SKRIPSI
STUDI PENGARUH TEMPERATUR SINTERING TERHADAP SIFAT MEKANIK DAN FISIK KOMPOSIT Al/Al_2O_3

ASEP SAPUTRA
03051281419155

JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2018

SKRIPSI
STUDI PENGARUH TEMPERATUR SINTERING TERHADAP SIFAT MEKANIK DAN FISIK KOMPOSIT Al/Al_2O_3

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

OLEH:
ASEP SAPUTRA
03051281419155

JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2018

HALAMAN PENGESAHAN

STUDI PENGARUH TEMPERATUR SINTERING TERHADAP SIFAT MEKANIK DAN FISIK Al/Al_2O_3

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

Oleh:

ASEP SAPUTRA
03051281419155

Indralaya, Juli 2018
Diperiksa dan disetujui oleh :
Pembimbing Skripsi,

Gunawan S.T., MT, Ph.D
NIP.19770507 200112 1 001

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin

Irsyadi Yani, S.T., M.Eng, Ph.D
NIP. 19711225 199702 1 001

JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA

Agenda No. :
Diterima Tanggal :
Paraf :

SKRIPSI

NAMA : **ASEP SAPUTRA**

NIM : **03051281419155**

JUDUL : **STUDI PENGARUH TEMPERATUR SINTERING TERHADAP SIFAT MEKANIK DAN FISIK KOMPOSIT Al/Al_2O_3**

DIBERIKAN : **November 2017**

SELESAI : **Juli 2018**

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin

Irsyadi Yani, S.T., M.Eng, Ph.D
NIP. 19711225 199702 1 001

Inderalaya, Juli 2018
Diperiksa dan disetujui oleh :
Pembimbing Skripsi

Gunawan, S.T., M.T, Ph.D
NIP.19770507200112 1 001

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi dengan judul "Studi Pengaruh Temperatur Sintering Terhadap Sifat Mekanik dan Fisik Komposit Al/Al2O3" telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Seminar Proposal Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 25 Juli 2018.

Indralaya, Juli 2018

Tim penguji karya tulis ilmiah berupa Skripsi

Ketua :

1. Gustini, S.T, M.T
   NIP. 197808242002122001 (.....)

Anggota :

1. Dr. Ir. Diah Kusuma Pratiwi, M.T
   NIP. 196307191990032001 (.....)
2. Agung Mataram, S.T, M.T, Ph.D
   NIP. 196902131995031001 (.....)

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin

Irsyadi Yani, S.T, M.Eng, Ph.D.
NIP. 19711225 199702 1 001

Pembimbing Skripsi,

Gunawan, S.T, M.T, Ph.D.
NIP. 19770507 200112 1 001

HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Asep Saputra

NIM : 03051281419066

Judul : Studi Pengaruh Temperatur Sintering Terhadap Sifat Mekanik dan Fisik Komposit Al/Al_2O_3

Memberikan izin kepada Pembimbing dan Universitas Sriwijaya untuk mempublikasikan hasil penelitian saya untuk kepentingan akademik apabila dalam waktu 1 (satu) tahun tidak mempublikasikan karya penelitian saya. Dalam kasus ini saya setuju untuk menempatkan Pembimbing sebagai penulis korespondensi (Corresponding author)

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Indralaya, Juli 2018

Asep Saputra
NIM. 03051281419155

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Asep Saputra

NIM : 03051281419155

Judul : Studi Pengaruh Temperatur Sintering Terhadap Sifat Mekanik dan Fisik Komposit Al/Al_2O_3

Menyatakan bahwa Skripsi saya merupakan hasil karya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/*plagiat*. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam Skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Indralaya, Juli 2018

METERAI TEMPEL
1A554AFF318144984
6000
ENAM RIBU RUPIAH

Asep Saputra
NIM. 03051281419066

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena berkat Rahmat, Ridho dan Karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

Skripsi yang berjudul "STUDI PENGARUH TEMPERATUR SINTERING TERHADAP SIFAT MEKANIK DAN FISIK KOMPOSIT AL/Al_2O_3" ini dibuat sebagai salah satu syarat mendapatkan Gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

Penulis menyampaikan rasa hormat dan terima kasih kepada:

