

**PENGGUNAAN SERBUK SiO_2 SEBAGAI *STABILIZER* PADA
PEMBUATAN BUSA ALUMINIUM MELALUI METODE
MELT PROCESS DENGAN VARIASI TEMPERATUR DAN
PENAMBAHAN CaCO_3 SEBAGAI *FOAMING AGENT***

TUGAS AKHIR

AKMALUL HILMI SN

123.13.030



**PROGRAM STUDI TEKNIK METALURGI DAN MATERIAL
FAKULTAS TEKNIK DAN DESAIN
INSTITUT TEKNOLOGI DAN SAINS BANDUNG
KOTA DELTAMAS
AGUSTUS 2017**

**PENGGUNAAN SERBUK SiO_2 SEBAGAI *STABILIZER* PADA
PEMBUATAN BUSA ALUMINIUM MELALUI METODE
MELT PROCESS DENGAN VARIASI TEMPERATUR DAN
PENAMBAHAN CaCO_3 SEBAGAI *FOAMING AGENT***

TUGAS AKHIR

AKMALUL HILMI SN

123.13.030

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik
Pada Program Studi Teknik Metalurgi dan Material



**PROGRAM STUDI TEKNIK METALURGI DAN MATERIAL
FAKULTAS TEKNIK DAN DESAIN
INSTITUT TEKNOLOGI DAN SAINS BANDUNG
KOTA DELTAMAS
AGUSTUS 2017**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Tugas Akhir ini adalah hasil karya Saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip atau dirujuk
telah Saya nyatakan dengan benar.**

Nama : Akmalul Hilmi SN

NIM : 123.13.030

Tanda tangan :

Tanggal : 08 Agustus 2017

**PENGGUNAAN SERBUK SiO_2 SEBAGAI *STABILIZER* PADA
PEMBUATAN BUSA ALUMINIUM MELALUI METODE *MELT*
PROCESS DENGAN VARIASI TEMPERATUR DAN PENAMBAHAN
 CaCO_3 SEBAGAI *FOAMING AGENT***

TUGAS AKHIR

AKMALUL HILMI SN

123.13.030

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik
Pada Program Studi Teknik Metalurgi dan Material

Menyetujui,

Kota Deltamas, 28 Agustus 2017

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. Eng. Akhmad Ardian Korda, S.T., M.T.
NIP. 19741204200801101

Dinni Nurhayani, S.T., M.T.
NIP. 19910709201602503

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Metalurgi dan Material

Dr. Eng. Akhmad Ardian Korda, S.T., M.T.
NIP. 19741204200801101

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan iman, kesehatan, petunjuk, dan karunia-Nya sehingga penulis bisa menyelesaikan laporan penelitian tugas akhir ini dengan judul **“Penggunaan serbuk SiO₂ sebagai stabilizer pada pembuatan busa aluminium melalui metode melt process dengan variasi temperatur dan penambahan CaCO₃ sebagai foaming agent”**. Laporan ini diajukan untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar sarjana Program Studi Teknik Metalurgi dan Material, Fakultas Teknik dan Desain, Institut Teknologi dan Sains Bandung.

Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, teramat sulit bagi penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Dr. Eng. Akhmad Ardian Korda, S.T., M.T., sebagai ketua Program Studi Teknik Metalurgi dan Material ITSB sekaligus sebagai pembimbing pertama yang telah memberikan ilmu, bimbingan, dan pengalaman selama masa perkuliahan kepada penulis;
2. Dinni Nurhayani, S.T., M.T., sebagai pembimbing kedua yang telah memberikan ilmu, bimbingan, dan pengalaman selama masa perkuliahan kepada penulis
3. Prof. Ir. Syoni Soepriyanto, M.Sc., Ph.D sebagai koordinator tugas akhir yang telah mengurus segala hal keperluan selama penelitian tugas akhir dikampus;
4. Dr. Sutarno, Ir.,M.T., sebagai kepala Laboratorium Teknik Produksi UNJANI yang telah memberikan perizinan penggunaan laboratorium dan peminjaman peralatan produksi dalam penelitian ini kepada penulis;
5. Y. Aristanti, S.Si., M.T., selaku Sekretaris Program Studi Teknik Metalurgi dan Material ITSB yang telah banyak membantu dalam keperluan administrasi perizinan dan banyak memberikan saran kepada penulis;
6. Dosen dan segenap sivitas akademika kampus ITSB yang telah memberikan ilmu pengetahuan, pengalaman, dan bantuan selama masa perkuliahan penulis;

