

**PENGARUH PROSES *DEGASSING* PADA REAKSI ANTAR  
MUKA ANTARA ALUMINIUM CAIR DAN TUNGKU  
PELEBURANNYA**

**T E S I S**

**Disusun untuk memenuhi sebagian persyaratan mencapai derajat Magister  
Program Studi Teknik Mesin**



**OLEH  
LUTIYATMI  
NIM. S951308004**

**PROGRAM PASCA SARJANA  
UNIVERSITAS SEBELAS MARET  
SURAKARTA**

**2015**  
*commit to user*



**PENGARUH PROSES *DEGASSING* PADA REAKSI ANTAR  
MUKA ANTARA ALUMINIUM CAIR DAN TUNGKU  
PELEBURANNYA**

**TESIS**

**OLEH**

**LUTIYATMI**

**NIM. S951308004**

Komisi	Nama	TandaTangan	Tanggal
<b>Pembimbing</b>			
Pembimbing I	<b>Dr. Triyono, ST., MT</b> NIP. 197406251999031002		25/1-2016
Pembimbing II	<b>Dr. Agus Supriyanto, M.Si</b> NIP. 196908261999031001		25/1 2016

**Telah dinyatakan memenuhi syarat  
Pada Tanggal 29 Desember 2015**



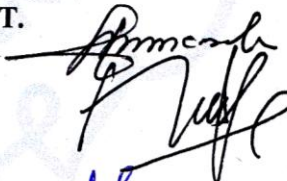



**PENGARUH PROSES *DEGASSING* PADA REAKSI ANTAR  
MUKA ANTARA ALUMINIUM CAIR DAN TUNGKU  
PELEBURANNYA**

TESIS

OLEH  
**LUTIYATMI**  
NIM. S951308004

Telah dipertahankan di depan penguji dan dinyatakan telah memenuhi syarat  
pada tanggal 29 Desember 2015

**Tim Penguji**

Jabatan	Nama	TandaTangan	Tanggal
Ketua	<b>Prof.Dr.Kuncoro Diharjo,ST.,MT.</b> NIP.197101031997021001		29/12/2016
Sekretaris	<b>Dr. Nurul Hidayat,ST.,MT.</b> NIP. 197003231998021001		29/12/2016
Anggota	<b>Dr. Triyono, ST., MT</b> NIP. 197406251999031002		29/12/2016
Anggota	<b>Dr. Agus Supriyanto, M.Si</b> NIP. 196908261999031001		29/12/2016



Direktur  
Program Pascasarjana UNS

**Prof.Dr.M.Furqon Hidayatullah, M.Pd.**  
NIP. 196007271987021001



Ketua Program Studi  
Magister Teknik Mesin

**Dr. Triyono, ST.,MT.**  
NIP. 197406251999031002

## PERNYATAAN PUBLIKASI DAN KEASLIAN

Kami menyatakan bahwa:

1. Tesis berjudul: "**Pengaruh proses degassing pada reaksi antar muka antara aluminium cair dan tungku peleburannya**" adalah pekerjaan saya dan bebas dari plagiarisme, dan tidak ada karya ilmiah yang telah diminta oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik dan tidak ada pekerjaan atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali secara tertulis yang digunakan sebagai acuan dalam teks ini dan sumber referensi serta disebutkan dalam daftar pustaka. Jika di kemudian terbukti ada plagiarisme dalam makalah ilmiah, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan (Permendiknas No 17, Tahun 2010)
2. Publikasi beberapa atau semua isi Tesis atau karya ilmiah lainnya dan izin harus menyertakan penulis dan tim sebagai pengawas. Jika dalam setidaknya satu semester (enam bulan setelah pemeriksaan tesis) saya tidak membuat publikasi sebagian atau seluruh tesis ini, Program di Teknik Mesin UNS memiliki hak untuk mempublikasikan dalam jurnal ilmiah yang diterbitkan oleh Program Studi di Teknik Mesin UNS. Jika saya melanggar dari ketentuan publikasi ini, maka saya bersedia untuk mendapatkan sanksi akademis.

