

**PEMBENTUKAN FASA INTERMETALIK**  
 **$\alpha$ -Al<sub>8</sub>Fe<sub>2</sub>Si DAN  $\beta$ -Al<sub>5</sub>FeSi**  
**PADA PADUAN Al-7wt%Si**  
**DENGAN PENAMBAHAN UNSUR BESI**  
**DAN STRONSIUM**

**SKRIPSI**

Oleh

**ALI DARMAWAN**

**04 04 04 006 2**



**DEPARTEMEN METALURGI DAN MATERIAL**  
**FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA**

**GENAP 2007/2008**

**PEMBENTUKAN FASA INTERMETALIK**  
 **$\alpha$ -Al<sub>3</sub>Fe<sub>2</sub>Si DAN  $\beta$ -Al<sub>5</sub>FeSi**  
**PADA PADUAN Al-7wt%Si**  
**DENGAN PENAMBAHAN UNSUR BESI**  
**DAN STRONSIUM**

**SKRIPSI**

Oleh

**ALI DARMAWAN**

**04 04 04 006 2**



**SKRIPSI INI DIAJUKAN UNTUK MELENGKAPI SEBAGIAN**  
**PERSYARATAN MENJADI SARJANA TEKNIK**

**DEPARTEMEN METALURGI DAN MATERIAL**  
**FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA**  
**GENAP 2007/2008**

## **PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI**

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul :

**PEMBENTUKAN FASA INTERMETALIK  
 $\alpha$ -Al<sub>8</sub>Fe<sub>2</sub>Si DAN  $\beta$ -Al<sub>5</sub>FeSi  
PADA PADUAN Al-7wt%Si  
DENGAN PENAMBAHAN UNSUR BESI  
DAN STRONSIUM**

yang dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Metalurgi dan Material Departemen Teknik Metalurgi dan Material Fakultas Teknik Universitas Indonesia, sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari skripsi yang sudah dipublikasikan dan atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di lingkungan Universitas Indonesia maupun di perguruan tinggi atau instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

Depok, 29 Juni 2008

Ali Darmawan

NPM 04 04 04 006 2

## PENGESAHAN

Skripsi dengan judul :

**PEMBENTUKAN FASA INTERMETALIK  
 $\alpha$ -Al<sub>8</sub>Fe<sub>2</sub>Si DAN  $\beta$ -Al<sub>5</sub>FeSi  
PADA PADUAN Al-7wt%Si  
DENGAN PENAMBAHAN UNSUR BESI  
DAN STRONSIUM**

dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Metalurgi dan Material Departemen Teknik Metalurgi dan Material Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Skripsi ini telah diujikan pada sidang ujian skripsi pada tanggal 11 Juli 2008 dan dinyatakan memenuhi syarat/sah sebagai skripsi pada Departemen Teknik Metalurgi dan Material Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Depok, Juli 2008

Dosen Pembimbing

Dr. -Ing. Ir. Bambang Suharno

NIP : 131 845 374

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada :

**Dr. –Ing. Ir. Bambang Suharno**

selaku dosen pembimbing yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberi pengarahan, diskusi dan bimbingan serta persetujuan sehingga skripsi ini dapat selesai dengan baik.

# DAFTAR ISI

	Halaman
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	ii
PENGESAHAN	iii
UCAPAN TERIMA KASIH	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
DAFTAR SINGKATAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 LATAR BELAKANG PENELITIAN	1
1.2 TUJUAN PENELITIAN	2
1.3 RUANG LINGKUP PENELITIAN	2
1.3.1 Material	2
1.3.2 Parameter Penelitian	3
1.4 MANFAAT PENELITIAN	3
1.5 SISTEMATIKA PENULISAN LAPORAN	4
BAB II LANDASAN TEORI	5
2.1 ALUMINIUM	5
2.2 PADUAN ALUMINIUM TUANG	6
2.2.1 Karakteristik Paduan Aluminium Tuang	6
2.2.2 Sistem Penamaan Aluminium	10
2.2.3 Paduan Aluminium Silikon	11
2.3 INTERMETALIK BESI (Fe) PADA PADUAN Al-Si	12
2.3.1 Komposisi Kimia dan Morfologi Fasa Intermetalik	13

2.3.2	Pengaruh Unsur Lain terhadap Pembentukan Fasa Intermetalik	15
2.3.3	Modifikasi Fasa Intermetalik <i>Monoclinic</i> $\beta \rightarrow$ <i>Cubic</i> $\alpha$	21
2.3.4	Pengaruh Intermetalik Besi terhadap Sifat Mekanis	30
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		33
3.1	DIAGRAM ALIR PENELITIAN	33
3.2	PERALATAN DAN BAHAN PENELITIAN	35
3.2.1	Peralatan	35
3.2.2	Bahan	36
3.3	PROSEDUR PENELITIAN	36
3.3.1	Pembuatan dan Pengujian Aluminium Silikon (Al-7%Si)	36
3.3.2	Persiapan Penelitian	37
3.3.3	Proses Peleburan	39
3.3.4	Proses Fluxing	40
3.3.5	Penambahan Elemen Pengotor (Fe)	40
3.3.6	Proses Pemasukkan Sr pada Cairan Aluminium	40
3.3.7	Pengujian Komposisi Kimia dengan <i>Spectrometer</i>	41
3.3.8	Proses Pengambilan Sampel untuk SEM dan XRD	41
3.3.9	Pengamatan Struktur Mikro menggunakan SEM	42
3.3.10	Identifikasi jenis dan kuantitas intermetalik dengan XRD	44
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN		46
4.1	UMUM	46
4.2	KARAKTERISTIK PADUAN Al-7Si	47
4.2.1	Analisa Komposisi Ingot ( <i>Raw Material</i> )	47
4.2.2	Analisa Komposisi Material Hasil Modifikasi	48
4.3	HASIL SEM DAN EDS	49
4.3.1	Analisa Mikrostruktur	50
4.3.2	Analisa Hasil EDS	55
4.4	HASIL XRD	56

