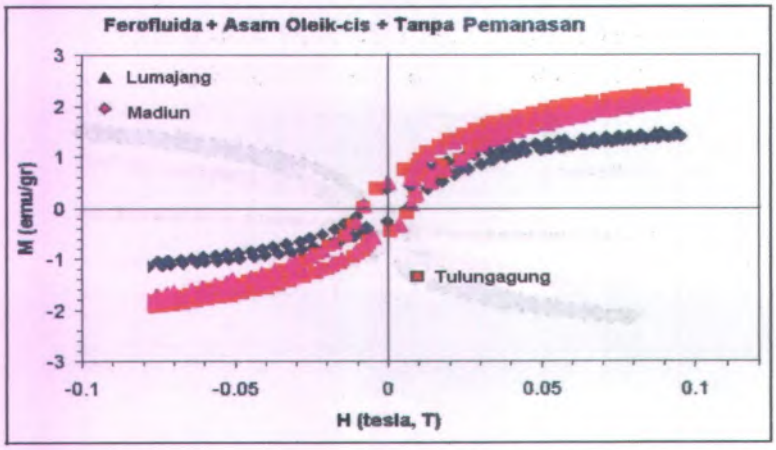
Gambar 4.22 Kurva histerisis ferofluida dengan surfaktan TMAH dan pemanasan.



Gambar 4.23 Kurva histerisis ferofluida dengan surfaktan TMAH dan tanpa pemanasan.



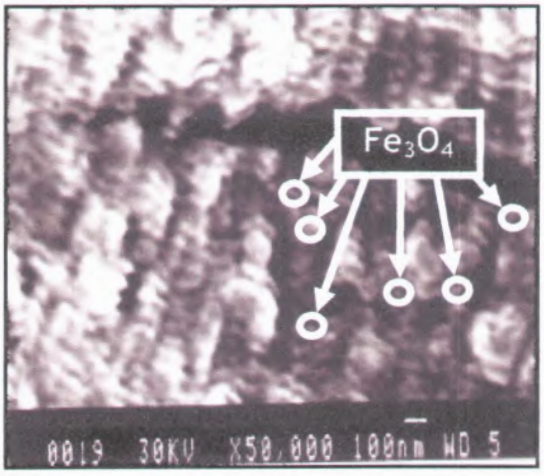
Gambar 4.24 Kurva histerisis ferofluida dengan surfaktan AOc dan pemanasan.



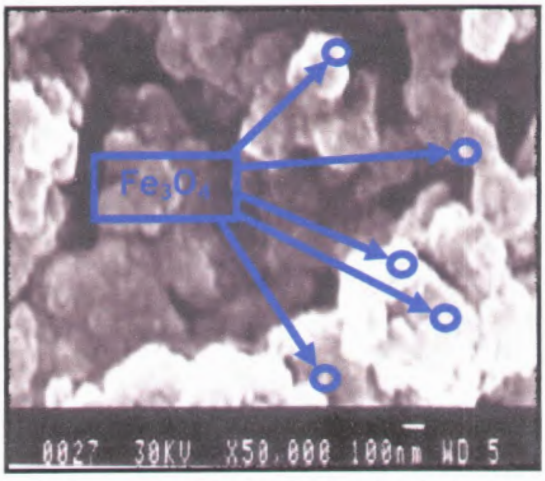
Gambar 4.25 Kurva histerisis ferofluida dengan surfaktan AOc dan tanpa pemanasan.

4.4 Pelapisan Ferofluida Pada Polimer Polipropilin

Gambar 4.26 memperlihatkan hasil pengujian dengan SEM pada ferofluida dengan surfaktan TMAH dan Gambar 4.27 adalah ferofluida dengan surfaktan AOc. Ferofluida ini dilapiskan pada polimer polipropilen, terlihat partikel Fe_3O_4 tampak bergerombol (ditunjukkan lingkaran-lingkaran kecil pada gambar 4.26 dan 4.27). Hal ini dapat disebabkan surfaktan yang digunakan telah mengalami penguapan saat dilakukan proses pelapisan.



Gambar 4.26 Pengujian SEM pada ferofluida dengan surfaktan TMAH yang dilapiskan pada polimer polipropilen.



Gambar 4.27 Pengujian SEM pada ferofluida dengan surfaktan AOc yang dilapiskan pada polimer polipropilen.

