



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**PENGARUH *HOLDING TIME* PADA PROSES *AGE HARDENING*
TERHADAP KEKERASAN KOMPOSIT AL-CU YANG DIPERKUAT
SERBUK *FLY ASH***

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana Strata Satu (S1)
Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

Disusun Oleh:

M. FAIZIN ALAMSYAH

L2E 606 032

**FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN**

OKTOBER

2012

TUGAS AKHIR

- Diberikan Kepada : Nama : M. Faizin Alamsyah
NIM : L2E 606 032
- Dosen Pembimbing : Dr. Sulardjaka, ST, MT
- Jangka Waktu : 6 bulan
- Judul : **Pengaruh *Holding Time* Pada Proses *Age Hardening* Terhadap Kekerasan Komposit Al-Cu Yang Diperkuat Serbuk *Fly Ash***
- Isi Tugas : 1. Membandingkan nilai kekerasan antara komposit Al-Cu-*fly ash* yang dicor tanpa proses *age hardening* dengan komposit Al-Cu-*fly ash* yang telah melalui proses *age hardening* .
2. Mengetahui pengaruh lama *holding time* pada proses *age hardening* terhadap kekerasan Al-Cu-*fly ash*.

Semarang, 30 Oktober 2012

Pembimbing,



Dr. Sulardjaka, ST, MT

NIP. 197104201998021001

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : M. Faizin Alamsyah
NIM : L2E 606032

Tanda Tangan :
Tanggal : 30 Oktober 2012

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : M. Faizin Alamsyah
NIM : L2E606032
Jurusan/Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Pengaruh *Holding Time* Pada Proses *Age Hardening*
Terhadap Kekerasan Komposit Al-Cu Yang Diperkuat
Serbuk *Fly Ash*

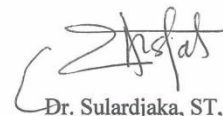
Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan/Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.

TIM PENGUJI

Pembimbing : Dr. Sulardjaka, ST, MT
Penguji : Dr. Ir. Eflita Yohana, MT
Penguji : Dr. Syaiful, ST, MT
Penguji : Norman Iskandar, ST, MT



Semarang, Oktober 2012
Ketua Jurusan Teknik Mesin,



Dr. Sulardjaka, ST, MT

NIP. 197104201998021001

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

Sebagai civitas akademika Universitas Diponegoro, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : M. Faizin Alamsyah
NIM : L2E606032
Jurusan/Program Studi : Teknik Mesin
Departemen : Universitas Diponegoro
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*None-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

PENGARUH *HOLDING TIME* PADA PROSES *AGE HARDENING* TERHADAP
KEKERASAN KOMPOSIT AL-CU YANG DIPERKUAT SERBUK *FLY ASH*

berserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Semarang
Pada Tanggal: Oktober 2012

Yang menyatakan



(M. Faizin Alamsyah)
NIM. L2E 606 032

Persembahan

Tugas Akhir ini saya persembahkan untuk :

“Orang tua, yang selalu memberikan motivasi dan doa dalam kehidupan ini”.

Motto

Orang-orang yang suka memudahkan urusan orang lain, maka Allah juga pasti akan memudahkan urusan mereka dan begitu pula sebaliknya.

Abstrak

Komposit adalah material yang dibuat dengan menggabungkan dua atau lebih bahan penyusun yang berbeda dalam hal bentuk dan komposisinya. Komposit matriks logam memiliki sifat yang tahan terhadap korosi dibandingkan dengan logam tanpa penguat. Aluminium merupakan salah satu material yang digunakan sebagai matrik pada pembuatan komposit yang disebut *Aluminium Metal Matrix Composite*. Proses *age hardening* adalah suatu proses perlakuan panas yang terkontrol dengan tujuan untuk memperbaiki sifat mekanis dari suatu paduan.