4.4.1 Pengaruh Penambahan Fe terhadap Jenis dan Kuantitas Intermetalik yang Terbentuk	58
4.4.2 Pengaruh Penambahan Sr terhadap Jenis dan Kuantitas Intermetalik yang Terbentuk	60
BAB V KESIMPULAN	63
DAFTAR ACUAN	64
DAFTAR PUSTAKA	69
LAMPIRAN	71





## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
<b>Gambar 2. 1</b> Prinsip dasar paduan Alumunium	7
<b>Gambar 2. 2</b> Pengaruh kandungan Si terhadap sifat mekanis paduan Al-Si dalam kondisi <i>as-cast</i> (a) kuat tarik (b) kekerasan	8
<b>Gambar 2. 3</b> Diagram fasa paduan alumunium-silikon beserta skematis fasa yang terbentuk pada struktur mikronya	12
<b>Gambar 2. 4</b> Gambar mikrostruktur fasa $\alpha$ -Al <sub>8</sub> Fe <sub>2</sub> Si.	14
<b>Gambar 2. 5</b> Gambar mikrostruktur fasa $\beta$ -Al <sub>5</sub> FeSi.	14
<b>Gambar 2. 6</b> Perhitungan panjang platelet $\alpha$ dan $\beta$ : (a) platelet $\beta$ pada paduan A356 dengan variasi kadar Fe; (b) platelet $\alpha$ pada paduan A356 dengan variasi kadar Fe dan kromium.	16
<b>Gambar 2. 7</b> Hubungan antara presentase kadar besi dengan presentase fasa $\beta$ pada paduan Al-Si.	16
<b>Gambar 2. 8</b> Pengaruh Fe terhadap fluiditas pada paduan aluminium 413 dengan penambahan modifier Sr.	17
<b>Gambar 2. 9</b> Perubahan diagram fasa Al-Fe-Si pada penambahan Mn (a) 0 % dan (b) 0.4 % Mn.	18
<b>Gambar 2.10</b> Efek kadar Mn terhadap kekuatan tarik pada paduan Al-9,2Si-4Cu-0,5Mg dengan variasi kadar Fe.	19
<b>Gambar 2. 11</b> (a) Paduan Al-0.5Si-0.14Fe dengan Sr 0.001%, memperlihatkan presipitasi fasa $\beta$ -AlFeSi yang bentuknya jarum – jarum; (b) paduan Al-0.5Si-0.14Fe dengan Sr 0.03%, memperlihatkan bentuk mikrostruktur fasa $\beta$ -AlFeSi yang bergerigi ( <i>jagged</i> ) (panah hitam), menolak difusi partikel Si didepan antarmuka fasa $\beta$ -AlFeSi/matriks Al dan membentuk partikel Al <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> Sr; (c) paduan l-0.5Si-0.14Fe dengan Sr 0.05% memperlihatkan presipitasi partikel Al <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> Sr yng berbentuk poligonal; dan	

(d) gambar hasil SEM yang memperlihatkan morfologi dari partikel $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{Sr}$	23
<b>Gambar 2. 12</b> Skematik yang mengilustrasikan dekomposisi platelet fasa $\beta\text{-AlFeSi}$ dengan modifikasi Sr; (a) <i>under modification</i> ; (b) <i>full modification</i> ; (c) <i>overmodification</i>	24
<b>Gambar 2. 13</b> Gambar SEM yang memperlihatkan morfologi fasa $\beta\text{-AlFeSi}$ ; (a) tanpa penambahan modifier Sr; (b) dengan penambahan 250 ppm Sr	25
<b>Gambar 2. 14</b> Persen kadar fasa $\alpha\text{-AlFeSi}$ dan $\beta\text{-AlFeSi}$ sebagai fungsi dari penambahan Strontium pada paduan Aluminium 413	25
<b>Gambar 2. 15</b> Sistem kelas pada mikrostruktur modifikasi	26
<b>Gambar 2. 16</b> Pengaruh kadar Sr terhadap temperatur eutektik pada paduan 319.	28
<b>Gambar 2. 17</b> Pengaruh waktu tahan terhadap kualitas modifikasi dengan variasi penambahan Sr	29
<b>Gambar 2. 18</b> Efek kadar Mn terhadap kekuatan impak pada paduan Al-11Si dengan variasi kadar waktu tahan pada 500 °C	31
<b>Gambar 3. 1</b> Diagram alir penelitian	34
<b>Gambar 3. 2</b> Timbangan digital	37
<b>Gambar 3. 3</b> Pipa tembaga yang telah dipotong	38
<b>Gambar 3. 4</b> Foto Alat Uji Fluiditas Vakum	39
<b>Gambar 3. 5</b> Blower dan Aluminium yang telah melebur	39
<b>Gambar 3. 6</b> Sampel setelah dilakukan <i>mounting</i>	42
<b>Gambar 3. 7</b> <i>Secondary Electron Microscope</i> (SEM)	43
<b>Gambar 3. 8</b> Geometri pemantulan X-Ray.	45
<b>Gambar 4. 1</b> Foto SEM struktur mikro sampel Al-7%Si + 1.26 wt% Fe + 0.015 wt% Sr pada temperatur 720°C, etsa 0.5% HF dengan perbesaran 1000×	49
<b>Gambar 4. 2</b> Perbandingan foto SEM sesuai panah; (a) penambahan kadar Sr; (b) penambahan kadar Fe dengan perbesaran 1000X	50

