



UNIVERSITAS INDONESIA

**OPTIMALISASI PARAMETER PERLAKUAN PANAS
UNTUK MENGURANGI KEGAGALAN RETAK
PADA *CYLINDER HEAD* DENGAN MATERIAL AC4B**

SKRIPSI

**AHMAD BUDIONO
0906605435**

**FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN METALURGI DAN MATERIAL
DEPOK
JUNI 2012**



UNIVERSITAS INDONESIA

**OPTIMALISASI PARAMETER PERLAKUAN PANAS
UNTUK MENGURANGI KEGAGALAN RETAK
PADA *CYLINDER HEAD* DENGAN MATERIAL AC4B**

SKRIPSI

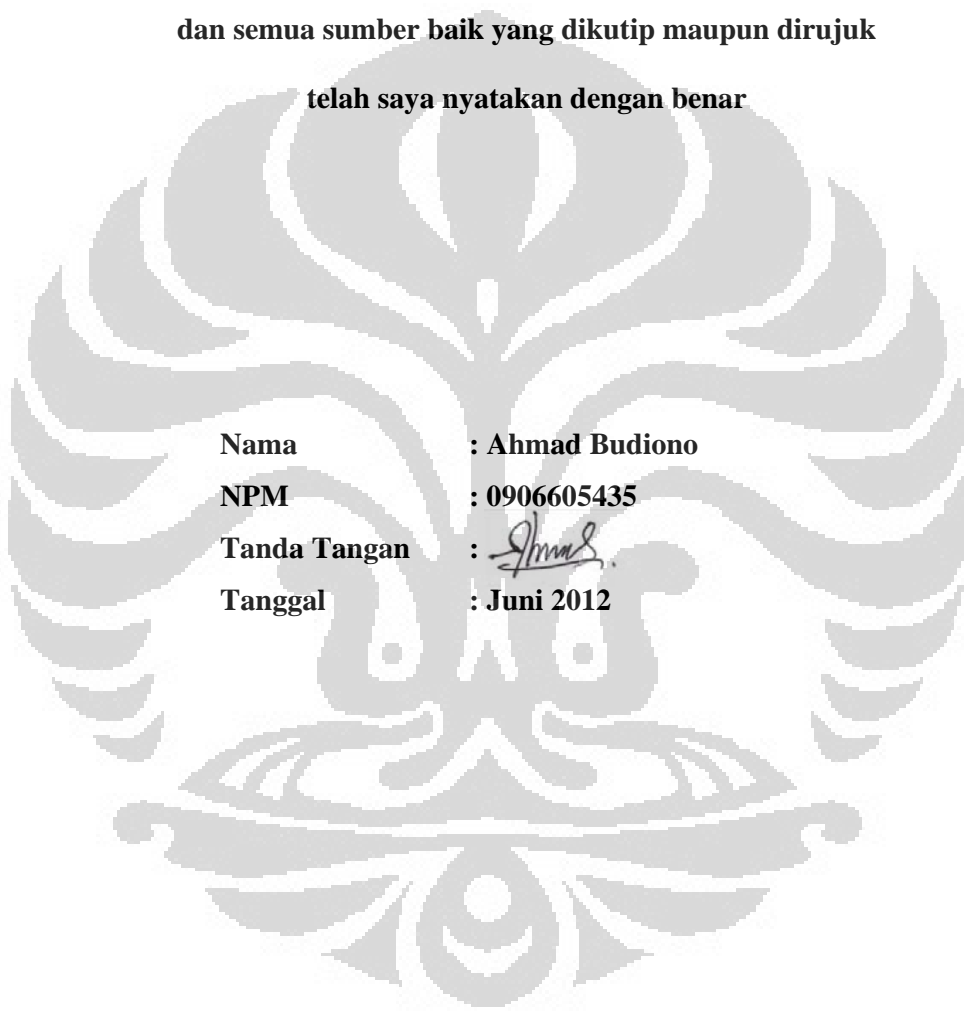
Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana

**AHMAD BUDIONO
0906605435**

**FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN METALURGI DAN MATERIAL
DEPOK
JUNI 2012**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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



Nama : Ahmad Budiono
NPM : 0906605435
Tanda Tangan : *Ahmad*
Tanggal : Juni 2012

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Ahmad Budiono
NPM : 0906605435
Program Studi : Teknik Metalurgi dan Material
Judul Skripsi : Optimalisasi Parameter Perlakuan Panas untuk
Mengurangi Kegagalan Retak pada *Cylinder*
Head dengan Material AC4B

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan di terima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Metalurgi dan Material Fakultas Teknik Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dwi Marta Nurjaya S.T., M.T. ()

Penguji 1 : Dr. Ir. Myrna Ariati Mochtar M.S. ()

Penguji 2 : Nofrijon Sofyan Ph.D ()

Ditetapkan di : Depok
Tanggal : Juni 2012

KATA PENGANTAR

Puji syukur senantiasa penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang selalu memberikan berkah, kebahagiaan serta rahmat-Nya dalam kehidupan penulis. Atas segala karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini sebagai syarat menempuh ujian akhir Sarjana di Departemen Metalurgi dan Material Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dwi Marta Nurjaya S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan tenaga, waktu dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini;
2. Orang tua dan keluarga besar saya yang telah banyak memberikan dukungan moral dan material;
3. Pak Ganesh, Pak Ronald, Pak Aulia yang telah memberi kesempatan untuk melakukan penelitian ini di perusahaan dan menyelesaikan tugas skripsi ini, PT. Astra Honda Motor; serta
4. Sahabat dan teman seperjuangan, Johny, Cicha, Dedi, Fiyus, Shandy, Singgih, Bayu, MasJon, Arfi mbo, dan Alfin dan berbagai pihak telah banyak membantu dalam menyelesaikan tugas skripsi ini.

Akhir kata, saya berharap Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, Juni 2012

Penulis

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

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

Nama : Ahmad Budiono
NPM : 0906605435
Program Studi : Teknik Metalurgi dan Material
Departemen : Metalurgi dan Material
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Non-eksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**OPTIMALISASI PARAMETER PERLAKUAN PANAS
UNTUK MENGURANGI KEGAGALAN RETAK
PADA *CYLINDER HEAD* DENGAN MATERIAL AC4B**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalty Non-Eksklusif ini, Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia atau formatkan, mengelola dalam bentuk data (*database*), merawat, dan mempublikasi tugas akhir saya selama mencantumkan nama saya sebagai penulis atau pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada Tanggal : Juni 2012

Yang menyatakan



(Ahmad Budiono)

ABSTRAK

Nama : Ahmad Budiono
NPM : 0906605435
Program Studi : Teknik Metalurgi dan Material
Judul Skripsi : Optimalisasi Parameter Perlakuan Panas Untuk Mengurangi Kegagalan retak pada *Cylinder Head* Dengan Material AC4B

Penggunaan mesin heat treatment jenis rotary yang baru untuk perlakuan panas cylinder head pada paduan aluminium AC4B masih menimbulkan cacat retak di area inlet valve. Proses perlakuan panas yang digunakan dalam penelitian ini adalah proses perlakuan panas T6 (*artificial ageing*), yaitu solution treatment, quenching dan proses ageing. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah variasi temperatur solution treatment 500 - 540^oC dan waktu 2.6 - 4 jam, variasi temperatur quenching 70 - 92^oC, dan variasi temperature ageing 150 - 228^oC dengan waktu 2.6 – 4 jam. Dari penelitian ini diharapkan mendapatkan variabel temperatur dan waktu yang paling optimum dari proses perlakuan panas agar cacat retak tidak terjadi. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa cacat retak yang dihasilkan paling rendah (0.002%) dengan jumlah sampel sebanyak 37.975 buah pada temperatur yang paling optimum solution treatment 540^oC selama 2.6 jam, temperatur quenching 92^oC, dan temperatur ageing 150^oC selama 2.6 jam.

Kata Kunci :
Cylinder head AC4B, penuaan buatan, perlakuan pelarutan

ABSTRACT

Name : Ahmad Budiono
NPM : 0906605435
Major : Metallurgy and Materials Engineering
Title : Parameter Optimization of Heat Treatment To Reduce Failure cracks in Cylinder Head With AC4B Material

The use of heat treatment equipment for a new type of rotary heat treatment on the aluminum alloy cylinder head AC4B is still causing crack in the area of the inlet valve. Heat treatment process for this materials is T6 (artificial aging), i.e the solution treatment, quenching and aging processes. Variables used for this materials is a variation of solution treatment temperature of 500 to 540^oC for 2.6 to 4 hours, variations in quenching temperature 70 to 92^oC, and the variation of aging temperature 228 to 150^oC for 2.6 to 4 hours. In this study, it's expected to get a variable temperature and the optimum time of heat treatment process so that the defects can be eliminated. The lowest crack defeates (0.002%) with total sample 37.975 pieces at the temperature of the most optimum solution treatment 540^oC for 2.6 hours, the temperature quenching 92^oC and aging temperature 150^oC for 2.6 hours.

Keywords :
AC4B aluminum, artificial aging, solution treatment

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....	v
ABSTRAK	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	1
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	2
1.5 Batasan Penelitian.....	2
2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Aluminium.....	4
2.1.1 Paduan Aluminium Tuang.....	4
2.1.2 Paduan Aluminium Silikon Tuang	5
2.1.3 Paduan Aluminium AC4B.....	6
2.1.4 Pengaruh Unsur Paduan Aluminium Tuang.....	6
2.2 Proses Perlakuan Panas Pada Paduan Aluminium.....	10
2.2.1 Jenis perlakuan Panas.....	10
2.2.2 Proses Pengerasan Penuaan Pada Paduan Aluminium.....	11
2.2.2.1 Proses perlakuan Pelarutan.....	13
2.2.2.2 Proses Pencelupan.....	14
2.2.2.3 Proses Penuaan.....	14
3. METODOLOGI PENELITIAN	20

3.1	Diagram Alir Penelitian	20
3.2	Bahan dan Peralatan.....	21
3.2.1	Bahan.....	21
3.2.2	Peralatan.....	21
3.3	Persiapan Pengujian.....	21
3.3.1	Proses Perlakuan Panas.....	21
3.3.1.1	Layout Mesin Heat Treatment.....	22
3.3.2	Proses Preparasi sampel.....	25
3.4	Proses Pengujian.....	27
3.4.1	Pengujian Komposisi Kimia.....	27
3.4.2	Pengujian kekerasan.....	28
3.4.3	Pengamatan struktur Mikro.....	29
3.4.4	Pengamatan SEM.....	30
4.	HASIL DAN PEMBAHASAN	31
4.1	Cylinder Head retak.....	31
4.1.1	Visual Cylinder head.....	31
4.1.2	Uji Komposisi Kimia.....	31
4.1.3	Uji Kekerasan.....	33
4.1.4	Pengamatan Struktur Mikro.....	34
4.1.5	Pengamatan SEM/EDS.....	35
4.2	Karakteristik paduan Hasil Pengecoran.....	37
4.2.1	Komposisi kimia Paduan AC4B Hasil Pengecoran.....	37
4.2.2	Tahapan Perlakuan Panas.....	38
4.2.3	Pengamatan Struktur Mikro.....	40
4.2.4	Uji Kekerasan.....	46
4.2.5	Press Insert guide Valve.....	48
5.	KESIMPULAN	51
	DAFTAR PUSTAKA.....	52

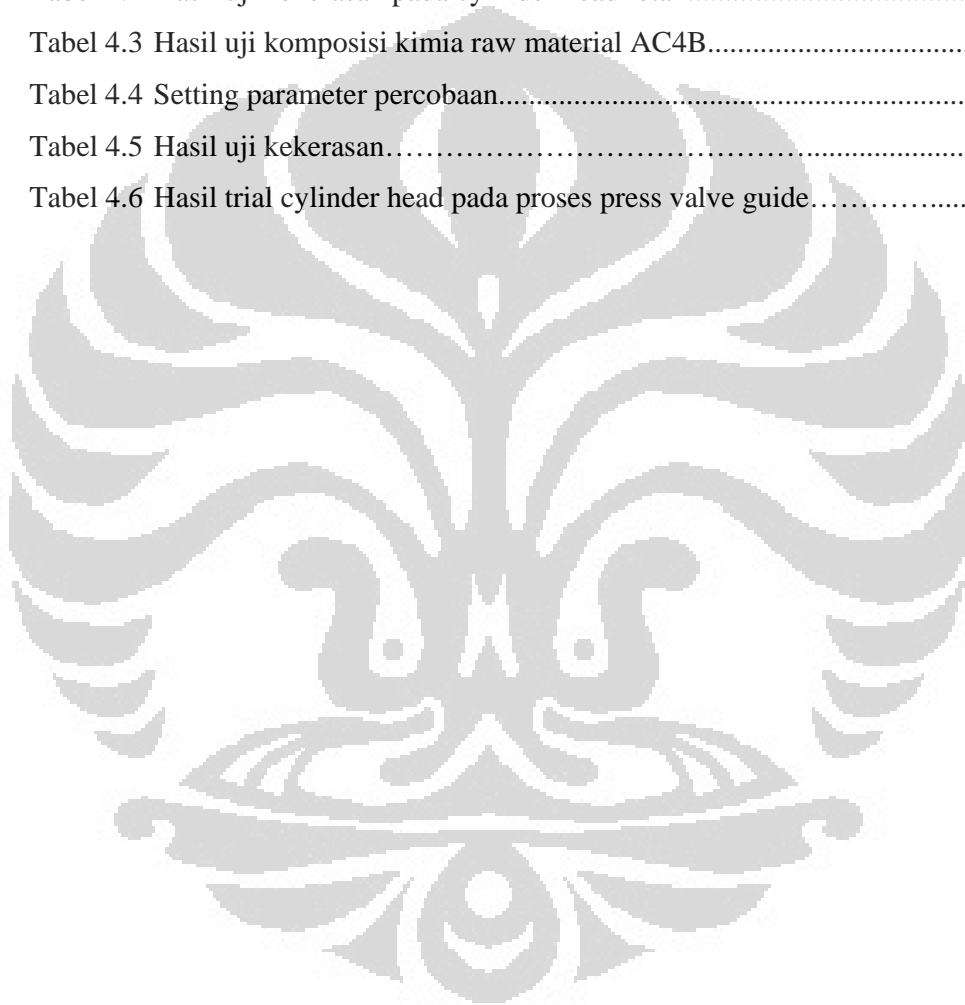
DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Diagram fasa paduan aluminium silikon (Al – Si).....	6
Gambar 2.2	Kelarutan <i>hydrogen</i> pada aluminium.....	10
Gambar 2.3	Proses penguatan penuaan digambarkan dengan diagram fasa Al-Cu.....	12
Gambar 2.4	Diagram biner Al-Cu.....	14
Gambar 2.5	Presipitasi tumbuh pada <i>vacancy</i> antara atom Al	15
Gambar 2.6	Perubahan sifat koherensi presipitat pada proses penuaan pada paduan aluminium	16
Gambar 2.7	Diagram fasa Al-Cu dengan batas kelarutan pada tiap jenis presipitat.....	17
Gambar 2.8	Energi bebas pada tahapan pembentukan presipitat pada paduan aluminium vs waktu.....	18
Gambar 2.9	Proses penuaan pada kondisi <i>under-aged, peak-aged dan over-aged</i> pada paduan Al-Cu.....	19
Gambar 3.1	Diagram alir penelitian.....	20
Gambar 3.2	<i>Shoei rotary heat treatment</i>	22
Gambar 3.3	Layout mesin rotary heat treatment.....	23
Gambar 3.4	Layout Penempatan sample.....	24
Gambar 3.5	Lengan robot.....	25
Gambar 3.6	Sampel <i>cylinder head as-cast</i> hasil proses <i>low pressure die casting</i>	25
Gambar 3.7	Mesin pemotongan sample.....	26
Gambar 3.8	Mesin amplas dan mesin poles.....	27
Gambar 3.9	Mesin <i>spectrometer</i>	28
Gambar 3.10	Alat uji kekerasan.....	29
Gambar 3.11	Mikroskop optik	29
Gambar 4.1	Cylinder Head retak.....	31
Gambar 4.2	Pengambilan sampel pada (a) <i>cylinder head</i> yang dipotong pada area <i>valve in</i> dan (b) pengambilan titik sampel uji komposisi kimia.....	32

Gambar 4.3	Lokasi pengambilan sampel uji kekerasan pada cylinder head....	33
Gambar 4.4	Sampel uji kekerasan.....	33
Gambar 4.5	Area pengamatan struktur mikro <i>cylinder head</i> retak.....	34
Gambar 4.6	Struktur mikro cylinder head retak (a) perbesaran 420X (b) perbesaran 700X.....	35
Gambar 4.7	Area pengamatan SEM <i>cylinder head</i> retak.....	35
Gambar 4.8	Pengamatan SEM dengan (a) perbesaran 55X (b) perbesaran 430X.....	36
Gambar 4.9	Hasil Pengamatan EDS.....	36
Gambar 4.10	(a) bentuk test piece dalam uji komposisi kimia dari raw material dan (b) pengambilan titik sampel uji komposisi kimia...	37
Gambar 4.11	Struktur mikro percobaan ke 1.....	40
Gambar 4.12	Struktur mikro percobaan ke 2.....	40
Gambar 4.13	Struktur mikro percobaan ke 3.....	41
Gambar 4.14	Struktur mikro percobaan ke 4.....	42
Gambar 4.15	Struktur mikro percobaan ke 5.....	42
Gambar 4.16	Struktur mikro percobaan ke 6.....	43
Gambar 4.17	Struktur mikro percobaan ke 7.....	43
Gambar 4.18	Struktur mikro percobaan ke 8.....	44
Gambar 4.19	Struktur mikro percobaan ke 9.....	44
Gambar 4.20	Struktur mikro percobaan ke 10.....	45
Gambar 4.21	Struktur mikro percobaan ke 11.....	45
Gambar 4.22	Struktur mikro percobaan ke 12.....	46
Gambar 4.23	Hasil uji kekerasan.....	48
Gambar 4.24	Proses <i>press guide valve</i>	48

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penamaan aluminium tuang menurut JIS.....	4
Tabel 2.2 Perbandingan komposisi kimia aluminium tuang AC4B dan AA33..	6
Tabel 2.3 Penamaan standard untuk proses perlakuan panas pada aluminium...	11
Tabel 4.1 Hasil uji komposisi kimia cylinder head retak.....	32
Tabel 4.2 Hasil uji kekerasan pada cylinder head retak.....	34
Tabel 4.3 Hasil uji komposisi kimia raw material AC4B.....	38
Tabel 4.4 Setting parameter percobaan.....	38
Tabel 4.5 Hasil uji kekerasan.....	46
Tabel 4.6 Hasil trial cylinder head pada proses press valve guide.....	49



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data cacat retak bulan Februari 2012.....	54
Lampiran 2 Tesing report.....	55



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan penjualan sepeda motor di Indonesia dari tahun ke tahun menunjukkan tren kenaikan. Asosiasi Industri Sepedamotor Indonesia (AISI) memproyeksikan pertumbuhan volume kendaraan sepeda motor di tahun 2012 sebesar 12% atau mencapai 9,5 jutaan [1].

Dengan meningkatnya pertumbuhan sepeda motor, maka kapasitas produksi sepeda motor PT. X khususnya jenis matik ditingkatkan sebanyak 200 ribu unit perbulan. Penambahan kapasitas ini efektif mulai bulan Maret 2012 sehingga total kapasitas produksi sepeda motor PT. X di Indonesia mencapai 4,4 juta unit per tahun. Penambahan mesin-mesin produksi dilakukan di pabrik skutik PT. X di wilayah Cikarang, dan *line assembly* unit akan berproduksi dengan 3 shift, sehingga penambahan kapasitas produksi bisa mencapai 200 ribu unit [2].