Pada penelitian ini komposit Al-Cu-*fly ash* dengan komposisi 5%, 10% dan 15% dilakukan *aging* dengan variasi *holding time* 1 jam, 2 jam dan 4 jam. Dimana pembuatan komposit tersebut diperoleh dengan cara pengecoran *stir cast*. Komposit yang dihasilkan kemudian dimasukkan ke dalam *furnace chamber* untuk dilakukan proses *age hardening*. Proses ini terdiri dari tiga tahap, tahap pertama yaitu *solution treatment* yang bertujuan untuk menghasilkan fasa α , tahap kedua yaitu *quenching* atau pendinginan cepat dan tahap ketiga yaitu *aging* bertujuan untuk memunculkan butir presipitat.

Nilai kekerasan dari komposit dalam penelitian ini meningkat setelah mengalami perlakuan *age hardening*. Proses ini memberikan peningkatan nilai kekerasan yang tinggi pada komposit Al-Cu yang diperkuat dengan serbuk *fly ash* dengan komposisi 15%. Selain disebabkan karena adanya unsur Cu yang dapat larut padat ke dalam aluminium sehingga mempengaruhi nilai kekerasannya, penambahan serbuk *fly ash* juga memberikan dampak yang cukup tinggi pada tingkat kekerasan komposit.

Kata kunci: *age hardening, fly ash, aging, presipitat, holding time.*

Abstract

Composites is a material that have been joint from two materials in different form and composition. Metal Matrix Composites has more ability to reduce corrotion than unreinforced metal. Aluminium is one of the material that use as a matrix in composite. It's known as Aluminium Metal Matrix Composites. Age hardening is a controlled heat treatment. The purpose is to fix the mechanical properties of an alloy.

In this study, aluminium copper composite which is reinforced by fly ash particles with weight composition 5%, 10% and 15% is aging with the variation of holding time in 1 hour, 2 hours and 4 hours. The composites were made of stir cast. Then the composites that have been made by its process is taken inside the furnace chamber for age hardening process. This process has 3 steps, first step is solution treatment which has purpose to make α phase, second step is quenching or rapid cooling and the third step is aging which has purpose to show precipitate grain.

Hardness Value from composite in this study had increased after got age hardening. This process gives a higher hardness value of aluminium copper composite reinforced by 15% fly ash particles. Beside because of the presence of Cu, which can soluble in solid form to aluminium, the fly ash addition is also affect the hardness of composites in higher value.

Keywords: age hardening, fly ash, aging, presipitat, holding time.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas berkat dan rahmatNya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan sebaik-baiknya. Tugas Akhir yang berjudul **“Pengaruh *Holding Time* Pada Proses *Age Hardening* Terhadap Kekerasan Komposit Al-Cu Yang Diperkuat Serbuk *Fly Ash* ”** ini dimaksudkan untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan Pendidikan Tingkat Sarjana Strata Satu (S1) pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.

Dalam kesempatan ini penyusun ingin menyampaikan rasa hormat dan terimakasih setulus-tulusnya kepada semua pihak yang telah membantu dan memberikan dorongan kepada penyusun selama penyusunan Tugas Akhir ini, antara lain :

1. Dr. Sulardjaka, ST, MT selaku Dosen Pembimbing, yang telah memberikan bimbingan, pengarahan-pengarahan dan masukan-masukan kepada penyusun hingga terselesainya Tugas Akhir ini.
2. Semua pihak yang telah memberikan dukungan dan bantuan atas terselesainya Tugas Akhir ini.

Dengan penuh kerendahan hati, penyusun menyadari akan kekurangan dan keterbatasan pengetahuan yang penyusun miliki, untuk itu penyusun mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari semua pihak. Akhir kata semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan semakin menambah kecintaan dan rasa penghargaan kita terhadap Teknik Mesin Universitas Diponegoro.

Semarang, Oktober 2012

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN TUGAS SARJANA	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
MOTTO	vii
ABSTRAK	viii
<i>ABSTRACT</i>	ix
KATA PENGANTAR	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Metode Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan Laporan	4
BAB II DASAR TEORI	5
2.1 Aluminium	5
2.1.1 Sifat Aluminium	6
2.1.2 Paduan Aluminium	7
2.1.2.1 Paduan Tempa (<i>Wrought Alloy</i>)	8
2.1.2.2 Paduan Cor (<i>Cast Alloy</i>)	10
2.1.3 Paduan Aluminium-Tembaga (Al-Cu)	10
2.2 Komposit	12
2.2.1 Komposit Matriks Logam / <i>Metal Matrix Composites</i> (MMCs)	14
2.2.2 Komposit Matriks Aluminium / <i>Aluminium Matrix Composites</i>	15