<b>Gambar 4.3</b>	Pengaruh penambahan Fe terhadap fraksi fasa intermetalik yang terbentuk	51
<b>Gambar 4.4</b>	Pengaruh penambahan Sr terhadap fraksi fasa intermetalik	53
<b>Gambar 4.5</b>	Pengaruh penambahan Sr terhadap fluiditas paduan Al-7wt% Si	53
<b>Gambar 4.6</b>	Pengaruh penambahan Sr terhadap panjang maksimal fasa intermetalik yang terbentuk	54
<b>Gambar 4.7</b>	Grafik XRD sampel Al-7%Si + 1.2 wt% Fe + 0.015 wt% Sr	57
<b>Gambar 4.8</b>	Pengaruh penambahan Fe terhadap kuantitas fasa $\alpha$ -Al <sub>8</sub> Fe <sub>2</sub> Si dan $\beta$ -Al <sub>5</sub> FeSi pada Al-7wt%Si dengan konsentrasi 0.015 wt% Sr	58
<b>Gambar 4.9</b>	Proses pembentukan fasa intermetalik yang berdasar pada diagram terner Al-Fe-Si dan diagram Scheil	59
<b>Gambar 4.10</b>	Pengaruh penambahan Sr terhadap kuantitas fasa $\alpha$ -Al <sub>8</sub> Fe <sub>2</sub> Si pada Al-7wt%Si dengan konsentrasi 1.2 wt% Fe	60
<b>Gambar 4.11</b>	<i>Aluminum-rich corner</i> pada diagram fasa Al-Fe-Si yang memperlihatkan pengaruh penambahan Sr	61

## DAFTAR TABEL

	Halaman
<b>Tabel 2.1</b> Pengaruh berbagai unsur paduan terhadap fasa intermetalik Al-Fe-Si	21
<b>Tabel 2.2</b> Pengaruh penambahan modifier dan/atau grain refiner pada paduan Al-7Si	30
<b>Tabel 3.1</b> Komposisi kimia Master Alloy Al-7wt%Si	36
<b>Tabel 3.2</b> Perhitungan stronsium (Sr) yang ditambahkan	37
<b>Tabel 3.3</b> Perhitungan besi (Fe) yang ditambahkan	37
<b>Tabel 3.4</b> Material balance percobaan yang dilakukan	38
<b>Tabel 4.1</b> Komposisi kimia Master Alloy Al-7wt%Si	47
<b>Tabel 4.2</b> Komposisi kimia Al-7wt%Si + 1.4 wt% Fe + 0.015 wt% Sr	48
<b>Tabel 4.3</b> Hasil Pengujian EDS Pada Komposisi Al-7%Si + 1.2 wt% Fe + 0.015 wt% Sr (720°C)	49
<b>Tabel 4.4</b> Data luas area di bawah peak sampel Al-7%Si + 1.2 wt% Fe + 0.015 wt% Sr	57
<b>Tabel 4.5</b> Pengaruh penambahan Fe terhadap kuantitas fasa $\alpha$ -Al <sub>8</sub> Fe <sub>2</sub> Si dan $\beta$ -Al <sub>5</sub> FeSi pada Al-7wt%Si dengan konsentrasi 0.015 wt% Sr	58
<b>Tabel 4.6</b> Pengaruh penambahan Sr terhadap kuantitas fasa $\alpha$ -Al <sub>8</sub> Fe <sub>2</sub> Si dan $\beta$ -Al <sub>5</sub> FeSi pada Al-7wt%Si dengan konsentrasi 1.2 wt% Fe	60

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil SEM dan EDS	Halaman 71
Lampiran 2 Hasil XRD	115



## DAFTAR SINGKATAN

AA	:	<i>Aluminium Association</i>
ASTM	:	<i>The American Society for Testing and Materials</i>
SEM	:	<i>Scanning Electron Microscope</i>
XRD	:	<i>X-Ray Diffraction</i>