BAB V
PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan menghasilkan beberapa kesimpulan antara lain :

1. Pengujian dengan menggunakan VSM menunjukkan proses pemanasan pada sintesis partikel nano magnetik Fe_3O_4 menyebabkan sifat magnetik ferofluida dengan surfaktan TMAH lebih kuat.
2. Proses pemanasan pada sintesis partikel nano magnetik Fe_3O_4 menghasilkan nilai Br ferofluida dengan surfaktan TMAH untuk masing-masing pasir besi adalah sebagai berikut :
   - Pasir Lumajang : 3,866 emu/gr
   - Pasir Tulungagung : 4,405 emu/gr
   - Pasir Madiun : 11,429 emu/gr
3. Proses pemanasan pada sintesis partikel nano magnetik Fe_3O_4 menghasilkan nilai Br ferofluida dengan surfaktan AOc untuk masing-masing pasir besi adalah sebagai berikut :
   - Pasir Lumajang : 0,631 emu/gr
   - Pasir Tulungagung : 2,83 emu/gr
   - Pasir Madiun : 0,561 emu/gr
4. Ferofluida dengan surfaktan TMAH menghasilkan sifat magnetik lebih besar daripada ferofluida dengan surfaktan AOc.

5.2 Saran

Hasil yang diperoleh dari penelitian ini perlu banyak perbaikan dan penyempurnaan, maka perlu diajukan beberapa saran antara lain :

1. Perlu kecermatan dan ketelitian dalam melakukan sintesis ferofluida, terutama dalam proses pemurnian/ekstraksi bahan dasar (Fe_3O_4) dari pasir besi.

2. Perlu digunakan *"template"* dalam sintesis partikel nano Fe_3O_4 agar ukuran partikel yang dihasilkan lebih seragam.
3. Perlu dicoba surfaktan jenis lain untuk memvariasi kekuatan magnetik ferofluida.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Anonim, (2004), *The Royal Society and The Royal Academy of Engineering (Science and Application).*

[2] A. B. Ellis, M. J. Geselbracht, B. J. Johnson, G. C. Lisensky, and W. R. Robinson, (1993), *A Materials Science Companion*, American Chemical Society, Washington DC.

[3] De Lau, J. G. M. (1975), *Philips Res. Repts. Suppl.* No.6.1, 1-6.

[4] Cullity, B. D. (1972), *Introduction to Magnetic Materials*, Addison–Wesley Series in Metalurgi and Materials, University of Notre Dame.

[5] http://en.wikipedia.org/wiki/Surfactant, 2006.

[6] http://en.wikipedia.org/wiki/Oleic_acid, 2006.

[7] Berger, P.; Adelman, Nicholas B.; Beckman, K. J.; Campbell, D. J.; Ellis, A. B.; Lisensky, G. C. *Preparation and Properties of an Aqueous Ferrofluid. J. Chem. Educ.* 2005, *76(7)*, 943.

[8] Chun dkk, (2005), *Synthesis of an Aqueous Ferrofluid (version 3.0)*, The California Nano Systems Institute and Materials Creation Training Program, University of California, Los Angeles.

[9] http://en.wikipedia.org/wiki/Ferrofluid., 2006.

MILIK PERPUSTAKAAN ITS

[10] http://www.ferrotec.com.sg/prod_detail.asp?subid=10, 2002.

[11] http://www.zarm.uni-bremen.de/2forschung/ferro/basic_info/applic/applic.htm, 2006.

[12] http://www.roymech.co.uk/Useful_Tables/Seals/Rotary_Seals.html, 2005.

[13] www.ferrotec.com/products/ferrofluid, 2006.

[14] Takada dkk. (1970). *Preparation of Ferrit by Wet Method in Ferrit*, Proceeding of the International Conference, Japan, 69.

[15] Day, Jr, R. A dan Underwood, A.L.(1989), *Analisis Kimia Kuantitatif*, Penerbit Erlangga, Jakarta.

[16] Kurniawan, D. (2006), *Sintesis Nanopartikel Ferrit MFe_2O_4 (M=Fe, Ni, Zn, dan Mn) dari Pasir Besi dan Karakterisasinya Sebagai Preparasi Fluida Magnet*, Tugas Akhir, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