Surakarta, Desember 2015

Penulis,

**LUTIYATMI**  
NIM. S951308004

*commit to user*

---

LUTIYATMI, NIM : S951308004, 2015. *Pengaruh Proses Degassing Pada Reaksi Antar Muka (IMC) Antara Aluminium Cair Dan Tungku Peleburannya*. Komisi Pembimbing: I. Dr. Triyono, ST.,MT. Pembimbing II : Dr. Agus Supriyanto S.Si.,M.Si. Tesis Program Studi Teknik Mesin Program Pasca Sarjana. Universitas Sebelas Maret Surakarta.

### ABSTRAK

Porositas gas adalah salah satu masalah yang paling serius dalam pengecoran aluminium. Ada beberapa metode degassing yang telah dipelajari. Selama peleburan aluminium, senyawa intermetalik (IMC) dapat dibentuk pada antarmuka antara aluminium cair dan baja padat dari lapisan tungku krusibel. Dalam penelitian ini, pengaruh penambahan *degassing* pada dari formasi IMC dipelajari dan diteliti. Spesimen uji berbentuk persegi panjang direndam dalam bak aluminium cair. Perendaman specimen uji berada di kisaran waktu 5 menit, 10 menit, 15 menit, 20 menit dan 25 menit. Dua penggunaan *degassing* yaitu *degassing* argon dan *degassing* tablet (*dry cell*), dilakukan untuk menyelidiki efek pada pembentukan IMC. IMC itu diperiksa di bawah mikroskop elektron dan hasil EDS. Ketebalan lapisan IMC meningkat dengan meningkatnya waktu perendaman untuk semua proses. Karena tingginya kandungan hidrogen, spesimen uji yang direndam dalam aluminium cair tanpa degasser memiliki lapisan IMC yang lebih tebal daripada yang lain. Proses degassing argon lebih efektif karena dapat mengurangi kandungan hidrogen, sedangkan *degassing dry cell* menghambat laju pertumbuhan lapisan IMC karena kandungan karbon tinggi dan dapat mengurangi pertumbuhan IMC serta dapat meningkatkan porositas. Selanjutnya, fase keras dan rapuh dari IMC,  $FeAl_3$  dominan terbentuk pada proses peleburan tanpa degassing pada waktu perendaman 15 menit, sementara pada *degassing* argon  $Fe_2Al_5$  dominan terbentuk pada perendaman 25 menit dan *degassing dry cell* terbentuk sebagian saja. Fase-fase yang terbentuk pada lapisan IMC tersebut berpengaruh terhadap waktu yang optimal dalam perendaman baja pada aluminium cair yaitu 10 sampai 20 menit.

**Kata kunci** : proses *degassing*; tungku krusibel; senyawa intermetalik; aluminium cair; *dry cell*; baja padat

---



---

LUTIYATMI, NIM. : S951308004, 2015. *Effect Of Degassing Treatment On The Interfacial Reaction Of Molten Aluminum And Solid Steel*. The first commission Supervisor I : Dr. Triyono, ST.,MT. Supervisor II : Dr. Agus Supriyanto S.Si.,M.Si. Thesis : Mechanical Engineering Department. Graduate School. Sebelas Maret University, Surakarta, Indonesia.

