

**RESPONS LAKU PENUAAN PADUAN Al-9Si-2Cu  
DENGAN PENAMBAHAN PENGHALUS BUTIR AITi  
SERBUK 0,027 wt. % TITANIUM**

**SKRIPSI**

Oleh

**JATI KUSUMAWARDANI**

**04 04 04 041 Y**



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

**RESPONS LAKU PENUAAN PADUAN Al-9Si-2Cu  
DENGAN PENAMBAHAN PENGHALUS BUTIR AITi  
SERBUK 0,027 wt. % TITANIUM**

**SKRIPSI**

Oleh

**JATI KUSUMAWARDANI**

**04 04 04 041 Y**



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

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

## **PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI**

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul :

**RESPONS LAKU PENUAAN PADUAN Al-9Si-2Cu DENGAN  
PENAMBAHAN PENGHALUS BUTIR Al-Ti SERBUK 0,027 wt. %  
TITANIUM**

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, 22 Juni 2008

Jati Kusumawardani  
NPM 04 04 04 041 Y

## **PENGESAHAN**

Skripsi dengan judul :

**RESPONS LAKU PENUAAN PADUAN Al-9Si-2Cu DENGAN  
PENAMBAHAN PENGHALUS BUTIR Al-Ti SERBUK 0,027 wt. %  
TITANIUM**

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 2 Juli 2008 dan dinyatakan memenuhi syarat/sah sebagai skripsi pada Departemen Teknik Metalurgi dan Material Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Depok, 22 Juni 2008

Dosen Pembimbing

Dr. Ir. Bondan Tiara Sofyan, M.Si

NIP 131 992 220

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada :

**Dr. Ir. Bondan Tiara Sofyan, M.Si**

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

Serta Saeful Anwar dan Nani Sumarni selaku orang tua penulis, Cindy Chairunissa, keluarga, dan teman-teman yang telah memberi semangat dan doa tanpa henti dalam menjalani penelitian dan perkuliahan selama ini.

# DAFTAR ISI

	halaman
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	i
PENGESAHAN	ii
UCAPAN TERIMA KASIH	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR SINGKATAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 TUJUAN PENELITIAN	3
1.3 RUANG LINGKUP PENELITIAN	3
1.3.1 Material	3
1.3.2 Parameter Penelitian	3
1.3.2 Tempat Penelitian	3
BAB II LANDASAN TEORI	5
2.1 <i>CYLINDER HEAD</i>	5
2.2 PADUAN ALUMINIUM	6
2.2.1 Sifat Paduan Aluminium	6
2.2.2 Pengecoran Aluminium	8
2.2.3 LPDC	9
2.2.4 Al-Si-Cu	9

2.2.5 AC4B	11
2.3 PENGHALUSAN BUTIR	12
2.3.1 Definisi Penghalusan Butir	12
2.3.2 Mekanisme Penghalusan Butir	13
2.3.3 Penghalus Butir Ti	14
2.4 PERLAKUAN PANAS Pengerasan PRESIPITASI	15
2.4.1 Presipitasi Larutan Padat ( <i>Solution Treatment</i> )	15
2.4.2 <i>Quenching</i>	16
2.4.3 Penuaan	16
2.4.4 Mekanisme Pengerasan	18
2.5 PENGARUH STRUKTUR MIKRO TERHADAP SIFAT PADUAN ALUMINIUM	19
2.5.1 Fasa Intermetalik	19
2.5.2 Jarak Lengan <i>Dendrit</i>	20
2.5.3 Ukuran, Bentuk, dan Batas Butir	21
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	22
3.1 DIAGRAM ALIR	22
3.2 BAHAN DAN ALAT	23
3.2.1 Bahan-Bahan	23
3.2.2 Peralatan	23
3.3 PROSES PEMBUATAN SAMPEL	24
3.3.1 Perhitungan Material Balance	24
3.3.2 Pengecoran	25
3.3.3 Preparasi Sampel	26
3.4 PERLAKUAN PANAS	27
3.4.1 <i>Solution Treatment</i>	27
3.4.2 Proses Penuaan Buatan	27
3.5 PENGUJIAN KEKERASAN	28
3.6 PENGAMATAN MIKROSTRUKTUR	29