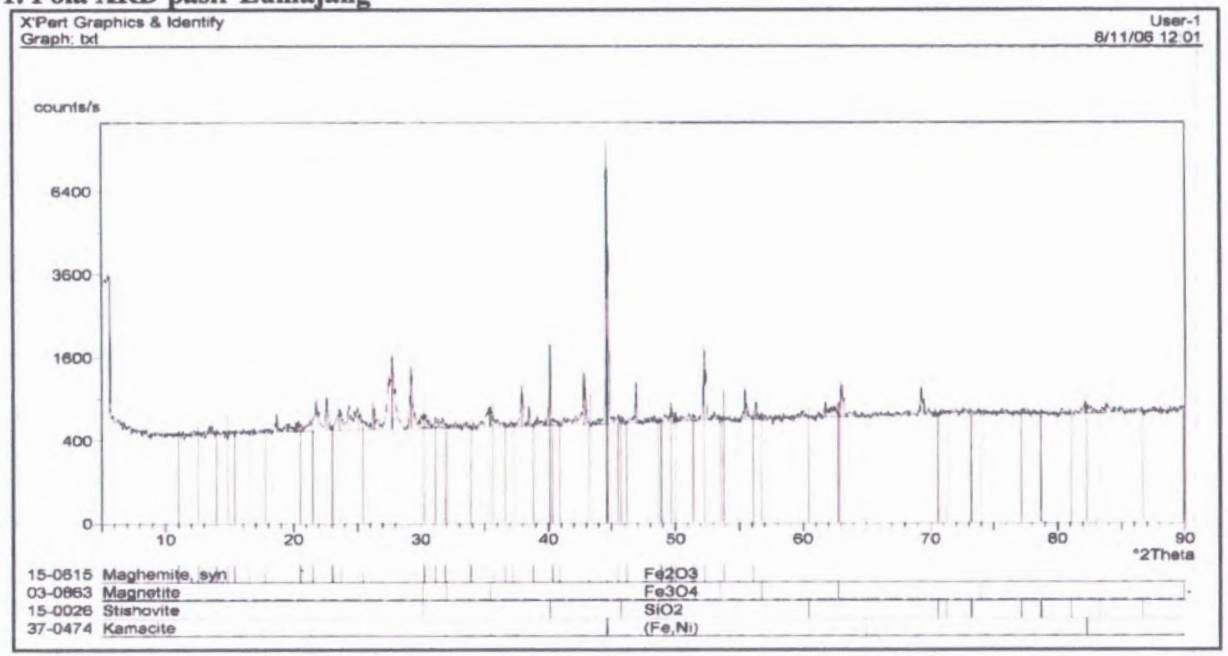
[17] http://www.tripod.com/petakab.htm, 2006.

[18] Mujamillah dkk, (2000), *Vibrating Sample Magnetometer (VSM) Tipe Oxford VSM1.2H*, Puslitbang Iptek Bahan (P3IB)-BATAN, Serpong, Tangerang.

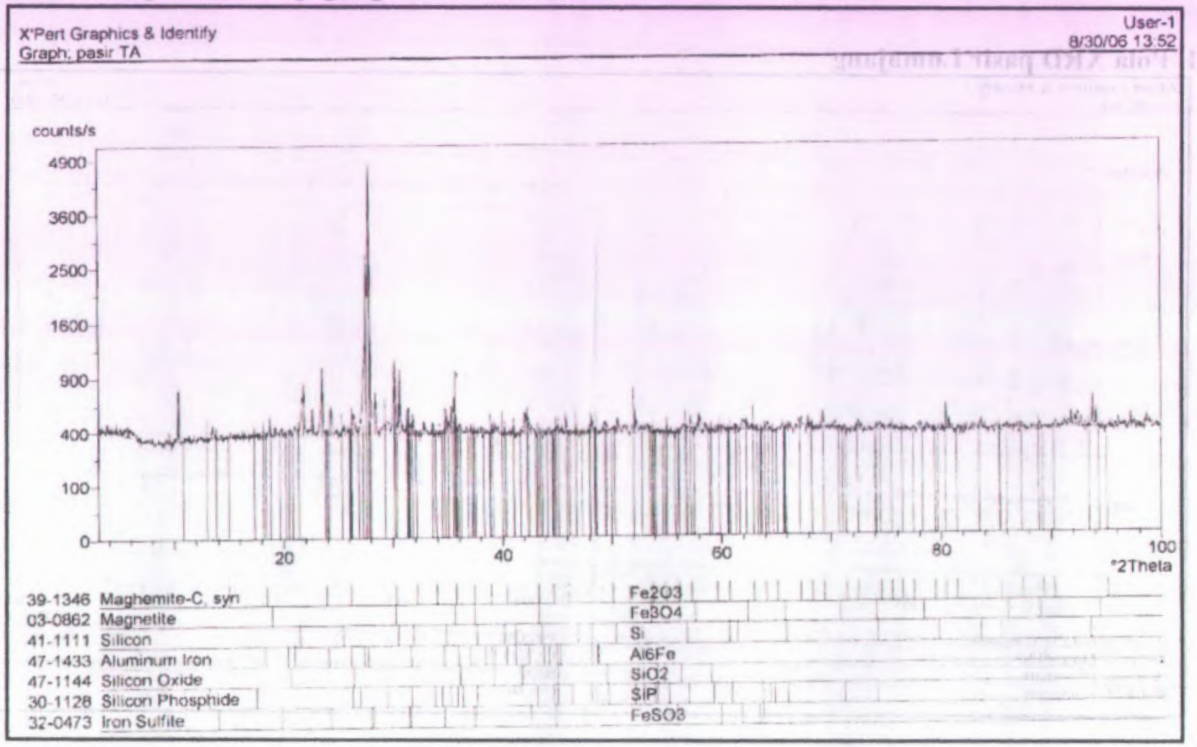
[19] Yudi, R. (2006), *Pengaruh Temperatur Sintering dan Besar Butir Pasir keramik Fe_3O_4 Terhadap Sifat Magnet Dengan Metoda Pembuatan Metalurgi Serbuk*, Tugas Akhir, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

