

**FABRIKASI ALUMINIUM BERPORI MENGGUNAKAN METODE METALURGI
SERBUK DENGAN PADUAN Pb-Sn SEBAGAI *SPACE HOLDER***

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan Untuk Mencapai Derajat Sarjana Strata-1

Pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Yogyakarta



Disusun Oleh :

RIKI PRAMONO

20060130041

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA

2013

**LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR**

**FABRIKASI ALUMINIUM BERPORI MENGGUNAKAN METODE METALURGI
SERBUK DENGAN PADUAN Pb-Sn SEBAGAI *SPACE HOLDER***

**DISUSUN OLEH :
RIKI PRAMONO
20060130041**

Telah Dipertahankan di Depan Tim Penguji
Pada Tanggal 11 Mei 2013

Susunan Tim Penguji

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Ir. Aris Widyo Nugroho, M.T.
NIP: 123022

Muh. Budi Nur Rahman, S.T.
NIP: 19790523 200501 1 001

Penguji

Totok Suwanda, S.T., M.T.
NIK: 123024

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

Tanggal,.....
Mengesahkan
Ketua Program Studi Teknik Mesin

Ir. Aris Widyo Nugroho, M.T.
NIK: 123022

PERNYATAAN

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi ini adalah asli 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, Mei 2013

Riki Pramono
20060130041

PERSEMBAHAN

Sujud syukurku pada-Mu Allah SWT yang senantiasa memberikan kemudahan bagi hamba-Nya yang mau berusaha. Petunjuk dan bimbingan-Mu selama hamba menuntut ilmu berbuah karya sederhana ini yang kupersembahkan kepada:

- ❖ Agamaku Islam yang telah mengenalkan aku kepada ALLAH SWT serta Rosul-Nya yang mengarahkan jalan dari gelap-gulita menuju terang benderang.
- ❖ Sumarni dan Musimin ibu dan ayahku tercinta, dengan do'a dan kasih sayang tulusnya selalu senantiasa memberikan kekuatan dalam setiap langkah, terima kasih atas semua pengorbanan yang tidak ternilai harganya.
- ❖ Rika hartini kakaku yang selalu memberikanku do'a, inspirasi maupun dukungan kepadaku.
- ❖ Keluarga besar H. Sabar yang telah mendukung perkuliahanku.
- ❖ Sahabat dan teman-temanku yang selalu memberi motivasi dan semangat.
- ❖ Almamater Himpunan Mahasiswa Mesin dan Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

MOTTO

Sulit Bukan Berarti Tidak Bisa Dikerjakan

(penulis)

Tidak Ada Kebetulan di Dunia Ini Yang Ada Hanya Ilusi Kebetulan

(V for vendetta)

*Walau Hidup Adalah Permainan Walau Hidup Adalah Hiburan, Tetapi Kami
Tak Mau Dipermainkan dan Kami Juga Bukan Hiburan*

(Manusia Setengah Dewa- Iwan Fals)

*Be Without Fear In The Face Of Your Enemies, Be Bravean Uprigt That God
May Love Thee, Speak The Truth Even If It Lead To Your Death, Safeguard The
Helpless And Do No Wrong, That Is Your Oat*

(Kingdom Of Heaven)

Allah Akan Meninggikan Derajat Orang Yang Berilmu

(Al Qur'an)

INTISARI

Dalam perkembangan material logam, aluminium mulai dikembangkan dalam pemenuhan kebutuhan logam di bidang industri, konstruksi, maupun kesehatan. Salah satunya adalah aluminium *foam* yang penggunaannya memiliki cakupan yang cukup luas dan dalam pengerjaannya tergolong murah. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui proses fabrikasi aluminium berpori dengan menggunakan metode *powder metalurgi* (PM) dan mengetahui pengaruh fraksi volume *space holder* dan mendapatkan karakteristik kekuatan tekan dari aluminium berpori memanjang.

Penelitian ini menggunakan partikel aluminium serbuk (*aluminium powder*) berbentuk *flake*, variabel dari penelitian ini adalah fraksi volume kawat paduan Pb-Sn sebagai *space holder* yang akan menentukan porositas spesimen. Spesimen dibuat dengan sistem cetak tekan/kompaksi. Pengujian yang dilakukan adalah uji kuat tekan (*compression test*) dan kekerasan permukaan mikro vickers dan analisis porositas dilakukan dengan pengamatan foto mikro dan makro.