### ***Abstrack***

The gas porosity is one of the most serious problems in the casting of aluminum. There are several degassing methods that have been studied. During smelting of aluminum, the intermetallic compound (IMC) may be formed at interface between molten aluminum and solid steel of crucible furnace lining. In this study, the effect of degassing treatment on the formations of IMC has been investigated. The rectangular substrate specimens were immersed in a molten aluminum bath. The holding times of the substrate immersions were in range from 5, 10, 15, 20 and 25 minutes. Two degassing treatments, argon degassing and hexachloroethane tablet degassing, were conducted to investigate their effect on the IMC formation. The IMC was examined under scanning electron microscope with EDX attachment. The thickness of the IMC layer increased with increasing immersion time for all treatments. Due to high content of hydrogen, substrate specimens immersed in molten aluminum without degasser had IMC layer which was thicker than others. Argon degassing treatment was more effective than tablet degassing to reduce the IMC growth and increase the porosity. Furthermore, hard and brittle phase of IMC, FeAl<sub>3</sub> was formed dominantly in specimens immersed for 15 minutes, without degasser while in argon phase Fe<sub>2</sub>Al<sub>5</sub> was formed dominantly in specimens immersed for 25 minutes to reduce and tablet degasser specimens, it was formed partially. Phases formed in the IMC layer were effect on the optimal time in the steel immersion in molten aluminum, that is 10 to 20 minutes.

***Keywords*** : *degassing treatment; crucibles furnace; intermetallic compounds; molten aluminum; solid steel.*

---

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah *subhanahu wata'ala* atas nikmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal penelitian tesis dengan judul **"Pengaruh Proses *Degassing* Pada Reaksi Antar Muka Antara Aluminium Cair dan Tungku Peleburannya"**.

Penyusunan ini merupakan salah satu persyaratan dalam menyelesaikan program studi Magister Teknik pada Jurusan Teknik Mesin Universitas Sebelas Maret Surakarta. Pada kesempatan ini saya mengucapkan banyak terimakasih kepada :

1. Direktur Program Pasca Sarjana Universitas Sebelas Maret Surakarta.
2. Dr. Triyono, ST., MT. selaku Ketua Program Studi Magister Teknik Mesin Universitas Sebelas Maret Surakarta sekaligus selaku pembimbing utama yang telah membimbing dan mengarahkan serta memberikan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan tesis.
3. Dr. Agus Supriyanto, S.Si.,M.Si. selaku pembimbing kedua yang telah membimbing dan mengarahkan dan penulis dalam menyelesaikan tesis ini.
4. Pimpinan, manajemen dan teman-teman Politeknik Manufaktur Ceper yang memberikan bantuan dan dukungan kepada penulis
5. Orang tua, suami, saudara dan anak-anakku (NaDeRa) yang selama ini mendoakan serta memotivasi dalam menyelesaikan studi.
6. Teman-teman seangkatan dan group Moumeeds yang selalu memberikan informasi, bantuan dan dukungan.
7. Serta semua pihak yang namanya tidak dapat disebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari bahwa penyusunan tesis ini masih jauh dari sempurna, saran dan kritik membangun senantiasa penulis harapkan dari berbagai pihak untuk perbaikan penulis selanjutnya. Semoga tesis ini dapat memberikan kontribusi pada kesejahteraan manusia dan kemajuan ilmu pengetahuan.

Surakarta, Desember 2015

*commit to user*

Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>SURAT PERNYATAAN</b> .....	iv
<b>ABSTRAK</b> .....	v
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	viii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	x
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang Masalah .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Tujuan Penelitian .....	4
1.5 Manfaat Penelitian .....	4
<b>BAB II DASAR TEORI</b>	
2.1 Tinjauan Pustaka .....	5
2.2 Dasar Teori .....	6
2.2.1 Baja Karbon ( <i>Steel</i> ) .....	6
2.2.2 Aluminium .....	8
2.2.3 Peleburan Aluminium .....	10
2.2.4 Tungku Peleburan Aluminium .....	12
2.2.5 <i>Degassing</i> .....	12
2.2.6 Porositas .....	16
2.2.7 IMC ( <i>Intermetallic Material Compound</i> ) .....	17
2.2.8 Pengujian .....	19