Dengan peningkatan produksi ini akan dibarengi dengan penambahan mesin-mesin produksi untuk mengimbangi kenaikan produksi. Salah satu penambahan mesin baru tersebut adalah mesin *Perlakuan panas*.

Pembuatan *cylinder head* menggunakan material AC4B dengan proses *low pressure die casting*. Paduan aluminium yang digunakan adalah paduan aluminium AC4B dengan paduan utama adalah aluminium (Al) dan silikon (Si).

Setelah proses perlakuan panas, *cylinder head* dilakukan proses *machining* untuk didapatkan dimensi yang diinginkan. Proses pemasangan *guide valve* dilakukan di akhir proses *machining*. Bulan Februari 2012 ditemukan retak sebanyak 482 buah dengan area retak terjadi di *intake valve* pada semua dies dari mesin *press fit guide valve* dari total stok 6146 buah.

1.2 Perumusan Masalah

Perlakuan panas pada aluminium adalah suatu perlakuan dengan menggunakan pemanasan pada temperatur tertentu pada rentang waktu tertentu yang bertujuan untuk mendapatkan sifat mekanis seperti yang diinginkan. Pada dasarnya perlakuan panas tersebut adalah untuk merubah struktur mikro pada

aluminium tersebut sehingga didapatkan sifat yang diinginkan seperti kekerasan dan kekuatannya.

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam proses perlakuan panas antara lain adalah jenis material, temperatur perlakuan pelarutan, temperatur media kuens, dan temperatur penuaan. Bila parameter-parameter tersebut tidak terjaga, maka hasil dari proses perlakuan panas tersebut tidak akan optimal dan dapat menimbulkan masalah saat proses selanjutnya.

Masalah yang timbul diakibatkan oleh perlakuan panas yang tidak tepat dapat mengakibatkan sifat-sifat yang kita inginkan tidak tercapai, seperti nilai kekerasan yang rendah maupun adanya retak dipermukaan produk *cylinder head*. Untuk mengatasi atau mengurangi masalah tersebut, maka diperlukan beberapa pengaturan temperatur pada perlakuan pelarutan maupun pada penuaan.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui mekanisme kegagalan yang menyebabkan terjadinya retak pada produk *cylinder head* produk hasil *low pressure die casting*.
2. Menentukan langkah – langkah penanggulangan retak *cylinder head* produk hasil *low pressure die casting* tidak terulang kembali.

1.4 Manfaat Penelitian

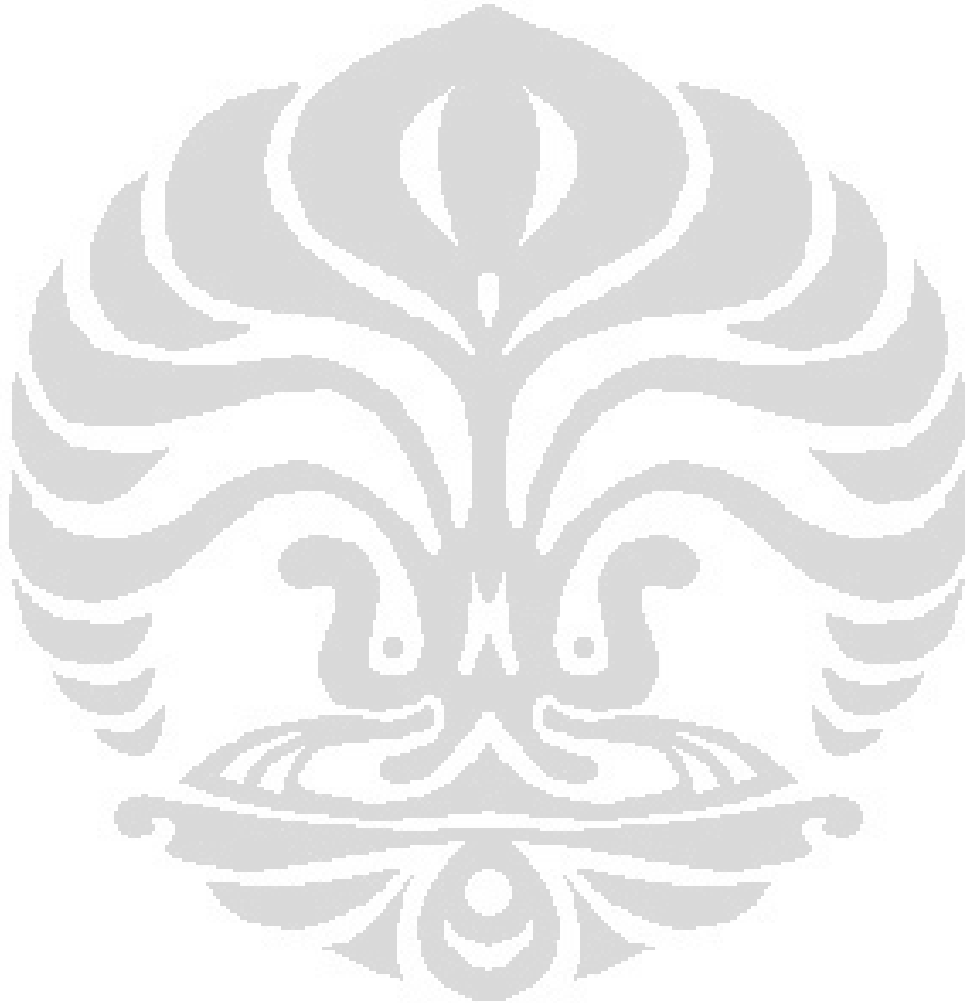
Manfaat dari penelitian ini adalah untuk mengurangi cacat yang diakibatkan oleh retak di produk *cylinder head* hasil proses *low pressure die casting* dengan melakukan perbaikan di proses produksi di PT. X dan menghindarkan dari kegagalan yang sama agar tidak terjadi dimasa depan.

1.5 Batasan Penelitian

Batasan masalah yang digunakan dalam penulisan ini adalah :

1. Material *cylinder head* adalah paduan aluminium AC4B
2. Parameter pengaturan dilakukan pada mesin perlakuan panas
3. Media kuens yang digunakan adalah media air

4. Pengambilan data berupa data cacat di bagian *machining* tanggal 21-29 Februari 2012.
5. Pengambilan data cacat cylinder head retak dilakukan setelah proses *press guide valve*



BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Aluminium

2.1.1 Paduan Aluminium Tuang

Aluminium dan paduannya merupakan jenis material yang banyak digunakan pada industri otomotif, dikarenakan memiliki sifat-sifat [7] antara lain :

- 1) Fluiditas baik, mampu mengisi rongga yang tipis
- 2) Memiliki temperatur lebur yang relatif rendah
- 3) Memiliki massa jenis yang rendah ($2,7 \text{ gr/cm}^3$)
- 4) Memiliki perpindahan panas yang relatif cepat
- 5) Memiliki stabilitas kimia yang cukup baik
- 6) Memiliki permukaan *as-cast* yang baik dan agak mengkilat

Klasifikasi paduan aluminium menurut JIS (Japan Industrial Standard) H5202.

Tabel 2.1 Penamaan aluminium tuang menurut JIS [6]

Symbol	Paduan
AC1A	Paduan Al-Cu
AC1B	Paduan Al-Cu-Mg
AC2A	Paduan Al-Cu-Si
AC2B	Paduan Al-Cu-Si
AC3A	Paduan Al-Si
AC4A	Paduan Al-Si-Mg
AC4B	Paduan Al-Si-Cu
AC4C	Paduan Al-Si-Mg

Tabel 2.1 Penamaan aluminium tuang menurut JIS (lanjutan) [6]

Symbol	Paduan
AC4CH	Paduan Al-Si-Mg
AC4D	Paduan Al-Si-Cu-Mg
AC5A	Paduan Al-Cu-Ni-Mg
AC7A	Paduan Al-Mg
AC8A	Paduan Al-Si-Cu-Ni-Mg
AC8B	Paduan Al-Si-Cu-Ni-Mg
AC8C	Paduan Al-Si-Cu-Mg
AC9A	Paduan Al-Si-Cu-Ni-Mg
AC9B	Paduan Al-Si-Cu-Ni-Mg

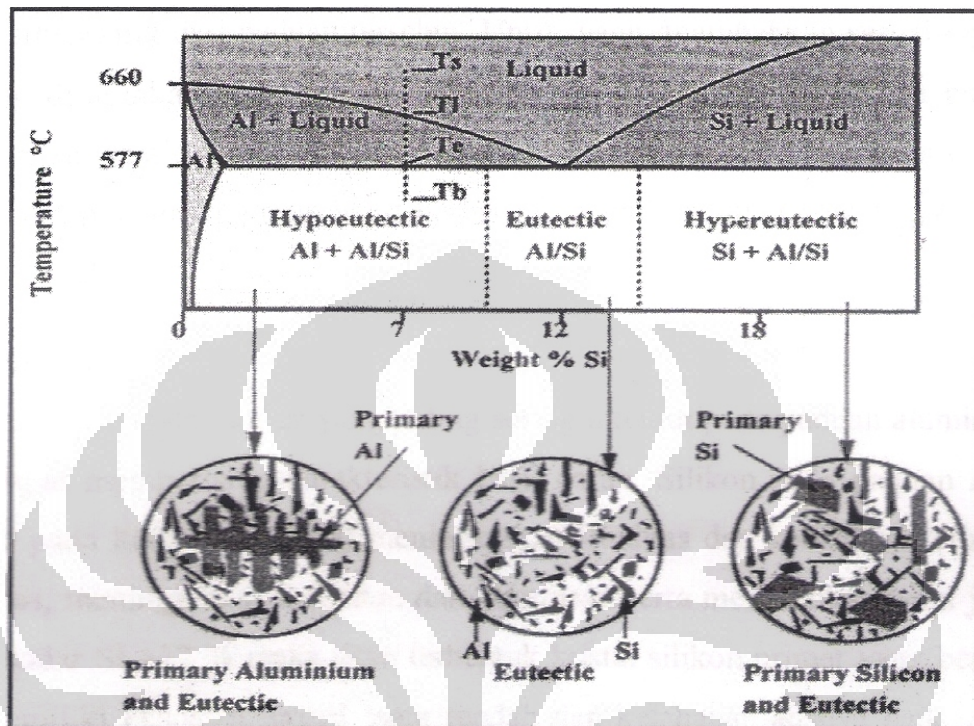
2.1.2 Paduan Aluminium Silikon Tuang

Aluminium silikon merupakan salah satu paduan aluminium yang sering pada proses pengecoran. Kombinasi aluminium dengan silikon memiliki keuntungan mampu alir yang baik pada saat cair, sifat mampu bentuk dan ketahanan korosi yang baik [4]. Berdasarkan kandungan silikon yang ada pada paduannya maka paduan aluminium silikon dibagi menjadi 3 berdasarkan kandungan silikonnya [4] yaitu :

- 1) Paduan hipoeutektik (<11,7% Si)
- 2) Paduan eutektik (11,7 – 12% Si)
- 3) Paduan hipereutektik (>12,2% Si)

Gambar 2.1 menunjukkan daerah dari paduan aluminium silikon. Dari ketiga jenis aluminium silikon ini memiliki struktur utama berupa fasa α – Al yang sangat kaya akan aluminium dan partikel – partikel kristal silikon yang tidak

terlarut dalam fasa α – Al. Ketiga aluminium silikon tersebut dapat digunakan sesuai dengan aplikasi yang dibutuhkan.



Gambar 2.1 diagram fasa paduan aluminium silikon (Al – Si) [5]

2.1.3 Paduan Aluminium AC4B

Paduan aluminium AC4B merupakan aluminium dengan paduan utama silikon dan tembaga. Berdasarkan standard JIS H5202 paduan aluminium AC4B setara dengan paduan 333.0 menurut standard AA.

Tabel 2.2 Perbandingan komposisi kimia aluminium tuang AC4B dan AA 333 [6,7]

Paduan	Komposisi Kimia (%)								
	Cu	Si	Mg	Zn	Fe	Mn	Ni	Ti	Al
AC4B	2.0-4.0	7.0-10.0	0.5 Max	1.0 Max	1.0 Max	0.5 Max	0.3 Max	0.2 Max	Sisa
AA. 333	3.0-4.0	8.0-10.0	0.05-0.5	1.0 Max	1.0 Max	0.5 Max	0.5 Max	0.25 Max	Sisa

2.1.4 Pengaruh Unsur Paduan Aluminium Tuang

Pada paduan aluminium tuang adanya penambahan unsur adalah untuk meningkatkan sifat dari paduan tersebut. Unsur yang ditambahkan sesuai dengan sifat yang diinginkan pada paduan tersebut. Unsur yang terdapat pada paduan

aluminium sengaja ditambahkan dan juga sudah terdapat pada aluminium tuang tersebut. Adapun unsur – unsur yang berpengaruh pada paduan aluminium tuang sebagai berikut :

1. Silikon (Si)

Silikon adalah unsur yang paling sering ditemui pada paduan aluminium karena dapat memperbaiki karakteristik hasil coran. Silikon pada paduan Al – Si (terutama pada kadar 5 – 13% Si) meningkatkan fluiditas dan ketahanan terhadap retak panas, meningkatkan kekuatan dan kekerasan serta menurunkan berat jenis. Apabila kadar Si > 12% maka akan terbentuk kristal silikon primer yang bersifat keras, memiliki ekspansi thermal yang rendah dan ketahanan ausnya baik. Akan tetapi sifat mampu permesinannya kurang baik. Berdasarkan standard JIS paduan aluminium AC4B sekitar 7 – 10% [6].

2. Tembaga (Cu)

Kandungan tembaga pada paduan aluminium AC4B berkisar 2–4% [6]. Unsur tembaga sebagai paduan akan meningkatkan kekuatan dan kekerasan logam saat *as-cast* dan saat dilakukan perlakuan panas juga akan meningkatkan kekerasan dengan membentuk presipitat yaitu fasa kedua Al_2Cu . Namun unsur ini dapat mengurangi ketahanan terhadap *hot tear* (retak panas), fluiditas dan ketahanan korosi [8].

3. Besi (Fe)

Unsur besi merupakan pengotor yang sering ditemukan di aluminium [9]. Besi merupakan elemen paduan pada aluminium yang tidak dapat dihilangkan. Keberadaan besi pada paduan aluminium cair lewat jenuh memiliki kecenderungan untuk melarutkan cetakan pada *die casting* sehingga terjadi penempelan [10]. Kelarutan besi dalam aluminium pada fasa padat sangat rendah (0,04%), dan kebanyakan keberadaan besi dalam aluminium yang melebihi jumlah tersebut berupa fasa intermetalik kedua yang berkombinasi dengan aluminium dan unsur lainnya. Besi bereaksi membentuk fasa – fasa tidak terlarut (*insoluble*) dalam leburan paduan aluminium, yang umumnya berupa $FeAl_3$, $FeMnAl_6$ dan Al_5FeSi [10]. Adanya kadar besi pada paduan yang berlebihan akan membentuk kristal Al_5FeSi akan menurunkan sifat keuletan dan ketahanan korosi paduan Al – Si dan mengakibatkan struktur butir yang kasar.

4. Seng (Zn)

Seng merupakan unsur pengotor pada aluminium dan termasuk logam berat sehingga dapat meningkatkan massa jenis pada paduannya [10]. Penambahan seng (Zn) tidak memiliki pengaruh yang signifikan bila hanya ditambahkan ke dalam paduan Al-Si. Akan tetapi bila dipadukan bersama dengan tembaga (Cu) dan/atau magnesium maka akan menghasilkan komposisi *heat-treatable* yang berpengaruh meningkatkan kekerasan dan kekuatan karena membentuk presipitat $MgZn_2$, $CuAl_2$ [3].

5. Mangan (Mn)

Mangan biasanya dianggap sebagai unsur pengotor dalam komposisi aluminium tuang, sehingga harus di kendalikan agar tetap rendah dalam proses *gravity casting*. Tanpa melakukan *work hardening*, mangan tidak memberikan efek yang signifikan pada paduan aluminium tuang. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa fraksi volume yang tinggi dari $MnAl_6$ pada paduan aluminium yang mengandung lebih dari 0,5% Mn akan memiliki pengaruh yang menguntungkan pada mutu internal dari aluminium tuang [11].

6. Kromium (Cr)

Kromium memiliki laju difusi yang rendah dan membuat fasa halus yang terdispersi pada produk tempa. Fasa terdispersi ini mencegah nukleasi dan pertumbuhan butir. Kromium digunakan untuk mengontrol struktur butir, untuk menjaga pertumbuhan butir pada paduan aluminium selama proses Perlakuan panas.

7. Nikel (Ni)

Unsur nikel umumnya digunakan bersama dengan tembaga untuk meningkatkan kekuatan pada temperatur tinggi. Nikel juga mengurangi koefisien ekspansi termal.

8. Magnesium (Mg)

Magnesium merupakan unsur yang memberikan kekuatan dan kekerasan pada paduan aluminium-silikon [10]. Dengan tujuan yang sama unsur magnesium biasanya digunakan dalam paduan aluminium-silikon yang kompleks, yang terdiri dari tembaga, nikel dan unsur-unsur lainnya. Magnesium dan silikon akan mengalami mekanisme pengerasan berupa pengerasan penuaan, dengan

membentuk fasa Mg_2Si sebagai presipitat [10]. Perpaduan antara aluminium dan magnesium biasanya digunakan untuk aplikasi yang menghendaki permukaan akhir yang terang, memiliki respon yang baik terhadap bahan kimia, tahan terhadap korosi, dan memiliki kombinasi yang baik antara kekuatan dan keuletan.

9. Boron (B)

Boron digunakan pada aluminium dan paduannya sebagai *grain refiner* dan untuk meningkatkan konduktivitas dengan pengendapan vanadium, titanium, kromium dan molibdenum. Boron dapat digunakan sendiri (pada level 0,005% - 0,1%) sebagai *grain refiner* selama proses solidifikasi, namun menjadi lebih efektif saat digunakan dengan titanium berlebih [4].

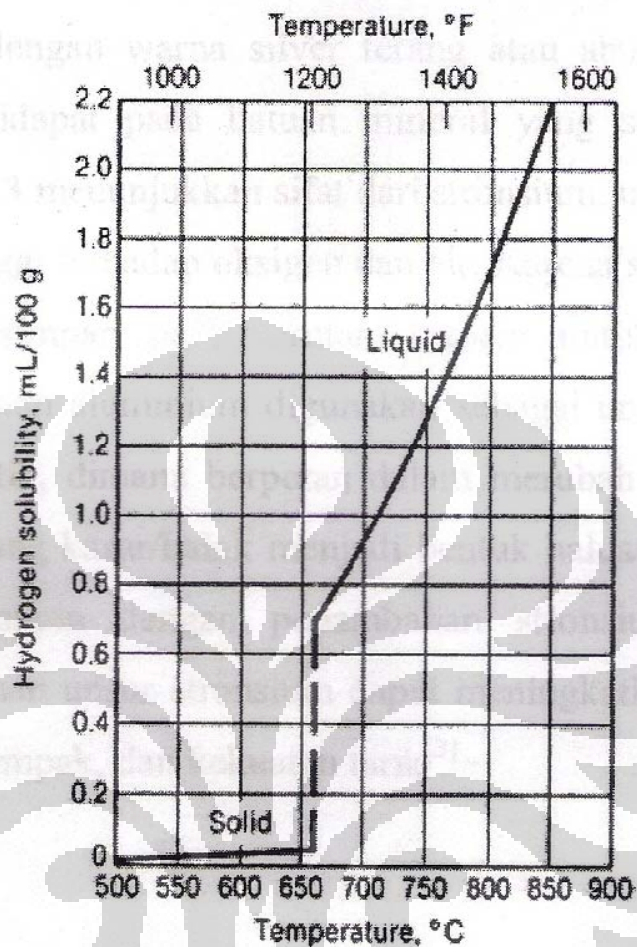
10. Hidrogen

Hidrogen merupakan unsur yang mudah diserap oleh aluminium ketika dalam keadaan cair. Unsur hidrogen dalam jumlah kecil diserap dari jumlah hydrogen bebas di atmosfer. Sumber utama hydrogen adalah uap air (*water vapour*) dan uap (*steam*). Salah satu sumber uap air (*water vapour*) adalah dari atmosfer pembakaran dapur (*furnace*). Atom hidrogen sangat aktif dan cepat diserap oleh *molten* aluminium akan bereaksi dengan persamaan reaksi:



Pada gambar 2.2 menunjukkan kelarutan hidrogen akan naik seiring dengan kenaikan dari temperatur. Oleh sebab itu hidrogen mudah untuk berdifusi kedalam aluminium cair. Dengan adanya hidrogen pada aluminium tuang akan menimbulkan sifat yang negatif.