1. Allah SWT atas segala rahmat, anugerah, ilmu, kesempatan dan kesehatan dari-Nya.
2. Kedua Orang Tua penulis yang selalu mendukung baik dalam hal materil maupun doa yang tulus kepada penulis.
3. Bapak Irsyadi Yani, S.T, M.Eng, Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
4. Bapak Amir Arifin, S.T M.Eng, Ph.D selaku Sekertaris Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
5. Bapak Gunawan, S.T, M.T, Ph.D selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang telah membantu terlaksananya penulisan skripsi, penelitian dan pengetahuan serta segala informasi yang bersangkutan mengenai skripsi ini.
6. Bapak Prof. Dr. Ir. Nukman, M.T selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan informasi, pengetahuan dasar dan lanjutan, serta curahan motivasi untuk bekal penulis di dunia kerja nantinya.
7. Seluruh Dosen Teknik Mesin Universitas Sriwijaya untuk segala ilmu yang telah diajar dan diberikan kepada penulis.
8. Bapak Dinito, Bapak Efri Firmansyah, dan Bapak Wawan Suherman serta seluruh karyawan Laboratorium Inspeksi Teknik PT. Pupuk Sriwidjaja Palembang yang telah membantu terhadap penelitian skripsi penulis.

9. Seluruh rekan organisasi HMM, Sriwijaya Eco Team, dan IRMA Palembang
10. Teman-teman jurusan teknik mesin angkatan 2014, kakak tingkat angkatan 2011, 2012, 2013 serta adik- adik tingkat angkatan 2015, 2016, dan 2017 yang selalu membantu dalam pengerjaan skripsi dan tugas-tugas kuliah.
11. Saudara Ardi, Oom, Ilham, Diki, Yogik dan teman-teman kuliah yang tidak dapat disebutkan satu persatu.
12. Semua pihak yang turut mengambil peran besar ataupun kecil, baik dalam terlaksananya penulisan skripsi maupun penelitan-penelitian yang dilakukan.

Penulis sadar dalam penulisan skripsi ini masih sangat jauh dari kata sempurna karena keterbatasan ilmu yang dimiliki, oleh karena itu pesan, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis butuhkan dan harapkan dengan segenap kerendahan hati.

Akhir kata penulis mengharapkan semoga laporan ini bermanfaat bagi penulis sebagai semangat meraih masa depan dan semoga dapat bermanfaat bagi kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi dimasa yang akan datang.

Palembang, Juli 2018

Penulis

RINGKASAN

STUDI PENGARUH TEMPERATUR SINTERING TERHADAP SIFAT MEKANIK DAN FISIK KOMPOSIT Al/Al_2O_3
Karya Tulis Ilmiah Berupa Skripsi, Juni 2018

Asep Saputra; Dibimbing oleh Gunawan S.T, M.T Ph.D.

Study Of Effect Of Temperature Sintering On Mechanical Properties And Pyhsical Composite Al / Al_2O_3

xxix + 47 halaman, 24 gambar, 7 tabel

RINGKASAN

Komposit merupakan suatu material yang terbentuk dari gabungan antara dua atau lebih material pembentuk dan memiliki sifat yang berbeda dari komponen pembentuknya. Komposit aluminium berpori adalah logam dengan rongga atau pori-pori di dalam strukturnya. Keterkaitan adanya pori-pori pada logam ini banyak diaplikasikan dalam industri manufaktur khususnya industri komponen otomotif. Beberapa keunggulan dari material ini diantaranya memiliki sifat peredam getaran yang baik. Penelitian ini bertujuan untuk membuat komposit aluminium/alumina berpori dan mengamati pengaruh temperatur sintering terhadap sifat mekanik dan fisik komposit aluminium/alumina berpori yang ditambahkan serbuk ubi ungu sebagai *space holder*. Material penyusun komposit berpori terdiri dari serbuk aluminium sebagai matrik dan serbuk alumina sebagai penguat. Untuk mendapatkan struktur berpori/berongga dalam komposit ini digunakan *sweet potato starch* sebagai space holder. Metode yang digunakan dalam fabrikasi yaitu dengan metode *cold compaction* dengan menggunakan *hydraulic press*, kemudian variasi temperatur sintering yang digunakan yaitu 450ºC, 500ºC, dan 550ºC. Parameter pengujian yang dilakukan untuk mengetahui sifat mekanik sifat fisik dan karakteristik material komposit berpori yaitu pengujian XRF terhadap serbuk aluminium, pengujian TGA terhadap serbuk ubi ungu, kemudian pengujian densitas untuk mengetahui sifat mekanik dari komposit, pengujian kuat tekan terhadap sembilan sampel untuk mengetahui sifat fisik dari komposit aluminium berpori. Pengujian XRD, dan pengamatan SEM untuk melihat porositas, ukuran pori, dan struktur pori pada komposit.

