

**STUDI TEMPERATUR CURIE *ALLOY* MAGNETIK  $Fe_{100-x}Si_x$**

**TESIS**

**ACHMAD SAFARI  
6305220025**



**UNIVERSITAS INDONESIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
PROGRAM PASCASARJANA  
DEPOK  
JULI 2008**

**STUDI TEMPERATUR CURIE *ALLOY* MAGNETIK  $Fe_{100-x}Si_x$**

**TESIS**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memoeroleh gelar Magister Sains**

**ACHMAD SAFARI**

**6305220025**



**UNIVERSITAS INDONESIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
PROGRAM STUDI PASCASARJANA  
KEHUSUSAN FISIKA MURNI DAN TERAPAN  
DEPOK  
JULI 2008**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

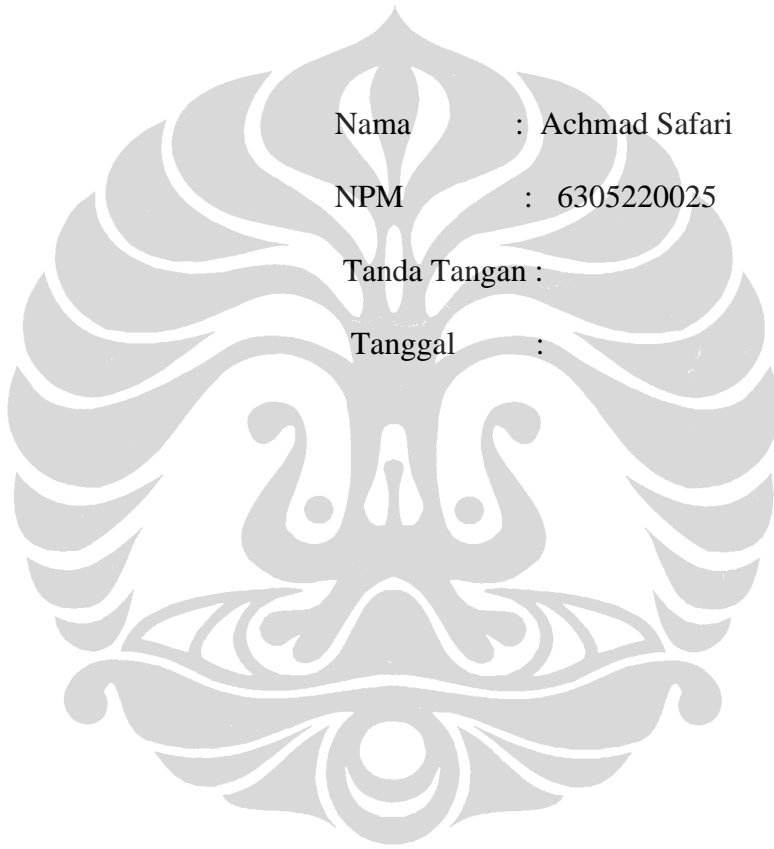
Tesis ini adalah karya saya sendiri ,  
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk  
telah saya nyatakan dengan benar

Nama : Achmad Safari

NPM : 6305220025

Tanda Tangan :

Tanggal :



## HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini diajukan oleh:

Nama : Achmad Safari  
NPM : 6305220025  
Program Studi : Pascasarjana Fisika  
Judul : Studi Temperatur Curie *Alloy* Magnetik  $\text{Fe}_{100-x}\text{Si}_x$

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Magister Sains pada Program Pascasarjana Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia

### DEWAN PENGUJI

Tanda tangan

Pembimbing : Dr. Djoko Triyono .....

Penguji : Prof. Dr. Rosari saleh .....

Penguji : Dr. Ariadne L Juwono .....

Penguji : Dr. Budhy Kurniawan .....

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 20 Juli 2008

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah Yang Maha Pengasih dan Penyayang atas segala berkat dan karunia-Nya sehingga penulisan tesis ini selesai.

Penulis menghaturkan banyak terima kasih kepada Bapak Dr.(Tech). Djoko Triyono. selaku Pembimbing, yang dengan sabar membimbing, memberi saran, dan bantuan selama penelitian berlangsung hingga tersusunnya tesis ini. Penulis juga berterima kasih kepada Ibu Prof. Dr. Rosari Saleh, Ibu Dr. Ariadne L Juwono, M.Eng. dan Bapak Dr. Budhy Kurniawan sebagai penguji beserta seluruh Staf pengajar program pasca sarjana Fisika yang telah memberikan ilmu, bimbingan dan saran secara tulus kepada penulis dalam perancangan dan pembuatan tesis ini.