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh semakin besar nilai fraksi volume *space holder* porositas akan meningkat, pada fraksi volume Pb-Sn 0 % (spesimen M) dengan porositas sebesar 8,9 % dan pada fraksi volume 53,34 % (specimen E) dengan porositas sebesar 22,75 %. Nilai tegangan luluh meningkat dengan menurunnya nilai porositas spesimen dari fraksi volume Pb-Sn 53,34 % (spesimen E) dengan nilai tegangan luluh sebesar 1,31 MPa dan pada fraksi volume Pb-Sn 0 % (spesimen M) dengan nilai tegangan luluh sebesar 138,44 MPa. Nilai *modulus Young* meningkat dengan menurunnya tingkat porositas pada spesimen dengan nilai elastisitas 33,59 MPa pada fraksi volume Pb-Sn 53,34 % (spesimen E) dan nilai elastisitas 1521,32 MPa pada fraksi volume Pb-Sn 0 % (spesimen M).

Kata kunci : Aluminium foam, fraksi volume, space holder, kawat paduan Pb-Sn, compression test, flakey, porositas.

ABSTRACT

In the development of metal material, aluminum was developed to fulfill the needs of the metal industry, construction, and health. One of them is the use of aluminum foam has a wide coverage and in the process is quite cheap. The purpose of this study is to find out the process of porous aluminum fabricated by using powder metallurgy (PM) and determine the effect of the volume fraction of the space holder and acquire the characteristic compressive strength of porous aluminum compounds.

This study uses aluminum powder particles (aluminum powder) form of flake, variables of this research is the volume fraction of Pb-Sn alloy wire as a space holder that will determine the porosity of the specimen. Specimens were made by compression molding system / compacting. Testing is performed compressive strength test (compression test) and surface micro hardness Vickers and porosity analysis done by observation of micro and macro photos.

The result showed the greater value of the volume fraction of porosity holder space will increase, the volume fraction of Pb-Sn 0% (specimen M) with a porosity of 8.9% and the volume fraction of 53.34% (specimen E) with a porosity of 22 , 75%. Value of the yield stress increases with decreasing values of the volume fraction of porosity specimens Pb-Sn 53.34% (specimen E) with a yield stress value of 1.31 MPa and the volume fraction of Pb-Sn 0% (specimen M) with a yield stress value of 138.44 MPa. Young's modulus values increased with decreasing levels of porosity in the specimen with the elasticity of 33.59 MPa in the volume fraction of Pb-Sn 53.34% (specimen E) and 1521.32 MPa elasticity values in Pb-Sn volume fraction of 0% (specimen M) .

Keywords : Aluminium foam, volume fraction, space holder, Pb-Sn alloy wire, compression test, flakey, porosity.

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

السَّلَامُ عَلَيْكُمْ وَرَحْمَةُ اللَّهِ وَبَرَكَاتُهُ

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **“FABRIKASI ALUMINIUM BERPORI MENGGUNAKAN METODE METALURGI SERBUK DENGAN PADUAN Pb-Sn SEBAGAI SPACE HOLDER”**. Tugas akhir ini disusun guna memenuhi syarat menyelesaikan pendidikan S-1 untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Tidak lupa penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada pihak – pihak yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini. Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Bapak *Ir. Aris Widyo Nugroho, M.T.*, selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta dan selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan arahan dan bimbingan selama Tugas Akhir.
2. *Bapak Muh. Budi Nur Rahman, S.T.*, selaku Dosen pembimbing II yang telah memberikan arahan dan bimbingan selama Tugas Akhir.
3. *Totok Suwanda, S.T., M.T.*, selaku dosen penguji tugas akhir yang telah memberikan masukan, kritik dan saran.
4. Staff Pengajar, Laboran dan Tata Usaha Prodi. Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
5. Staff Laboratorium material teknik Diploma dan setrata-1 Teknik Mesin Universitas Gadjah Mada yang telah membantu selama proses penelitian.
6. Kedua orang tua Bapak dan Ibu tercinta, dan kakaku yang senantiasa mendoakan, selalu memberikan dorongan semangat, kasih sayang, materi, dengan penuh kesabaran.

