

SKRIPSI

FABRIKASI KOMPOSIT ALUMINIUM/*FLY ASH* DENGAN METODE METALURGI SERBUK MENGUNAKAN *SPACE HOLDER* KUNING TELUR

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



**AGUNG NURMANSAH PUTRA WIJAYA
03051181621003**

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2019**

SKRIPSI

FABRIKASI KOMPOSIT ALUMINIUM/*FLY ASH* DENGAN METODE METALURGI SERBUK MENGUNAKAN *SPACE HOLDER* KUNING TELUR

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



**OLEH:
AGUNG NURMANSAH PUTRA WIJAYA
03051181621003**

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2019**

HALAMAN PENGESAHAN

FABRIKASI KOMPOSIT ALUMINIUM/*FLY ASH* DENGAN METODE *POWDER METTALURGY* MENGUNAKAN *SPACE HOLDER* KUNING TELUR

SKRIPSI

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


OLEH:
AGUNG NURMANSAH PUTRA WIJAYA
03051181621003

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin



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

Indralaya, Desember 2019
Diperiksa dan disetujui oleh:
Pembimbing Skripsi,



Amir Arifin, S.T., M.Eng., Ph.D
NIP. 197909272003121004

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi ini dengan judul “Fabrikasi Komposit Aluminium/*Fly Ash* dengan Metode Metalurgi Serbuk menggunakan *Space Holder* Kuning Telur” telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 26 Desember 2019.

Inderalaya, 26 Desember 2019

Tim penguji karya tulis ilmiah berupa Skripsi

Ketua:

1. Gunawan, S.T., M.T., Ph.D
NIP. 197705072001121001

(.....


Anggota :

2. Ir. Firmansyah Burlian, M.T
NIP. 195612271988111001
3. Astuti, S.T, M.T
NIP. 197210081998022001

(.....

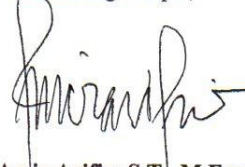

(.....


Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin



Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D
NIP. 197112251997021001

Pembimbing Skripsi,



Amir Arifin, S.T., M.Eng., Ph.D
NIP. 196012231991021001

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Agung Nurmansah Putra Wijaya

NIM : 03051181621003

Judul : FABRIKASI KOMPOSIT ALUMINIUM/*FLY ASH* DENGAN
METODE METALURGI SERBUK MENGGUNAKAN *SPACE*
HOLDER KUNING TELUR

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, 23 Desember 2019



Agung Nurmansah Putra Wijaya
NIM. 03051181621003

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis atas kehadiran Allah Swt. yang telah memberikan Rahmat, Nikmat, dan Karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini

Skripsi yang berjudul “Fabrikasi komposit Aluminium/*Fly ash* dengan Metode Metalurgi Serbuk Menggunakan *Space Holder* Kuning Telur”, disusun untuk melengkapi salah satu syarat mendapatkan Gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

Pada kesempatan ini dengan setulus hati penulis menyampaikan rasa hormat dan terima kasih yang tak terhingga atas segala bimbingan dan bantuan yang telah diberikan dalam penyusunan tugas akhir ini kepada:

1. Kedua orang tua penulis, Herry Alius dan Anita Taulusia yang selalu mendukung dan memberikan semangat.
2. Irsyadi Yani, S.T, M.Eng, Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
3. Amir Arifin, S.T, M.Eng, Ph.D selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya sekaligus sebagai Dosen Pembimbing Skripsi yang telah banyak sekali memberikan arahan dan saran dalam menyelesaikan skripsi ini.
4. Gunawan, S.T, M.T, Ph.D selaku Dosen pengarah yang membantu dalam pembuatan skripsi ini.
5. Prof. Ir. Riman Sipahutar, M.Sc., Ph.D selaku pembimbing akademik penulis di jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih banyak sekali kekurangan karena keterbatasan ilmu yang penulis miliki. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun untuk kelanjutan skripsi ini ke depannya akan sangat membantu. Akhir kata penulis berharap semoga Skripsi ini dapat bermanfaat bagi kemajuan ilmu pengetahuan di masa yang akan datang di kemudian hari.