Selanjutnya penulis menyampaikan terima kasih kepada Hasan, Norita, Zulkarnain ,Doris serta seluruh rekan magister Fisika Murni dan Terapan angkatan 2005 atas segala bantuannya dan persahabatannya.

Terima kasih secara khusus kepada Ibunda Yuyun Suryani dan Ayahanda (Alm) Achmad Sanusi, Bapak(Alm) dan Ibu(Alm) mertua pada saat penulis kuliah ketiganya masih ada , Istri Tercinta Nana Yohana S.Pd, Anakku tersayang Annisa Nasya Salsabila dan Nabila Mumtaz Raisa, yang selalu memberikan kasih sayang dan semangat dalam penyelesaian tesis ini. Kakak dan adik- adik tercinta Iyus, Aan, Arpan dan Umam, serta yang lainnya yang membantu kelancaran dari tesis ini.

Terima kasih juga kepada keluarga besar SMAN 70 Jakarta, Kepala SMA Negeri 70 Jakarta Bapak Drs. Pono Fadlullah, M.Hum dan mantan kepala sekolah Bapak Drs. Asyikin. Guru-guru , terutama Bapak Drs. Kuswinarno, Bapak Drs. Yaya Supriyadi, Drs. Kosep Mulyadi, M. Yusuf, SPd, Ibu Purwanti dan lain-lain yang tidak disebut namanya. Saya ucapkan terima kasih. Selain itu juga terima kasih saya ucapkan kepada keluarga besar Pondok Pesantren Darunnajah Ulujami Jakarta, dimana dari sana awal perjuangan penulis dan selama 6 tahun tinggal disana.

Penulis

2008

## ABSTRAK

*Alloy* FeSi adalah bahan yang digunakan sebagai inti dalam transformator. Material ini merupakan material softmagnetik, yang memiliki sifat antara lain : Magnetisasi saturasinya tinggi(  $M_s > 1.27$  T ), koersivitasnya rendah(  $H_c < 10$  A/m ), permeabilitasnya tinggi(10.000-200.000) dan lain-lain. Dalam penelitian ini, dipelajari efek penambahan Si pada Fe, dan efek impuritas Fe terhadap nilai temperatur Curienya . Alloy  $Fe_{1-x}Si_x$ ( $x=0,1,2,3,4$  wt) dipreparasi dengan metode *arc melting furnace* dalam kondisi argon. Fe yang digunakan memiliki tingkat kemurnian yang berbeda, yaitu: 99,98% dan 99,5% . Studi temperatur Curie ini dikaitkan dengan mikrostrukturnya. Difraksi sinar X digunakan untuk meneliti struktur kristal dan fase. Sedangkan studi metalografi digunakan untuk melihat distribusi dan ukuran grain. Penambahan %Si pada Fe menghasilkan penurunan temperatur Curie dan meningkatkan impuritasnya.

**Kata kunci:** Temperature Curie , impuritas magnetik , *arc melting furnace*.

## ABSTRACT

FeSi alloys are softmagnetic materials which are used as core transformer. These alloys possess high saturation magnetization ( $M_s > 1,27$  T), low coercivity ( $H_c < 10$  A/m) and high permeability (10.000-200.000). In this thesis we studied the effect of Si addition in Fe and the impurity of Fe on its Curie temperature.  $Fe_{100-x}Si_x$  ( $x=1,2,3,4$  at%) have been prepared by using arc-melting furnace in argon environment. Two kinds of Fe which has impurity of 99.98% and 99.5% were used in this study. The Curie temperature of these alloys decreases with increasing of Si content in Fe-structure.