Kata Kunci : Komposit, Aluminium Berpori, Alumina, Porositas, *Space Holder*.

SUMMARY

STUDY OF EFFECT OF TEMPERATURE SINTERING ON MECHANICAL PROPERTIES AND PHYSICAL COMPOSITE Al/Al_2O_3
Scientific papers in the form of a scription, Juni 2018

Asep Saputra; Supervised by Gunawan S.T, M.T Ph.D.

Studi Pengaruh Temperatur Sintering Terhadap Sifat Mekanik Dan Fisik Komposit Al/Al_2O_3

xxix + 47 pages, 24 pictures, 7 tables

SUMMARY

The composite is a material formed from a combination of two or more molding materials and has different properties from the constituent components. A porous aluminum composite is a metal with a cavity or pores within its structure. The relevance of the pores in this metal is widely applied in the manufacturing industry, especially the automotive component industry. Some of the advantages of this material include a good vibration damping properties. This study aims to create a porous aluminum / alumina composite and observe the effect of sintering temperature on the mechanical and physical properties of porous aluminum / alumina composite which is added purple yam powder as a space holder. The composite material of porous composites comprises aluminum powder as a matrix and alumina powder as an amplifier. To obtain a porous hollow structure in this composite is used sweet potato starch as a space holder. The method used in fabrication is by cold compaction method by using hydraulic press, then variation of sintering temperature used is 450°C, 500°C, and 550°C. Test parameters were performed to determine the mechanical properties of the physical properties and the characteristics of the porous composite materials XRF testing of aluminum powder, TGA testing of purple yellow powder, and density testing to determine the mechanical properties of the composites, compressive strength testing of nine samples to determine the physical properties of porous aluminum composite. XRD testing, and SEM observations to see porosity, pore size, and pore structure on composites.

Keywords: Composite, Porous Aluminum, Alumina, Porosity,
Space Holder.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i
HALAMAN PENGESAHAN iii
HALAMAN PENGESAHAN AGENDA v
HALAMAN PERSETUJUAN vii
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI ix
HALAMAN PERSETUJUAN INTEGRITAS xi
KATA PENGANTAR xiii
RINGKASAN xv
SUMMARY xvii
DAFTAR ISI xix
DAFTAR GAMBAR xxiii
DAFTAR TABEL xxv
BAB 1 PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 2
1.3 Pembatasan Masalah 2
1.4 Tujuan Penelitian 3
1.5 Manfaat Penelitian 3
1.6 Metodologi Penelitian 4
1.7 Sistematika Penulisan 4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA 5
2.1 Komposit 5

2.2 Komponen Bahan Komposit 6
2.2.1 Matrix 6
2.2.2 Penguat 7
2.3 Metal Matrik Komposit 8
2.4 Aluminium 9
2.4.1 Sifat-sifat alumunium 10
2.5 Alumina 11
2.6 Material Berpori 12
2.6.1 Aplikasi Logam Berpori 13
2.6.2 Fabrikasi Logam Berpori 14
2.7 Sweet Potato Starch (serbuk ubi jalar ungu) 15
2.8 Metalurgi Serbuk 16
2.8.1 Pencampuran *(mixing)* 16
2.8.2 Kompaksi 17
2.8.3 Sintering 17
BAB 3 METODE PENELITIAN 19
3.1 Diagram Alir Penelitian 19
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian 20
3.3 Persiapan Alat dan Bahan 20
3.3.1 Persiapan Alat 20
3.3.2 Persiapan Bahan 21
3.4 Prosedur Penelitian 23
3.4.1 Pencampuran *(mixing)* 23
3.4.2 Pencetakan Sampel Uji 24
3.4.3 Sintering 25
3.4.4 Pengujian 26

