

**PENGARUH FRAKSI MASSA NaCl SEBAGAI *FOAMING AGENT*  
TERHADAP POROSITAS, KEKUATAN TEKAN, DAN STRUKTUR  
MIKRO ALUMINIUM FOAM DENGAN CARA *MELT ROUTE PROCESS***

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan Untuk Mencapai Derajat Strata-1 Pada  
Program Studi S-1 Teknik Mesin Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta



**Disusun Oleh:**  
**Agung Fajar Pamungkas**  
**20110130040**

**PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA  
YOGYAKARTA**

**2015**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**TUGAS AKHIR**

**PENGARUH FRAKSI MASSA NaCl SEBAGAI *FOAMING AGENT*  
TERHADAP POROSITAS, KEKUATAN TEKAN, DAN STRUKTUR  
MIKRO *ALUMINIUM FOAM* DENGAN CARA *MELT ROUTE PROCESS***

Disusun Oleh:

**Agung Fajar Pamungkas**  
20110130040

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji pada tanggal  
21 Desember 2015

Susunan Tim Penguji:

Dosen Pembimbing/Penguji I

Dosen Pembimbing/Penguji II

**Ir. Aris Widyo Nugroho, M.T., Ph.D.**      **M. Budi Nur Rahman, S.T., M.Eng.**  
NIK. 1230221      NIP. 19790523 200501 1 001

Penguji III

**Drs. Sudarisman, MS., Mechs., Ph.D.**  
NIP. 19590502 198702 1 001

Tugas Akhir ini telah dinyatakan sah sebagai salah satu persyaratan untuk  
memperoleh gelar Sarjana Teknik

Tanggal 20 Desember 2015

Mengesahkan,

Ketua Program Studi Teknik Mesin  
Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

**Novi Caroko, S.T., M.Eng.**  
NIP. 19791113 200501 1 001

## **HALAMAN PERNYATAAN**

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi/tugas akhir dengan judul **PENGARUH FRAKSI MASSA NaCl SEBAGAI *FOAMING AGENT* TERHADAP POROSITAS, KEKUATAN TEKAN, DAN STRUKTUR MIKRO ALUMINIUM FOAM DENGAN CARA *MELT ROUTE PROCESS*** adalah hasil karya saya dan tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di Perguruan Tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau dipublikasikan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis disebutkan sumbernya dalam naskah dan dalam daftar pustaka.

**Yogyakarta, 26 Desember 2015**

**Agung Fajar Pamungkas**

## MOTTO

*"Barang siapa yang bertaqwa pada Allah, maka Allah memberikan jalan keluar kepadanya dan memberi rezeki dari arah yang tidak disangka-sangka. Barang siapa yang bertaqwa kepada Allah, maka Allah akan jadikan urusannya menjadi mudah. Barang siapa yang bertaqwa kepada Allah, maka akan dihapuskan dosa-dosanya dan mendapatkan pahala yang agung"*

*(QS. Ath-Thalaq : 2-4)*

*"Dan, Allah menyertai orang-orang yang sabar"*

*(QS. Al-Anfal : 66)*

*"Sesungguhnya Allah mencintai orang-orang yang bertawakal"*

*(QS. Ali Imran : 152)*

*"Sesungguhnya Allah tidak akan mengubah nasib suatu kaum sampai mereka mau mengubah apa yang ada pada diri mereka sendiri"*

*(QS. Ar-Ra'd : 11)*

*"Kamu sekalian adalah pemimpin dan akan dimintai pertanggungjawabannya mengenai orang yang dipimpinnya"*

*(HR. Bukhari Muslim)*

*"Learn from yesterday, live for today, and hope for tomorrow"*

*(Albert Einstein)*

*"Tidak perlu menjadi orang lain agar dilihat oleh banyak orang, cukup menjadi diri sendiri dan buat dirimu yang biasa menjadi luar biasa. Cintai dan kagumi dirimu maka semua orang akan cinta dan kagum pada dirimu"*

*(Agung Fajar Pamungkas)*

## PERSEMBAHAN

*Tiada henti-hentinya kumengucap syukur atas berkah, rahmat, serta pertolongan yang Allah SWT berikan kepadaku. Karena sesungguhnya hanya Dia lah zat yang Maha Agung, Maha Pemurah lagi Maha Penolong.*