**Keywords** : Curie temperature, impurity, arc melting furnace.

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL.....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN.....</b>	<b>ii</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xi</b>
<b>1. PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan masalah.....	3
1.3 Tujuan.....	3
1.4. Metodologi.....	3
1.4.1 Tempat.....	4
1.4.2 waktu tempat pengambilan sampel.....	4
1.4.3 Instrumen pengumpul data.....	4
1.4.4 Pengolahan dan penafsiran data.....	4
<b>2. STUDI LITERATUR.....</b>	<b>5</b>
2.1 Temperatur Cure.....	5
2.2 Differential Thermal Analyzizer(DTA).....	11
2.3 Studi X Ray Diffraction(XRD).....	16
2.3.1 Faktor multiplisistas.....	18
2.3.2 Faktor Lorentz Polarisasi.....	18



2.3.3	Penentuan Parameter kisi.....	20
2.4	Penentuan FWHM(Full Width Half Maksimum).....	22
<b>3</b>	<b>METODE PENELITIAN .....</b>	<b>25</b>
3.1.	Diagram alur penelitian.....	25
3.2.	Preparasi Fe <sub>100-x</sub> Si <sub>x</sub> .....	25
3.3.	Casting FeSi.....	27
3.4.	annealing.....	27
3.5.	Karakterisasi FeSi.....	28
3.5.1	X-ray Diffraction(XRD).....	28.
3.5.2	Differential Thermal Analyzer.....	29
3.5.3	Fotomikro.....	30
3.6	Penentuan ukuran butir dan strain mikro dengan metode difraksi sinar-x.....	31
3.6.1	Metode pengukuran ukuran butir.....	31
3.6.2	Pelebaran garis puncak difraksi sinar-x.....	32
<b>4.</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>33</b>
4.1.	Hasil.....	33
4.1.1	Hasil pengukuran Suhu Curie FeSi dengan DTA.....	33
4.1.2	Mikrostruktur(XRD).....	42
4.1.3	FWHM untuk peak 1 sampel A(Fe=99,97%) dan B(Fe=99,5%).....	45
4.1.4	Parameter kisi.....	47
4.1.5	Fotomikro.....	50
4.2	Pembahasan.....	62
4.2.1	Pengaruh perbedaan sampel aneal dan as casted.....	62

4.2.1.1 Suhu Curie.....	62
4.2.1.2 Fasa yang terbentuk .....	62
4.2.1.3 Parameter kisi.....	63
4.2.1.4 FWHM.....	64
4.2.1.5 Fotomikro.....	64
<b>5. KESIMPULAN .....</b>	<b>58</b>
<b>6. DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>60</b>



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Ductilitas FeSi.....	2
Gambar 1.2 Diagram phase FeSi.....	2
Gambar 2.1 Magnetisasi spontan diplot terhadap temperatur.....	6
Gambar 2.2 Magnetisasi besi diplot terhadap medan untuk temperatur berbeda.....	6
Gambar 2.3 Magnetisasi kristal tunggal besi, nikel, kobalt, diplot terhadap medan untuk arah kristalografi berbeda .....	8
Gambar 2.4 Kapasitas kalor spesifik nikel sebagai fungsi temperatur . Sebagai sumbangan total( $C_p$ )dari kisi( $C_L$ ),elektron( $C_E$ )dan bagian magnetik( $C_m$ ).....	10
Gambar 2.5 Resistifitas nikel relatif untuk nilainya pada 273 K sebagai suatu fungsi temperatur. Temperature curienya adalah 631 K .....	10
Gambar 2.6 Ilustrasi skema dari sebuah DTA.....	12
Gambar 2.7 Difraksi Bragg.....	17
Gambar 2.8. Puncak-puncak pada XRD.....	17
Gambar 2.9 Absorpsi sinar-X pada sampel.....	19
Gambar 2.10 Perjalanan sinar konstan pada permukaan sampel .....	20
Gambar 2.11 Parameter kisi yang diplot terhadap fungsi extrapolasi.....	21
Gambar 2.12 Efek ukuran kristal yang kecil pada difraksi.....	23
Gambar 3.1 (a) dan (b) Peralatan X-Ray Diffraction(XRD).....	29
Gambar 3.2 (a) dan (b) Fotomikro dan alat mounting.....	30
Gambar 4.1 Grafik Zero DTA untuk suhu dari 25°C sampai dengan 850 °C.....	33
Gambar 4.2 Grafik Fe <sub>97</sub> Si <sub>3</sub> (Fe=99,5%) as casted dari 25 °C sampai dengan 850 °C.....	33

