

# **STUDI SIFAT MAGNETIK ALLOY**

**$\text{Fe}_{97-x}\text{Si}_3\text{Al}_x$  (x=4.5 dan 6 % at)**

Tesis Magister Ilmu Fisika

**HASAN**

**63052209X**



**UNIVERSITAS INDONESIA**  
**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**  
**PROGRAM STUDI MAGISTER ILMU FISIKA**  
**DEPOK**  
**MEI 2008**

# **STUDI SIFAT MAGNETIK ALLOY**

**$\text{Fe}_{97-x}\text{Si}_3\text{Al}_x$  (x=4.5 dan 6 % at)**

**TESIS**

Diajukan sebagai salah satu syarat  
untuk memperoleh gelar Magister Sains

**HASAN**

**63052209X**



**UNIVERSITAS INDONESIA**  
**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**  
**PROGRAM STUDI MAGISTER ILMU FISIKA**  
**DEPOK**  
**MEI 2008**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Tesis ini adalah hasil karya saya sendiri,  
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk  
telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Hasan

NPM : 63052209X

Tanda Tangan :

Tanggal : 28 Mei 2008

## KATA PENGANTAR

Puji Syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala nikmat yang telah diberikan-Nya. Salawat dan salam kepada baginda Rasulullah SAW beserta sahabat dan keluarganya. Alhamdulillah penulis telah dapat menyelesaikan thesis yang merupakan syarat memperoleh gelar Magister, penulis mengucapkan terimakasih secara spesial kepada ibunda yang telah mendukung dan tanpa kenal lelah mendoakan penulis. Dan juga penulis mengucapkan rasa terimakasih sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu penulis terutama kepada :

1. Bapak Dr. Techn. Djoko Triyono sebagai pembimbing yang telah sangat sabar dalam membimbing saya, dan selalu meberikan masukan berupa saran dan kritik yang sangat berguna hingga saya dapat menyelesaikan thesis ini;
  2. Bapak Dr. Dedi Suyanto selaku ketua program pasca sarjana fisika universitas Indonesia;
  3. Bapak Dr. Agus Salam selaku Ketua sidang;
  4. Bapak Dr. Cuk Imawan, Bapak Dr Sastra W. Kusuma dan Bapak Dr. Budhy Kurniawan selaku penguji pada sidang thesis;
  5. Ibu Mujamilah, M.Sc yang telah membantu penulis dalam pengambilan data VSM di BATAN;
  6. Zulkarnain, Bu Norita dan Pak Ahmad Safari yang telah banyak membantu saya dan mendukung saya dalam penyelesaian thesis ini;
  7. Doris dan Ihsan yang telah menjadi teman diskusi;
  8. keluarga besar SMA 68 Jakarta atas dukungannya;
  9. orang tua saya dan keluarga tercinta serta adik saya;
  10. Pak Parman yang membantu dalam proses administrasi; dan
  11. Mba Ratna yang juga telah membantu dalam proses pelaksanaan sidang.
- Akhir kata, saya ucapkan terimakasih dan mohon maaf atas segala kekurangan.

Depok, 14 Oktober 2008

Hasan

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

---

---

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Hasan  
NPM : 63052209X  
Program Studi : Fisika Murni dan Terapan  
Departemen : Fisika  
Fakultas : MIPA  
Jenis Karya : Tesis

demikian pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :  
Studi Sifat Magnetik Alloy  $\text{Fe}_{97-x}\text{Si}_3\text{Al}_x$  ( $x = 4.5$  dan  $6\%$  at)

berserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Jakarta  
Pada Tanggal : 28 Mei 2008  
yang menyatakan

( Hasan )

## ABSTRAK

Alloy FeSi adalah material softmagnetik yang banyak digunakan sebagai inti dalam transformator. Material ini memiliki sifat yakni magnetisasi saturasinya tinggi, koersivitasnya rendah, permeabilitasnya tinggi. Bertambahnya Si akan mengurangi koersivitas dan meningkatkan resistivitas sehingga core loss akibat hysteresis dan Eddy current menurun, dan didapatkan sifat magnetik material yang baik untuk aplikasi transformer. Tetapi penambahan Si diatas 3 % menyebabkan alloy bersifat brittle. Penambahan Al pada alloy FeSi diharapkan dapat memperbaiki sifat magnetik dan sifat mekanik, sehingga efisiensi dari transformator dapat meningkat.