*Semoga ridho-Nya selalu mengiringi langkahku untuk terus menuntut ilmu demi meraih kesuksesanku dan semoga semua perjuangan yang kulakukan selalu berakhir dengan kebahagiaan, Aamiin.*

***Karya ini aku persembahkan untuk:***

*Ibu dan Ayah tercinta, Mamah Ayu Rahayu dan Bapak Ngatijo yang senantiasa mengiringi langkahku dengan Doa tulus dan kasih sayang.*

*Keluarga besarku tersayang, Mbah Van dan Mbah Laki (alm), Uak Agus dan Uak Dede, Uak Sri (alm), Bibi Putu dan Pak Osep, dan juga Pak Ucus. Terima kasih kalian masih dan selalu menganggapku bagian dari keluarga ini.*

*Sepupukyu tersayang, Bery dan Rhina, Nanang, juga Ewi dan Widi yang telah kuanggap seperti adik. Terima kasih atas support kalian, tetap jaga ketutuhan keluarga ini.*

*Wanita yang kusayang, yang pernah menemani perjalanaku dan perjuanganku selama aku mengenyam pendidikan di kampus ini. Terima kasih telah memberikan semangat dan menjadi story of my life yang indah. Walau kita tidak bisa bersatu, mungkin suatu saat kita bisa bertemu dalam perjumpaan abadi.*

*Teman-teman Teknik Mesin UMY semua angkatan, khususnya 2011 dan yang telah memberikan banyak dukungan dan semangat, Adib, Bang Bayu, Toriq, Sumardi. Serta Irul dan Ilham, terimakasih atas kerjasama tim Aluminium Foam yang baik dalam penelitian tugas akhir.*

*Teman seperjuangan, Rinda, Resti, Mumu, Basuki, Amin, dll. Terima kasih atas support dan semangat yang kalian berikan. Semoga kita bisa mendapatkan kesuksesan yang kita inginkan dan bermanfaat untuk diri kita, keluarga, agama, masyarakat, dan negara. Aamiin.*

## KATA PENGANTAR



*Assalamu'alaikum WR. WB.*

*Alhamdulillah*, segala puji bagi ALLAH SWT yang telah memberikan kekuatan, karunia, dan petunjuk-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir ini sesuai yang diharapkan dan terlaksana dengan baik. Segala kemudahan selama pelaksanaan Tugas Akhir ini adalah semata-mata karena ijin-Nya. Tugas Akhir (TA) ini adalah sebagai salah satu persyaratan bagi mahasiswa untuk mencapai gelar sarjana (S1) Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Tugas Akhir ini mengambil topik mengenai pembuatan *aluminium foam*. Dalam pembuatan *aluminium foam* tersebut menggunakan NaCl sebagai *foaming agent*. Penggunaan dan kebutuhan aluminium di dunia industri sangat banyak dan penelitian tentang aluminium untuk memperoleh sifat yang lebih baik lagi seperti pembuatan *aluminium foam* dirasa masih sangat perlu dilakukan. Oleh sebab itu penulis melakukan penelitian tentang *aluminium foam* untuk mendapatkan data tentang pembuatan dan pengujian *aluminium foam* sehingga diharapkan dapat memberikan manfaat bagi peneliti yang akan melakukan penelitian selanjutnya.

Tugas Akhir ini penulis persembahkan kepada:

1. ALLAH SWT, sebagai bentuk perjuangan untuk menuntut ilmu demi mengharap ridho-Nya.
2. Nabi Muhammad SAW, sebagai wujud cinta kepada *Rosulullah* dalam bentuk pembuatan karya ilmiah yang dapat bermanfaat bagi sesama.
3. Kedua orang tua penulis, sebagai tanda cinta dan kasih sayang seorang anak kepada kedua orang tua dan untuk membahagiakan kedua orang tua.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa terselesaikannya Tugas Akhir ini merupakan perwujudan dari semangat dan motivasi yang diberikan oleh semua pihak kepada penulis. Melalui kata pengantar ini penulis menyampaikan rasa terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Novi Caroko, S.T., M.Eng. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
2. Bapak Ir. Aris Widyo Nugroho, M.T., Ph.D. selaku dosen pembimbing I yang telah banyak membantu, memberikan motivasi, memberikan saran, mengarahkan, dan membimbing dalam penulisan dan penelitian.
3. Bapak Muhammad Budi Nur Rahman, S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing II yang telah banyak mengarahkan dalam penulisan tugas akhir ini.
4. Bapak Drs. Sudarisman, M.S., Mechs., Ph.D. selaku dosen penguji yang telah memberikan banyak masukan dan saran.
5. Staf karyawan dan Dosen jurusan Teknik Mesin UMY yang tidak bisa penulis sebutkan satu-persatu.
6. Kedua orang tua dan keluarga besar yang telah banyak memberikan dukungan baik *moriil* maupun *materiil* kepada penulis.
7. Teman-teman semua angkatan mahasiswa UMY Teknik Mesin pada umumnya dan angkatan 2011 pada khususnya yang telah banyak memberikan dukungan dan semangat.
8. Kepada semua pihak yang telah membantu penulis sampai terselesaikannya tugas akhir ini.