Upaya untuk pengendalian unsur hidrogen agar meminimalkan berdifusi kedalam aluminium adalah dengan pemberian *flux* pada aluminium cair pada saat melakukan pengecoran agar permukaan logam cair terlindung dari atmosfer, penggunaan bahan mentah perlunya dilakukan pengeringan agar terhindar dari uap air. Selain itu proses yang sering dilakukan pada industri adalah dengan melakukan degassing. Proses *degassing* adalah dengan menghembuskan gas inert (nitrogen, argon, klorin atau freon serta senyawa heksakloroetana) untuk mengikat dan mengangkat gas hidrogen pada aluminium cair [7].



Gambar 2.2 Kelarutan hydrogen pada aluminium[12]

2.2 Proses Perlakuan Panas Pada Paduan Aluminium

2.2.1 Jenis Perlakuan Panas

Perlakuan panas pada aluminium memiliki karakteristik masing – masing. Perlakuan yang diberikan pada paduan aluminium akan mempengaruhi sifat dari material tersebut pada saat aplikasinya. Setiap perlakuan yang diberikan akan berbeda pengaruhnya terhadap paduan aluminium. Tidak semua paduan aluminium dapat dilakukan perlakuan panas. Pada tabel 2.3 dijelaskan proses perlakuan panas pada paduan aluminium yang dibagi menjadi 10 jenis perlakuan panas yang ditandai dengan simbol T1 – T10 (Temper 1 – 10). Adapun jenis dan penamaan perlakuan panas tersebut yaitu :

Tabel 2.3 Penamaan standard untuk proses perlakuan panas pada aluminium [11]

Simbol	Penjelasan
T1	<i>Natural ageing</i> setelah pendinginan dari temperatur proses pembentukan
T2	Pengerjaan dingin setelah pendinginan dari temperatur proses pembentukan
T3	Perlakuan pelarutan, pengerjaan dingin dan <i>natural ageing</i>
T4	Perlakuan pelarutan dan <i>natural ageing</i>
T5	<i>Artificial ageing</i> setelah pendinginan dari temperatur proses pembentukan
T6	Perlakuan pelarutan dan <i>artificial ageing</i>
T7	Perlakuan pelarutan dan stabilisasi (<i>overageing</i>)
T8	Perlakuan pelarutan, pengerjaan dingin dan <i>artificial ageing</i>
T9	Perlakuan pelarutan, <i>artificial ageing</i> dan pengerjaan dingin
T10	Pengerjaan dingin setelah pendinginan dari temperatur proses pembentukan

2.2.2 Proses Pengerasan Penuaan Pada Paduan Aluminium

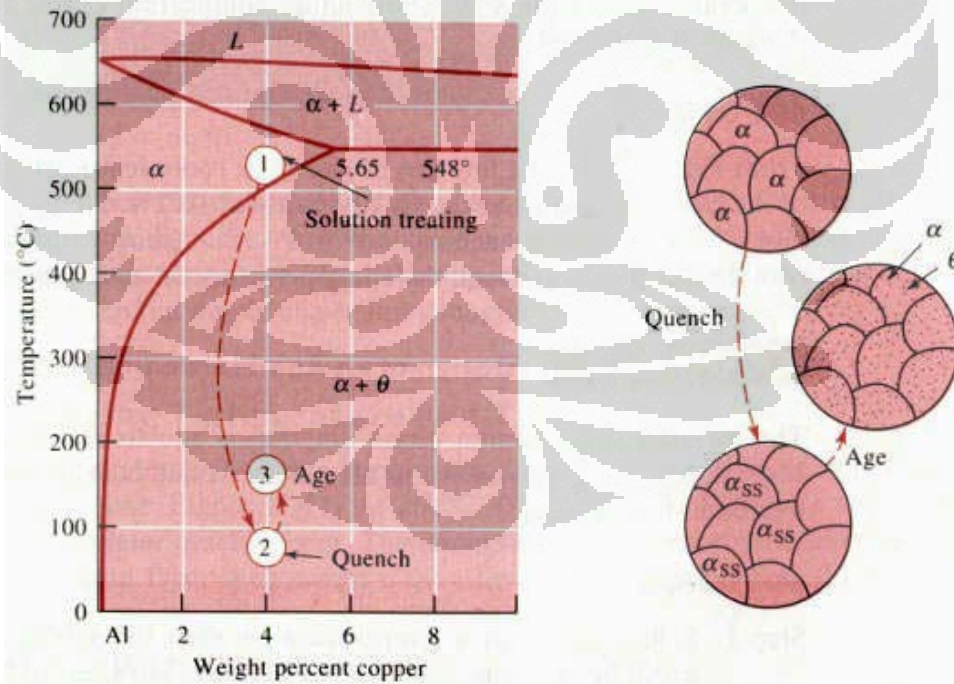
Proses pengerasan penuaan merupakan salah satu proses pengerasan logam dengan menggunakan proses perlakuan panas. Tujuan dari proses ini adalah untuk meningkatkan kekerasan dan kekuatan dari paduan aluminium. Mekanisme pengerasan ini adalah menghasilkan presipitat, dimana akan memperkuat paduan dengan cara menghambat pergerakan dislokasi pada paduan tersebut. Pada pengerasan ini akan terjadi 2 fasa dimana fasa yang satu adalah matriks dari aluminium dan yang satunya lagi adalah presipitat yang terdispersi dalam matriks aluminium tersebut.

Pengerasan yang dihasilkan dari presipitat dipengaruhi oleh jenis partikel yang berpresipitasi, besar regangan dan temperatur penuaan [5]. Jenis partikel yang berpresipitasi menentukan bentuk presipitat yang dihasilkan pada proses penuaan, sedangkan besar regangan yang terjadi adalah untuk menghalangi

pergerakan dislokasi yang terjadi pada paduan aluminium tersebut. Temperatur penuaan juga perlu diperhatikan dalam menghasilkan presipitat dan agar tidak terjadi penuaan berlebih.

Presipitat akan tumbuh pada *vacancy* dalam matriks dan hal tersebut yang menghalangi pergerakan bebas dari dislokasi. Apabila dislokasi bergerak, maka harus memotong dan melewati presipitat. Dislokasi yang memotong atau melewati presipitat memiliki energi yang besar. Sedangkan dislokasi yang memiliki energi yang rendah akan terhalang oleh presipitat dan akan menumpuk. Menumpuknya dislokasi maka akan terjadi tegangan pada daerah yang terkonsentrasi tersebut, hal itu akan meningkatkan kekerasan pada paduan aluminium.

Adapun proses pengerasan penuaan untuk menghasilkan presipitat pada paduan aluminium adalah dengan melakukan perlakuan pelarutan, kuens, dan penuaan. Pada gambar 2.3 menunjukkan tahapan proses pengerasan penuaan yang terjadi pada paduan aluminium – tembaga.

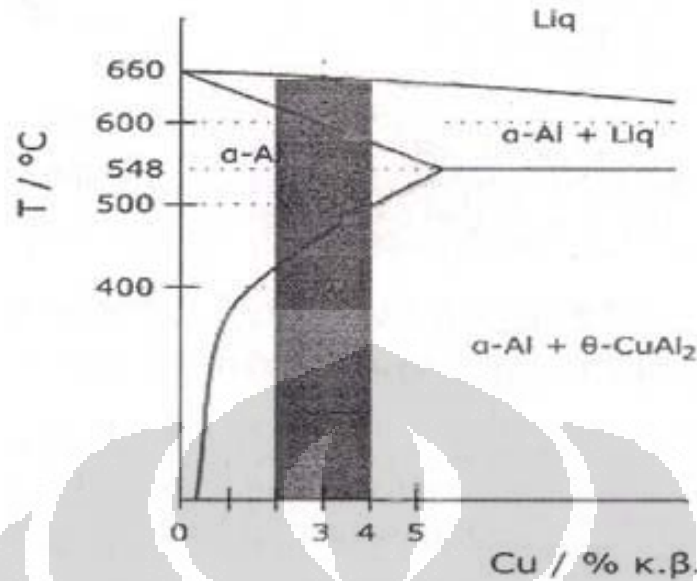


Gambar 2.3 proses pengerasan penuaan digambarkan dengan diagram fasa Al-Cu. (1) Perlakuan pelarutan ditahan hingga struktur menjadi homogen (satu fasa); (2) Pencelupan untuk mendapatkan struktur tidak stabil pada temperatur ruang; (3) Penuaan untuk mendapatkan presipitat dan fasa kedua[14]

2.2.2.1 Proses Perlakuan Pelarutan

Proses ini merupakan tahapan awal dari seluruh proses pengerasan penuaan pada paduan aluminium. Tujuan dari proses ini adalah untuk memisahkan presipitat dan memecahkan adanya cluster yang mungkin ada pada paduan aluminium, sehingga menghasilkan paduan yang homogen. Selain itu, perlakuan pelarutan juga untuk memerangkap *vacancy* yang sudah terdapat pada aluminium. Perlakuan pelarutan adalah pemanasan yang dilakukan pada temperatur dimana seluruh atom akan terlarut menjadi fasa α dimana pemanasan ditahan dan menunggu hingga fasa β terlarut sempurna menjadi fasa α [10]. Pemanasan tersebut untuk membiarkan atom paduan seperti Cu untuk berdistribusi merata pada fasa tunggal. Proses ini membuat kelarutan yang maksimum pada larutan padat dari unsur-unsur yang memperkuat pada sistem paduan tersebut.

Membuat larutan padat menjadi homogen adalah dampak untuk mengambil manfaat dari proses presipitasi [15]. Presipitat akan terbentuk dari larutnya unsur-unsur paduan dalam fasa tunggal yang akan tumbuh setelah dilakukan pencelupan dan didiamkan pada waktu tertentu. Temperatur harus terjadi pada derajat pelarutan paduan agar fasa-fasa pada aluminium dapat terlarut. Pada proses ini penting untuk mengetahui temperatur yang tepat agar terjadi proses pelarutan yang tepat dan efektif. Hal ini dikarenakan temperatur pelarutan tergantung dari paduan aluminium. Gambar 2.4 merupakan diagram biner aluminium-tembaga, dimana untuk mengetahui daerah perbandingan komposisi paduan tersebut yang terjadi fasa tunggal dan dua fasa. Dengan mengetahui daerah tersebut, perlakuan pelarutan dapat menentukan temperatur yang cocok untuk mendapatkan fasa tunggal yang maksimal.



Gambar 2.4 Diagram biner Al-Cu [16]

2.2.2.2 Proses Pencelupan

Proses perlakuan pelarutan pada larutan padat lewat jenuh membentuk fasa α dimana memerlukan proses pencelupan dengan cepat sampai dengan temperatur ruang. Ini dilakukan agar tidak terjadi difusi pada larutan padat.

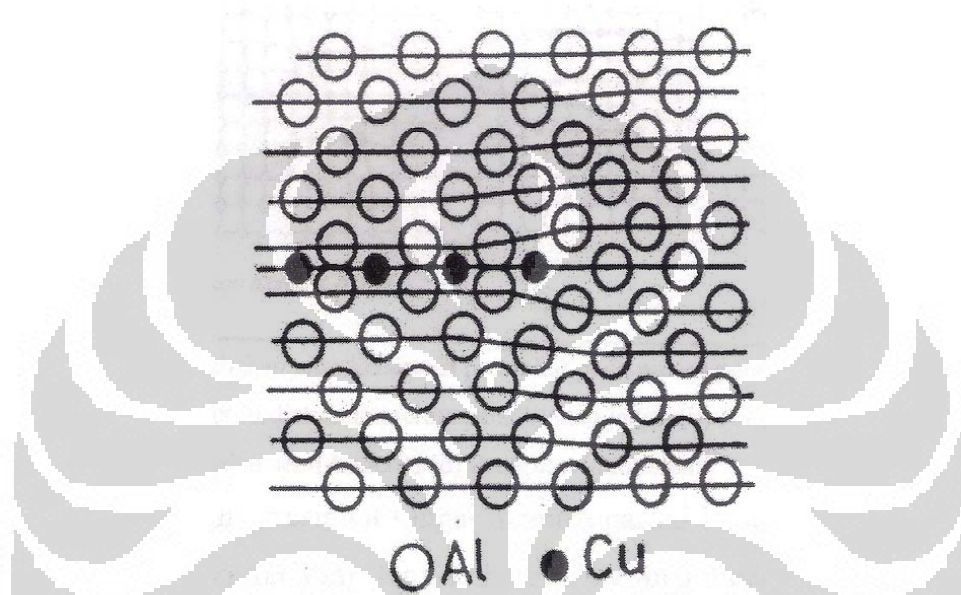
Waktu antara proses perlakuan pelarutan dengan kuens perlu diperhatikan karena merupakan proses pembentukan larutan padat lewat jenuh. Hal ini berguna untuk menjaga ruang-ruang kosong pada larutan padat sebagai tempat berdifusi presipitat pada temperatur rendah.

Terjadinya distorsi dan tegangan sisa pada pencelupan dapat menyebabkan terjadinya *stress corrosion cracking*. Ini disebabkan oleh perbedaan ekspansi panas selama proses pencelupan. Hal ini diantisipasi oleh media pencelupan dengan meningkatkan temperatur diatas temperatur kamar.

2.2.2.3 Proses penuaan

Setelah melakukan proses perlakuan pelarutan kemudian dilakukan pencelupan, maka akan terbentuk larutan padat lewat jenuh. Proses penuaan adalah menahan larutan padat super jenuh pada waktu tertentu dan dilakukan pada temperatur ruang atau pada temperatur tertentu. Tujuan dari proses ini adalah untuk menghasilkan presipitat yang tersebar merata dan merupakan tujuan dari proses pengerasan penuaan.

Larutan padat lewat jenuh dipanaskan dibawah temperatur kelarutan untuk membuat atom-atom yang terlarut akan berdifusi pada matriksnya. Pada saat proses difusi, *vacancy* akan menjadi tempat untuk terbentuk dan tumbuhnya presipitat. Semakin banyak *vacancy* yang terperangkap pada paduan aluminium maka akan mudah terbentuknya presipitat pada proses penuaan.

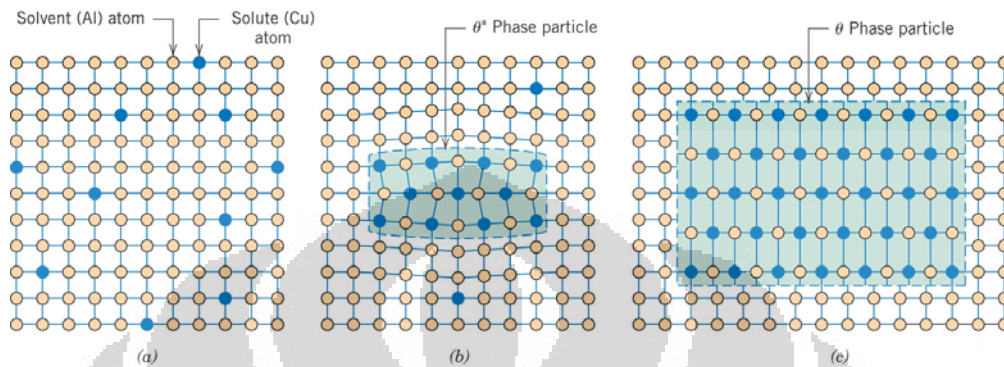


Gambar 2.5 Presipitasi tumbuh pada *vacancy* antara atom Al [15]

Pada proses penuaan akan terjadi pertumbuhan presipitat pada fasa keseimbangan yang baru. Pada paduan Al-Cu presipitasi pada tahap awal akan membentuk *cluster* atau himpunan atom yang larut dalam kisi atom pelarut yang membentuk zona yang koheren dengan matriks [13]. Presipitasi pertama yang koheren tersebut merupakan daerah yang kaya akan Cu didalam paduan Al-Cu disebut dengan *GP zone (Guinier-Prestone zone)*. *GP zone* terbentuk pertama pengendapan pada temperatur rendah pada saat penuaan, dimana pembentukan *GP zone* diikuti dengan perpindahan fasa.

Sifat koherensi dari presipitat sangat berpengaruh untuk kekuatan dan kekerasan yang dihasilkan pada proses penuaan. Perubahan sifat dari presipitat dari koheren menjadi inkoheren tergantung dari lama waktu dan temperatur dari proses penuaan. Selain itu, fasa presipitat juga memiliki tingkat kelarutan yang meningkat seiring dengan kenaikan temperatur pada proses penuaan. Hal tersebut

akan mempengaruhi presipitat yang terbentuk. Pada gambar 2.6 menunjukkan koherensi dari presipitat yang terdistribusi pada matriks aluminium. Sifat koheren tersebut terbagi menjadi presipitat koheren dan inkoheren.



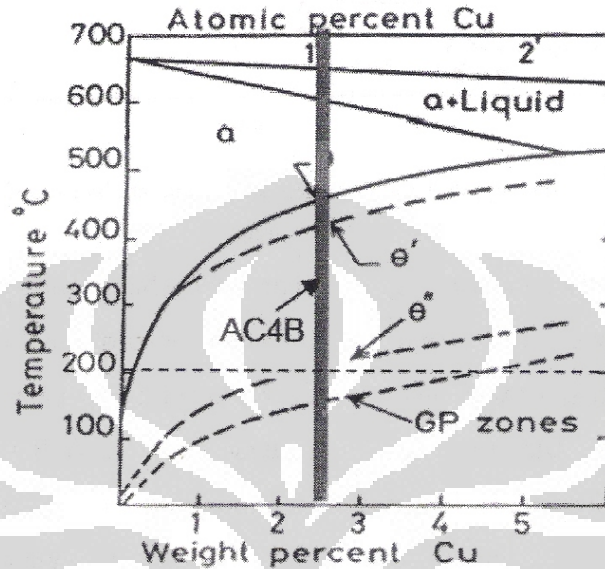
Gambar 2.6 Perubahan sifat koherensi presipitat pada proses penuaan pada paduan aluminium (a) Atom terlarut terdistribusi merata pada larutan jenuh (b) Presipitasi koheren (c) Presipitat inkoheren [13]

Dengan meningkatnya temperatur dan waktu tahan pada proses penuaan maka konsentrasi Cu akan meningkat pada larutan padat tersebut. *GP zones* akan bertransformasi membentuk θ'' dimana akan terbentuk atom yang koheren [13]. Selanjutnya akan terbentuk fasa θ' yang mana memiliki bidang yang koheren dan tidak koheren. Pertumbuhan presipitat akan mencapai fasa stabil pada terbentuknya θ (Al_2Cu). Terbentuknya θ merupakan presipitat yang stabil yang berfungsi untuk meningkatkan kekerasan dari paduan aluminium-tembaga.