LAMPIRAN

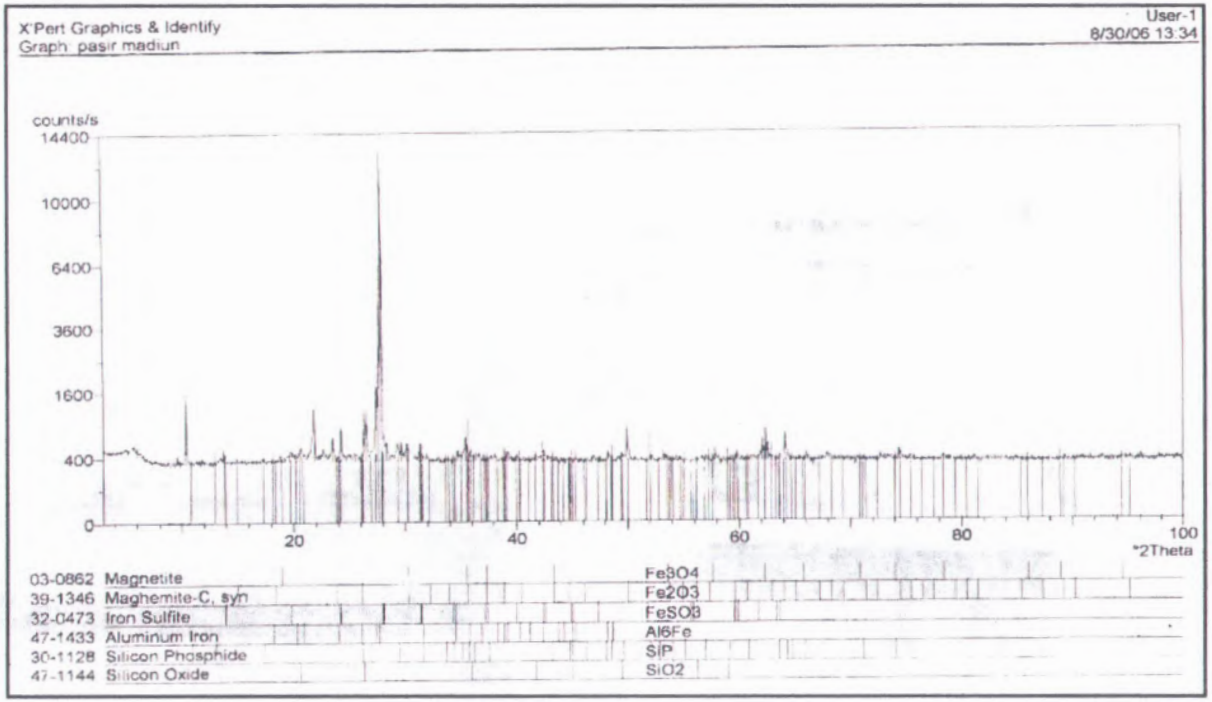
1. Pola XRD pasir Lumajang



2. Pola XRD pasir Tulungagung



3. Pola XRD pasir Madiun

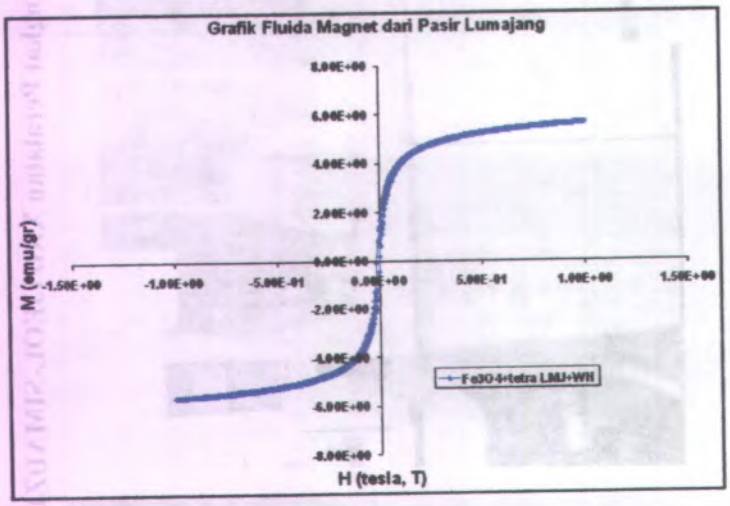


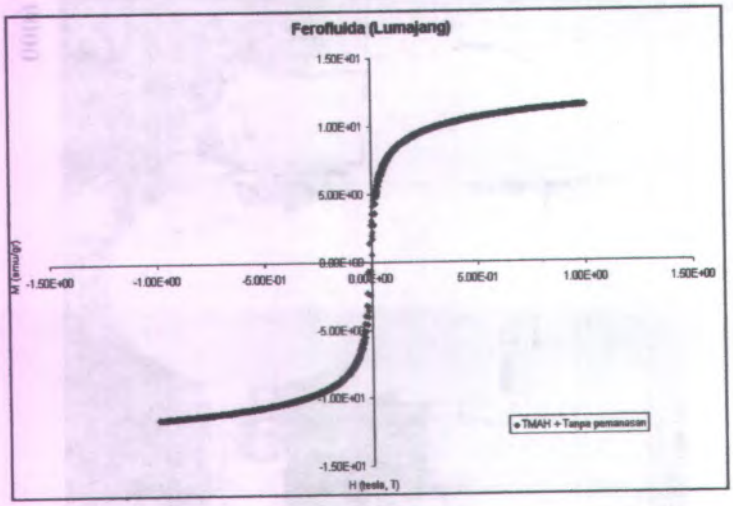
4. Pengaduk magnetik dan ruang asam

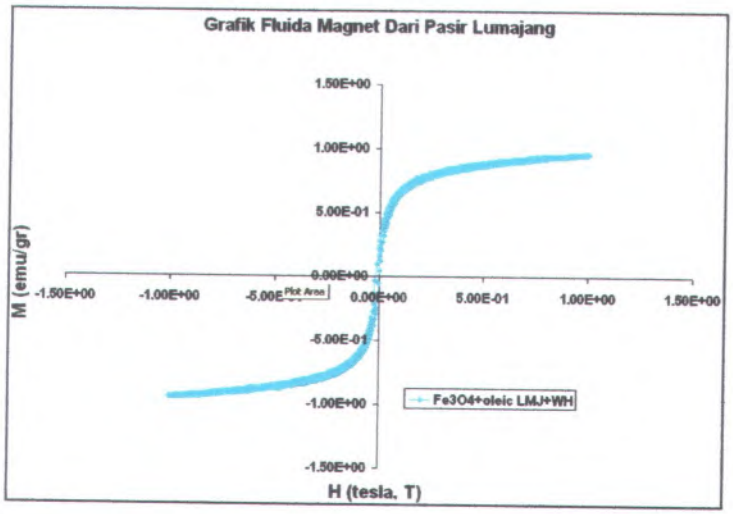
5. Seperangkat Peralatan XRD (JEOL-SIMADZU) 6000