3.4.5 Pengujian Sifat Fisik 27
3.4.6 Pengujian Sifat Mekanik 28
3.4.7 Analisa Mikrostruktur 29
3.4.8 Pengujian Komposisi Kimia 30
3.5 Analisa dan Pengolahan Data 30
3.6 Hasil Yang Di Harapkan 31
BAB 4 HASIL PENGUJIAN 33
4.1 Pengujian TGA 33
4.2 Pengujian XRF 34
4.3 Pengujian Densitas 35
4.4 Pengujian Kuat Tekan 38
4.5 Pengujian XRD 41
4.6 Pengujian SEM 43
BAB 5 KESIMPULAN 47
5.1 Kesimpulan 47
5.2 Saran…….. 48
DAFTAR RUJUKAN i
LAMPIRAN i

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 *Crashbox* 16
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian 21
Gambar 3.2 *Ball Milling* 23
Gambar 3.3 Alat Kompaksi 24
Gambar 3.4 *Furnace Electric Nebertherm Laboratorium* Teknik Kimia Politeknik Sriwijaya 25
Gambar 3.5 Skema Perlakuan Sintering Pada Logam Aluminium 25
Gambar 3.6 Hasil Proses Sintering 26
Gambar 3.7 TA *Instruments* TGA Q500 28
Gambar 3.8 Dimensi Spesimen Uji Kuat Tekan 28
Gambar 3.9 Alat Uji XRF 30
Gambar 4.1 Pengujian TGA Serbuk Ubi Ungu 32
Gambar 4.2XRF *Thermo Scientific Niton* XL2 34
Gambar 4.3 Massa Benda Kering dan Basah Sampel A3 450°C 35
Gambar 4.4 Grafik Porositas Aluminium Berpori 37
Gambar 4.5 BONGSHIN *Hydraulic Universal Material Tester* 38
Gambar 4.6 Grafik Hubungan Antara Sifat Kuat Tekan Dengan Porositas Komposit Berpori 39
Gambar 4.7 Pola Spektrum XRD Aluminium 40
Gambar 4.8 Pola Spektrum XRD Aluminium dan *Spaceholder* Ubi Ungu 41
Gambar 4.9 Pengamatan *Scanning Electron Microscopy* Sampel 450°C Dengan Pembesaran325x 42
Gambar 4.10 Pengamatan *Scanning Electron Microscopy* Sampel 450°C Dengan Pembesaran441x 43
Gambar 4.11 Pengamatan *Scanning Electron Microscopy* Sampel 450°C Dengan Pembesaran1260x 43

Gambar 4.12 Pengamatan *Scanning Electron Microscopy* Sampel 550°C Dengan Pembesaran161x..... 44
Gambar 4.13 Pengamatan *Scanning Electron Microscopy* Sampel 550°C Dengan Pembesaran489x..... 44
Gambar 4.14 Pengamatan *Scanning Electron Microscopy* Sampel 550°C Dengan Pembesaran1980x..... 45

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sifat-Sifat Fisik Alumunium. 10
Tabel 2.2 Kandungan Gizi Ubi Jalar Ungu Setiap 100 Gram 15
Tabel 3.1 Uraian Kegiatan Selama Pelaksanaan Pengumpulan Data 31
Tabel 4.1 Perbandingan Massa *Space Holder*. 34
Tabel 4.2 Hasil Uji Komposisi XRF Serbuk Aluminium. 35
Tabel 4.3 Specimen Uji Densitas. 37
Tabel 4.4 Data Pengujian Tekan Komposit. 39
Tabel 4.5 Perbandingan XRD Aluminium Dengan Standar ICCD JCPDS No-12041-17-0. 42

BAB 1
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan industri transportasi di Indonesia mengalami perkembangan yang cukup signifikan, baik dari segi pertumbuhan produksi dan peningkatan teknologi. Akan tetapi para pelaku industry masih mengalami beberapa kendala diantaranya adalah belum seluruhnya industri pendukung seperti bahan baku dan komponen di buat di dalam negeri. Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah dengan menggunakan material bahan baku komponen yang dapat diproduksi secara mandiri di dalam negeri. Material tersebut harus memiliki persyaratan yang memadai seperti kualitas yang baik, biaya produksi yang lebih murah, serta material yang lebih ringan agar penggunaan bahan bakar lebih efisien.