Pada saat transformasi dari presipitat θ'' ke θ' tidak terlalu stabil dibandingkan dengan transformasi θ' ke θ . Hal ini dikarenakan energi bebas yang dibutuhkan untuk transformasi θ'' ke θ' besar sedangkan proses pembentukan yang stabil adalah hanya memerlukan energi bebas yang sedikit [15]. Jika diurutkan tahapan transisi pembentukan presipitat pada paduan Al-Cu akan terbentuk *GP zone*, θ'' , θ' , θ .

Pada proses penuaan dengan pembentukan presipitat terjadi pada dua tahap, yaitu tahap transisi dan tahap tanpa transisi. Pada temperatur yang lebih tinggi di proses penuaan tidak akan terjadi tahapan transisi, yaitu satu atau beberapa tahapan transisi akan dihilangkan (tidak terbentuk). Sedangkan pada tahapan transisi temperatur dijaga agar terbentuk tiap tahapan presipitat.

Hilangnya tahapan transisi dikarenakan derajat kelarutan dari masing-masing presipitat yang berbeda. Pada gambar 2.7 menunjukkan diagram fasa Al-Cu dengan batas kelarutan pada tiap jenis presipitat.

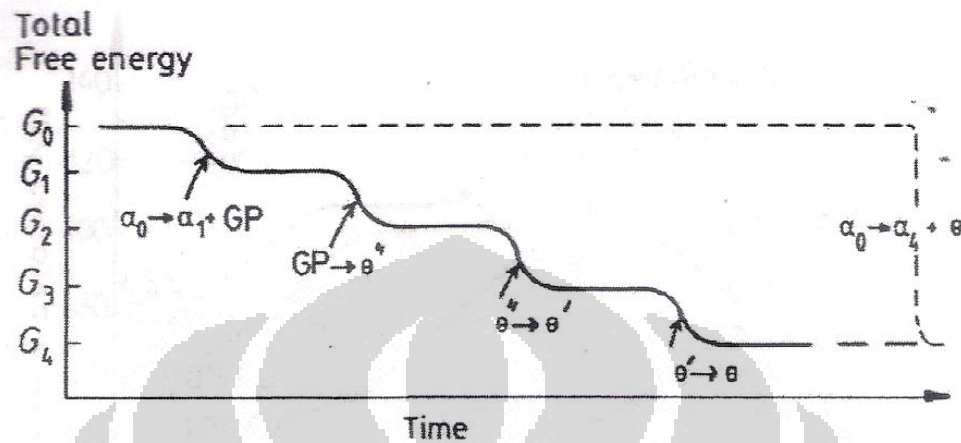


Gambar 2.7 Diagram fasa Al-Cu dengan batas kelarutan pada tiap jenis presipitat [15]

Proses pembekuan ditentukan oleh dua hal yaitu pembentukan nukleus dan pertumbuhan butir. Ketika temperatur proses penuaan pada temperatur tinggi, energi bebas akan menjadi rendah, oleh karena itu energi aktivasi menjadi tinggi. Hal ini akan membuat pertumbuhan *nukleus* presipitat menjadi rendah dan hanya sedikit yang tumbuh pada batas butir. Sedangkan pada tahapan transisi energi bebas yang dibutuhkan untuk membentuk tiap fasanya akan semakin menurun, karena pembentukan tahapan tidak memerlukan energi yang tinggi karena presipitat pada matriks sudah pada tingkat koherensi yang baik. Pada Gambar 2.8 menunjukkan energi bebas pada tahapan pembentukan presipitat.

Pada proses penuaan, ada tiga kondisi yang mempengaruhi kekuatan dari paduan yang mengalami proses penuaan. Selama penuaan, paduan mengalami kondisi *under-aged* dan *over aged*. Kondisi *under-aged* terjadi apabila paduan aluminium dilakukan proses penuaan dalam waktu yang singkat, sehingga kekuatan dan kekerasan yang diinginkan tidak tercapai. Hal tersebut karena pada kondisi ini tidak terbentuknya *GP zones* secara sempurna. Sedangkan pada paduan

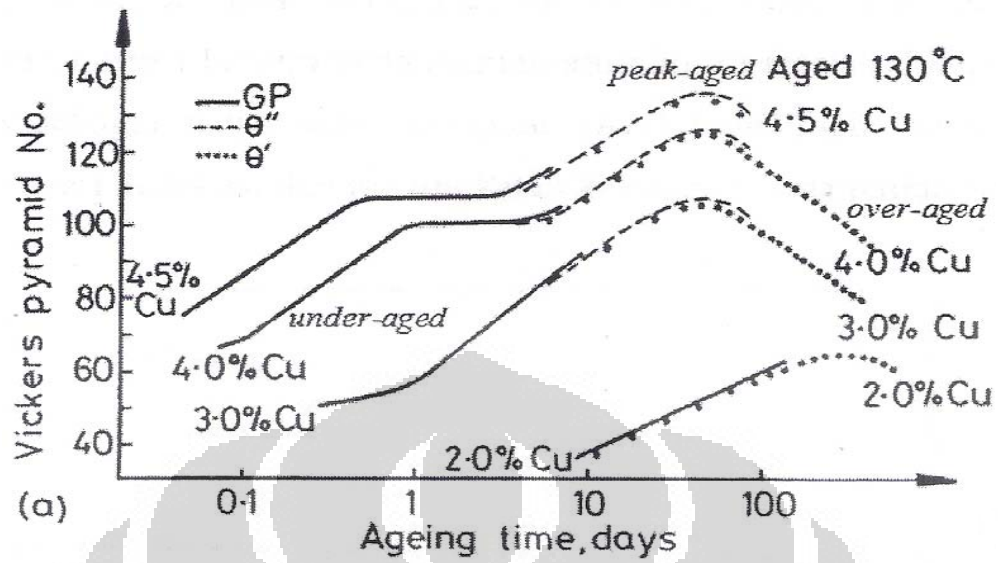
yang mengalami kondisi *over-aged* kekuatan dan kekerasan dari paduan tersebut akan turun, karena akan mengalami pelunakan.



Gambar 2.8 Energi bebas pada tahapan pembentukan presipitat pada paduan aluminium vs waktu [15]

Kondisi *over-aged* ini menyebabkan θ (Al_2Cu) tumbuh menjadi presipitat koheren, yang mempunyai jarak yang jauh pada masing-masing presipitat dan tersebar tidak beraturan pada paduan aluminium, sehingga tidak berfungsi dengan baik untuk menghalangi dislokasi. Selain itu, penurunan ini disebabkan oleh perbesaran butir dan partikel yang halus terdispersi dalam jumlah banyak dan digantikan oleh partikel yang kasar dengan jumlah yang lebih sedikit yang akan mengakibatkan jarak antar partikel yang lebih besar [13].

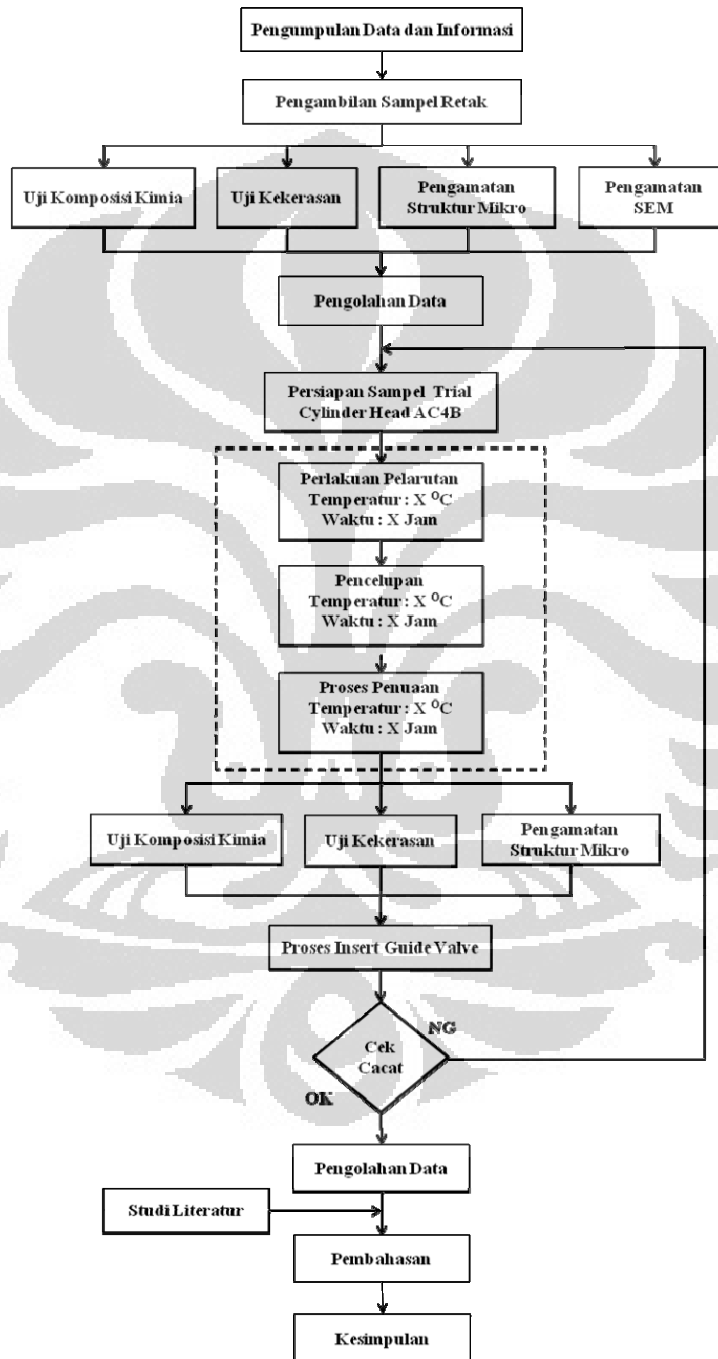
Gambar 2.9 menunjukkan grafik kekerasan berbanding dengan waktu tahan pada kondisi *under-aged*, *peak-aged* dan *over-aged* [15]. Dengan demikian waktu tahan sangat perlu diperhatikan untuk proses penuaan agar menghasilkan kekuatan dan kekerasan yang diinginkan.



Gambar 2.9 Proses penuaan pada kondisi *under-aged*, *peak-aged* dan *over-aged* pada paduan Al-Cu [15].

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

Penelitian perlakuan panas paduan aluminium AC4B akan dilakukan dengan mengikuti diagram alir seperti terlihat pada gambar 3.1, dimana pengujian dilakukan untuk mengamati proses perlakuan pelarutan terhadap respon pengerasan penuaan.

3.2 Bahan dan Peralatan

3.2.1 Bahan

Pada penelitian ini menggunakan bahan-bahan :

1. Cylinder head AC4B
2. Air untuk media pencelupan
3. Kertas amplas grit 240-1500
4. Kain poles
5. Alumina
6. Zat Etsa HF

3.2.2 Peralatan

Peralatan yang digunakan :

1. Shoeni Heat treatment
2. Mesin potong (gerinda)
3. Mesin amplas dan poles Struers
4. Alat uji kekerasan Mitutoyo
5. Alat uji spectrometer Spectromax
6. Mikroskop optik Hirox
7. SEM
8. Termometer
9. Lain-lain

3.3 Persiapan Pengujian

3.3.1 Proses Perlakuan Panas

Perlakuan panas yang dilakukan adalah sesuai dengan proses perlakuan panas T6 (Temper 6). Perlakuan pada T6 yang dilakukan adalah perlakuan pelarutan, pencelupan, dan artificial ageing. Perlakuan pelarutan dilakukan dengan menggunakan mesin perlakuan panas robotik merk shoeni yang ditunjukkan pada gambar 3.2 pada variabel temperatur dan variabel waktu tahan.



Gambar 3.2 Shoei rotary heat treatment

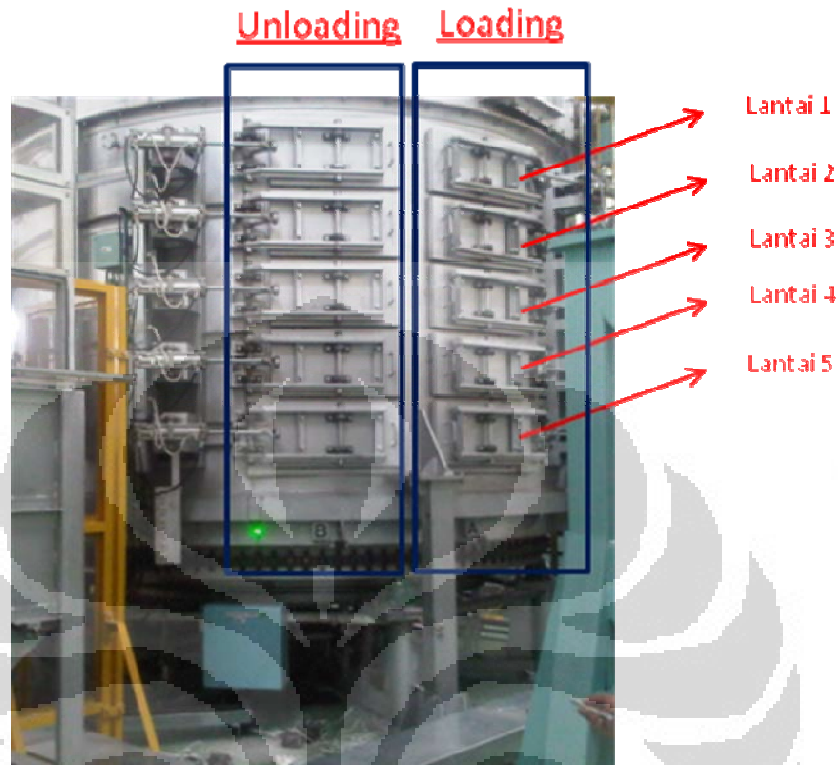
Setelah proses perlakuan pelarutan maka sampel dilakukan kuens ke dalam media air dengan temperatur $70^{\circ} \sim 90^{\circ}\text{C}$. Proses pencelupan dilakukan dengan cepat agar terbentuk larutan padat lewat jenuh dan terciptanya vacancy.

Setelah proses pencelupan maka dilakukan proses penuaan dengan temperatur dan waktu tahan yang bervariasi sehingga dapat diketahui yang paling optimum dari kekerasan sampel tersebut.

3.3.1.1 Layout Mesin Heat Treatment

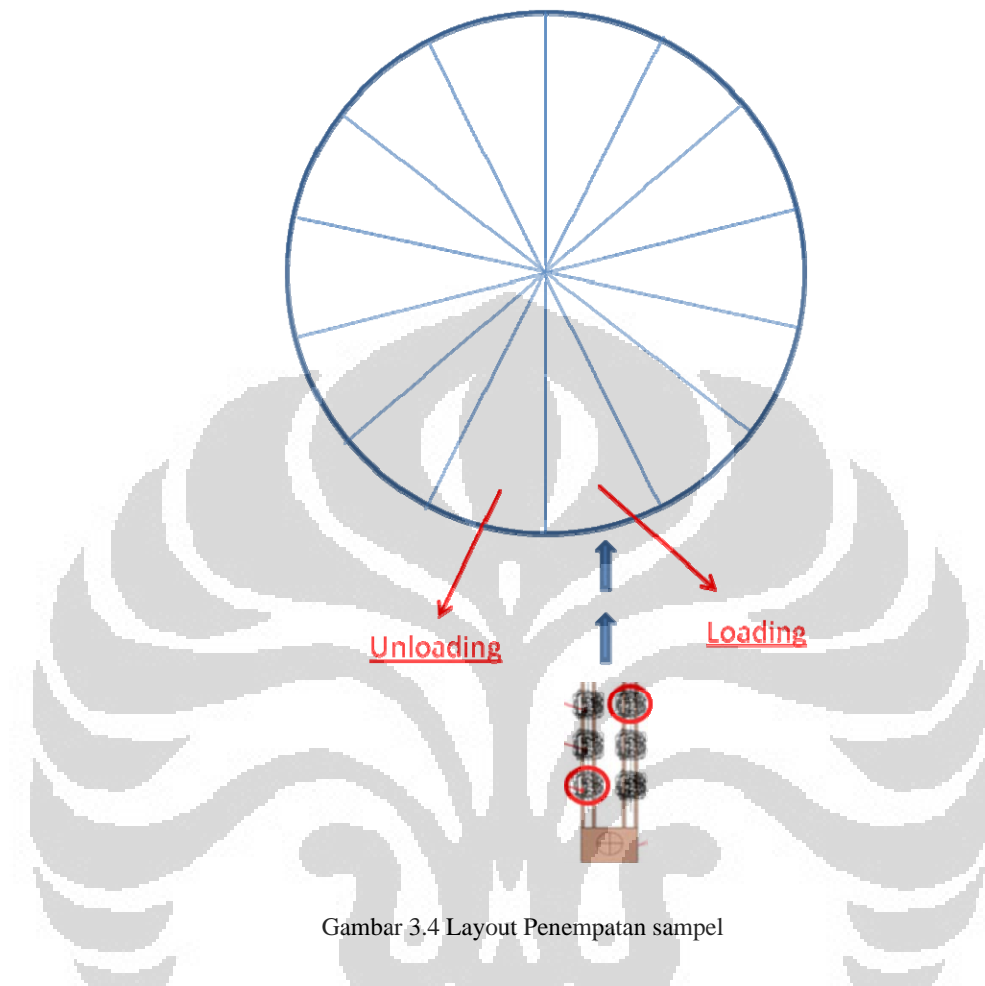
Mesin shoei rotary heat treatment terdiri dari mesin untuk proses T4, mesin proses T5 dan mesin untuk pencelupan. Untuk mesin T4 dan T5 relatif sama, berbentuk rotary dengan 14 segmen (segmen A ~ N) dan terdiri dari 5 tingkat. Untuk kapasitas tiap segmen nya baik mesin T4 dan T5 adalah 6 buah, dengan konfigurasi 2x3 buah.

Untuk mesin kuens, dengan kapasitas 6 buah (konfigurasi 2x3) menggunakan air yang bersirkulasi sehingga temperatur akan tetap terjaga/konstan.



Gambar 3.3 Layout mesin *rotary heat treatment*

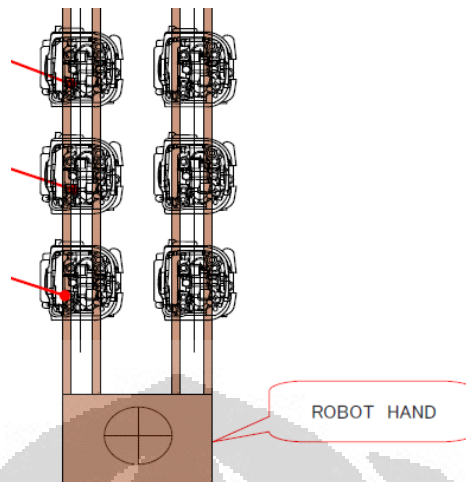
Dari gambar 3.3 dapat diketahui bahwa mesin T4 dan T5 memiliki 14 segmen (segmen A sampai N) serta memiliki 5 tingkat. Untuk tiap pintu segmen nya memiliki pintu hidrolis yang membuka dan menutup secara otomatis. Mesin ini juga memutar sehingga untuk proses *loading* dan *unloading* menggunakan lengan robot.



Gambar 3.4 Layout Penempatan sampel

Dari gambar 3.4 diketahui bahwa mesin T4 dan T5 terbagi menjadi 14 segmen dan tiap segmennya diisi oleh sampel sebanyak 6 pcs dengan konfigurasi 2x3 sehingga kapasitas dari mesin heat treatment adalah 420 buah.

Untuk proses loading dan unloading menggunakan lengan robot dan posisinya bersebelahan sehingga untuk menjangkau semua segmen maka mesin heat treatment akan berputar 360°.



Gambar 3.5 Lengan robot

Dari gambar 3.5 diketahui bahwa konfigurasi sampel adalah 2x3 sebanyak 6 buah. Jadi tiap segmen dari mesin perlakuan panas adalah sebanyak 6 buah.