7. Teman-teman teknik mesin angkatan 2006 yang selalu memberi dorongan dan semangat selama penelitian.
8. Prabuditya bhisma wisnu wardhana, S.T., Andi bagus prabowo dan Sohibil fadli sebagai teman diskusi tugas akhir dan teman seperjuangan.
9. Semua pihak yang telah membantu penyusun dalam pelaksanaan penelitian Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa laporan Tugas Akhir ini jauh dari sempurna karena penulis juga makhluk-Nya yang selalu memiliki kekurangan. Kritik dan saran yang membangun dari teman-teman semua sangat diharapkan. Semoga Laporan ini bermanfaat bagi kita semua. Amin

وَالسَّلَامُ عَلَيْكُمْ وَرَحْمَةُ اللَّهِ وَبَرَكَاتُهُ

Yogyakarta, Mei 2013

Penyusun

Riki Pramono

Daftar Isi

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
MOTTO	v
INTISARI	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	vix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR PERSAMAAN	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	2
1.4. Batasan Masalah	3
1.5. Manfaat penelitian	3
1.6. Sistematika Laporan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Porositas dan Logam Berpori (<i>metal foam</i>).....	4
2.2. Sifat-sifat dari Logam Berpori	5
2.2.1. Sifat Mekanik.....	5
2.2.2. Sifat Akustik	6
2.2.3. Sifat <i>Thermal</i>	7
2.2.4. Sifat Permeabilitas	7
2.3. Aplikasi Dari Logam Berpori	8
2.4. Pembuatan Logam Berpori	10

2.5. <i>Sintering and Dissolution Process (SDP)</i>	11
2.6. Material	12
2.6.1. Aluminium	12
2.6.2. Kawat Paduan Pb-Sn.....	13
2.7. Proses Metalurgi Serbuk.....	15
2.7.1. Kompaksi	16
2.7.2. Proses <i>sinter</i>	17
2.7.2.1. <i>Liquid State Sintering</i>	18
2.7.2.2. <i>Solid State Sintering</i>	19
2.7.2.3. <i>Temperatur Sinter</i>	20
2.7.2.4. <i>Waktu Sinter</i>	20
2.7.2.5. <i>Atmosfer Sinter</i>	21

BAB III METODE PENELITIAN

3.1. Alat dan Bahan.....	22
3.1.1. Peralatan.....	22
3.1.2. Bahan	25
3.2. Diagram Alir Penelitian	27
3.3. Prosedur Penelitian	28
3.3.1. <i>Persiapan Space Holder</i>	28
3.3.2. Kompaksi Serbuk.....	29
3.3.3. Proses <i>sinter</i>	31
3.4. Pengujian.....	33
3.4.1. Pengamatan Struktur Makro.....	33
3.4.2. Pengamatan Struktur Mikro	34
3.4.3. Perhitungan Porositas.....	34
3.4.4. Pengujian Kekerasan Mikro Vickers	35
3.4.5. Pengujian Kuat Tekan	37

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Kompaksi Aluminium Berongga.....	39
---	----

4.2. Hasil Proses <i>Sinter</i> Aluminium Berongga	41
4.3. Hasil Pengamatan Struktur Mikro	42
4.4. Hasil Pengamatan Struktur Makro.....	43
4.5. Pengaruh <i>Density</i> dan Porositas Terhadap <i>Green Compact</i>	45
4.6. Hasil Pengujian Kekerasan Permukaan Mikro Vickers.....	49
4.7. Hasil Pengujian Kuat Tekan Aluminium Berongga	50

BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan	57
5.2. Saran	57

Daftar Pustaka	58
-----------------------------	----

Lampiran	60
-----------------------	----

Daftar Gambar

Gambar 2.1.	Jenis logam berpori	4
Gambar 2.2.	Kurva tegangan regangan aluminium <i>foam</i>	5
Gambar 2.3.	Aluminium <i>sandwich</i> berpori.....	8
Gambar 2.4.	<i>Open-cell foam</i> aluminium.....	9
Gambar 2.5.	<i>Closed-cell foam</i> aluminium.....	9
Gambar 2.6.	Metode fabrikasi aluminium foam.....	10
Gambar 2.7.	Diagram fasa Pb-Sn.....	13
Gambar 2.8.	Proses metalurgi serbuk	15
Gambar 2.9.	Bentuk partikel dalam metalurgi serbuk	15
Gambar 3.1.	Amplas dan sigmat.....	22
Gambar 3.2.	<i>Pin injector</i> , alas cetakan, cetakan	22
Gambar 3.3.	Dongkrak.....	23
Gambar 3.4.	Mesin amplas	23
Gambar 3.5.	Mesin cetak briket.....	24
Gambar 3.6.	Oven	24
Gambar 3.7.	Timbangan	25
Gambar 3.8.	Kaleng tempat serbuk aluminium	26
Gambar 3.9.	Kawat paduan Pb-Sn.....	26
Gambar 3.10.	Diagram alir	27
Gambar 3.11.	Timbangan digital & serbuk aluminium	29
Gambar 3.12.	Mesin kompaksi briket.....	29
Gambar 3.13.	Cetakan kompaksi serbuk	30
Gambar 3.14.	Control panel <i>furnance</i>	31

Gambar 3.15. <i>Furnance</i>	32
Gambar 3.16. Mesin amplas	33
Gambar 3.17 Mikroskop	34
Gambar 3.18. Indentor dan tapak tekan uji kekerasan mikro vikers.....	35
Gambar 3.19. Micromet.....	36
Gambar 3.20. <i>Universal testing machine</i>	37
Gambar 4.1. Foto <i>green compact</i> pandangan samping.....	39
Gambar 4.2. Foto spesimen A, B, C, D, D1, E, dan M tampak samping	40
Gambar 4.3. Foto mikro spesimen M dan A.....	41
Gambar 4.4. Foto makro spesimen tipe M, A, B, C, D, dan E	42
Gambar 4.5. Gambar spesimen A dan B perbesaran 9 kali	43
Gambar 4.6. Grafik massa kawat paduan terhadap <i>density</i>	44
Gambar 4.7. Grafik <i>relative density</i> dengan massa Pb-Sn.....	44
Gambar 4.8. Grafik massa kawat paduan Pb-Sn dengan porositas.....	45
Gambar 4.9. Grafik fraksi volume Pb-Sn dengan porositas	46
Gambar 4.10. Grafik kuat tekan (kN) dengan perubahan ketinggian (mm) spesimen A, B, C dan D	50
Gambar 4.11. Grafik kuat tekan (kN) dengan perubahan ketinggian (mm) spesimen E dan M.....	51
Gambar 4.12. Grafik tegangan regangan untuk setiap spesimen.....	52
Gambar 4.13. Grafik tegangan luluh terhadap porositas untuk masing masing spesimen	54
Gambar 4.14. Grafik <i>modulus youngs</i> terhadap porositas	54
Gambar 4.15. Foto spesimen A, B, C, D, E, dan M hasil uji kompresi.....	55

Daftar Tabel

Tabel 3.1. Variasi <i>space holder</i>	28
Tabel 4.1. Hubungan berat spesimen dengan tinggi <i>green compact</i>	39
Tabel 4.2. Hubungan volume, massa, fraksi volume & fraksi massa Al & Pb-Sn, <i>density Al foam, density green compact</i> , porositas.....	48
Tabel 4.3. Kekerasan permukaan mikro vikers spesimen M dan E.....	49
Tabel 4.4. Tegangan luluh dengan porositas untuk setiap spesimen.....	53
Tabel 4.5. Tabel 4.5 Tabel perbandingan penelitian.....	54

Daftar Persamaan

Persamaan 2.1. Kekuatan tekan	6
Persamaan 2.2. Modulus youngs	6
Persamaan 3.1. Fraksi volume Pb-Sn	34
Persamaan 3.2. Fraksi volume Al	34
Persamaan 3.3. Fraksi massa Pb-Sn.....	34
Persamaan 3.4. Fraksi massa Al	34
Persamaan 3.5. Kekerasan permukaan mikro vikers	35
Persamaan 3.6. Tegangan	37
Persamaan 3.7. Modulus Young	37
Persamaan 4.1. Porositas Al <i>foam</i>	45

Daftar Lampiran

Lampiran 1. Grafik Hasil Pengujian kuat tekan

Lampiran 2. Perhitungan porositas