Penggunaan material baja pada beberapa komponen tertentu sudah tidak efisien lagi, mengingat bobot material baja yang relatif berat. Penurunan berat kendaraan dapat dilakukan melalui beberapa alternatif, seperti perubahan rancang bangun atau pengembangan material. Dengan berkembangnya teknologi material persyaratan untuk beberapa komponen ini dapat dipenuhi melalui penggunaan material komposit matriks alumunium. Penggunaan komposit matriks alumunium pada komponen otomotif dan kendaraan taktis militer, akan mampu mengurangi bobot komponen serta memiliki kekuatan yang baik, sehingga performa produk kendaraan tersebut menjadi lebih baik dan hemat bahan bakar.

Komposit matriks alumunium juga memiliki densitas yang rendah, tahan korosi serta mempunyai elastisitas yang lebih baik. Selain itu, komposit

matriks alumunium dapat dimodifikasi tergantung dari kombinasi matriks, penguat serta kondisi pada daerah antar mukanya (Sukma, et al., 2015).

Salah satu teknologi temuan manusia yang berperan besar dalam menunjang kehidupan sehari-hari ialah motor bakar. Material motor bakar belakangan ini didominasi oleh alumunium dimana logam ini relative ringan sehingga dapat meningkatkan efisiensi penggunaan motor bakar. Alumunium matrix composite adalah jenis komposit logam yang sering digunakan dan dapat menguntungkan apabila digunakan pada aplikasi permesinan. Alumunium matrik komposit menyediakan gabungan sifat yang baik disbanding material monolit atau paduannya (Prabowo, 2017).

Berdasarkan hal tersebut diatas maka penulis memutuskan membuat skripsi dengan judul : ”STUDI PENGARUH TEMPERATUR SINTERING TERHADAP SIFAT MEKANIK DAN FISIK KOMPOSIT Al/Al_2O_3”

1.2 Rumusan Masalah

Pada penelitian ini akan dilakukan proses pembuatan material komposit alumunium berpori dengan menggunakan serbuk alumunium sebagai matrik dan serbuk alumina sebagai penguatnya. Untuk mendapatkan struktur berpori dalam komposit ini digunakan *sweet potato starch* (serbuk ubi ungu) sebagai *space holder.* Pada penelitian ini juga akan dipelajari mengenai pengaruh temperature sintering terhadap sifat mekanik dan fisik komposit alumunium/alumina berpori..

1.3 Pembatasan Masalah

1. Matrik yang digunakan dalam penelitian ini adalah serbuk aluminium dengan 80% berat.

2. Penguat yang digunakan dalam penelitian adalah Al_2O_3/Alumina dengan 20% berat.
3. *Spaceholder* yang digunakan dalam penelitian ini adalah sweet potato starch (serbuk ubi ungu) dengan 20% berat (*wt% of total wt comp*).

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah.

1. Untuk membuat komposit Alumunium/Alumina berpori.
2. Untuk mengamati pengaruh temperature sintering terhadap sifat mekanik dan fisik komposit Aluminium/Alumina berpori yang ditambahkan *sweet potato starch* sebagai *space holder*

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah.

1. Mempelajari tahapan pembuatan material komposit pada Alumunium berpori.
2. Mempelajari karakteristik fisik dan sifat mekanik material komposit Alumunium/Alumina berpori.
3. Mempelajari pengaruh temperature sintering terhadap sifat mekanik dan fisik komposit Alumunium/Alumina berpori dengan *sweet potato starch sebagai space holder*.