3.3.2 Proses Preparasi Sampel

Proses preparasi sampel hanya dilakukan setelah perlakuan panas. Untuk sampel sebelum perlakuan panas menggunakan cylinder head as-cast hasil proses low pressure die casting dengan kondisi masspro agar dapat diaplikasikan langsung.



Gambar 3.6 Sampel cylinder head as-cast hasil proses low pressure die casting

Gambar 3.6 adalah sampel yang digunakan dalam percobaan perlakuan panas. Sampel ini merupakan sampel hasil proses pengecoran (*as-cast*) dari proses *low pressure dies casting*. Sampel ini akan dimasukkan ke proses selanjutnya yaitu perlakuan panas.

Pada preparasi sampel tahap kedua, yaitu setelah perlakuan panas. Preparasi ini juga untuk melakukan pengamatan struktur mikro, sampel di potong menggunakan mesin gerinda (gambar 3.7). Selanjutnya proses pengamplasan dilakukan dengan menggunakan mesin amplas yang ditunjukkan pada gambar 3.8 dengan kertas amplas nomor grit terkecil (600 mesh) sampai nomor grit terbesar (1500 mesh).



Gambar 3.7 Mesin pemotongan sampel



Gambar 3.8 Mesin amplas dan mesin poles struers

3.4 Proses Pengujian

3.4.1 Pengujian Komposisi Kimia

Pengujian komposisi kimia dilakukan kembali pada penelitian ini dikarenakan akan berubahnya komposisi setelah dilakukan penelitian sebelumnya. Hal ini dilakukan agar mendapatkan data yang sesuai dan tidak terlalu bergantung pada data sebelumnya. Pengujian komposisi kimia dilakukan dengan alat spektrometer. Titik penembakan pada alat spectrometer dilakukan sebanyak tiga kali dan diambil nilai rata-ratanya.

Pengujian ini dilakukan di laboratorium internal PT. Astra Honda Motor dengan menggunakan alat uji OES (*Optical Emission Spectrometer*) Spectromax. Dimana sebelum pengujian alat tersebut dilakukan kalibrasi terlebih dahulu.



Gambar 3.9 Mesin *spectrometer*

3.4.2 Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan pada saat sebelum proses perlakuan panas dan sesudah proses perlakuan panas. Pengujian kekerasan dilakukan dengan menggunakan mesin uji Rockwell B sesuai gambar 3.10. Pada pengujian ini menggunakan indentor bola baja berdiameter 1/16 inch dengan beban 100kgf dan waktu indentasi selama 5 detik. Pengujian dilakukan pada 5 titik yang berbeda dan diambil nilai rata-rata pada setiap sampel.



Gambar 3.10 Alat uji kekerasan

3.4.3 Pengamatan Struktur Mikro

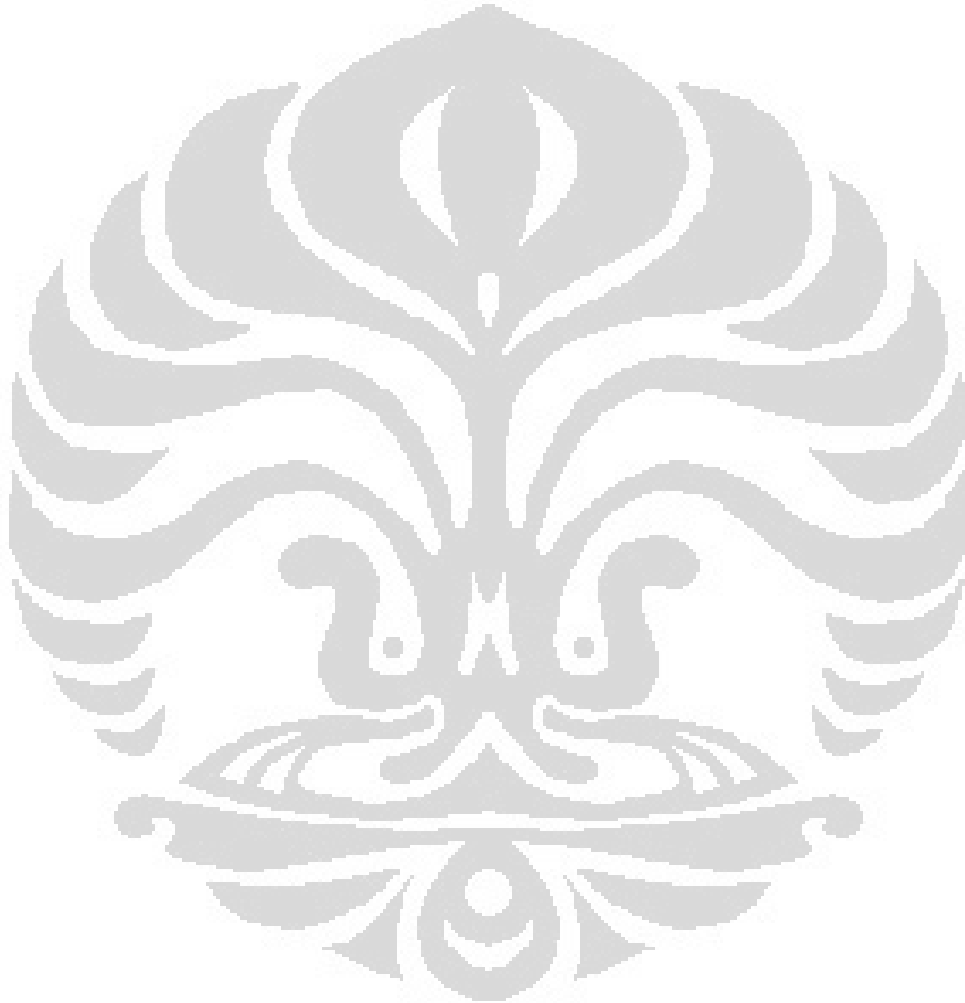
Pengamatan struktur mikro dilakukan dengan menggunakan pengamatan struktur mikro sebelum proses perlakuan panas dan setelah perlakuan panas agar didapatkan perbandingan struktur mikro. Pengamatan struktur mikro menggunakan mikroskop optik dengan merek Hirox sesuai gambar 3.11.



Gambar 3.11 Mikroskop optik

3.4.4 Pengamatan *Scanning Electron Microscope*

Pengamatan SEM dilakukan sebelum perlakuan panas dan setelah perlakuan panas untuk membandingkan kedua proses tersebut. Pengujian ini dilakukan dengan *collector bias* sebesar 400 kV, kontras 40%, brightness 30%, dan EHT (M) sebesar 12 kV. Tujuan dari dilakukannya SEM adalah untuk mengamati perubahan struktur mikro selama proses perlakuan panas. Selain itu penggunaan SEM untuk menemukan fasa-fasa dan presipitasi yang terdapat pada paduan aluminum tersebut seperti Al_2Cu , Al_5FeSi dan lain-lain.

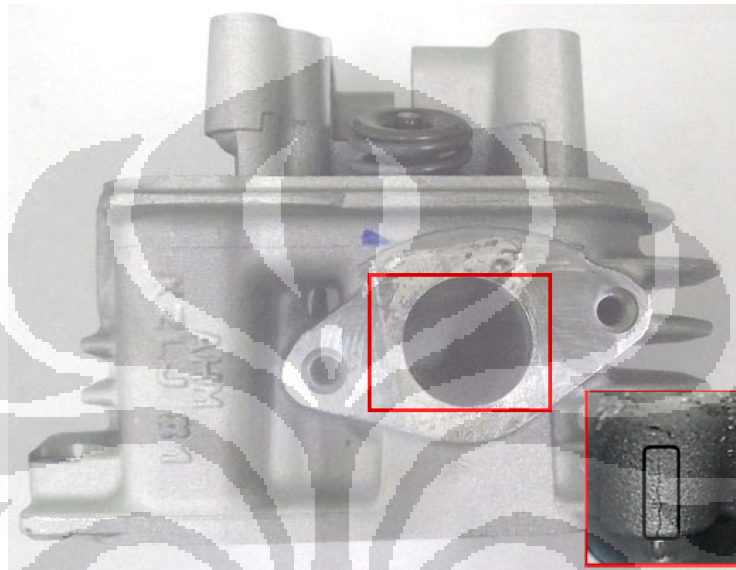


BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Cylinder Head Retak

4.1.1 Visual Cylinder Head

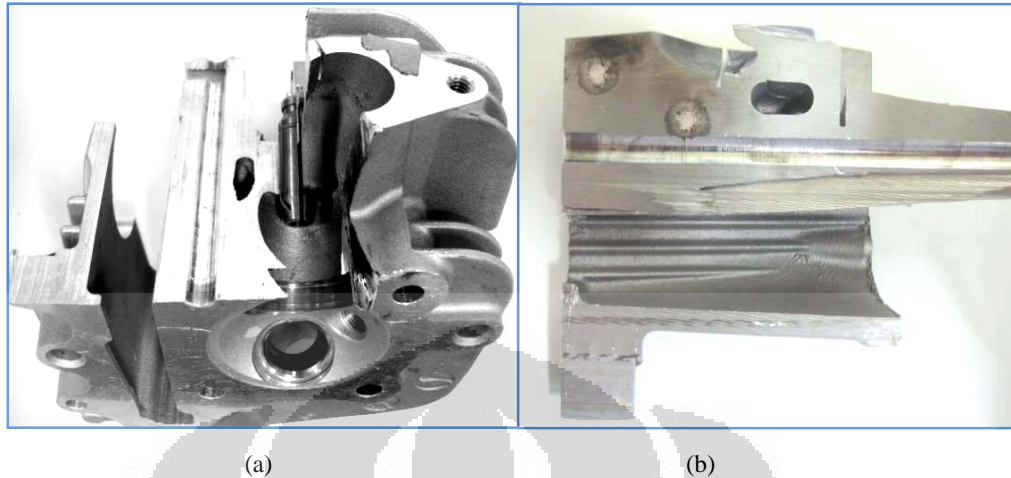


Gambar 4.1 *Cylinder Head* retak

Pada gambar 4.1 diatas, terlihat retak berada di area *valve in*. Retak tersebut menjalar dari area bawah menuju ke atas. Retak ini terjadi pada saat pemasangan *valve guide*, dimana *valve guide* ini berfungsi sebagai tempat dudukan *valve* yang bergerak naik dan turun. Sedangkan *valve* sendiri berfungsi untuk membuka dan menutup saluran yang masuk ke dalam *cylinder head*.

4.1.2 Uji Komposisi Kimia

Uji komposisi kimia dilakukan untuk mengetahui komposisi kimia dari *base material* yaitu aluminium dan unsur tambahan yang sesuai dengan standar material AC4B. Pengambilan sampel untuk uji komposisi kimia dilakukan dengan memotong *cylinder head* dengan area *guide valve* ini agar pengujian yang dilakukan mendekati dengan keadaan sebenarnya yaitu area yang retak.



Gambar 4.2 Pengambilan sampel pada (a) *cylinder head* yang dipotong pada area *valve in* dan (b) pengambilan titik sampel uji komposisi kimia

Tabel 4.1 Hasil uji komposisi kimia *cylinder head* retak

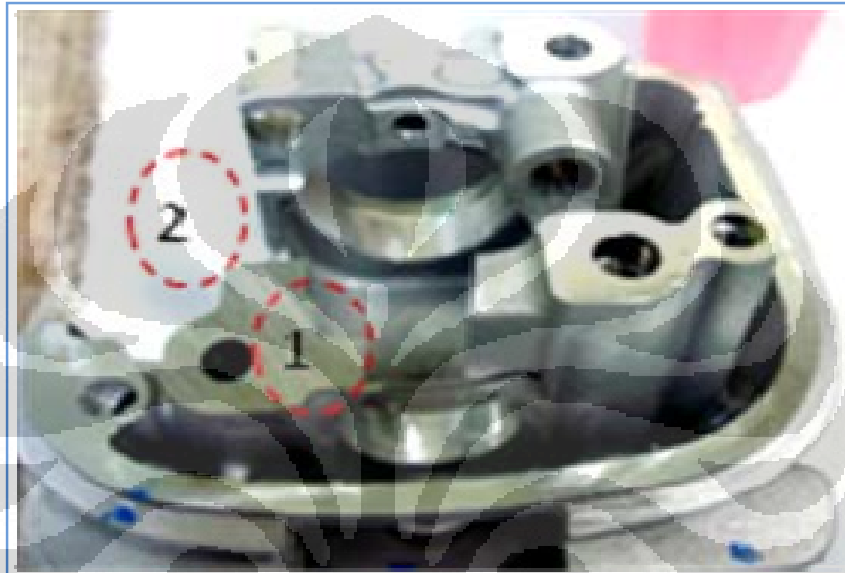
Item	Kandungan Unsur (%)						
	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Ni
Standar JIS H- 5202	7.00 ~ 10.00	1.00 Max	2.00 ~ 4.00	0.50 Max	0.50 Max	1.00 Max	0.35 Max
Spark 1	8.85	1.00	2.86	0.15	0.20	0.74	0.06
spark 2	8.56	0.98	2.80	0.15	0.20	0.72	0.05

Pada Tabel 4.1 dapat dilihat bahwa kadar silikon (Si) berada di range 8.5-8.8 %, Fe 1%, Cu 2.8 %, Mn 0.15%, Mg 0.20%, Zn 0.72% dan Ni 0.05%. Untuk komposisi standar untuk paduan AC4B adalah silikon 7-10 %, besi 1% maksimum, tembaga 2-4 %. Dengan membandingkan komposisi kimia *cylinder head* retak dengan standar paduan AC4B, terlihat bahwa secara umum hasil pengujian sesuai dengan standard paduan AC4B.

Untuk kadar besi (Fe) sebesar 1%, jumlah ini mendekati nilai maksimum yang ditentukan sebesar 1%. Berdasarkan literatur pengaruh kadar Fe dalam fasa padat yang melebihi 0.04% adalah kecendrungan membentuk fasa intermetalik kedua, fasa ini tidak terlarut (*insoluble*) yang akan menurunkan sifat keuletan.

4.1.3 Uji Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan untuk membantu dalam mengevaluasi perlakuan panas dari suatu material, yaitu membandingkan kekerasan dari material yang mengalami kegagalan dengan material spesifikasinya. Pengambilan sampel untuk uji kekerasan dilakukan dengan memotong *cylinder head* yang mengalami retak seperti gambar 4.3 dibawah ini.



Gambar 4.3 Lokasi pengambilan sampel uji kekerasan pada *cylinder head*



Gambar 4.4 Sampel uji kekerasan

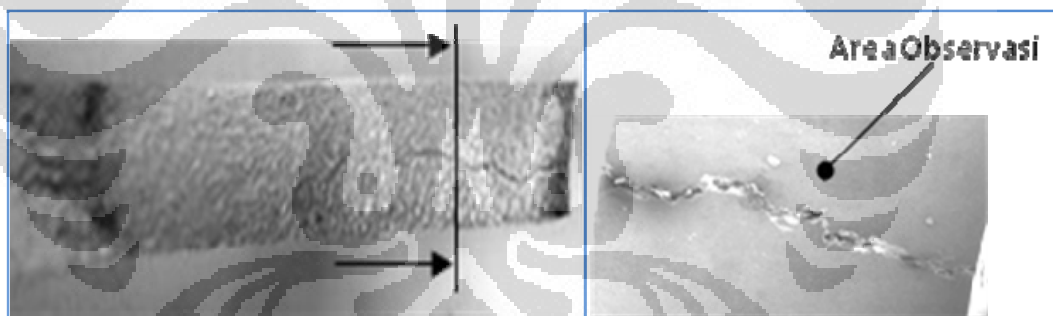
Dari gambar 4.3 dan 4.4, lokasi pengambilan sampel uji kekerasan berada di area *guide valve in* pada *cylinder head* sehingga menggambarkan kondisi aktual dari area yang diamati.

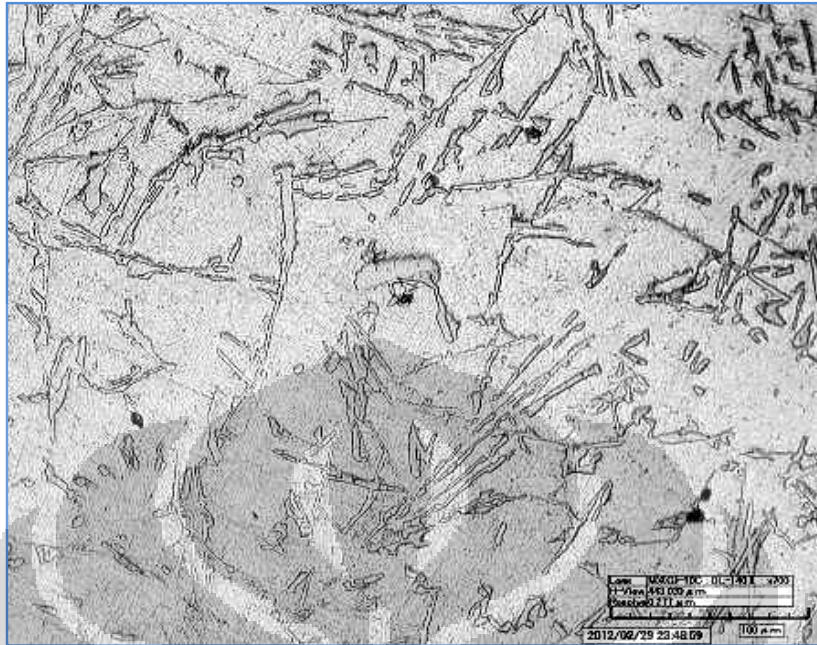
Tabel 4.2 Hasil uji kekerasan pada *cylinder head* retak.

Scale	Standard	Area	Result					Avg.
HRB	50 ~ 72	1	63	65	64	63	62	64
		2	62	59	61	58	61	60

Tabel 4.2 menunjukkan bahwa nilai kekerasan dari *cylinder head* retak rata-rata untuk area 1 adalah 64 HRB sedangkan untuk nilai kekerasan rata-rata area 2 adalah 60 HRB, untuk standard dari material AC4B adalah 50-72 HRB. Hal ini dapat disimpulkan bahwa hasil rata-rata uji kekerasan pada *cylinder head* retak adalah masih dalam batas standard dan tidak terjadi penyimpangan.

4.1.4 Pengamatan Struktur Mikro

Gambar 4.5 Area pengamatan struktur mikro *cylinder head* retak



Gambar 4.6 Struktur mikro *cylinder head* retak (perbesaran 700X)

Pada gambar 4.6 struktur mikro dengan perbesaran 700X silikon berbentuk seperti jarum (flakes) yang memanjang dan menyebar secara homogen. Pada gambar diatas tampak bahwa fasa aluminium berwarna lebih terang, sedangkan unsur silikon berwarna lebih gelap dan berbentuk runcing. Kondisi seperti ini menyebabkan aluminium bersifat getas.