2.2.3 Fabrikasi Komposit Al-Cu Dengan <i>Stir Casting</i>	17
2.3 <i>Age Hardening</i>	18
2.3.1 Perlakuan Panas Pelarutan (<i>Solution Heat Treatment</i>)	20
2.3.2 Pendinginan Cepat (<i>Quenching</i>)	21
2.3.3 Penuaan (<i>Aging</i>)	22
2.4 <i>Fly Ash</i>	26
2.5 Kekerasan (<i>Hardness</i>)	27
2.5.1 Pengujian Kekerasan <i>Rockwell</i> (HR)	27
2.6 Mikrografi	29
2.6.1 Struktur Kristal	30
2.6.1.1 Struktur Kristal Pemusatan Ruang (BCC / <i>Body Centered Cubic</i>)	30
2.6.1.2 Struktur Kristal Pemusatan Sisi (FCC / <i>Face Centered Cubic</i>)	31
2.6.1.3 Struktur <i>Hexagonal Closed Packed</i> (HCP)	31
2.6.2 Pengujian Struktur Mikro	32
BAB III METODE PENELITIAN	34
3.1 Diagram Alir Penelitian	34
3.2 Peralatan Dan Bahan Yang Digunakan	37
3.3 Persiapan Bahan	45
3.4 Pembuatan Spesimen	46
3.5 Pengujian Spesimen	52
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	55
4.1 Hasil dan Pembahasan Pengujian Kekerasan	55
4.1.1 Pembahasan Hasil Pengujian Kekerasan Al-Cu- <i>fly ash</i> Tanpa Perlakuan Panas	55
4.1.2 Pembahasan Hasil Pengujian Kekerasan Al-Cu- <i>fly ash</i> Dengan Perlakuan Panas	59
4.2 Hasil Dan Pembahasan Mikrografi	65
4.2.1 Hasil Uji Mikrografi Al-Cu- <i>fly ash</i> 5% Pada Temperatur Aging 180°C ...	66
4.2.2 Hasil Uji Mikrografi Al-Cu- <i>fly ash</i> 10% Pada Temperatur Aging 180°C .	67
4.2.3 Hasil Uji Mikrografi Al-Cu- <i>fly ash</i> 15% Pada Temperatur Aging 180°C .	68
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	69
5.1 Kesimpulan	69
5.2 Saran	70

DAFTAR PUSTAKA	71
LAMPIRAN	73

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sifat Fisik Dari Aluminium Murni	7
Tabel 2.2 Sifat Fisik Tembaga	11
Tabel 2.3 Jenis-Jenis Fiber Sebagai Penguat	13
Tabel 2.4 Standar Skala Penggunaan <i>Hardness Rockwell Tester</i>	29
Tabel 3.1 Pembagian Spesimen Berdasarkan Temperatur dan <i> Holding Time</i>	52
Tabel 4.1 Data Hasil Uji Kekerasan Al-Cu- <i>fly ash</i> 5% Pada Temperatur Aging 180° ..	59
Tabel 4.2 Data Hasil Uji Kekerasan Al-Cu- <i>fly ash</i> 10% Pada Temperatur Aging 180° ..	61
Tabel 4.3 Data Hasil Uji Kekerasan Al-Cu- <i>fly ash</i> 15% Pada Temperatur Aging 180° ..	63