Gambar 4.3 Temperature curie untuk $Fe_{1-x}Si_x$ (Fe=99,5%), dimana X=1,2,3 dan 4 as cast.....	34
Gambar 4.4 Temperatur curie $Fe_{100-x}Si_x$ (x=1,2,3,4) untuk Fe =99,5% anealed.....	35
Gambar4.5 Grafik DTA $Fe_{100-x}Si_x$ (X=1,2,3) untuk Fe=99,97%.....	36
Gambar 4.6 Temperature curie antara sampel as casted dengan as anealed $Fe_{99}Si_1$ (Fe=99,5%).....	37
Gambar 4.7 Pada gambar ini $Fe_{98}Si_2$ as casted dan as anealed (Fe=99,5%) terlihat terjadi kenaikan temperature untuk sampel as aneal.....	38
Gambar 4.8 Perbandingan grafik DTA $Fe_{97}Si_3$ (Fe=99,5%) as cast dan annealed.....	39
Gambar 4.9Grafik perbandingan hasil DTA $Fe_{96}Si_4$ sampel as casted dan as annealed (Fe=99,5%) .....	40
Gambar 4.10.Grafik hasil pengukuran suhu curie terhadap persen Si sampel B (Fe=99,5%)perlakuan anneal dan nonanneal.....	41
Gambar 4.11. Grafik hasil XRD $FeSi$ sampel B (Fe=99,5%) non anneal yang juga memperlihatkan bidang-bidang yang muncul.....	42
Gambar 4.12. Grafik hasil XRD $FeSi$ sampel B (Fe=99,5%) Anneal dengan bidang-bidang yang muncul.....	43
Gambar 4.13 Grafik hasil $FeSi$ sampel A(Fe=99,97%) Anneal dengan bidang – bidang yang muncul.....	44
Gambar 4.14.Grafik hasil XRD $FeSi$ sampel A(Fe=99.97%) dengan dengan bidang-bidang yang muncul.....	45

Gambar 4.15 Grafik FWHM dari sampel FeSiBAneal dan FeSiB.....	46
Gambar 4.16 FWHM dari sampel FeSi(Fe=99,97)non Aneal dan Aneal.....	47
Gambar 4.17 Parameter kisi dalam penambahan persen Si.....	48
Gambar 4.18 Parameter kisi FeSiA dan FeSiAAneal.....	49
Gambar4.19 A,B,C, dan D Hasil fotomikro Fe <sub>99</sub> Si <sub>1</sub> (Fe=99,97%) dan (Fe=99,5%) perbesaran 100 kali.....	50
Gambar 4.20 A,B.C dan D hasil fotomikro Fe <sub>99</sub> Si <sub>1</sub> (Fe=99,97%) dan (Fe=99,5%) perbesaran 500 kali.....	51
Gambar 4.21 A,B.,C dan D hasil fotomikro Fe <sub>98</sub> Si <sub>2</sub> (Fe=99,97%) dan (Fe=99,5%) perbesaran 100 kali.....	52
Gambar 4.22 A,B.C dan D hasil fotomikro Fe <sub>98</sub> Si <sub>2</sub> (Fe=99,97%) dan (Fe=99,5%) perbesaran 500 kali.....	53
Gambar 4.23 A,B.C dan D hasil fotomikro Fe <sub>97</sub> Si <sub>3</sub> (Fe=99,97%) dan (Fe=99,5%) perbesaran 100 kali.....	54
Gambar 4.24 A,B.C dan D hasil fotomikro Fe <sub>97</sub> Si <sub>3</sub> (Fe=99,97%) dan (Fe=99,5%) perbesaran 500 kali.....	55
Gambar 4.25 A,B.C dan D hasil fotomikro Fe <sub>96</sub> Si <sub>4</sub> (Fe=99,97%) dan (Fe=99,5%) perbesaran 100 kali.....	56
Gambar 4.26 A,B.C dan D hasil fotomikro Fe <sub>96</sub> Si <sub>4</sub> (Fe=99,97%) dan (Fe=99,5%) perbesaran 500 kali.....	57

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 kenaikan Si terhadap permeabilitas, induksi magnetik, medan magnet dan coreloss.....	1
Tabel 4.1(a) dan (b) temperatur curie untuk sampel $Fe_{100-x}Si_x$ ( $x=1,2,3,4$ ) as casted dan anneal.....	40,41
Tabel 4.2(a) dan (b)FWHM untuk $Fe_{100-x}Si_x$ . ( $Fe=99,5\%$ ) As Casted.....	45
Tabel 4.3(a) dan (b)Kalkulasi Parameter kisi untuk $Fe_{99}Si_1$ ( $Fe=99,5\%$ ) As annealed.....	47
Tabel 4.4 Sampel B FeSi non anneal dan anneal .....	63
Tabel 4.5 Parameter kisi sampel A( $Fe=99,97\%$ ) as casted dan as annealed.....	64