*commit to user*



**BAB III METODE PENELITIAN**

3.1 Waktu dan Tempat .....	24
3.2 Bahan dan Alat .....	24
3.2.1 Bahan yang digunakan .....	24
3.2.2 Peralatan yang digunakan .....	25
3.3 Tahapan Penelitian .....	25
3.3.1 Metode Penelitian .....	25
3.3.2 Skema Penelitian .....	28
3.4. Analisis Data .....	29
3.4.1 Pengujian Metalografi .....	29
3.4.2 Pengujian SEM-EDS .....	29
3.4.3 Pengujian Kekerasan .....	30

**BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

4.1 Struktur Mikro Logam Induk .....	31
4.1.1 Struktur Mikro Baja (Tungku Krusibel) .....	31
4.1.2 Struktur Mikro Aluminium .....	32
4.2 Pengujian SEM Daerah Fusi .....	33
4.3 Pengujian Lapisan Intermetalik .....	42
4.4 Pengujian Kekerasan .....	60
4.4.1 Distribusi Kekerasan Lapisan Intermetalik .....	63

**BAB V PENUTUP**

5.1 Kesimpulan .....	71
5.2 Saran .....	71

**DAFTAR PUSTAKA****LAMPIRAN**

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Spesifikasi komposisi kimia dari low carbon steel .....	7
Tabel 2.2 Sifat-sifat fisik aluminium murni .....	8
Tabel 2.3 Sifat-sifat mekanik aluminium murni .....	9
Tabel 2.4 Klasifikasi aluminium tuang sesuai standar Metal Handbook .....	10
Tabel 2.5 Spesifikasi pengujian kekerasan .....	22
Tabel 3.1 Data hasil uji komposisi kimia tungku krusibel .....	24
Tabel 3.2 Data hasil uji komposisi kimia palt aluminium .....	25
Tabel 3.3 Proses peleburan dalam tungku krusibel .....	26
Tabel 4.1 Struktur Kristal dan batas stabilitas dari fase sistem biner pada temperature ruang .....	43
Tabel 4.2 Hasil uji EDS pada interface Fe-Al pada pencelupan 5 menit, pada proses peleburan TD, DA dan DC .....	52
Tabel 4.3 Hasil uji EDS pada interface Fe-Al pada pencelupan 10 menit, pada proses peleburan TD, DA dan DC .....	53
Tabel 4.4 Hasil uji EDS pada interface Fe-Al pada pencelupan 15 menit, pada proses peleburan TD, DA dan DC .....	54
Tabel 4.5 Hasil uji EDS pada interface Fe-Al pada pencelupan 20 menit, pada proses peleburan TD, DA dan DC .....	55
Tabel 4.6 Hasil uji EDS pada interface Fe-Al pada pencelupan 25 menit, pada proses peleburan TD, DA dan DC .....	56
Tabel 4.7 Analisa fase yang terbentuk pada proses peleburan TD DA, DC pada waktu pencelupan 5,10,15,20 dan 25 menit .....	57

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Pengaruh temperatur pada kelarutan hidrogen dalam aluminium	6
Gambar 2.2 Konstruksi tanur krusibel sederhana industri Ceper Klaten .....	12
Gambar 2.3 Grafik hasil penelitian persentase penggunaan <i>degassing dry cell</i> terhadap porositas yang terjadi pada peleburan Al .....	14
Gambar 2.4 Mekanisme proses <i>degassing</i> .....	15
Gambar 2.5 Gas dari inti yang terperangkap dalam cairan .....	16
Gambar 2.6 Diagram fasa Fe-Al .....	18
Gambar 2.7 Skema alat uji SEM .....	20
Gambar 2.8 Perbandingan skala dari beberapa jenis pengujian kekerasan ....	23
Gambar 3.1 Skema 3 metode proses peleburan aluminium .....	27
Gambar 3.2 Diagram alir proses penelitian .....	28
Gambar 4.1 Struktur mikro baja (tungku krusibel) .....	31
Gambar 4.2 Struktur mikro plat aluminium .....	32
Gambar 4.3 Morfologi daerah interface poses TD, DA dan DC setelah pencelupan 5 menit .....	34
Gambar 4.4 Morfologi daerah interface poses TD, DA dan DC setelah pencelupan 10 menit .....	35
Gambar 4.5 Morfologi daerah interface poses TD, DA dan DC setelah pencelupan 15 menit .....	36
Gambar 4.6 Morfologi daerah interface proses TD, DA dan DC setelah pencelupan 20 menit .....	37
Gambar 4.7 Morfologi daerah interface poses TD, DA dan DC setelah pencelupan 25 menit .....	38
Gambar 4.8 Ketebalan daerah intermetalik (IMC) berdasarkan perbedaan Waktu pencelupan .....	39
Gambar 4.9 Lapisan IMC proses TD setelah pencelupan 5 menit .....	44
Gambar 4.10 Lapisan IMC dengan proses DA setelah pencelupan 5 menit ....	44
Gambar 4.11 Lapisan IMC dengan proses DC setelah pencelupan 5 menit ....	45