Palembang, 26 Desember 2019

Penulis

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	xix
DAFTAR GAMBAR	xxi
DAFTAR TABEL	xxv
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah	3
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Material Komposit	5
2.1.1. Material Penyusun Komposit	8
2.2. Material Berpori	9
2.3. Karakteristik Material Berpori	11
2.4. Aluminium	13
2.5. Fly Ash	15
2.6. Kuning Telur	17
2.7. Metalurgi Serbuk	18
2.7.1. Pencampuran (Mixing)	19
2.7.2. Penekanan (Compaction)	20
2.7.3. Sintering	20
2.8. Parameter Metalurgi Serbuk	21
2.8.1 Sintering Temperatur	21
2.8.2 Drying Temperatur	22
2.8.3 Heating Rate dan Colling Rate	22
2.8.4 Holding Time	22
3 METODOLOGI PENELITIAN	
3.1. Diagram Alir Penelitian	23
3.2. Persiapan Alat dan Bahan	24

3.3.	Prosedur Penelitian	24
3.3.1.	Persiapan Material Matriks	24
3.3.2.	Persiapan Material Penguat.	25
3.3.3.	Persiapan Space Holder	26
3.4.	Pembentukan Komposit Al/FA Berpori	26
3.5.	Metode Pengujian	27
3.5.1	Pengujian XRF	27
3.5.2	Pengujian Densitas (<i>Density</i>).....	28
3.5.3	Pengujian SEM	30
3.5.4	Pengujian XRD	30
3.6.	Jadwal Pengujian	31
3.7.	Hasil Yang Diharapkan.....	32
BAB 4 ANALISA DAN PEMBAHASAN		
4.1.	Hasil dan Proses Pembuatan Spesimen	33
4.2.	Hasil Pengujian <i>X-Ray Flourosence</i> (XRF)	43
4.3.	Pengujian <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD)	46
4.4	Pengujian Densitas.....	48
4.5.	Pengamatan <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM)	51
4.6.	Pengamatan Mikroskop Optik	56
4.7.	Sifat Mekanis	61
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		
5.1.	Kesimpulan	63
5.2.	Saran	64
DAFTAR PUSTAKA		i
LAMPIRAN		i

DAFTAR GAMBAR

2.1.	<i>Particulate composite</i> (Kaw and Group, 2006).....	6
2.2.	<i>Flake composite</i> (Kaw and Group, 2006)	6
2.3.	<i>Fiber composite</i> (Kaw and Group, 2006).....	6
2.4.	<i>Structural composite</i>	7
2.5.	Klasifikasi Komposit Berdasarkan Bentuk dari Matriks	7
2.6.	Material Berpori (macpanther-materials.de).	9
2.7.	<i>Closed-cell foam</i> (Aris, 2014).	10
2.8.	<i>Open-cell foam</i> (Aris, 2014).	11
2.9.	Kurva tegangan regangan dari unaxial compression test pada spesimen aluminium berpori (Ashby <i>et al.</i> , 2000).	12
2.10.	Aluminium.....	14
2.11.	Tipe Pembakaran dry bottom boiler	15
2.12.	Kuning Telur	17
2.13.	Mekanisme Pencampuran Serbuk	19
3.1.	Diagram Alir Penelitian	23
3.2.	Serbuk Aluminium	25
3.3.	Fly Ash Serbuk	25
3.4.	Kuning Telur	26
3.5.	Niton XL2	28
3.6.	Proses Penimbangan Massa Basah dan Massa kering.....	29
3.7.	Alat Uji SEM.....	30
3.8.	Alat Uji XRD Rigaku Miniflek 600	31
4.1.	Alat yang digunakan.....	34
4.2.	Bahan Yang Digunakan	34
4.3.	Penimbangan Material.....	35
4.4.	Penambahan Komposisi Air	35
4.5.	Proses Stirring	36
	Molding	36
4.7.	Proses Persiapan Drying.....	37
4.8.	Proses Demolding.....	37