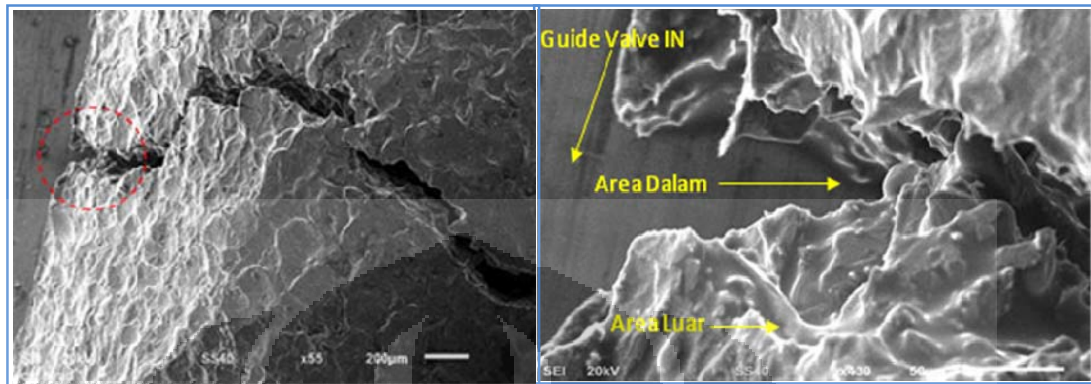
4.1.5 PENGAMATAN SEM/EDS



Gambar 4.7 Area pengamatan SEM *cylinder head* retak

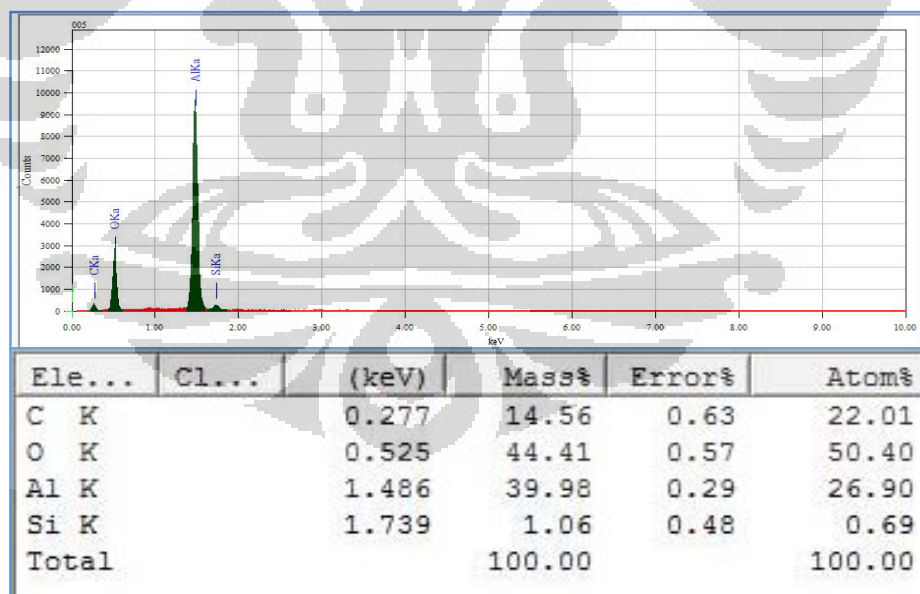
Pada gambar 4.7 adalah pengambilan sampel untuk dilakukan pengamatan SEM (*Scanning Electron Microscope*) untuk mengetahui bentuk patahan dari

aluminium tersebut. Sampel benda di potong pada patahan agar pengamatan SEM lebih akurat.



Gambar 4.8 Pengamatan SEM dengan (a) perbesaran 55X (b) perbesaran 430X

Gambar 4.8b merupakan perbesaran dari gambar 4.8a yang dilingkari warna merah. Pengamatan SEM dilakukan pada bagian ujung yang mengalami retak. Dari analisa SEM ini dapat disimpulkan bahwa retakan terjadi secara tiba-tiba dan patahan bersifat getas. Patahan berawal dari ujung bagian dalam, kemungkinan terjadi pada saat proses *press guide valve*.



Gambar 4.9 Hasil pengamatan EDS

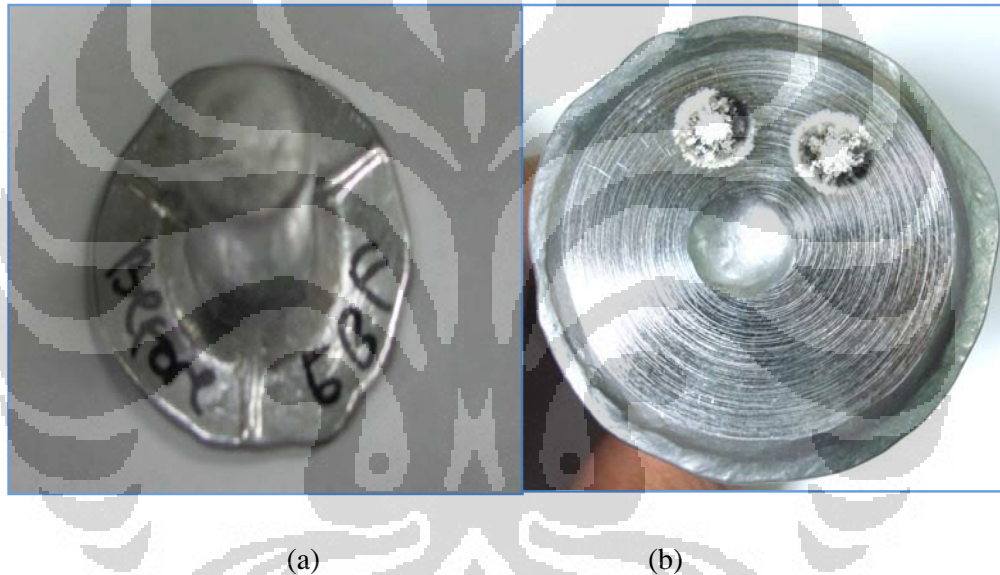
Dari hasil uji EDS (gambar 4.9) menunjukkan adanya unsur karbon (C) dan unsur oksigen (O) dengan jumlah yang signifikan. Unsur oksigen (O)

merupakan unsur dalam aluminium oksida (Al_2O_3) dan bukan merupakan unsur pengotor dalam paduan aluminium. Unsur karbon (C) dalam pengamatan EDS ini dimungkinkan berasal dari lemak/kotoran dari luar yang menempel pada sampel preparasi sehingga unsur ini tertangkap oleh mesin uji.

4.2 Karakteristik Paduan Hasil Pengecoran

4.2.1 Komposisi Kimia Paduan AC4B Hasil Pengecoran

Paduan aluminium AC4B yang digunakan dalam pembuatan *cylinder head*, sebelumnya dilakukan pengujian komposisi kimia untuk memastikan bahwa raw material yang digunakan telah sesuai dengan standard.



Gambar 4.10 (a) bentuk test piece dalam uji komposisi kimia dari *raw material* dan (b) pengambilan titik sampel uji komposisi kimia

Pada gambar 4.10 adalah pengujian komposisi kimia terhadap *molten* aluminium AC4B sebelum dilakukan pengecoran terhadap *cylinder head*. Setelah uji komposisi kimia dilakukan dan hasilnya sesuai dengan standard maka akan dilakukan proses selanjutnya yaitu pengecoran *cylinder head* dengan proses *low pressure die casting*.

Tabel 4.3 Hasil uji komposisi kimia *raw material* AC4B

Item	Kandungan Unsur (%)						
	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Ni
Standar	7.00 ~	1.00	2.00 ~	0.50	0.50	1.00	0.35
JIS H-5202	10.00	Max	4.00	Max	Max	Max	Max
Spark 1	8.85	1.00	2.86	0.15	0.20	0.74	0.06
Spark 2	8.56	0.98	2.80	0.15	0.20	0.72	0.05

Dari data pada table 4.3 bahwa komposisi kimia dari material AC4B yang akan digunakan telah sesuai dengan standard. Untuk hasil akurat dilakukan pengambilan sampel 2 kali *spark*, untuk kadar silikon (Si) adalah 8.56% dan 8.85%, kadar besi (Fe) sebesar 0.98% dan 1%, kadar tembaga (Cu) sebesar 2.80% dan 2.86%, kadar mangan (Mn) sebesar 0.15% dan lain-lainnya masih dalam batas standard.

4.2.2 Tahapan Perlakuan Panas

Dalam tahapan ini, jumlah percobaan yang dilakukan mencapai 12 kali dengan parameter yang diubah adalah temperatur perlakuan pelarutan, kuens dan penuaan. Untuk detail dari percobaan terdapat pada tabel 4.4

Tabel 4.4 Setting parameter percobaan

Trial	Perlakuan Pelarutan		Kuens		Penuaan	
	T4 (°C)	Ct	(°C)	Ct	T5 (°C)	Ct
1	500	180	70	30	228	180
2	520	180	70	30	228	180
3	520	180	70	100	228	180
4	520	205	70	30	228	205
5	540	135	70	50	228	135
6	540	135	70	50	200	135
7	540	135	70	50	180	135

Tabel 4.4 Setting parameter percobaan (lanjutan)

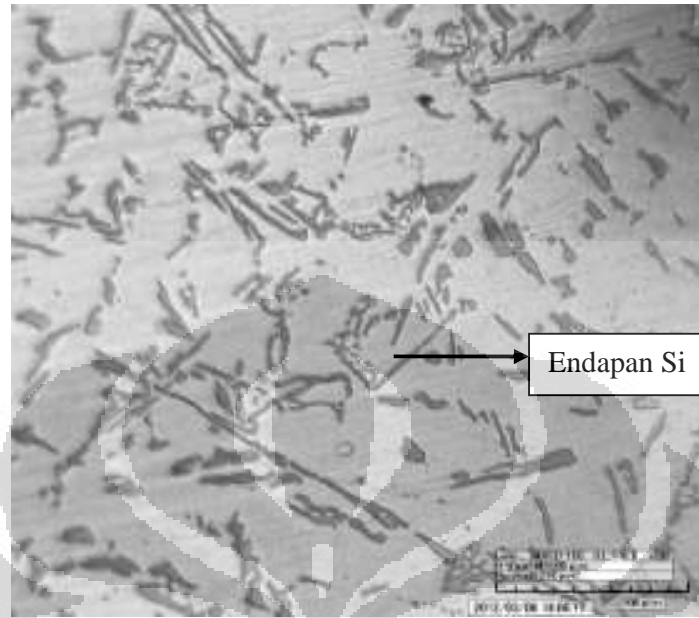
Trial	Perlakuan Pelarutan		Kuens		Penuaan	
	T4 (°C)	Ct	(°C)	Ct	T5 (°C)	Ct
8	540	180	74	50	228	180
9	540	135	80	50	228	135
10	540	205	70	30	228	100
11	540	135	92	50	228	135
12	540	135	92	50	150	135

Pada tabel 4.4 merupakan tahapan-tahapan dari percobaan yang dilakukan dalam perlakuan panas. Pada percobaan kali ini, yang pertama dilakukan adalah percobaan 1. Setelah percobaan 1 dilakukan maka dilakukan uji kekerasan dan pengamatan struktur mikro. Setelah dilakukan uji kekerasan dan hasil uji kekerasan dinyatakan dalam batas standard maka dilakukan pengamatan struktur mikro. Pengamatan struktur mikro yang dilakukan lebih diarahkan untuk mencari bentuk dari silikon yang membulat (*nodular*). Setelah pengamatan struktur mikro, maka tahap selanjutnya adalah proses *insert guide valve*. Proses ini merupakan proses terakhir yang akan menentukan apakah akan ke tahap percobaan berikutnya atau tidak. Dari proses ini juga akan diketahui apakah *cylinder head* tersebut retak atau tidak.

Pada tabel 4.4 terdapat Ct yang berarti *cycle time* (satu kali proses), dimana Ct dinyatakan dalam detik. Karena mesin heat treatment terdiri dari 5 tingkat dan 1 tingkatnya terdiri dari 14 segmen, maka untuk 1Ct adalah 5 tingkat dikali 14 segmen maka dihasilkan 70.

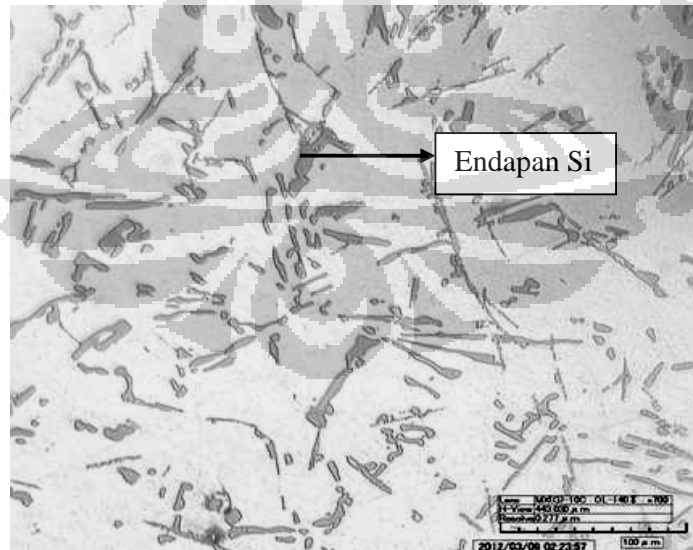
Untuk Ct 180 detik maka dikalikan 70 sehingga didapat 12.600 detik dan dikonversi menjadi 3.5 jam. Untuk Ct 135 detik maka dikalikan 70 sehingga didapat 9.450 detik dan dikonversi menjadi 2.6 jam. Untuk Ct 205 detik maka dikalikan 70 sehingga didapat 14.350 detik dan dikonversi menjadi 4 jam.

4.2.3 Pengamatan Struktur Mikro



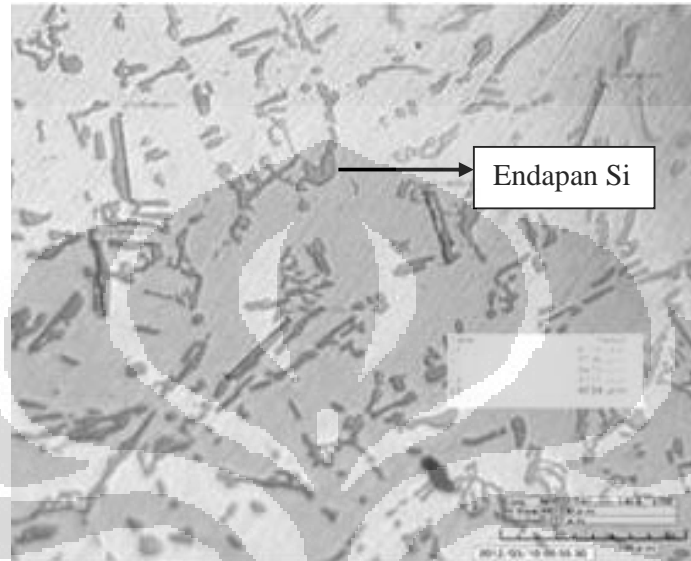
Gambar 4.11 Struktur mikro percobaan ke 1 (Perbesaran 700X)

Pengamatan struktur mikro percobaan ke 1 dengan perbesaran 700 kali menunjukkan bahwa silikon masih berbentuk *flake*. Di beberapa bagian muncul bentuk yang membulat tetapi tidak beraturan.



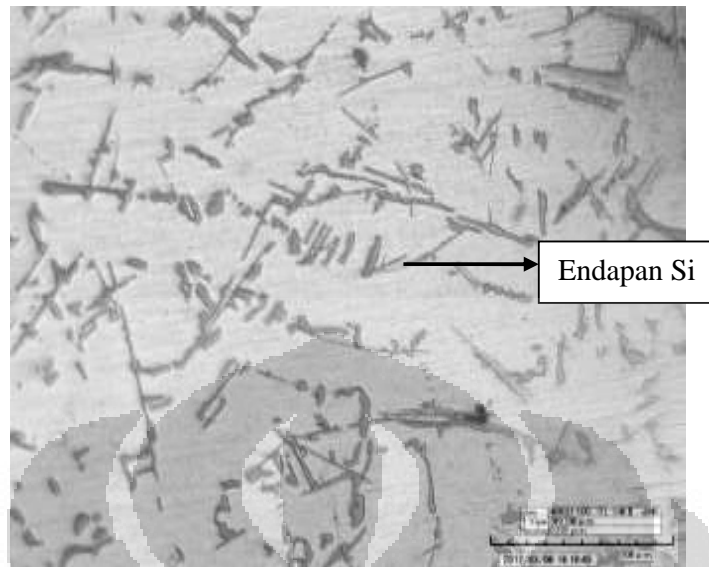
Gambar 4.12 Struktur mikro percobaan ke 2 (Perbesaran 700X)

Pengamatan struktur mikro percobaan ke 2 dengan perbesaran 700 kali menunjukkan bahwa silikon masih berbentuk *flake*, tetapi sudah ada yang berkurang. Selain itu mulai timbul *round shape*.



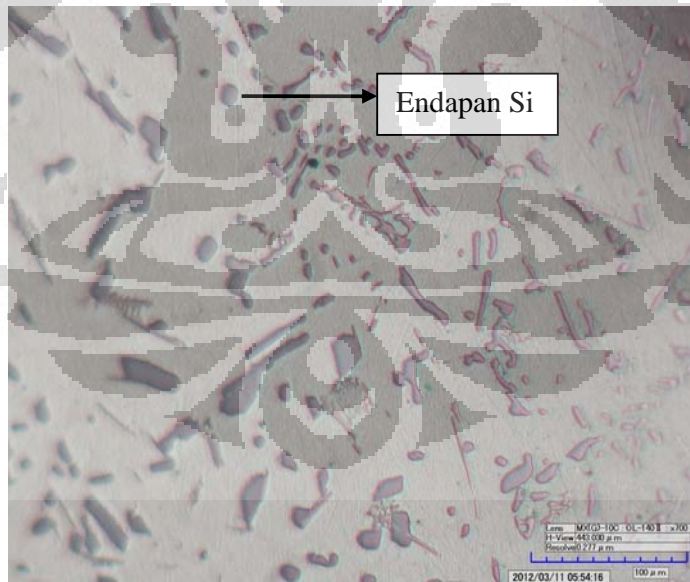
Gambar 4.13 Struktur mikro percobaan ke 3 (Perbesaran 700X)

Pengamatan struktur mikro percobaan ke 3 dengan perbesaran 700 kali menunjukkan bahwa silikon masih berbentuk *flake*, hampir sama dengan percobaan sebelumnya. Dari percobaan ini silikonnya mulai membulat (*round shape*).



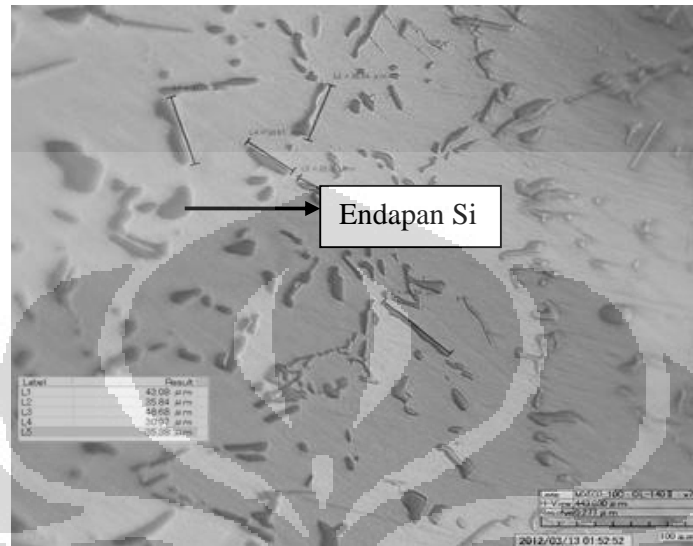
Gambar 4.14 Struktur mikro percobaan ke 4 (Perbesaran 700X)

Pengamatan struktur mikro percobaan ke 4 dengan perbesaran 700 kali menunjukkan bahwa silikon kembali berbentuk *flake* yang tajam. Selain itu juga jarak antar silikon lebih rapat.