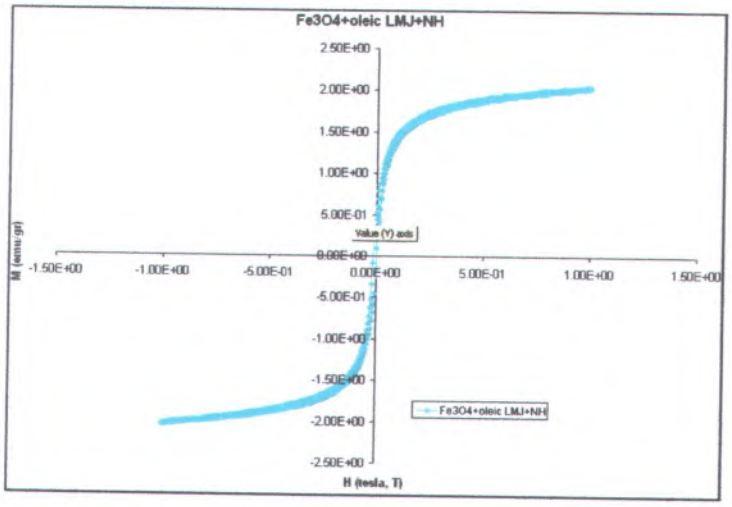
6. Kurva Histerisis

a. Pasir Lumajang

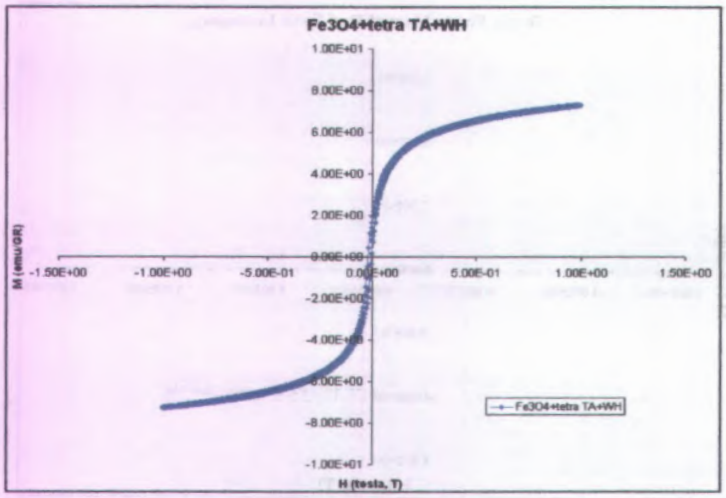


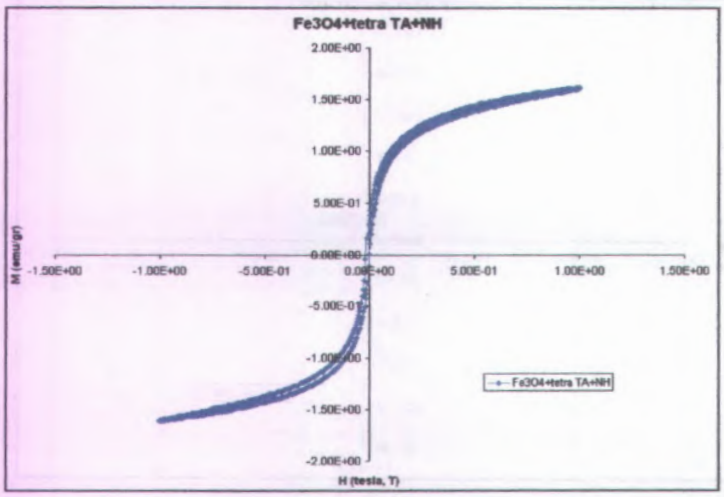


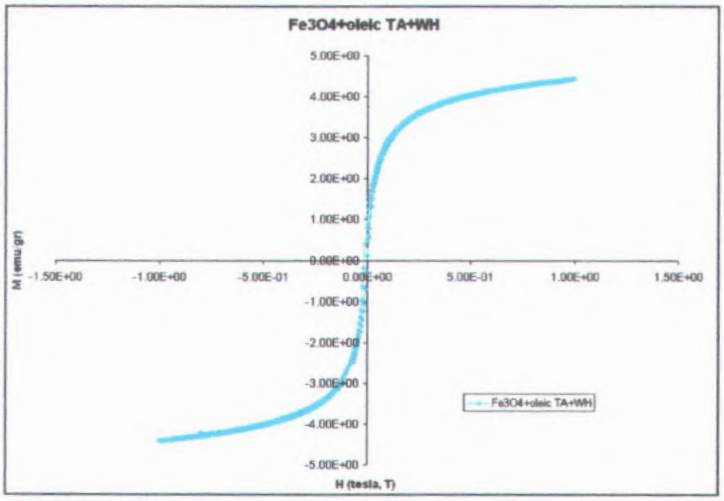

Grafik Fluida Magnet Dari Pasir Lumajang
1.50E+00
1.00E+00
5.00E-01
0.00E+00
-5.00E-01
-1.00E+00
-1.50E+00
M (emu/gr)
-1.50E+00
-1.00E+00
-5.00E-01
Plot Area
0.00E+00
5.00E-01
1.00E+00
1.50E+00
Fe3O4+oleic LMJ+WH
H (tesla, T)