Untuk itu dilakukan penelitian studi sifat magnetik beserta komposisi dan mikrostruktur dari FeSiAl. Dengan kadar Si 3% dan variasi kadar Al 4%,5% dan 6% serta kadar  $Fe_{100-3\%- \% Al}$ . Dalam penelitian ini sifat magnetik yang diukur adalah koersivitas yang diperoleh dari hysteresis loop. dengan menggunakan alat VSM (Vibrating sample magnetometer). Dari hasil penelitian ini tampak bahwa koersivitas menurun dengan pertambahan Al yang berarti sifat magnetiknya lebih baik. Mikro struktur material diteliti dengan menggunakan XRD dan foto mikro yang menunjukkan fasa ketiga sampel sebagai body centered cubic.

Kata Kunci : Fe-Si-Al, sifat magnet, struktur mikro

## ABSTRACT

The alloy FeSi is a softmagnetic material oftenly used as the core component of a transformer. This material has the properties of high saturation of magnetization, low coercivity and high permeability. Increased Si will reduce the coercivity and increase the resistance, so there is a reduction of core loss due to hysteresis and eddy current—properties of magnetic material that is good for application in transformers. But increasing Si more than 3% causes the alloy to become brittle. Adding aluminium to FeSi is hoped to improve the magnetic and mechanical properties of the alloy, so as to increase the efficiency of a transformer.

To achieve the aims, a research was carried out to study the composition and microstructure of FeSiAl, with 3% Si concentration and varied concentrations of aluminium (4%, 5% and 6%), and  $\text{Fe}_{100-3\%- \% \text{Al}}$  concentration. In this research, the magnetic property measured was coercivity obtained from loop hysteresis using VSM (vibrating sample magnetometer). In the research, it was observed that coercivity was reduced with the addition of Al, which means the alloy had better magnetic properties. The microstructure of the material was studied using XRD and microphotograph that showed the phase of the three samples as being body-centered cubic.

Keywords: Fe-Si-Al, magnetic properties, microstructure

## DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Lembar Pernyataan Orisinalitas	ii
Lembar Pengesahan	iii
Kata Pengantar	iv
Lembar Persetujuan Publikasi Karya Ilmiah	v
Abstrak	vi
Daftar Isi	viii
Daftar Gambar	x
Daftar Tabel	xii
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Sistematika Penulisan	3
<b>BAB II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	<b>4</b>
2.1 Momen Magnet	4
2.2 Klasifikasi Material Magnetik	4
2.3 Klasifikasi <i>Soft</i> dan <i>Hard</i> Magnetik Material	5
2.4 Domain	5
2.5 Kurva Histerisis	6
2.6 Energi Produk Maksimum $(BH)_{\max}$	8
2.7 Difraksi Sinar X Pada Kristal	11
2.7.1 Intensitas Difraksi Sinar X	12
2.7.2 Faktor Struktur	12
2.7.3 Faktor Multisiplitas	13
2.7.4 Faktor Polarisasi Lorentz	13
2.7.5 Faktor Absorpsi	14
2.8 Difraktometer Sinar X	15