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	30
4.1 KARAKTERISTIK PADUAN Al-9Si-2Cu (AC4B) DALAM KONDISI <i>AS CAST</i>	30
4.2 PENGARUH PENUAAN ALAMI ( $28 \pm 5$ °C) PADA PADUAN Al-9Si-2Cu TANPA DAN DENGAN PENAMBAHAN 0,027 wt. % Ti	36
4.3 PENGARUH PENUAAN BUATAN ( $200 \pm 5$ °C) PADA PADUAN Al-9Si-2Cu TANPA DAN DENGAN PENAMBAHAN 0,027 wt. % Ti	38
4.4 PERBANDINGAN RESPON PADUAN Al-9Si-2Cu TERHADAP PENUAAN ALAMI ( $28 \pm 5$ °C) DAN BUATAN ( $200 \pm 5$ °C)	41
4.5 ANALISA MIKROSKOPI ANTARA PADUAN TANPA DAN DENGAN PENAMBAHAN PENGHALUS BUTIR 0,027 wt. % Ti PADA KONDISI <i>OVERAGED</i> PADA TEMPERATUR 200 °C	44
4.5.1 Evolusi Mikrostruktur pada Paduan Al-9Si-2Cu	44
4.5.2 Evolusi Mikrostruktur pada Paduan Al-9Si-2Cu dengan Penambahan 0,027 wt. % Ti	46
4.5.3 Pengamatan berdasarkan <i>Scanning Electron Microscopy</i> dan <i>Energy Dispersion Spectroscopy</i>	48
4.5.4 Pengamatan berdasarkan X-ray <i>Mapping</i>	52
BAB V PENUTUP	60
5.1 KESIMPULAN	60
5.2 SARAN	61
DAFTAR ACUAN	62
DAFTAR PUSTAKA	64
LAMPIRAN	67



## DAFTAR GAMBAR

	halaman
<b>Gambar 2.1</b> <i>Cylinder Head</i> pada sepeda motor	5
<b>Gambar 2.2</b> Tipe paduan aluminium berdasarkan paduannya	7
<b>Gambar 2.3</b> Skema dari <i>Low Pressure Die Casting</i>	9
<b>Gambar 2.4</b> Diagram fasa Al-Si	10
<b>Gambar 2.5</b> Penempatan penghalus butir pada pengecoran aluminium	13
<b>Gambar 2.6</b> Mekanisme efek penghalusan butir	14
<b>Gambar 2.7</b> Mekanisme proses <i>solution treatment</i> dilanjutkan <i>quenching</i>	15
<b>Gambar 2.8</b> Pengaruh temperatur penuaan terhadap kekerasan	17
<b>Gambar 2.10</b> Jarak lengan antar <i>dendrit</i>	21
<b>Gambar 3.1</b> Diagram alir penelitian	22
<b>Gambar 3.2</b> Alat pengecoran: GBF, LPDC, dan <i>holding furnace</i>	25
<b>Gambar 3.3</b> Penempatan pengambilan sampel dari <i>cylinder head</i>	26
<b>Gambar 3.4</b> Dapur Muffle Carbolite	27
<b>Gambar 3.5</b> Dapur pemanas induksi Nabertherm	28
<b>Gambar 3.6</b> Alat pengujian kekerasan: Brinell Hoytom dan Measuring microscopy	28
<b>Gambar 3.7</b> Alat mikroskop optik <i>Olympus</i> dan SEM JEOL	29
<b>Gambar 4.1</b> Mikrostruktur dari penghalus butir	32
<b>Gambar 4.2</b> Mikrostruktur paduan aluminium Al-9Si-2Cu tanpa dan dengan penghalus butir pada kondisi <i>as-cast</i>	34
<b>Gambar 4.3</b> Respon pengerasan penuaan paduan Al-9Si-2Cu pada temperatur $28 \pm 5$ °C	36
<b>Gambar 4.4</b> Respon pengerasan penuaan paduan Al-9Si-2Cu pada temperatur $200 \pm 5$ °C	38
<b>Gambar 4.5</b> Skema pembentukan presipitat pada matrik larut jenuh	40
<b>Gambar 4.6</b> Pembentukan presipitat pada temperatur 200 °C	41