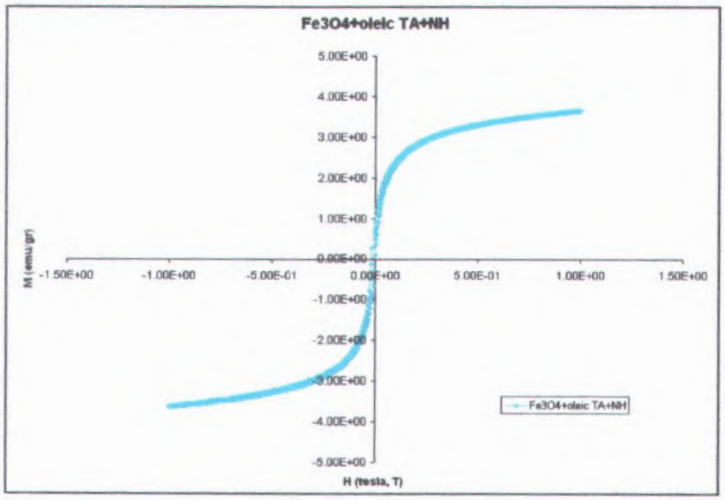

Fe3O4+oleic LMJ+NH
2.50E+00
2.00E+00
1.50E+00
1.00E+00
5.00E-01
0.00E+00
-5.00E-01
-1.00E+00
-1.50E+00
-2.00E+00
-2.50E+00
M (emu gr)
Value (Y) axis
-1.50E+00
-1.00E+00
-5.00E-01
0.00E+00
5.00E-01
1.00E+00
1.50E+00
Fe3O4+oleic LMJ+NH
H (tesla, T)