7. Pak Fajar selaku teknisi dan operator Laboratorium *Solid Oxide System* yang selalu membantu percobaan pada penelitian ini.
8. Pak Septa selaku teknisi dan operator Laboratorium Pengembangan Paduan dan Karakteristik yang membantu percobaan pada penelitian ini.
9. Kang Nurman Ginulur yang telah memberikan data, saran, dan masukan kepada penulis selama penyelesaian tugas akhir ini;
10. Teman-teman seperjuangan di dalam TMM 13 : Fahmi, Septian, Nico, Surya, Agusbahri, Gilang, Salman SR, Salman Paris, Cabat Kangsyul, Vijja, Iqbal, Imam Fadhli, Sastro, Gustama, Nisa, Tatum, Mba Thia, Eva, Nurrahmah, Bella, Nindi, Annisa TQ, Titis, Desri, Intand, Isma ;
11. Masa HIMATAMA dan keluarga besar HAWAII A38 dan FRESNO A30 yang telah memberikan pengalaman hidup selama perkuliahan.
12. Tono, Mizan, Fauzi, Kabaruhun, Gilang, teman – teman UNJANI yang telah banyak mengingatkan dan memberikan motivasi kepada penulis;
13. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.
14. Bapak, Ibu, kakak Amalya, adik Dina dan Wafi serta seluruh keluarga besar SN tercinta, yang selalu memberikan doa dan motivasi tanpa henti kepada penulis;

Akhir kata semoga Allah SWT selalu memberikan Rahmat-Nya kepada semua pihak yang telah membantu. Besar harapan dari penulis agar hasil penelitian Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Kota Deltamas, 08 Agustus 2017

Penulis

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIK

Sebagai sivitas akademik Institut Teknologi dan Sains Bandung, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Akmalul Hilmi SN
NIM : 123.13.030
Program Studi : Teknik Metalurgi dan Material
Fakultas : Teknik dan Desain
Jenis Karya : Tugas Akhir

demikian pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Institut Teknologi dan Sains Bandung **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Rights*)** atas karya ilmiah yang berjudul :

“Penggunaan serbuk SiO₂ sebagai stabilizer pada pembuatan busa aluminium melalui metode melt process dengan variasi temperatur dan penambahan CaCO₃ sebagai foaming agent”

berserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Institut Teknologi dan Sains Bandung berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan 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 : Kota Deltamas
Pada Tanggal : 08 Agustus 2017

Yang Menyatakan,

Akmalul Hilmi SN

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
KATA PENGANTAR	v
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	vii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	Error! Bookmark not defined.
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	2
1.3 Ruang Lingkup Penelitian.....	2
1.4 Metodologi Penelitian	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	Error! Bookmark not defined.
2.1 Paduan Aluminium.....	5
2.2 <i>Metal Foam</i>	8
2.2.1 Pengertian <i>Metal Foam</i>	8
2.2.2 Klasifikasi <i>Metal Foam</i>	9
2.2.3 Perkembangan Penelitian <i>Metal Foam</i>	9
2.3 Agen Penghasil Gas (<i>Foaming Agent</i>).....	11
2.4 Proses Pembuatan Busa Aluminium	15
2.4.1 Pembuatan Busa aluminium langsung (<i>Direct Foaming</i>)	16
2.4.2 Pembuatan Busa aluminium <i>Precursor</i> (<i>Indirect Foaming</i>).....	17
2.5 Pembentukan Sel <i>Foam</i>	18
2.5.1 Pertumbuhan Sel <i>Foam</i>	18
2.5.2 Drainase dan Runtuh	19
2.5.3 Faktor Yang Mempengaruhi Kestabilan Sel <i>Foam</i>	20
2.6 Aplikasi Busa Aluminium	22
2.7 Pengaruh Variasi Parameter Sintesa Terhadap Dimensi dan Sifat Mekanik Busa Aluminium	25
2.7.1 Pengaruh variasi %CaCO ₃ terhadap densitas relatif <i>Al-foam</i>	25
2.7.2 Pengaruh variasi %CaCO ₃ terhadap kuat tekan <i>Al-foam</i>	26