4.9.	Proses Persiapan Sintering	38
4.10.	Spesimen Setelah Sintering	38
4.11.	Proses Pengadukan menggunakan JAR TEST	39
4.12.	Spesimen Error 1	40
4.13.	Spesimen Error 2	40
4.14.	Spesimen Error 3	41
4.15.	Spesimen Error 4	41
4.16.	Spesimen Error 5	42
4.17.	Spesimen Uji	42
4.18.	Proses Pengujian X-Ray Flourosence (XRF)	44
4.19.	Hasil Pengujian XRF	44
4.20.	Grafik Hasil Pengujian XRD Serbuk Aluminium	46
4.21.	Grafik Hasil Pengujian XRD Komposit Al/FA	47
4.22.	Penimbangan Massa Basah dan Massa Kering	49
4.23.	Pengamatan SEM Al/FA dengan Perbesaran 5000 x	52
4.24.	Pengamatan SEM Al/FA dengan Perbesaran 2000 x	52
4.25.	Pengamatan SEM Al/FA dengan Perbesaran 1000 x	53
4.26.	Pengamatan SEM Al/FA dengan Perbesaran 250 x	53
4.27.	Grafik Hasil Pengujian TGA (Fadli and Sopyan, 2011)	56
4.28.	Spesimen Uji 1	57
4.29.	Spesimen Uji 2	57
4.30.	Hasil Pengamatan di Titik Ke 2 perbesaran 20 x	58
4.31.	Hasil Pengamatan di Titik Ke 3 Perbesaran 30 x	58
4.32.	Hasil Pengamatan di Titik ke 4 Perbesaran 25 x	59
4.33.	Hasil Pengamatan di Titik Ke 5 Perbesaran 25 x	59
4.34.	Hasil Pengamatan di Titik Ke 6 Perbesaran 30 x	60
4.35.	Spesimen Sebelum Diberi Penekanan Tangan	61
4.36.	Spesimen Yang Hancur Diveri Penekanan Tangan.....	62

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Komposisi dan Klasifikasi <i>Fly Ash</i>	16
Tabel 3.1. Jadwal Pengujian	31
Tabel 4.1. Komposisi dan Parameter Pembuatan Spesimen	33
Tabel 4.2. Hasil Pengujian XRF Terhadap Spesimen Al/FA.....	45
Tabel 4.3. Data Hasil Pengujian Densitas dan Porositas Al/FA	50

FABRIKASI KOMPOSIT ALUMINIUM/FLY ASH DENGAN METODE METALURGI SERBUK MENGUNAKAN SPACE HOLDER KUNING TELUR

Amir Arifin*, Agung Nurmansah Putra Wijaya
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya
Jl. Raya Palembang – Prabumulih km 32 Indralaya, Ogan Ilir
E-mail*: amir@unsri.ac.id


ABSTRAK

Pada era modern ini, dalam bidang perindustrian banyak pihak yang berlomba-lomba untuk berinovasi dalam bidang manufaktur. Banyak manufaktur yang berlomba-lomba untuk memproduksi baik itu alat, benda, maupun material. Dalam konteks manufaktur berinovasi dengan mempertimbangkan faktor seperti material mampu unggul dalam segi kualitas, kekuatan, ketangguhan dan efisien. Faktor tersebut yang menjadi awal mula banyaknya peneliti yang melakukan penelitian tentang material komposit. Material komposit adalah material yang dikombinasikan dari dua unsur atau lebih dengan perbedaan sifat mekanik, sifat fisik, serta sifat kimia. Komposit terdiri dari dua submaterial yaitu material matriks atau material pengikat yang fungsinya untuk mengikat material agar memiliki ikatan satu sama lainnya. Material penguat (reinforce) adalah material yang memiliki fungsi untuk memperkuat ikatan pada material. Pada penelitian ini digunakan matriks berupa aluminium dalam bentuk serbuk, penguat (reinforce) berupa fly ash dalam bentuk serbuk serta menggunakan space holder berupa kuning telur yang umumnya digunakan sebagai bahan makanan. Fungsi kuning telur adalah untuk membuat material komposit memiliki pori atau yang lebih dikenal dengan material komposit berpori. Pada penelitian ini dibuat material komposit Al/ FA dengan space holder kuning telur dan proses pembuatan berhasil dilakukan. Proses tersebut meliputi proses mixing, stirring, drying, dan sintering proses yang dijalani termasuk kedalam metode metalurgi serbuk. Hasil dari proses pembuatan dinilai masih kurang maksimal dikarenakan material yang dihasilkan belum memiliki kekerasan yang baik walaupun bentuk yang dihasilkan cukup baik. Pengujian yang dilakukan pada material komposit berpori Al/FA dengan space holder kuning telur meliputi pengujian ; pengujian X-Ray Fluorescence (XRF) dengan menghasilkan unsur Al 98,48%, Pengujian X-Ray Diffraction (XRD) dengan menghasilkan main peak Al N dan Al₂O₃, Pengamatan SEM dengan memperlihatkan fenomena seperti ; retakan, aglomerasi, dan porous. Pengujian Densitas dengan menghasilkan porositas rata-rata sebesar 28,87255%. Pengamatan Mikroskop Optik dengan memperlihatkan bentuk poros yang tidak homogen.