Akhir kata penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat dan menambah wawasan bagi penulis dan pembaca.

Yogyakarta, ~~26~~ Desember 2015

**Agung Fajar Pamungkas**  
**NIM. 20110130040**

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>HALAMAN MOTTO .....</b>	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN .....</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xiv</b>
<b>INTISARI .....</b>	<b>xv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	3
1.3. Batasan Masalah .....	4
1.4. Tujuan Penelitian .....	4
1.5. Manfaat Penelitian .....	4
<b>BAB II DASAR TEORI</b>	
2.1. Tinjauan Pustaka .....	5
2.2. Metal Foam .....	6
2.3. Aluminium Foam .....	7
2.3.1. Aplikasi Aluminium Foam .....	7
2.3.1.1. Aplikasi Aluminium Foam Dalam Bidang Otomotif .....	7
2.3.1.2. Aplikasi Aluminium Foam Dalam Bidang Dirgantara .....	9
2.3.1.3. Aplikasi Aluminium Foam Dalam Bidang Perkapalan .....	9
2.3.1.4. Aplikasi Aluminium Foam Untuk Konstruksi dan Bangunan .....	9



2.3.1.5.	Aplikasi Aluminium Foam Dalam Industri	
	Rumah Tangga dan Furniture .....	10
2.3.1.6.	Aplikasi Aluminium Foam Dalam Teknik	
	Rekayasa .....	10
2.3.2.	Proses Pembuatan Aluminium Foam .....	11
2.3.2.1.	Pembuatan Aluminium Foam dengan Solid	
	Route Process .....	11
2.3.2.2.	Pembuatan Aluminium Foam dengan Melt	
	Route Process .....	14
2.4.	Material .....	23
2.4.1.	Aluminium .....	23
2.4.2.	Foaming Agent .....	24
2.4.2.1.	Penggunaan Foaming Agent .....	25
2.4.2.2.	NaCl .....	26
2.4.3.	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	27
2.5.	Tahapan Pembentukan Struktur Foam .....	28
2.5.1.	Penumbuhan Sel .....	28
2.5.2.	Faktor Yang Mempengaruhi Stabilitas Struktur Foam .....	29
2.6.	Karakter Mekanik Aluminium Foam .....	31
2.6.1.	Deformasi Tarik dan Tekan .....	31
2.6.2.	Deformasi Pada Pembebanan Tekan .....	31
2.6.2.1.	Fenomena Pada Regangan Rendah .....	31
2.6.2.2.	Keluluhan dan Plastisitas .....	33
2.6.2.2.1.	Pita Deformasi (Deformation Bands) ....	33
2.6.2.2.2.	Pemadatan (Densification) .....	34
2.6.2.2.3.	Possion's Ratio .....	34
2.6.3.	Modus Kegagalan Getas dan Ulet .....	35
2.6.4.	Macam-macam Kurva Tegangan-regangan Metal Foam .....	36
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b>		
3.1.	Parameter Penelitian .....	37
3.2.	Penyiapan Proses .....	38