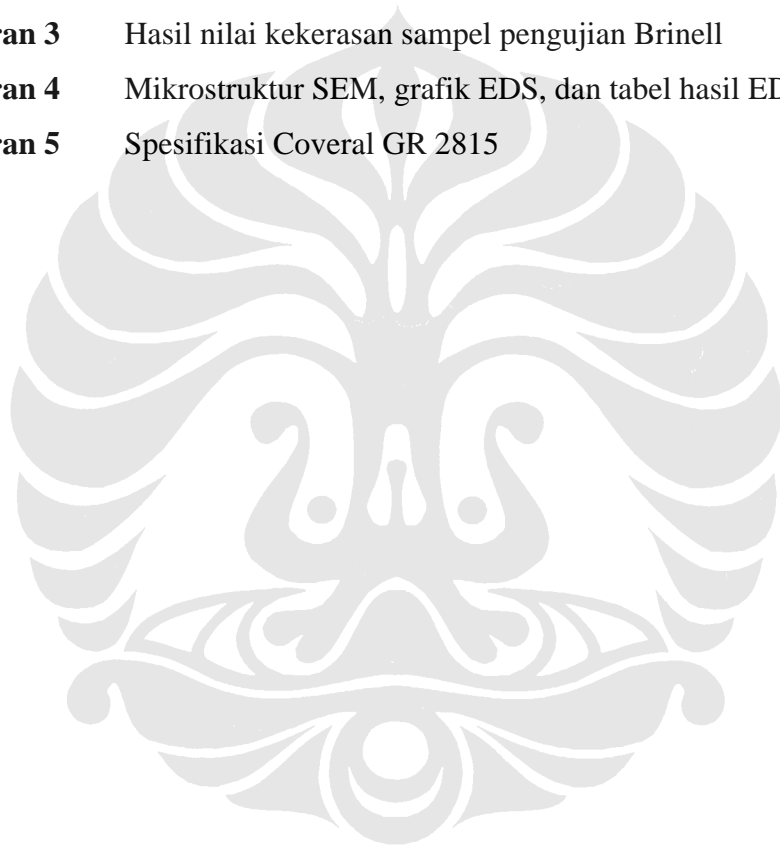
<b>Gambar 4.7</b> Respon pengerasan penuaan paduan Al-9Si-2Cu	42
<b>Gambar 4.8</b> Respon pengerasan penuaan paduan Al-9Si-2Cu dengan penambahan 0,027 wt. % Ti	42
<b>Gambar 4.9</b> Literatur respon paduan aluminium berbagai penuaan berdasarkan variabel temperatur nilai kekerasan-waktu	43
<b>Gambar 4.10</b> Mikrostruktur paduan Al-9Si-2Cu tanpa penambahan Ti pada penuaan buatan temperatur 200 °C	45
<b>Gambar 4.11</b> Mikrostruktur paduan Al-9Si-2Cu dengan penambahan 0,027 wt. % Ti pada penuaan buatan temperatur 200 °C	47
<b>Gambar 4.12</b> Mikrostruktur berdasarkan SEM/EDS pada paduan Al-9Si-2Cu tanpa penambahan Ti	49
<b>Gambar 4.13</b> Mikrostruktur berdasarkan SEM/EDS pada paduan Al-9Si-2Cu dengan penambahan 0,027 wt. % Ti	51
<b>Gambar 4.14</b> Hasil pemetaan paduan Al-9Si-2Cu tanpa penambahan Ti setelah <i>overaged</i>	53
<b>Gambar 4.15</b> Hasil pemetaan paduan Al-9Si-2Cu dengan penambahan 0,027 wt. % Ti setelah <i>overaged</i>	54
<b>Gambar 4.16</b> Diagram fasa Al-Si	56
<b>Gambar 4.17</b> Diagram fasa Al-Fe	57
<b>Gambar 4.18</b> Diagram fasa Al-Cu	59

## DAFTAR TABEL

	halaman
<b>Tabel 2.1</b> Seri Aluminium tuang berdasarkan standar AISI	10
<b>Tabel 2.2</b> Komposisi kimia aluminuim tuang menurut standar JIS	11
<b>Tabel 2.3</b> Referensi jenis paduan aluminium berdasarkan masing standar internasional	11
<b>Tabel 2.4</b> Komposisi kimia paduan 333.3 yang setara dengan AC4B	12
<b>Tabel 2.5</b> Tahapan pengendapan fasa intermetalik pada hipoeutektik	19
<b>Tabel 2.6</b> Hubungan laju pembekuan dengan jarak lengan dendrit	20
<b>Tabel 4.1</b> Komposisi sampel uji	30
<b>Tabel 4.2</b> Komposisi penghalus butir berdasarkan analisa kuantitatif SEM x-ray <i>mapping</i>	32
<b>Tabel 4.3</b> Besar jarak lengan <i>dendrit</i>	34
<b>Tabel 4.4</b> Kisaran nilai kekerasan standar pada PT. X	35
<b>Tabel 4.5</b> Komposisi mikro hasil analisa SEM/EDS titik-titik di Gambar 4.11 pada paduan Al-9Si-2Cu tanpa penambahan Ti	49
<b>Tabel 4.6</b> Komposisi mikro hasil analisa SEM/EDS titik-titik di Gambar 4.12 pada paduan Al-9Si-2Cu dengan penambahan 0,027 wt. % Ti	51
<b>Tabel 4.7</b> Hasil x-ray <i>mapping</i> pada Gambar 4.14 dan 4.14 berdasarkan bentuk dan penyebaran unsur-unsurnya	55

## DAFTAR LAMPIRAN

	halaman
<b>Lampiran 1</b>	Hasil pengujian komposisi kimia 67
<b>Lampiran 2</b>	Hasil SEM/Mapping Coveral GR 2815 70
<b>Lampiran 3</b>	Hasil nilai kekerasan sampel pengujian Brinell 73
<b>Lampiran 4</b>	Mikrostruktur SEM, grafik EDS, dan tabel hasil EDS 78
<b>Lampiran 5</b>	Spesifikasi Coveral GR 2815 87



## DAFTAR SINGKATAN

AA	Aluminum Association
BHN	Brinell Hardness Number
EDS	Energy Dispersive Spectrometry
GBF	Gas Buble Floatation
JIS	Japan International Standard
LPDC	Low Pressure Die Casting
SEM	Scanning Electron Microscope