Kata Kunci : Komposit, Material Berpori, Aluminium, Fly Ash, Metalurgi Serbuk, XRF, XRD, SEM, Densitas, Mikroskop Optik


Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Mesin,

Irsyadi Yanti S.T., M.Eng., Ph.D.
NIP. 197112251997021001

Indralaya, Desember 2019
Dosen Pembimbing,

Amir Arifin, S.T., M.Eng., Ph.D
NIP. 197909272003121004

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di era *modern* yang canggih ini, dalam dunia perindustrian dibutuhkan beberapa produk dari sebuah manufaktur yang dapat memproduksi, berinovasi untuk mencari baik itu komponen, alat maupun suatu material yang mampu unggul dalam beberapa faktor seperti ; kualitas, kekuatan, biaya, ketangguhan, efisien, dan hal lainnya. Faktor-faktor tersebut membuat banyaknya peneliti melakukan riset dan pengembangan tentang material komposit. Material komposit adalah material yang banyak diteliti dikarenakan material komposit memiliki beberapa hal yang menarik seperti; sifat mekanik komposit lebih baik dari logam biasa, komposit memiliki berat yang ringan, dan masih banyak keunggulan lainnya. Komposit merupakan material yang memiliki pola struktur yang dibentuk dari dua bahan material atau lebih yang dikombinasikan menjadi satu (Kaw and Group, 2006). Komposit juga merupakan material yang memiliki dua fasa atau lebih yang dibentuk oleh gabungan material matriks dan material penguat (*reinforce*) (Muhajir, 2016).

Material komposit dibuat melalui proses penggabungan antara matriks, penguat serta material pendukung lain seperti material space holder, maka material komposit yang dibuat akan memiliki pori atau *porous* sehingga material komposit tersebut dapat dikatakan sebagai material komposit berpori. Material komposit berpori (*porous material* atau *metal foam*) dikenal sebagai material yang dapat dilihat memiliki banyak pori, pori yang dimiliki membuat material memiliki kerapatan yang lebih rendah dibandingkan material *solid*. Material berpori memiliki beberapa keunggulan antara lain : kapasitas menyerap energi, sifat termal, dan peredaman suara yang unik. Keunggulan tersebut dapat diaplikasikan di berbagai bidang seperti dalam pengaplikasian industri mobil (Ito and Kobayashi, 2006), dalam bidang biomedis (Ito and

Kobayashi, 2006), serta material berpori dapat diaplikasikan sebagai penyekat panas atau lebih dikenal dengan alat penukar kalor.

Dalam penelitian ini dalam hal proses pembuatan dibutuhkan material seperti aluminium *powder*, *fly ash*. Material tersebut kemudian diklasifikasikan sebagai material matriks dan material penguat (*reinforce*). Aluminium sebagai matriks dan *fly ash* sebagai material penguat. Pori yang terbentuk disebabkan oleh adanya material *space holder*, *space holder* yang digunakan dalam penelitian ini adalah kuning telur. Proses terbentuknya pori terjadi pada proses sintering. Sintering adalah proses pemanasan material yang dilakukan dibawah titik didih material. Pori yang dihasilkan pada material dipengaruhi oleh ukuran partikel material dan bentuk serbuk dari material (Güden *et al.*, 2008).

Proses pembuatan material komposit digunakan metode metalurgi serbuk. Material yang digunakan adalah aluminium dalam bentuk serbuk, *fly ash* dalam bentuk serbuk, kemudian ditambah dengan kuning telur sebagai *space holder*. Proses selanjutnya adalah mencampurkan ketiga material tersebut atau lebih dikenal dengan istilah *mixing*. Setelah material tercampur dilakukan proses *drying*, kemudian dilanjutkan dengan proses *sintering*. dengan material-material yang mudah ditemukan maka penelitian ini diharapkan menjadi acuan untuk berinovasi dalam penelitian dibidang material komposit selanjutnya

1.2 Rumusan Masalah

Dalam proses fabrikasi komposit berpori ini menggunakan material seperti aluminium sebagai matriks, *fly ash* sebagai *reinforcement*, serta kuning telur sebagai material *space holder*. Material yang digunakan tidak sulit ditemukan dan memiliki harga yang relatif murah. Aluminium mudah dikombinasikan dengan logam lain. *Fly ash* adalah limbah batubara yang dimana limbah merupakan suatu hal yang dianggap sebagai hal yang kurang berguna, dalam penelitian ini peran *fly ash* sebagai limbah dapat dimanfaatkan kembali menjadi material yang lebih berguna. Kuning telur mudah untuk ditemukan dan hal yang menarik lainnya adalah, umumnya kuning telur digunakan sebagai bahan makanan, dalam penelitian ini kuning telur digunakan

sebagai material space holder sehingga penelitian ini dapat dikatakan sebagai penelitian yang unik dan belum banyak yang melakukannya.