BAB III PROSEDUR DAN HASIL PERCOBAAN.....	27
3.1 Prosedur Percobaan.....	27
3.1.1 Penentuan Parameter Proses.....	28
3.1.2 Persiapan Proses.....	29
3.1.3 Proses Pembuatan Busa Aluminium.....	31
3.2 Hasil Percobaan.....	33
3.2.1 Produk Busa Aluminium.....	33
3.2.2 Densitas dan Uji Tekan <i>Foam</i>	37
3.2.3 Morfologi <i>Foam</i>	39
3.2.4 Pengujian Kekerasan.....	40
3.2.5 Pengujian SEM.....	41
BAB IV PEMBAHASAN.....	42
4.1 Analisis Produk Busa Aluminium Utuh.....	42
4.1.1 Analisis Volume Produk Busa Aluminium.....	42
4.1.2 Analisis Densitas Produk Busa Aluminium.....	43
4.1.3 Analisis Dimensi Produk Busa Aluminium.....	43
4.2 Analisis Drainase Dan <i>Foam</i> Produk Busa Aluminium.....	46
4.2.1 Analisis ketinggian drainase.....	46
4.2.2 Analisis ketinggian <i>foam</i>	48
4.3 Analisis Morfologi Busa Aluminium.....	49
4.3.1 Analisis persentase dinding sel.....	49
4.3.2 Analisis mikroskopik morfologi rongga sel.....	49
4.4 Analisis SEM.....	51
4.5 Analisis Kekerasan Dinding Sel Busa Aluminium.....	53
4.6 Analisis Penyerapan Energi Busa Aluminium.....	53
4.7 Analisis Jumlah Rongga Sel Terhadap Penyerapan Energi.....	55
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	58
5.1 Kesimpulan.....	58
5.2 Saran.....	58
DAFTAR PUSTAKA	Error! Bookmark not defined.
LAMPIRAN.....	60

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Klasifikasi jenis koloid berdasarkan fasa pembentuk	8
Gambar 2.2 ΔG^0 untuk dekomposisi termal dari TiH_2 dan untuk beberapa reaksi pembentukan gas dari TiH_2 pada paduan aluminium cair. $P_h = 1$	12
Gambar 2.3 Kesetimbangan pCO_2 untuk reaksi [2.2].	13
Gambar 2.4 ΔG untuk reaksi [2.2] untuk beberapa nilai dari pCO_2	13
Gambar 2.5 Busa aluminium yang diproduksi dengan TiH_2 , $CaCO_3$, dan $CaCO_3$ pre-treated	14
Gambar 2.6 Skema pembuatan busa aluminium menggunakan <i>foaming agent</i> .	16
Gambar 2.7 Skema pembuatan busa aluminium menggunakan serbuk <i>precursor</i> yang dimasukkan dalam cetakan (<i>mold</i>)	17
Gambar 2.8 Skema tahapan pertumbuhan <i>self foam</i>	18
Gambar 2.9 Terminology dan notasi sel.....	19
Gambar 2.10 Skema ilustrasi karakteristik rongga yang runtuh akibat <i>drainage</i> dari hasil pemotongan <i>cros-section</i> sampel Alcan TM	19
Gambar 2.11 Skema penggabungan dua buah rongga yang bersebelahan	20
Gambar 2.12 Pengaruh tegangan permukaan terhadap struktur rongga.....	21
Gambar 2.13 Gabungan nilai tegangan permukaan aluminium murni yang diukur pada keadaan vakum	21
Gambar 2.14 Kurva tegangan – regangan busa aluminium pada kondisi ideal....	22
Gambar 2.15 Aplikasi <i>metal foam</i> di industri otomotif	23
Gambar 2.16 <i>Crashbox</i> yang telah hancur terpakai.....	25
Gambar 2.17 Pengujian desain <i>bumper</i> busa aluminium	25
Gambar 2.18 Grafik % $CaCO_3$ terhadap densitas relatif <i>Al-foam</i> seri 7	25
Gambar 2.19 Data densitas relatif spesimen uji tekan penelitian Byakova.....	26
Gambar 2.20 Hasil pengujian tekan spesimen penelitian Byakova.....	26
Gambar 3.1 Diagram alir percobaan.....	27
Gambar 3.2 <i>Crucible Salamander</i> TM yang terbuat dari grafit.....	30
Gambar 3.3 Alat pengaduk <i>foaming agent</i>	30
Gambar 3.4 <i>Thermocouple</i> tipe K	31
Gambar 3.5 Tanur <i>Crucible</i>	31
Gambar 3.6 Langkah percobaan.....	33
Gambar 3.7 Produk busa aluminium berdasarkan temperatur proses	34
Gambar 3.8 Produk busa aluminium berdasarkan persamaan % $CaCO_3$	34
Gambar 3.9 Produk busa aluminium berdasarkan temperatur proses	36
Gambar 3.10 Produk busa aluminium berdasarkan persamaan % $CaCO_3$	36