1.6 Metodologi Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam proses penulisan skripsi ini adalah:

1. Studi Literatur
2. Pengujian Laboratorium
3. Analisa Data

1.7 Sistematika Penulisan

Pada penulisan proposal skripsi ini, sistematika penulisan terdiri dari bab-bab yang berkaitan satu sama lain dimana pada masing-masing bab tersebut terdapat uraian dan gambaran yang mencakup pembahasan skripsi ini secara keseluruhan. Adapun bab-bab tersebut adalah:

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab yang berisikan latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, metode penelitian dan sistematika penulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab yang berisikan tinjauan pustaka mengenai teori dasar yang melandasi pembahasan skripsi dan yang akan mendukung dalam melakukan penelitian berdasarkan literatur.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Bab yang berisikan diagram alir penelitian, alat, bahan, prosedur penelitian dan pengujian spesimen.

BAB 4 PEMBAHASAN

Bab yang berisikan pembahasan dari data yang didapat selama melakukan penelitian.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

DAFTAR RUJUKAN

Boulevard, W. & Arlington, 2015. *International Alloy Designation and Chemical Compotitions Limits for Wrought Aluminum and Wrought Aluminum Alloys.* s.l.:The Aluminum Association, Inc.

Ginting, M. H. S., 2002. Pengendalian Bahan Komposit. *Fakultas Teknik Jurusan Teknik Kimia Universitas Sumatera Utara,* 1-5.

Honestin, T., 2007. *Karakterisasi Fisikokimia Tepung Ubi Jalar,* Bogor

Nugroho, A. W., 2013. *Fabrikasi Alumunium Foam Menggunakan Metode Metalurgi Serbuk Dengan Memanfaatkan Pupuk Urea Sebagai Bahan Space Holder,* Yogyakarta

Prabowo, T. A., 2017. *Studi Eksperimental Pengaruh Penambahan Al2O3 Terhadap Kekuatan Tarik Pada Alumunium Matrox Composite,* Surabaya

Prasetyo, A., 2013. Pengaruh Variasi Fraksi Massa Space Holder Urea Dengan Ukuran Mesh 16/18 Terhadap Porositas Dan Kuat Tekan Alumunium Foam. *Universitas Muhammadiyah Yogyakarta,* 1-7.

Ramadhonal, S., 2010. *Pembuatan Komposit Matrik Logam Berpenguat Keramik (Al/SiC) Di Campur Kayu Dengan Metode Metalurgi Serbuk.*

Setiawan, A., Nilasari, A. R. & Ari, M., 2016. Analisis Sifat Mekanik Komposit Al 2075 Reinforcement Dengan Electroless Abu Dasar Batubara. *Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya (PPNS),* Volume 2, 1-8.

Sukma, H., Prasetyani, R., Rahmalina, D. & Imanuddin, R., 2015. Peran Penguat Partikel Alumina Dan Silikon Karbida Terhadap Kekerasan Material Komposit Alumunium. *Fakultas Teknik Universitas Pancasila Jakarta,* 1-13.

Suprapto, I. W. L., Suarsana, K. & Santhiarsa, L. N., 2017. Efek Komposisi Dan Perlakuan Sintering Pada Komposit Al/(SiCw+Al2O3) Terhadap Sifat Fisik Dan Keausan. *Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana Kampus Bukit Jimbaran Bali,* Volume 3, 36-43.

Surdia, T. & Saito, S., 1999. *Pengetahuan Bahan Teknik.*

Siradj, E. S., Priadi, D. & Zulfia, A., 2008. Kompaktibilitas Komposit Isotropik Al/Alumina Dengan Variabel Waktu Tahan Sinter. *Departemen Metalurgi Dan Material Universitas Indonesia,* Volume 12, 1-7.

Wahyuristanto, F., 2016. *Penambahan Serbuk Kayu Dalam Pembuatan Keramik Berpori Untuk Bahan Filter Gas Buang Motor Bensin,* Semarang

Zhou, Z., Wang, Z., Zhao, L. & Shu, X., 2014. Uniaxial and Biaxial Failure Behaviors of Aluminum Alloys Foam, 1-10.

Zulfia, A. & Arianti, M., 2006. Pengaruh Suhu Pemanasan Waktu Tahan Terhadap Karakterisasi Material Komposit Logam Al/SiC Hasil Inflitrasi Tanpa Tekanan. *Departemen Metalurgi Dan Material Universitas Indonesia*, Volume 10, 1-6.