1.3 Batasan Masalah

Untuk membatasi permasalahan dalam penelitian ini, maka batasan masalah dalam penelitian ini antara lain:

1. Matriks pengikat yang dipakai adalah aluminium dalam bentuk serbuk.
2. Material penguat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *fly ash* dalam bentuk serbuk.
3. *Space holder* yang dipakai dalam penelitian ini adalah kuning telur.
4. Temperatur drying yang digunakan adalah 140°C, 160°C, 180°C.
5. Parameter sintering yang digunakan dalam penelitian ini adalah 500°C dengan heating rate 6°C/min, 8°C/min, 10°C/min, dan *holding time* 2 jam.
6. Perbandingan komposisi aluminium dan fly ash 85:15.
7. Variasi komposisi campuran Aluminium/fly ash : kuning telur, 1:1, 1:1,25, 1;1,5.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dilakukannya penelitian ini antara lain :

1. Untuk mengetahui langkah-langkah serta proses pembuat material komposit berpori Aluminium/*Fly Ash* dengan *space holder* kuning telur.
2. Untuk mengetahui bentuk morfologi poros yang terbentuk dari material komposit berpori aluminium/*fly ash* dengan *space holder* kuning telur.

1.5 Manfaat penelitian

Manfaat yang diharapkan dalam penelitian kali ini antara lain :

1. Dapat menghasilkan material inovasi dengan bahan yang raltif murah dan tidak sulit untuk ditemukan.
2. Dapat melihat karakteristik, sifat mekanik, sifat fisik yang dihasilkan oleh material komposit berpori.
3. Dapat menjadi acuan penelitian selanjutnya dalam berinovasi membuat material komposit.

DAFTAR RUJUKAN

- Akrom, M. and Marwoto, P. (2010) 'Pembuatan mmc berbasis teknologi metalurgi serbuk dengan bahan baku aluminium dari limbah kaleng minuman dan aditif abu sekam padi', 6, pp. 14–19.
- Arifin, A. and Junaidi (2017) 'Pengaruh Parameter Stir Casting Terhadap Sifat Mekanik Aluminium Matrix Composite (AMC)', *Flywheel*, 3(1), pp. 21–31.
- Arifin, A. Gunawan. Candra,B,M. (2018) 'Fabrikasi Karakterisasi Sifat Fisik dan Mekanik Produk Stir Casting Komposit Daur Ulang Alamunium Dengan Penambahan 14,18 dan 22 wt% *Fly Ash*', pp. 28-32.
- Aris (2014) “Pengaruh Fraksi Massa NaCl Ukuran Mesh 4-16 Pada Fabrikasi Aluminium Foam dengan Menggunakan Metode Melt Route”, (2013), pp. 561–565.
- Ashby, M. F. *et al.* (2000) '*Metal Foams: A Design Guide Library of Congress Cataloguing-in-Publication Data*'. United States of America: Butterworth-Heineman.
- Banhart and Baumeister (1998) '*Porous and Cellular Materials for Structural Applications*', *Materials Research Society Symposium Proceedings*..
- Erk, K. A., Dunand, D. C. and Shull, K. R. (2008) 'Titanium with controllable pore fractions by thermoreversible gelcasting of TiH₂', *Acta Materialia*, 56(18), pp. 5147–5157. doi: 10.1016/j.actamat.2008.06.035.
- Fadli, A., and Sopyan, I., 2011. porous ceramics with controllable properties prepared by protein foaming-consolidation method. *Journal of Porous Materials* 18, 195–203. <https://doi.org/10.1007/s10934-010-9370-8>
- Ferreira, C., Ribeiro, A. and Ottosen, L. (2003) 'Possible applications for municipal solid waste fly ash', *Journal of Hazardous Materials*, 96(2–3), pp. 201–216. doi: 10.1016/S0304-3894(02)00201-7.
- German, R. M. (1994). *Powder Metallurgy Science*. New Jersey: The Pennsylvania State University.
- Ghosh, S. K. (2003) 'Manufacturing engineering and technology', *Journal of Materials Processing Technology*, 25(1), pp. 112–113. doi: 10.1016/0924-0136(91)90107-p.
- Güden, M. *et al.* (2008) 'Effects of compaction pressure and particle shape on