b. Pasir Tulungagung

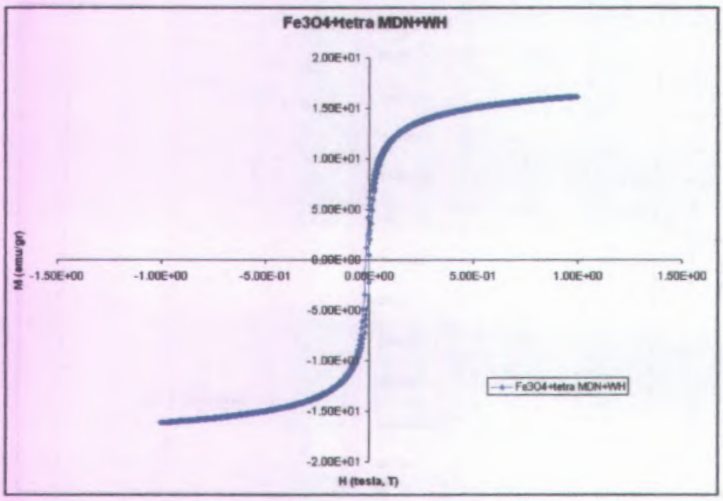


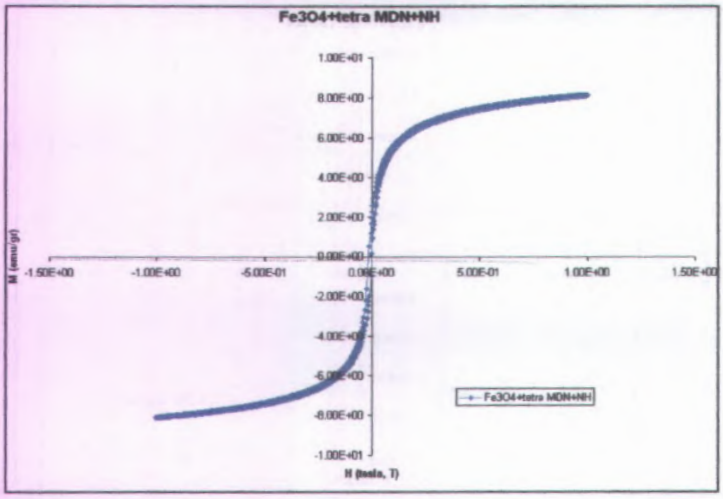


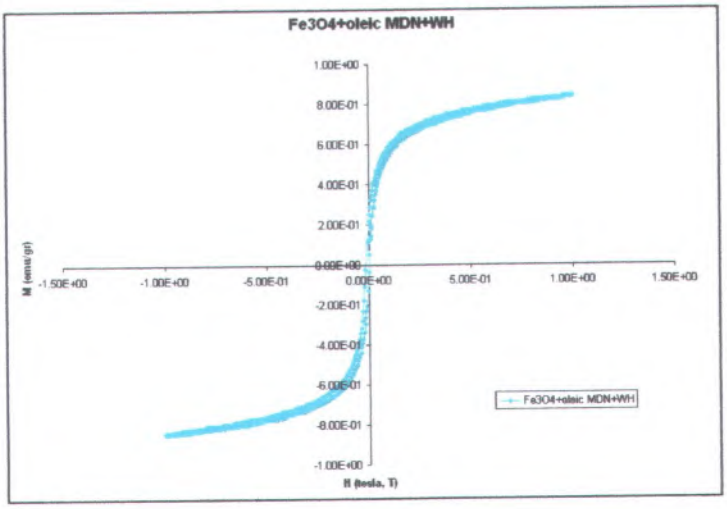

Fe3O4+oleic TA+WH
5.00E+00
4.00E+00
3.00E+00
2.00E+00
1.00E+00
0.00E+00
-1.00E+00
-2.00E+00
-3.00E+00
-4.00E+00
-5.00E+00
M (emu/gr)
-1.50E+00
-1.00E+00
-5.00E-01
0.00E+00
5.00E-01
1.00E+00
1.50E+00
H (tesla, T)
Fe3O4+oleic TA+WH

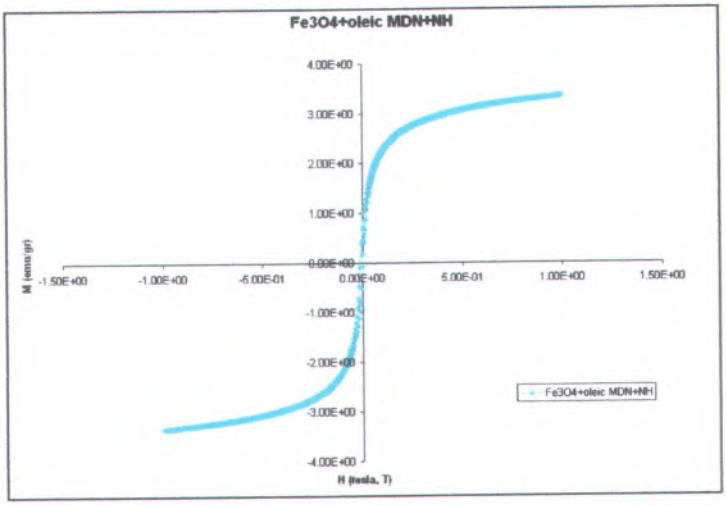

Fe3O4+oleic TA+NH
5.00E+00
4.00E+00
3.00E+00
2.00E+00
1.00E+00
0.00E+00
-1.00E+00
-2.00E+00
-3.00E+00
-4.00E+00
-5.00E+00
M (emu/gr)
-1.50E+00
-1.00E+00
-5.00E-01
0.00E+00
5.00E-01
1.00E+00
1.50E+00
H (tesla, T)
Fe3O4+oleic TA+NH

c. Pasir Madiun






Fe3O4+oleic MDN+WH
1.00E+00
8.00E-01
6.00E-01
4.00E-01
2.00E-01
0.00E+00
-2.00E-01
-4.00E-01
-6.00E-01
-8.00E-01
-1.00E+00
-1.50E+00
-1.00E+00
-5.00E-01
0.00E+00
5.00E-01
1.00E+00
1.50E+00
M (emu/gr)
H (tesla, T)
Fe3O4+oleic MDN+WH


Fe3O4+oleic MDN+NH
4.00E+00
3.00E+00
2.00E+00
1.00E+00
0.00E+00
-1.00E+00
-2.00E+00
-3.00E+00