Gambar 4.12	Lapisan IMC proses TD pada pencelupan 10 menit .....	45
Gambar 4.13	Lapisan IMC proses DA setelah pencelupan 10 menit .....	46
Gambar 4.14	Lapisan IMC proses DC setelah pencelupan 10 menit .....	46
Gambar 4.15	Lapisan IMC proses TD pada pencelupan 15 menit .....	47
Gambar 4.16	Lapisan IMC proses DA setelah pencelupan 15 menit .....	47
Gambar 4.17	Lapisan IMC proses DC setelah pencelupan 15 menit .....	48
Gambar 4.18	Lapisan IMC proses TD pada pencelupan 20 menit .....	48
Gambar 4.19	Lapisan IMC proses DA setelah pencelupan 20 menit .....	49
Gambar 4.20	Lapisan IMC proses DC setelah pencelupan 20 menit .....	49
Gambar 4.21	Lapisan IMC proses TD pada pencelupan 25 menit .....	50
Gambar 4.22	Lapisan IMC proses DA setelah pencelupan 25 menit .....	50
Gambar 4.23	Lapisan IMC proses DC setelah pencelupan 25 menit .....	51
Gambar 4.24	Contoh titik lokasi pengujian mikrohardness Vickers .....	61
Gambar 4.25	Grafik uji kekerasan mikrohardness vickers pada proses Peleburan TD, DA dan DC pada waktu 5, 10, 15,20, 25 menit .	62
Gambar 4.26	Grafik uji kekerasan mikrohardness Vickers pada peleburan TD,DA dan DC setelah pencelupan 5 menit .....	64
Gambar 4.27	Grafik uji kekerasan mikrohardness Vickers pada peleburan TD, DA dan DC setelah pencelupan 10 menit .....	65
Gambar 4.28	Grafik uji kekerasan mikrohardness Vickers pada peleburan TD, DA dan DC setelah pencelupan 15 menit .....	66
Gambar 4.29	Grafik uji kekerasan mikrohardness vickers pada peleburan TD, DA dan DC setelah pencelupan 20 menit .....	67
Gambar 4.30	Grafik uji kekerasan mikrohardness vickers pada peleburan TD, DA dan DC setelah pencelupan 25 menit .....	68
Gambar 4.32	Jejak hasil pengujian kekerasan mikrohardness Vickers .....	69

## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Publikasi Jurnal Internasional
- Lampiran 2 Hasil Uji komposisi kimia bahan penelitian aluminium dan baja
- Lampiran 3 Hasil Uji SEM (*Scanning Electron Microscope*)
- Lampiran 4 Contoh dan hasil Pengukuran Ketebalan daerah IMC
- Lampiran 5 Hasil Uji EDX (*Energy Dispersive X-ray Spectroscopy*)
- Lampiran 6 Hasil uji kekerasan *Mikrovikers Hardness*
- Lampiran 7 Catatan pelaksanaan konsultasi tesis