3.2.1. Penyiapan Alat .....	38
3.2.2. Penyiapan Bahan .....	43
3.2.3. Penimbangan Bahan .....	45
3.3. Proses Pembuatan Aluminium Foam .....	48
3.4. Diagram Alir Penelitian .....	50
3.5. Karakterisasi Produk Aluminium Foam .....	51
3.5.1. Pengujian Porositas .....	52
3.5.2. Pengujian Kekuatan Tekan .....	53
3.5.3. Pengujian Struktur Mikro .....	55
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1. Hasil Produk Aluminium Foam .....	57
4.2. Hasil Pengujian Porositas .....	58
4.3. Hasil Pengujian Tekan .....	62
4.4. Hasil Pengujian Struktur Mikro .....	66
4.4.1. Foto Makro .....	67
4.4.2. Foto Mikro .....	69
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1. Kesimpulan .....	73
5.2. Saran .....	73
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1.</b> <i>Closed-cell Foam</i> (kiri) dan <i>Open-cell Foam</i> (kanan) .....	7
<b>Gambar 2.2.</b> Macam-macam Profil Rangka Mobil dengan <i>Metal Foam</i> .....	8
<b>Gambar 2.3.</b> Profil Lembaran <i>Aluminium Sandwich Foam (ASF)</i> .....	9
<b>Gambar 2.4.</b> Jembatan Layang ( <i>Foam Alporas, Shinko Wire, Jepang</i> ) .....	10
<b>Gambar 2.5.</b> Peralatan Teknik dari <i>Aluminium Foam</i> .....	11
<b>Gambar 2.6.</b> Skema Metode Kompaksi antara Serbuk Aluminium dengan <i>Foaming Agent</i> .....	12
<b>Gambar 2.7.</b> Skema <i>Foaming of Ingots Containing Foaming Agents</i> .....	13
<b>Gambar 2.8.</b> Skema Metode <i>Sintering Dissolution Process</i> .....	14
<b>Gambar 2.9.</b> Rentang Ukuran dan Fraksi Volume yang diperbolehkan untuk <i>Metal Foam</i> .....	15
<b>Gambar 2.10.</b> Skema Metode Injeksi Gas Secara Langsung .....	16
<b>Gambar 2.11.</b> Skema Detail Metode Injeksi Gas Secara Langsung .....	17
<b>Gambar 2.12.</b> Penampang Melintang Hasil <i>Aluminium Foam</i> dengan Metode Injeksi Gas Secara Langsung .....	17
<b>Gambar 2.13.</b> Skema Metode <i>Solid-Gas Eutectic Solidification</i> dan Hasil <i>Aluminium Foam</i> .....	18
<b>Gambar 2.14.</b> Skema Metode <i>Investment Casting</i> dengan Pola Garam dan Hasil <i>Aluminium Foam</i> .....	19
<b>Gambar 2.15.</b> Skema Metode <i>Investment Casting</i> dengan Pencampuran Serbuk Aluminium dan Serbuk Garam dilanjutkan dengan Pelarutan dan Hasil <i>Aluminium Foam</i> .....	20
<b>Gambar 2.16.</b> Skema Metode <i>Investment Casting</i> dengan Pola <i>polymer</i> dan Hasil <i>Aluminium Foam</i> .....	21
<b>Gambar 2.17.</b> Skema Metode <i>Foaming Agent</i> .....	22
<b>Gambar 2.18.</b> Hasil <i>Aluminium Foam</i> dengan Metode <i>Foaming Agent</i> .....	23
<b>Gambar 2.19.</b> Struktur <i>Solid State NaCl</i> .....	26
<b>Gambar 2.20.</b> Tahapan pembentukan struktur sel <i>Aluminium Foam</i> .....	28
<b>Gambar 2.21.</b> Terminologi dan Notasi Struktur Sel <i>Aluminium Foam</i> .....	29