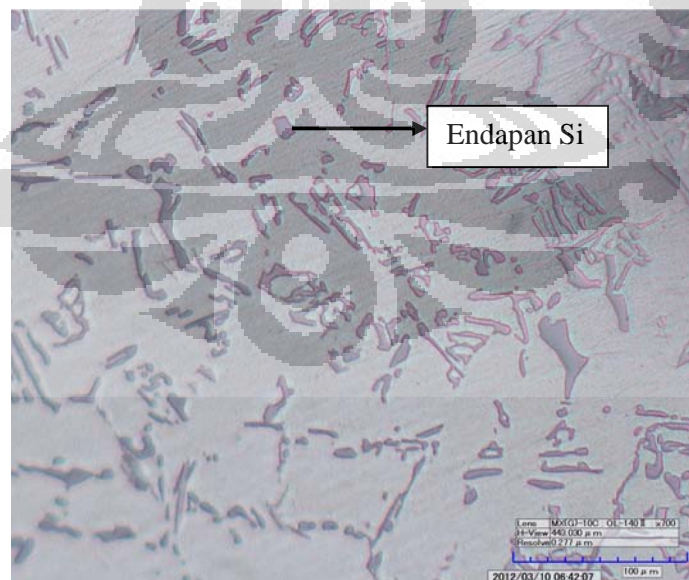
Gambar 4.15 Struktur mikro percobaan ke 5 (Perbesaran 700X)

Pengamatan struktur mikro percobaan ke 5 dengan perbesaran 700 kali menunjukkan bahwa silikon sudah berbentuk *nodular*. Bentuk *nodular* ini belum merata. Terlihat ada yang besar dan kecil.



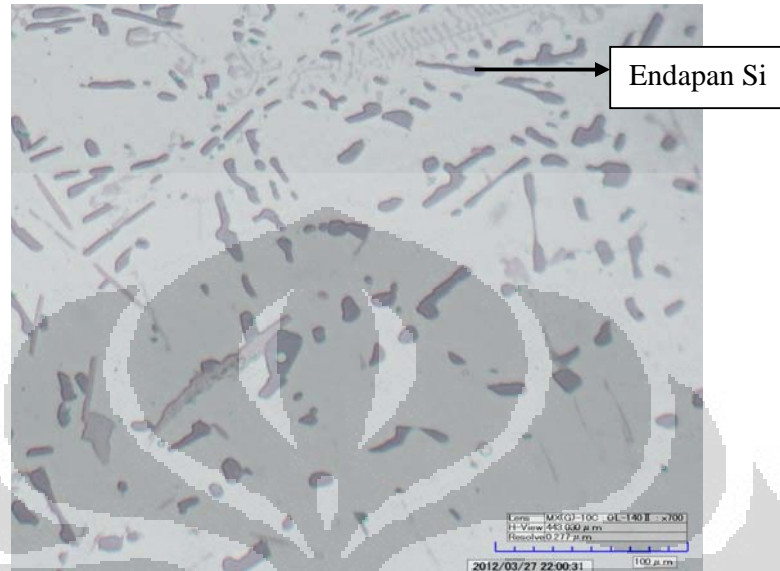
Gambar 4.16 Struktur mikro percobaan ke 6 (Perbesaran 700X)

Pengamatan struktur mikro percobaan ke 6 dengan perbesaran 700 kali menunjukkan bahwa silikon berbentuk *nodular*, namun jaraknya semakin melebar.



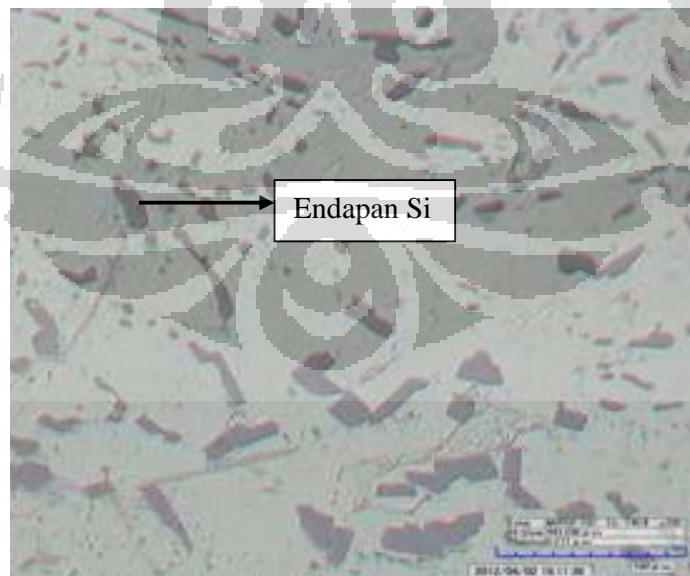
Gambar 4.17 Struktur mikro percobaan ke 7 (Perbesaran 700X)

Pengamatan struktur mikro percobaan ke 7 dengan perbesaran 700 kali menunjukkan bahwa silikon berbentuk *nodular* dan mulai terbentuk dengan teratur.



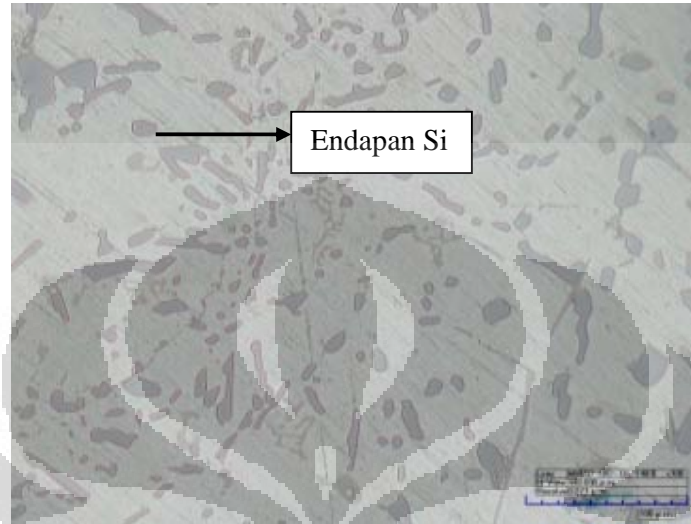
Gambar 4.18 Struktur mikro percobaan ke 8 (Perbesaran 700X)

Pengamatan struktur mikro percobaan ke 8 dengan perbesaran 700 kali menunjukkan bahwa silikon kembali berbentuk *flake*. Di beberapa bagian silikon membentuk *flake* agak tajam dan jaraknya relatif lebih rapat.



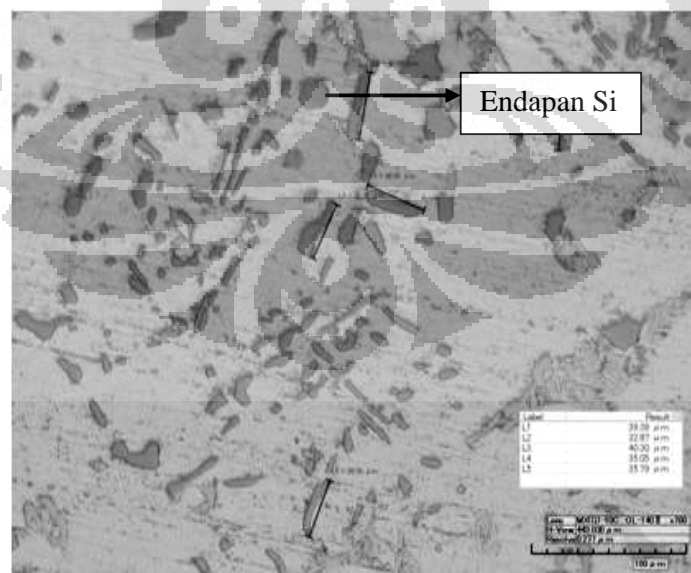
Gambar 4.19 Struktur mikro percobaan ke 9 (Perbesaran 700X)

Pengamatan struktur mikro percobaan ke 9 dengan perbesaran 700 kali menunjukkan bahwa silikon kembali terbentuk *nodular*. Di beberapa bagian bentuk *nodular* lebih besar terbentuk tidak beraturan



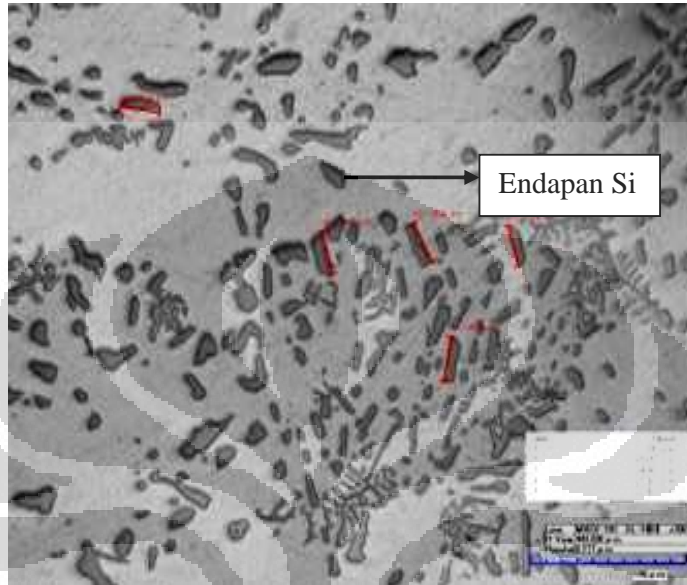
Gambar 4.20 Struktur mikro percobaan ke 10 (Perbesaran 700X)

Pengamatan struktur mikro percobaan ke 10 dengan perbesaran 700 kali menunjukkan bahwa silikon kembali terbentuk *nodular* yang membesar dan tidak beraturan.



Gambar 4.21 Struktur mikro percobaan ke 11 (Perbesaran 700X)

Hasil uji struktur mikro percobaan ke 11 menunjukkan bahwa silikon telah terbentuk *nodular*. Di beberapa bagian bentuk *nodular* ini besar dan dan di beberapa bagian lain membentuk tidak beraturan.



Gambar 4.22 Struktur mikro percobaan ke 12 (Perbesaran 700X)

Pengamatan struktur mikro percobaan ke 12 dengan perbesaran 700 kali menunjukkan bahwa silikon di beberapa bagian telah terbentuk *nodular*. Bentuk *nodular* ini tidak beraturan, ada yang membulat dan ada yang memanjang. Di beberapa bagian terbentuk *flake* yang lebih pendek.

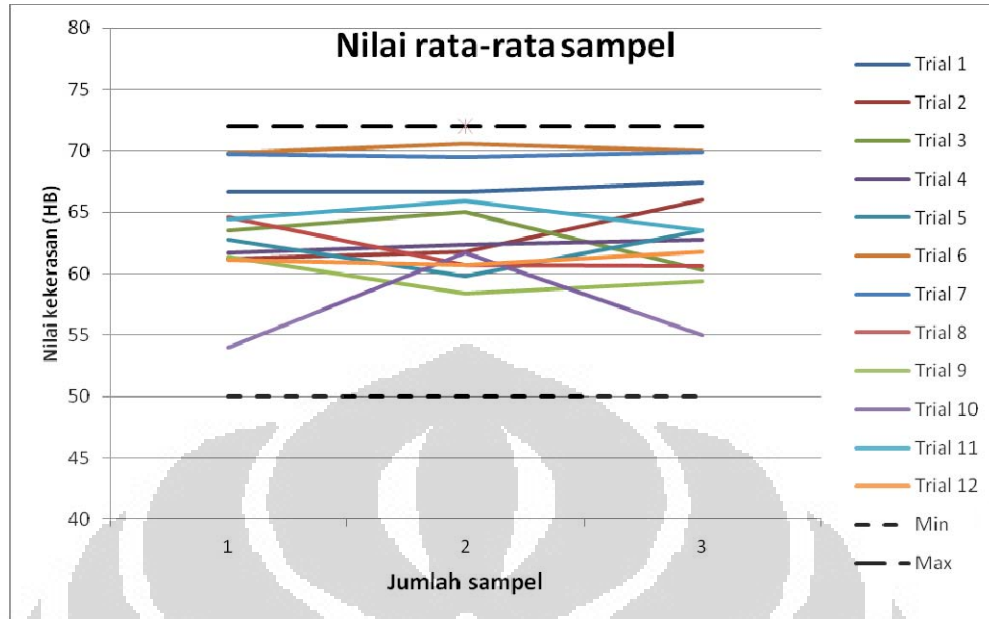
4.2.4 Uji Kekerasan

Tabel 4.5 Hasil uji kekerasan

Trial	Std	Sampel	Result					Avg.
1	50 ~ 72 HRB	1	65.5	66.9	66.6	67.1	67.3	66.7
		2	66.0	66.5	66.9	66.7	67.3	66.7
		3	66.5	67.1	67.5	67.9	68.2	67.4
2		1	63.4	62.7	63.3	62.4	61.2	62.6
		2	64.0	64.8	62.3	63.8	61.8	63.3
		3	66.3	67.1	67.4	66.0	66.0	66.6
3		1	62.1	63.4	63.1	64.8	64.2	63.5
		2	65.5	64.5	65.2	65.5	64.4	65.0
		3	59.6	59.4	60.5	63.1	59.0	60.3

Tabel 4.5 Hasil uji kekerasan (lanjutan)

Trial	Std	Sampel	Result					Avg.
4	50 ~ 72 HRB	1	61.7	61.0	58.7	64.5	62.8	61.7
		2	62.7	62.5	61.2	61.7	64.0	62.4
		3	63.1	62.1	60.6	63.7	64.6	62.8
5		1	62.6	62.6	63.2	63.0	62.5	62.8
		2	60.5	60.9	61.4	58.3	57.8	59.8
		3	62.7	64.0	64.9	61.5	64.2	63.5
6		1	70.7	70.4	69.7	69.6	68.8	69.8
		2	70.5	70.5	69.7	71.3	71.2	70.6
		3	70.2	69.1	69.2	71.3	70.1	70.0
7		1	70.2	69.4	70.1	69.9	68.9	69.7
		2	69.3	69.9	70.2	68.9	69.1	69.5
		3	69.6	69.9	70.4	69.4	70.1	69.9
8	1	65.6	63.7	64.3	65.2	64.1	64.6	
	2	57.9	63.7	61.3	58.6	61.8	60.7	
	3	61.1	58.0	60.4	63.6	60.1	60.6	
9	1	62.5	57.3	67.0	59.0	61.2	61.4	
	2	54.3	55.1	63.2	59.1	60.2	58.4	
	3	60.2	59.4	60.3	58.1	59.1	59.4	
10	1	56.9	53.9	52.0	53.1	54.1	54.0	
	2	62.0	63.4	60.1	62.8	60.1	61.7	
	3	56.3	53.0	53.9	55.4	56.4	55.0	
11	1	64.5	65.2	64.2	63.7	64.2	64.4	
	2	65.2	64.3	65.6	67.0	67.3	65.9	
	3	64.1	62.6	63.8	63.6	63.2	63.5	
12	1	60.4	61.5	60.7	61.7	61.4	61.1	
	2	59.8	60.7	60.6	60.9	61.6	60.7	
	3	60.0	60.9	62.2	62.9	63.1	61.8	



Gambar 4.23 Hasil uji kekerasan sample

Dari gambar 4.23 bahwa percobaan yang dilakukan sebanyak 12 kali dengan nilai rata-rata maksimum sebesar 70 HRB dicapai oleh percobaan ke 6, sedangkan nilai rata-rata minimum pada pengujian kekerasan sebesar 61 HRB oleh percobaan ke 12. Secara umum, seluruh percobaan masih dalam batas standar.

4.2.5 Press Insert Valve Guide



Gambar 4.24 Proses *press guide valve*

Setelah tahap pengujian struktur mikro dan pengujian kekerasan, maka tahap selanjutnya adalah proses *press guide valve*. Pada proses ini, *guide valve* dipasang di bagian saluran (*port*) *intake* dan *exhaust* sehingga antara *valve* dan *cylinder head* tidak kontak langsung.

Tabel 4.6 Hasil percobaan *cylinder head* pada proses *press valve guide*

Trial	Perlakuan Pelarutan (°C)	Kuens (°C)	Penuaan (°C)	Total Produksi (buah)	Jumlah Retak (buah)
1	500	70	228	-	3
2	520	70	228	420	0
3	520	70	228	394	0
4	520	70	228	427	1
5	540	70	228	2327	2
6	540	70	200	393	2
7	540	70	180	936	2
8	540	74	228	10700	35
9	540	80	228	10290	22
10	540	70	228	13965	18
11	540	92	228	28367	176
12	540	92	150	37975	1

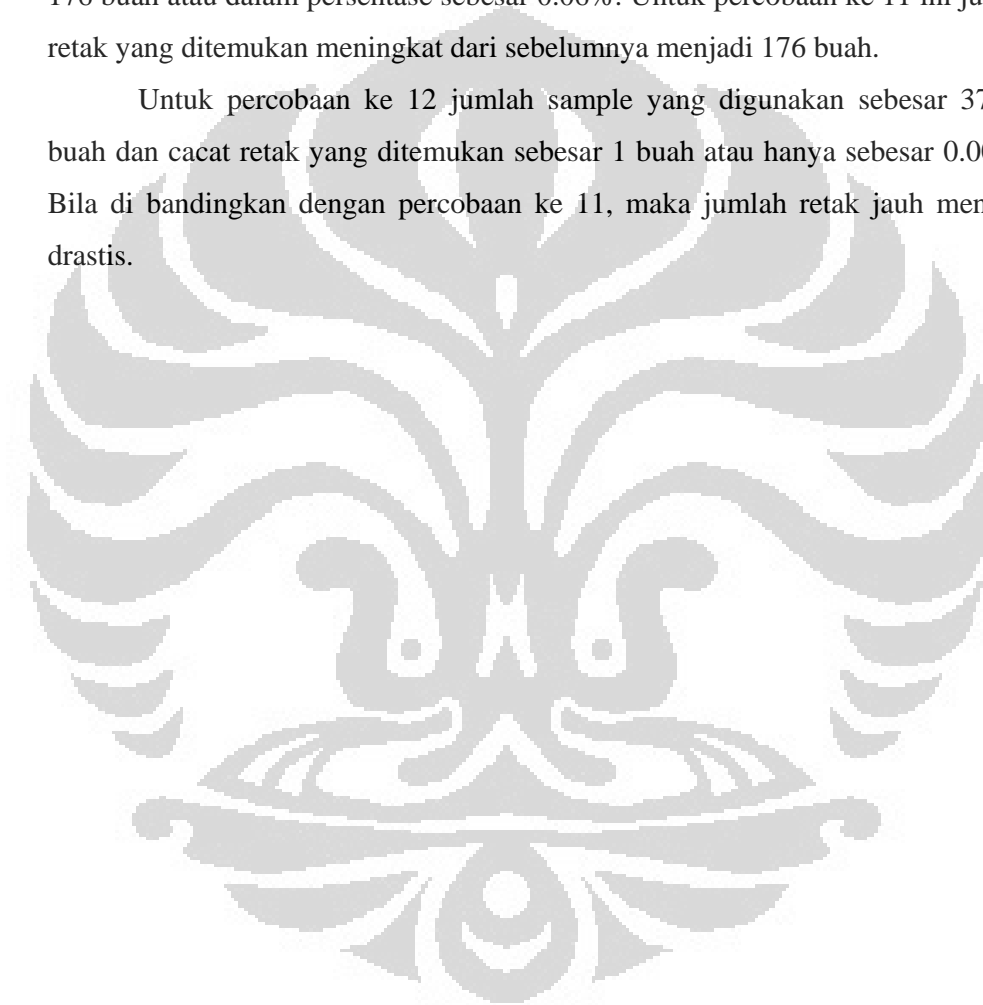
Dari tabel 4.6 dapat disimpulkan bahwa percobaan 1 sampai 5 struktur mikro yang didapatkan masih berbentuk flake atau runcing sehingga hasil percobaan ini tidak direkomendasikan walaupun hasil cacat retak yang dihasilkan kecil dan bahkan untuk hasil percobaan 2 dan 3 tidak ditemukan retak sama sekali.

