

**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

**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.
NIK. 123022


M. Budi Nur Rahman, S.T., M.Eng.
NIP. 19790523 200501 1 001

Penguji III



Drs. Sudarisman, M.S., Mechs., Ph.D.
NIP. 19590502 198702 1 001

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

Tanggal 21 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, 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 Uan 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.

Sepupukku tersayang, Bery dan Rhina, Nanang, juga Ewi dan Widi yang telah kuanggap seperti adik. Terima kasih atas support kalian, tetap jaga keutuhan 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 Widy 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, Desember 2015

Agung Fajar Pamungkas
NIM. 20110130040

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiv
INTISARI	xv
BAB I PENDAHULUAN	
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
BAB II DASAR TEORI	
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 ₂ O ₃	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

BAB III METODE PENELITIAN

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

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

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

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan	74
5.2. Saran	74

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

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

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

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

DAFTAR TABEL

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

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

Agung Fajar Pamungkas

*Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Mesin,
Yogyakarta 55183, Indonesia.*

agungfajarpamungkas@yahoo.co.id

INTISARI

Tujuan penelitian ini adalah untuk meneliti pengaruh fraksi massa NaCl terhadap porositas, kekuatan tekan, dan struktur mikro *aluminium foam*.

Dalam penelitian ini digunakan aluminium batangan sebagai bahan utama *aluminium foam*, serbuk NaCl sebagai *foaming agent*, dan serbuk alumina (Al_2O_3) sebagai bahan penstabil gelembung gas. Variasi penambahan NaCl yaitu 25%, 30%, dan 35% fraksi massa. Penambahan Al_2O_3 yaitu 3% fraksi massa untuk setiap sampel *aluminium foam*. Proses pembuatannya yaitu melebur aluminium hingga $660^{\circ}C$. Kemudian, meningkatkan temperatur hingga $850^{\circ}C$ dan Al_2O_3 dituang kemudian diaduk. Campuran aluminium dan Al_2O_3 dituang ke cetakan dan NaCl dimasukkan juga dan diaduk. Proses *foaming* akan berlangsung dan akan didapat *bulk material*. Kemudian, dilakukan *machining* untuk membentuk sampel *aluminium foam*. Pengujian yang dilakukan yaitu pengujian porositas, pengujian tekan, dan pengujian struktur mikro.

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa porositas yang didapat pada penambahan 25%, 30%, dan 35% fraksi massa NaCl adalah 9,18%, 17,91%, dan 37,12%. Kekuatan tekan yang didapat yaitu 544,93 MPa, 517,96 MPa, dan 297,93 MPa. Semakin banyak penambahan NaCl akan meningkatkan jumlah pori pada struktur mikro *aluminium foam*.

Kata kunci: *aluminium foam, foaming agent, NaCl, Al_2O_3 .*