<b>Gambar 2.22.</b> Efek Tegangan Permukaan pada Batas Sisi yang Datar .....	30
<b>Gambar 2.23.</b> Skema Kurva Tegangan-regangan pada Deformasi Tahap Awal untuk <i>Metal Foam (closed-cell)</i> .....	32
<b>Gambar 2.24.</b> Tiga Tahapan pada Kurva Tegangan-regangan <i>Metal Foam</i> , dengan Pemberian Regangan tekan yang Besar .....	34
<b>Gambar 2.25.</b> Kurva Tegangan-regangan Tekan untuk Spesimen Kubus dari Spesimen Alulight™ (ulet) dan Alcan™ (getas) .....	35
<b>Gambar 2.26.</b> Macam-macam Kurva Tegangan-regangan <i>Metal Foam</i> .....	36
<b>Gambar 3.1.</b> Kowi .....	39
<b>Gambar 3.2.</b> <i>Conventional Furnace</i> .....	39
<b>Gambar 3.3.</b> <i>Blower</i> .....	40
<b>Gambar 3.4.</b> Termokopel Digital .....	40
<b>Gambar 3.5.</b> Timbangan Digital .....	41
<b>Gambar 3.6.</b> Batang Pengaduk .....	41
<b>Gambar 3.7.</b> <i>Hand Drill</i> .....	42
<b>Gambar 3.8.</b> Cetakan yang Sudah Diisi dengan Abu Vulkanik .....	43
<b>Gambar 3.9.</b> Kamera .....	43
<b>Gambar 3.10.</b> Aluminium Batangan .....	44
<b>Gambar 3.11.</b> NaCl yang Digunakan .....	44
<b>Gambar 3.12.</b> Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> yang Digunakan .....	45
<b>Gambar 3.13.</b> Arang Kayu .....	45
<b>Gambar 3.14.</b> Rangkaian Tahapan Proses Pembuatan <i>Aluminium Foam</i> .....	49
<b>Gambar 3.15.</b> Diagram Alir Penelitian .....	51
<b>Gambar 3.16.</b> Proses Pembubutan .....	51
<b>Gambar 3.17.</b> <i>Universal Testing Machine</i> (kiri), <i>Load Cell</i> (kanan) .....	55
<b>Gambar 3.18.</b> <i>Metallurgical Microscope</i> .....	56
<b>Gambar 4.1.</b> <i>Bulk Material Aluminium Foam</i> .....	57
<b>Gambar 4.2.</b> Sampel <i>Aluminium Foam</i> Hasil Proses <i>Machining</i> .....	57
<b>Gambar 4.3.</b> Grafik Hubungan Antara Fraksi Massa NaCl Terhadap Porositas .....	59
<b>Gambar 4.4.</b> Sampel <i>Aluminium Foam</i> dengan Porositas Berbeda .....	60

<b>Gambar 4.5. Grafik Hubungan Antara Fraksi Massa NaCl Terhadap</b>	
Densitas .....	61
<b>Gambar 4.6. Grafik Perbandingan Porositas dan Densitas Terhadap Fraksi</b>	
Massa NaCl .....	62
<b>Gambar 4.7. Grafik Hubungan Antara Fraksi Massa NaCl Terhadap Kuat</b>	
Tekan .....	63
<b>Gambar 4.8. Proses Penekanan Spesimen Saat Uji Tekan .....</b>	64
<b>Gambar 4.9. Kurva Tegangan Regangan .....</b>	65
<b>Gambar 4.10. Foto Makro Sampel 0% NaCl Dilihat Dari Berbagai Sisi .....</b>	67
<b>Gambar 4.11. Foto Makro Sampel 25% NaCl Dilihat Dari Berbagai Sisi .....</b>	68
<b>Gambar 4.12. Foto Makro Sampel 30% NaCl Dilihat Dari Berbagai Sisi .....</b>	68
<b>Gambar 4.13. Foto Makro Sampel 35% NaCl Dilihat Dari Berbagai Sisi .....</b>	69
<b>Gambar 4.14. Foto Mikro Sampel 0% NaCl Perbesaran 50x, 100x, dan</b>	
200x .....	70
<b>Gambar 4.15. Foto Mikro Sampel 25% NaCl Perbesaran 50x, 100x, dan</b>	
200x .....	71
<b>Gambar 4.16. Foto Mikro Sampel 30% NaCl Perbesaran 50x, 100x, dan</b>	
200x .....	72
<b>Gambar 4.17. Foto Mikro Sampel 35% NaCl Perbesaran 50x, 100x, dan</b>	
200x .....	73

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1.</b> Karakteristik Aluminium .....	24
<b>Tabel 2.2.</b> Karakteristik NaCl .....	27
<b>Tabel 2.3.</b> Karakteristik Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	28
<b>Tabel 3.1.</b> Parameter Proses Pembuatan <i>Aluminium Foam</i> .....	37
<b>Tabel 3.2.</b> Penimbangan Aluminium Sesuai Parameter .....	46
<b>Tabel 3.3.</b> Penimbangan NaCl Sesuai Parameter .....	47
<b>Tabel 3.4.</b> Penimbangan Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Sesuai Parameter .....	47
<b>Tabel 4.1.</b> Hasil Pengujian Porositas .....	58
<b>Tabel 4.2.</b> Hasil Pengujian Tekan .....	62
<b>Tabel 4.3.</b> Data Kurva Tegangan Regangan .....	65