Gambar 3.11 Uji tekan	39
Gambar 3.12 Instrumen SEM JEOL (JSM 6510 LA)	41
Gambar 4.1 Grafik volume bulk busa aluminium terhadap penambahan <i>foaming agent</i>	42
Gambar 4.2 Grafik densitas bulk busa aluminium terhadap penambahan <i>foaming agent</i>	43
Gambar 4.3 Grafik dimensi produk busa aluminium terhadap penambahan <i>foaming agent</i>	44
Gambar 4.4 Tampak atas produk busa aluminium tiap temperatur	45
Gambar 4.5 Produk busa aluminium yang tidak mengalami proses <i>foaming</i>	46
Gambar 4.6 Grafik ketinggian drainase produk busa aluminium terhadap penambahan <i>foaming agent</i>	47
Gambar 4.7 Grafik ketinggian <i>foam</i> terhadap penambahan <i>foaming agent</i>	48
Gambar 4.8 Grafik persentase bagian dinding sel terhadap penambahan <i>foaming agent</i>	49
Gambar 4.9 Pengamatan rongga sel pada 3% CaCO ₃ menggunakan <i>image analysis software</i>	50
Gambar 4.10 Bentuk rongga sel	51
Gambar 4.11 Permukaan rongga sampel 3%CaCO ₃ 750°C	52
Gambar 4.12 Dinding sampel 3% CaCO ₃ 750°C	52
Gambar 4.13 Nilai Kekerasan terhadap penambahan <i>foaming agent</i>	53
Gambar 4.14 Kurva uji tekan spesimen T = 750°C + 3% CaCO ₃	54
Gambar 4.15 Desain material antara energi/unit volume dan tegangan tekan saat 25% reduksi	55
Gambar 4.16 Analisa penghitungan jumlah rongga sel pada T700°C	56
Gambar 4.17 Grafik pengaruh jumlah rongga sel terhadap penyerapan energi T700°C	57

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Karakteristik aluminium murni	5
Tabel 2.2 Klasifikasi paduan aluminium	6
Tabel 2.3 Pengkodean aluminium	6
Tabel 2.4 Angka kedua jenis paduan aluminium	7
Tabel 2.5 Jenis perlakuan panas paduan aluminium	7
Tabel 2.6 Perkembangan penelitian dan pengembangan <i>metal foam</i>	10
Table 3.1 Variasi temperatur dan penambahan %CaCO ₃	28
Tabel 3.2 Nilai densitas bulk busa aluminium	34
Tabel 3.3 Presentase keberhasilan membentuk <i>foam</i>	36
Tabel 3.4 Hasil perhitungan dimensi spesimen uji tekan	37
Tabel 3.5 hasil perhitungan densitas spesimen.....	37
Tabel 3.6 Persentase bagian dinding dan rongga <i>foam</i>	39
Tabel 3.7 Nilai kekerasan dinding pori busa aluminium.....	39
Tabel 4.1 Penyerapan energi mekanik busa aluminium	54
Tabel 4.2 Jumlah rata-rata rongga sel spesimen.....	55

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A Foto morfologi pori	60
Lampiran B Jumlah rongga sel spesimen.....	61
Lampiran C Grafik hasil uji tekan	62
Lampiran D Hasil SEM EDS.....	68