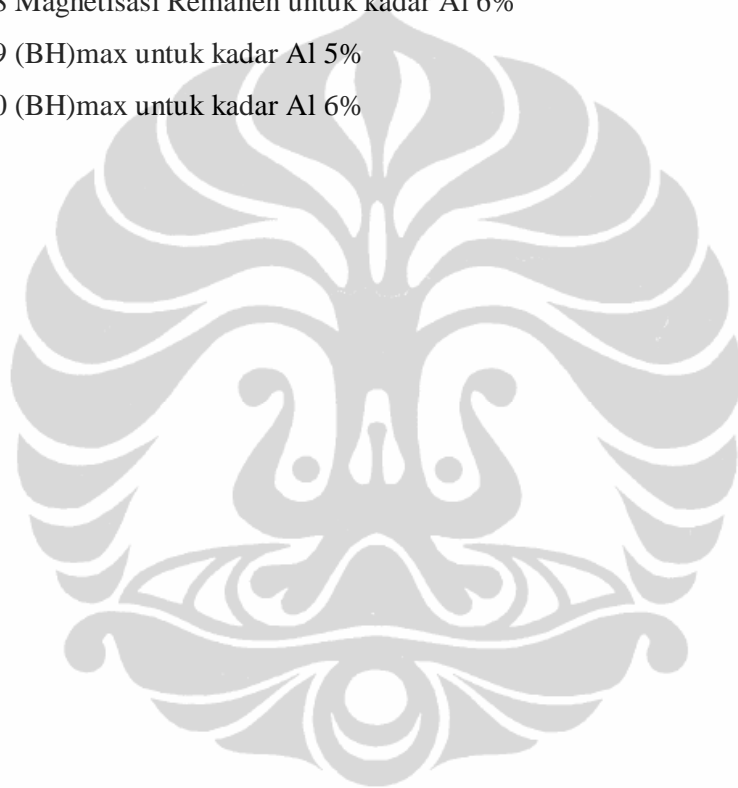


BAB III. METODOLOGI PENELITIAN	17
3.1 Diagram Alir	17
3.2 Preparasi Sampel	17
3.3 Melting Sampel	18
3.4 Foto Mikro	19
3.5 Uji XRD	20
3.6 Uji VSM	22
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	26
4.1 Hasil XRD	26
4.2 Pembahasan XRD	28
4.3 Foto Mikro	31
4.4 Pembahasan Foto Mikro	34
4.5 Hasil VSM	35
4.6 Pembahasan VSM	40
BAB V. KESIMPULAN	42
DAFTAR REFERENSI	43

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Kurva Soft dan Hard Magnetik	1
Gambar 1.2 Perbandingan permeabilitas Fe	2
Gambar 2.1. Penggambaran momen magnet	4
Gambar 2.2 Domain dan dinding domain	6
Gambar 2.3 Kurva Histerisis	8
Gambar 2.4 Kurva (BH) Vs $\mu_0H$	10
Gambar 2.5 Difraksi sinar X oleh kristal	12
Gambar 2.6. Faktor polarisasi Lorentz	14
Gambar 2.7. Sudut difraksi pada difraktometer	15
Gambar 2.8 Skema difraktometer	16
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian	17
Gambar 3.2 Foto alat arc melting furnace dan mesin pemotong sampel	19
Gambar 3.3 Foto alat mounting dan foto mikro	20
Gambar 3.4 Hasil XRD dalam program APD	21
Gambar 3.5 Tampilan Program Bella	21
Gambar 3.6 Tampilan Program Origin	22
Gambar 3.7 Set alat XRD	22
Gambar 3.8 Foto alat vibrating sample magnetometer	23
Gambar 3.9 Rangkaian skematik kerja vsm	23
Gambar 4.1 Grafik XRD Fe 93 % Si 3 % Al 4 %	26
Gambar 4.2 Grafik XRD Fe 92 % Si 3 % Al 5 %	26
Gambar 4.3 Grafik XRD Fe 91 % Si 3 % Al 6 %	27
Gambar 4.4 Grafik Perbandingan XRD ketiga sampel	27
Gambar 4.5 Grafik hubungan kadar Al dan parameter kisi	31
Gambar 4.6 Foto Mikro 100x Fe 93 % Si 3 % Al 4 %	31
Gambar 4.7 Foto Mikro 500x Fe 93 % Si 3 % Al 4 %	32
Gambar 4.8 Foto Mikro 100x Fe 92 % Si 3 % Al 5 %	32
Gambar 4.9 Foto Mikro 500x Fe 92 % Si 3 % Al 5 %	33
Gambar 4.10 Foto Mikro 100x Fe 91 % Si 3 % Al 6 %	33

Gambar 4.11 Foto Mikro 500x Fe 91 % Si 3 % Al 6 %	34
Gambar 4.12 Grafik M vs H Fe 93 % Si 3 % Al 4 %	35
Gambar 4.13 Grafik M vs H Fe 92 % Si 3 % Al 5 %	36
Gambar 4.14 Grafik M vs H Fe 91 % Si 3 % Al 6 %	36
Gambar 4.15 Grafik Koersivitas H Internal Fe 92 % Si 3 % Al 5 %	37
Gambar 4.16 Grafik Koersivitas H Internal Fe 91 % Si 3 % Al 6 %	37
Gambar 4.17 Magnetisasi Remanen untuk kadar Al 5%	38
Gambar 4.18 Magnetisasi Remanen untuk kadar Al 6%	38
Gambar 4.19 (BH)max untuk kadar Al 5%	39
Gambar 4.20 (BH)max untuk kadar Al 6%	39



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Parameter kemagnetan beberapa bahan feromagnet	10
Tabel 2.2 Parameter kemagnetan Fe-Al dan Fe-Si	11
Tabel 3.1 Preparasi Sampel	18
Tabel 4.1 Kalkulasi Parameter kisi untuk kadar Al 4%	28
Tabel 4.2 Kalkulasi Parameter kisi untuk kadar Al 5%	28
Tabel 4.3 Kalkulasi Parameter kisi untuk kadar Al 6%	29
Tabel 4.4 <i>Selection rules</i>	30
Tabel 4.5 Nilai koersivitas	40
Tabel 4.6 Parameter kemagnetan dengan variasi kadar Al	41