-4.00E+00
-1.50E+00
-1.00E+00
-5.00E-01
0.00E+00
5.00E-01
1.00E+00
1.50E+00
M (emu/gr)
H (tesla, T)
Fe3O4+oleic MDN+NH

BIODATA PENULIS

Penulis dilahirkan di Tulungagung, 21 Desember 1984, merupakan anak kedua dari empat bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di SDN Sembon II, SLTPN 1 Karangrejo dan SMAN 1 Kedungwaru. Penulis kuliah di Jurusan Fisika FMIPA ITS melalui Seleksi Penerimaan Mahasiswa Baru (SPMB) dan terdaftar dengan NRP. 1102 100 039. Dengan kerja keras dan bantuan serta dukungan dari teman-teman dan orang-orang yang telah Penulis sebutkan di kata pengantar, akhirnya Penulis dapat menyelesaikan studi di Jurusan Fisika FMIPA ITS dalam waktu 9 semester.

Di Jurusan Fisika ini Penulisan Mengambil Minat Bidang Material. Penulis sempat aktif di beberapa kegiatan seminar dan pelatihan yang diselenggarakan oleh Jurusan maupun pihak Institut. Penulis juga aktif di Himpunan Mahasiswa Fisika (Himasika) ITS, Asisten Laboratorium Fisika Dasar dan Laboratorim Fisika Semikonduktor.