Untuk percobaan ke 8 dari jumlah sample yang ikutkan sebesar 10.700 buah, jumlah cacat retak yang dihasilkan sebesar 35 buah. Persentase retak sebesar 0.33%. Kemudian pada percobaan ke 9 dengan jumlah sample yang

digunakan sebesar 10.290 buah dan jumlah retak yang ditemukan sebesar 22 buah atau 0.21%.

Untuk percobaan ke 10 dari jumlah sample sebesar 13.965 buah jumlah cacat retak yang ditemukan sebesar 18 buah atau 0.13%. Jumlah ini menurun bila dibandingkan dengan percobaan sebelumnya (percobaan ke 9). Untuk percobaan ke 11, jumlah sample sebesar 28.367 buah cacat retak yang ditemukan sebesar 176 buah atau dalam persentase sebesar 0.06%. Untuk percobaan ke 11 ini jumlah retak yang ditemukan meningkat dari sebelumnya menjadi 176 buah.

Untuk percobaan ke 12 jumlah sample yang digunakan sebesar 37.975 buah dan cacat retak yang ditemukan sebesar 1 buah atau hanya sebesar 0.002%. Bila di bandingkan dengan percobaan ke 11, maka jumlah retak jauh menurun drastis.



BAB 5 KESIMPULAN

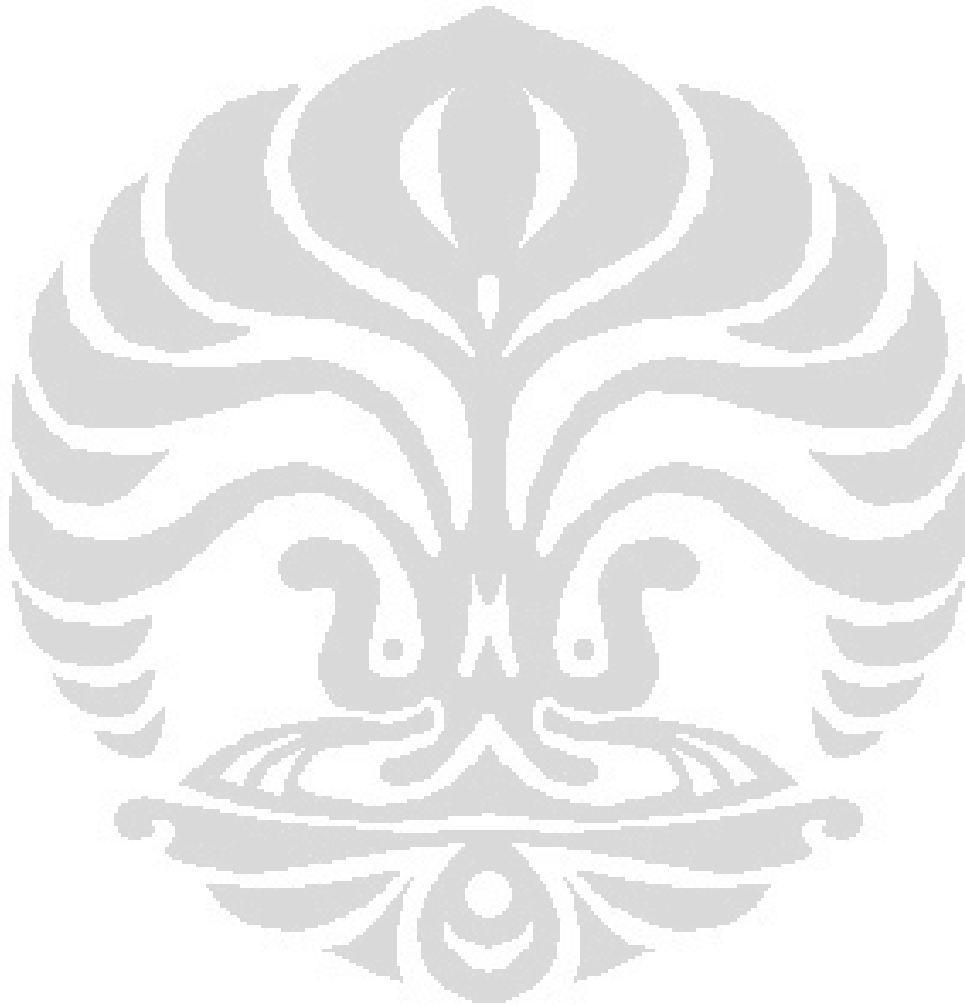
Dari penelitian yang dilakukan terhadap retak pada *cylinder head* dan optimalisasi pada mesin *rotary heat treatment* dengan parameter temperatur berbeda, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil analisa kegagalan didapatkan :
 - Hasil uji komposisi kimia kadar besi (Fe) dalam paduan aluminium AC4B dalam jumlah maksimum sebesar 1%, yang dalam literature bahwa pengaruh kadar besi (Fe) dalam fasa padat yang melebihi 0.04% adalah kecendrungan membentuk fasa intermetalik kedua, fasa ini tidak terlarut (*insoluble*) yang akan menurunkan sifat keuletan.
 - Hasil pengamatan struktur mikro didapatkan bahwa silikon (Si) membentuk jarum (*flakes*) yang ujungnya runcing. Ini menyebabkan paduan aluminium AC4B meningkatkan kekerasan dan menyebabkan retak.
 - Hasil uji SEM menunjukkan bahwa retakan terjadi secara tiba-tiba dan patahan bersifat getas. Patahan berawal dari ujung bagian dalam, kemungkinan terjadi pada saat proses *press guide valve*.
2. Dari hasil 12 kali percobaan dengan variasi parameter temperatur baik itu perlakuan pelarutan maupun penuaan, maka hasil yang paling maksimum dalam penanganan cacat retak adalah percobaan ke 12 dengan parameter temperatur perlakuan pelarutan 540^oC selama 2.6 jam dan temperatur penuaan 150^oC selama 2.6 jam. Dari percobaan tersebut jumlah sample yang digunakan sebesar 37,975 buah dan cacat retak yang ditemukan sebesar 1 buah atau hanya sebesar 0.002%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] <http://www.infobanknews.com/2011/09/pertumbuhan-sepeda-motor-pada-2012-bisa-tembus-95-juta-unit/> di akses 1 mei 2012 jam 20.30
- [2] <http://motorplus.otomotifnet.com/read/2011/12/22/326565/30/9/>
Investasikan-Rp-104-Miliar-Honda-Tambah-Lagi-Kapasitas-Produksi-Matik diakses 1 mei 2012 jam 20.30
- [3] Golbahan, Benham. Effect of Grain Refinement-Modification Interaction on Performance of A.356.2 Alloy. Canada : University of Quebec. 2008.
- [4] Suharno, Bambang. Slide Kuliah : Pengecoran Logam. Depok : Departemen Metalurgi dan Material Universitas Indonesia. 2007.
- [5] Hatch, John E. Aluminium Properties and Physical Metallurgy. American Society for Metals : Metal Parks, Ohio. 1995.
- [6] JIS Handbook. Non Ferrous Metals and Metallurgy. Tokyo : Japanese Standard Association. 1977.
- [7] Dorstad, John L ; Rasmussen, Wayne M. Aluminum Casting Technology- 2nd Edition. Illinois : The American Foundry Society. 1993.
- [8] Davis, J. R. Alloying : Understanding The Basic. Ohio : ASM International. 2001.
- [9] ASM International, ASM Specially Handbook : Aluminum and Aluminium Alloys. Ohio : American Society for Metals. 1993.
- [10] Apelian, D. Aluminum Cast Alloys : Enabling Tools for Improved Performance. Illinois : North American Die Casting Association. 2009.
- [11] ASM Handbook Volume 4 : Heat Treating. ASM International. 1991.
- [12] Kaufman, J. Gilbert, Elwin L Rooy. Aluminum Casting Alloy : Properties, Proses, and Applications. ASM International. 2005.
- [13] Smallman, R.E. Metalurgi Fisik Modern Edisi Keempat Terjemahan Sriati Djaprie, Bustanul Arifin, Myrna A. Gramedia : Jakarta. 1991.
- [14] Russel, Alan M; Kuk Loong Lee. Structure-Property Relations in Non-Ferrous Metals. John Wiley and Sons, Inc : New Jersey. 2005.

- [15] Tillova, E, M. Panuskora. Effect of Solution Treatment on Intermetallic Phases Morphology in AlSi_9Cu_3 Cast Alloy. *Metalurgija*. 47. 2008. 207-210.





LAMPIRAN 1

Data cacat retak bulan Februari 2012

DIES	TANGGAL SHIFT	21-02-2012			22-02-2012			23-02-2012			24-02-2012			27-02-2012			28-02-2012			29-02-2012			TOTAL
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1	A				3				1			1											5
	B																						0
2	A		1		1					1													3
	B																						0
3	A		1		1										1		1	2					6
	B	1	1		5				1								3	1	1				13
4	A		2		4					1							1	1	3				12
	B		4		4												3	1	3				15
5	A	1			1	7			1	1	3				1	2	8	9	5				39
	B		4		3	6			1	7	3				2	3	7	10	7				53
6	A	1	3							3					1	1	6	10	7				32
	B	2	1		1				1	5	2				1	1	9	8	5				36
7	A	5	2													3	8	5	6				29
	B	2	6													6	14	8	4				40
8	A	2	6		2											4	11	3	7				35
	B	1	2												2	8	8	7	4				32
9	A		1																				1
	B																						0
10	A		1														2						3
	B		1																				1
11	A																6	2					8
	B									4	1						16	9					30
12	A									1							4		3				5
	B									1							4						8
NO DIES																	3	15					18
																	1	15					16
																		11					11
																		16					16
																		15					15
		15	36	0	25	13	0	0	5	24	10	0	0	0	0	8	32	81	167	66	0	0	482








LAMPIRAN 2


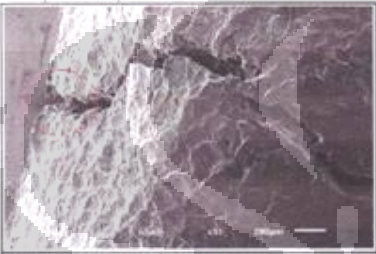
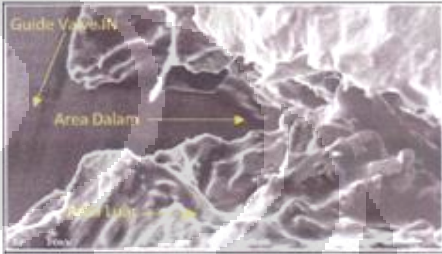

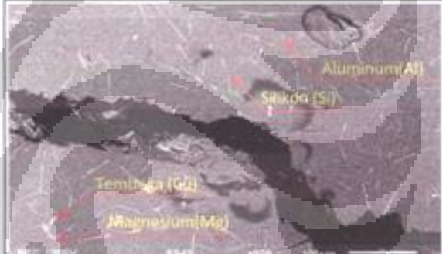


TESTING REPORT			
QUALITY TECH. LABORATORIUM			
REPORT NO: 290 / CKR / III / 12		1/6	
PART NAME : CYL HEAD	DEDICATED TO : QCO (A. SYUKUR)		
PART NO : -	SUPPLIER : INPLANT		
TYPE : KVV	SAMPLE ACCEPTED : 29-Feb-12		
MATERIAL/SPEC. : AC4B	DATE FINISHED : 1-Mar-12		
LATAR BELAKANG MASALAH			
Part Cyl Head tipe KVV retak di area Guide Valve IN di Line produksi machining Cyl Head tanggal 29 Februari 2012 shift 1. Kasus terjadi di Gedung G Plant Cikarang.			
TUJUAN			
Untuk menganalisa penyebab retaknya part Cyl Head pada area Guide Valve IN.			
JENIS PENGUJIAN			
NO	JENIS PENGUJIAN	REFERENSI	
1	Visual Inspection	(Ref.)	
2	Pengujian Komposisi Kimia	HES C 10T-03	
3	Pengujian SEM / EDS	ASM Handbook Vol. 12	
4	Struktur micro		
KESIMPULAN			
Berdasarkan hasil pengujian :			
<ol style="list-style-type: none"> Pengamatan visual, tidak ditemukan cacat casting keropos, porosity dan penyusutan. Pengujian komposisi kimia menunjukkan bahwa kandungan unsur dari Part Cyl Head telah memenuhi standar material aluminium AC4B Pengujian SEM memperlihatkan terdapatnya rambatan retakan di area permukaan retakan dari Cyl Head Pada permukaan sumber retakan dari area dalam (area inside lubang guide valve in). Berdasarkan pengujian hardness, nilai kekerasan masih dalam ring standard yang di ijinan. Pengujian struktur micro tidak terjadi penyimpangan (tidak ada cacat casting baik keropos maupun porosity) 			
Dapat disimpulkan bahwa part Cyl Head area retakan, (secara properties) tidak di jumpai defect/ cacat casting, sumber retakan berawal dari area dalam area guide valve in, yang kemungkinan diakibatkan dari pemasangan proses guide valve pada cyl head atau adanya pengaruh beban berlebih (over load).			
	Made by	Checked	Approved
			
	AGUS HR	RONAL W.	SYAFRIZAL

CM - QTLAB - 002 - 00


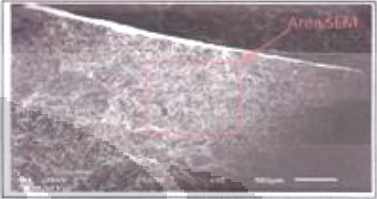

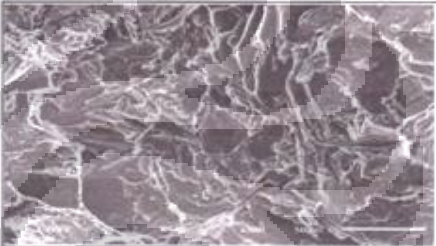


TESTING REPORT							
QUALITY TECH. LABORATORIUM							
REPORT NO : 290 /CKR/III/12	2/6						
1. VISUAL INSPECTION							
<p>Berdasarkan observasi makroskopik, dapat diamati dengan jelas terdapat retakan baik di area permukaan penampang luar maupun dalam, penampang permukaan luar didapati panjang retakan sebesar 12 mm, lebar mencapai rata-rata 0,06 mm sedangkan penampang bagian dalam panjang retakan 16 mm dan lebar mencapai rata-rata 0,09 mm. Dari pengamatan di atas sumber retakan di mulai dari area dalam lubang guide valve in dimana terjadi perbedaan pergerakan bertambahnya lebar retakan.</p>							
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Made by</th> <th>Checked</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">AGUS HR</td> <td style="text-align: center;">RONAL W.</td> </tr> </tbody> </table>	Made by	Checked			AGUS HR	RONAL W.	
Made by	Checked						
AGUS HR	RONAL W.						

CM - QTLAB - 002 - 00

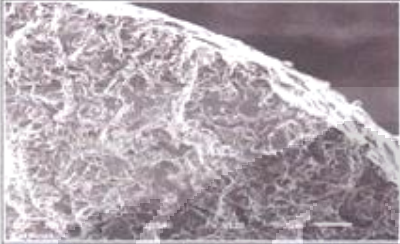
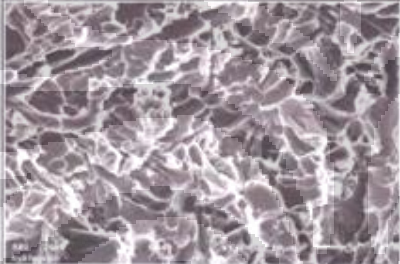
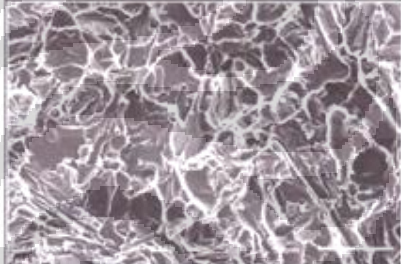



TESTING REPORT								3/6	
QUALITY TECH. LABORATORIUM									
REPORT NO : 290 / CKR / III / 12									
2. PENGUJIAN KOMPOSISI KIMIA									
				→					
Item	Kandungan Unsur. (%)							RESULT	
	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Ni		
Standar HFS C-101-03	7.00 ~ 10.00	1.00 Max	2.00 ~ 4.00	0.50 Max	0.50 Max	1.00 Max	0.35 Max	OK	
Spark 1	8.85	1.00	2.86	0.15	0.20	0.74	0.06		
spark 2	8.56	0.98	2.80	0.15	0.20	0.72	0.05		
<p>Pengujian komposisi kimia menunjukkan bahwa part Cyl Head telah sesuai spesifikasi standar material AC4B.</p> <p>Tidak dijumpai adanya penyimpangan pada kandungan unsur dari spesifikasi material AC4B</p>									
3. PENGUJIAN KEKERASAN MATERIAL									
				→		 			
Scale	Standard	Area	Result					Avg.	Judgement
HRB	50 ~ 72	1	63	65	64	63	62	64	OK
		2	62	59	61	58	61	60	
<p>Setelah dilakukan pengujian keras pada Part Cyl Head , nilai kekerasan Part sesuai dengan standar. Kekerasan area inside rata-rata mencapai 60 HRB dan 64 HRB (Std. yang diizinkan : 50 ~ 72 HRB).</p>									
						Made by	Checked		
									
						AGUS HR	RONAL W.		

TESTING REPORT	
QUALITY TECH. LABORATORIUM	
REPORT NO: 290 / CKR / III / 12	4/n
4. PENGUJIAN SEM/EDS (CONT.)	
Penampang Bagian Luar	
	
SEM pada Sampel Retakan	
	
Area retakan tidak dijumpai cacat casting dan patah akibat pembebanan Perbesaran: 55x	Area retakan awal perbetakan retak pembebanan akibat proses pemasangan guide valve in. Perbesaran: 430x
	
Area retakan tidak dijumpai cacat casting dan patah bersifat getas. Perbesaran: 230x	Permukaan Retakan, detektor BSE. Dijumpai tampilan dengan kandungan unsur berbeda. Perbesaran: 200x
	
AGUS HR	RONAL W.

CM - CITAH - 002 - 00

TESTING REPORT	
QUALITY TECH LABORATORIUM	
REPORT NO: 290 / CKR / III / 12	5/6
<p>Perbandingan patahan pada part Cyl Head pada area permukaan penampang bagian dalam akibat patah manual (di cutting sekitar retakan hingga tampilan area dalam dapat di buka manual)</p> <p>Visual patahan</p>	
	
<p>Pada permukaan patahan area dalam dibuka secara manual, secara visual, tidak dijumpai terdapatnya cacat casting. Secara visual, permukaan patahan menunjukan bahwa area tersebut patah akibat pembebanan tanpa adanya initiator crack.</p> <p>SEM pada sampel area dalam patah akibat dibuka manual</p>	
	
Area retakan ; dijumpai patah getas akibat beban Perbesaran : 150x	Area retakan ; dijumpai terdapatnya struktur patah (getas) akibat beban Perbesaran : 100x
<p>Berdasarkan pengamatan SEM, pada Part Cyl Head retak di line produksi, tidak dijumpai cacat casting di area permukaan retakan / patahan dan dijumpai struktur getas akibat pemberian beban</p>	
Made by	Checked
	
AGUS HR	RONAL W.

QM-QTLAB-002-00

TESTING REPORT	
QUALITY TECH. LABORATORIUM	
REPORT NO : Z90 / CKR / III / 12	6/6
4. PENGUJIAN SEM/EDS (CONT.)	
	
<p>Area petakan ; dijumpai terdapatnya arah rambatan dari area dalam ke permukaan. Perbesaran 120X</p>	
Referensi Morfologi SEM	
<p>Morfologi struktur akibat beban Impact</p> 	<p>Morfologi struktur akibat beban over load</p> 
<p>Morfologi struktur porosity</p> 	
<p>Made by</p>  AGUS HR	<p>Checked</p>  RONAL W

ISI - QTLAB - 002 - 06