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 (a) Aluminium murni 99,99% (b) Permukaan Etsa Aluminium Murni	5
Gambar 2.2 Diagram Fasa Al-Cu	11
Gambar 2.3 <i>Laminate Composite Sandwich</i>	14
Gambar 2.4 Jenis Aluminium Matrix Composites	16
Gambar 2.5 Skema Dapur Peleburan <i>Stir Casting</i>	17
Gambar 2.6 Hubungan Temperatur Dengan Waktu Pada Proses Presipitasi	19
Gambar 2.7 Diagram Fasa Dari Suatu Paduan Yang Dapat Dilakukan Solution Heat Treatment	21
Gambar 2.8 Tahap Perubahan Fasa Pada Proses <i>Aging</i>	23
Gambar 2.9 Hubungan Nilai Kekerasan Dengan Waktu Terhadap Fasa Yang Terbentuk	23
Gambar 2.10 (a) Supersaturated Solid Solution (b) fasa θ'' mulai terbentuk <i>precipitate</i> (c) fasa keseimbangan θ Al-Cu	24
Gambar 2.11 Partikel <i>Fly Ash</i>	27
Gambar 2.12 Struktur kristal pemusatan ruang (<i>BCC/Body Centered Cubic</i>)	30
Gambar 2.13 Struktur kristal pemusatan sisi (<i>FCC/Face Centerd Cubic</i>)	31
Gambar 2.14 Struktur <i>Hexagonal Close Packed (HCP)</i>	32
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian	35
Gambar 3.2 (a) Tungku Krusibel dan (b) <i>Burner</i>	38
Gambar 3.3 Kowi	38
Gambar 3.4. Alat Pres	39
Gambar 3.5. Pengaduk (<i>Stir Cast</i>)	39
Gambar 3.6. Cetakan Logam Silinder	40
Gambar 3.7. Timbangan Digital	40

Gambar 3.8. Gergaji Tangan	41
Gambar 3.9. <i>Mesh</i> 350	41
Gambar 3.10. (a) <i>Thermocouple</i> dan (b) <i>Display</i>	42
Gambar 3.11 Furnace chamber Hofmann Tipe-K	42
Gambar 3.12 (a) Tang Penjepit (b) Wadah spesimen	43
Gambar 3.13 Wadah dan air sebagai media pendingin	44
Gambar 3.14 <i>Rockwell Hardness Tester 150-A</i>	44
Gambar 3.15 Mesin amplas dan poles	45
Gambar 3.16. Aluminium	45
Gambar 3.17. Serbuk Fly Ash	46
Gambar 3.18. Kawat Tembaga	46
Gambar 3.19. Proses Peleburan Menggunakan Tungku Krusibel	47
Gambar 3.20. (a) Proses Stir Casting Al-Cu dengan <i>Fly Ash</i> (b) Proses Pengadukan (<i>stir</i>)	49
Gambar 3.21. Proses Penuangan dan Pengepresan	50
Gambar 3.22. Spesimen Hasil Pengecoran	50
Gambar 3.23. Spesimen Hasil Pemotongan	51
Gambar 3.24 Spesimen pengujian kekerasan	53
Gambar 4.1 Hasil kekerasan Al-Cu- <i>Fly ash</i> 5% tanpa perlakuan panas terhadap jarak pengukuran pada temperatur 700°C	56
Gambar 4.2 Hasil kekerasan Al-Cu- <i>Fly ash</i> 10% tanpa perlakuan panas terhadap jarak pengukuran pada jarak 700°C	56
Gambar 4.3 Hasil kekerasan Al-Cu- <i>Fly ash</i> 15% tanpa perlakuan panas terhadap jarak pengukuran pada temperatur 700°C	57
Gambar 4.4 Penuangan Serbuk <i>Fly ash</i>	58
Gambar 4.5 Penggumpalan dan pemadatan campuran serbuk <i>fly ash</i> dengan matriks Dipermukaan	58

Gambar 4.6 Nilai Kekerasan Al-Cu-fly Ash 5 % Pada Temperatur <i>aging</i> 180°C Terhadap <i> Holding Time</i>	60
Gambar 4.7 Nilai Kekerasan Al-Cu-fly ash 10 % Pada Temperatur <i>aging</i> 180°C Terhadap <i> Holding time</i>	62
Gambar 4.9 Hubungan Nilai Kekerasan Al-Cu-Fly ash 15 % Pada Temperatur <i>aging</i> 180°C Terhadap <i> Holding time</i>	64
Gambar 4.10 Struktur mikro Al-Cu-fly ash 5% (Perbesaran 500x)	66
Gambar 4.11 Struktur mikro Al-Cu-fly ash 10% (Perbesaran 500x)	67
Gambar 4.12 Struktur mikro Al-Cu-fly ash 15% (Perbesaran 500x)	68