ue porosity and compression mechanical properties of sintered Ti6Al4V powder compacts for hard tissue implantation’, *Journal of Biomedical Materials Research - Part B Applied Biomaterials*, 85(2), pp. 547–555. doi: 10.1002/jbm.b.30978.

- Hadi, Q. and Gunawan (2001) ‘Pengaruh Variasi Fraksi Volume Abu Terbang (fly ash) sebagai Penguat Al 6061 Matrix Composite terhadap Sifat Mekanik dan Fisik Metal Matrix Composite Al 6061-fly ash’, pp. 13–15.
- Ito, K. and Kobayashi, H. (2006) ‘Production and fabrication technology development of aluminum useful for automobile lightweighting’, *Advanced Engineering Materials*, 8(9), pp. 828–835. doi: 10.1002/adem.200600072.
- Kaw, A. K. and Group, F. (2006) *Composite*. Second Edi. Edited by T. & F. Group. London.
- Lee, J. H., Kim, H. E. and Koh, Y. H. (2009) ‘Highly porous titanium (Ti) scaffolds with bioactive microporous hydroxyapatite/TiO₂ hybrid coating layer’, *Materials Letters*. Elsevier B.V., 63(23), pp. 1995–1998. doi: 10.1016/j.matlet.2009.06.023.
- Muhajir, M. (2016) ‘Analisis Kekuatan Tarik Bahan Komposit Matriks Resin Berpenguat Serat Alam Dengan Berbagai Varian Tata Letak’, *Jurnal Teknik Mesin*, 24(2), pp. 1–8.
- Oktaviani, H. (2012) ‘The effect of salting on nutrient content of duck eggs given shrimp waste’, *Unnes Journal of life science*, 1(2), pp. 106–112.
- Robert (1981) *MECHANICS OF COMPOSITE MATERIALS*, فصلنامه پژوهشهای اقتصادی.
- Ronald F. Gibson (2016) ‘Principles of composite material mechanics’, *McGraw-Hill, Inc*, pp. 1–446.
- Rusianto, T. (2005) ‘Pengaruh Kadar TiO₂ Terhadap’, *Jurnal Teknik Mesin*, 7(1), pp. 28–34.
- van Suchtelen, J. (1972) ‘Product properties: A new Application of Composite Materials’, *Philips Research Report*, 27, pp. 28–37.
- Suwanda, T. (2006) ‘Dan Waktu Sintering Terhadap Kekerasan Dan Berat Jenis Aluminium Pada Proses’, vol.9, pp. 187–198.
- Tata Surdia & Shinroku Saito (1999) ‘Pengetahuan Bahan Teknik’, *Pengetahuan bahan Teknik*, pp. 1–372.
- Timotius (2017) ‘Pengaruh variasi temperatur dan waktu Holding Sintering terhadap Sifat Mekanik dan Morfologi Biodegradable Material Mg-Fe-Zn dengan Metode Metalurgi Serbuk untuk Aplikasi Orthopedic Devices’, p. 107. Available at: <http://repository.its.ac.id/2055/>.

- Wardani, S. (2008) 'Pemanfaatan limbah batubara (Fly Ash) untuk stabilisasi tanah maupun keperluan teknik sipil lainnya dalam mengurangi pencemaran lingkungan', *Pemanfaatan Limbah Batu Bara (Fly Ash) Untuk Stabilitas Tanah Maupun Keperluan Teknik Sipil Lainnya Dalam Manggurangi Pencemaran Lingkungan*, pp. 1–71.
- Widyastuti (2008) 'Kompaktibilitas Komposit Isotropik al/al 2 o 3 dengan Variabel Waktu Tahan Sinter', 12(2), pp. 113–119.
- Wiradimadja, R. (2010) 'Peningkatan Kadar Vitamin A pada Telur Ayam melalui Penggunaan Daun Katuk (Sauropus androgynus L . Merr) dalam Ransum (Improvement of Vitamin A Content in Chicken Egg by Katuk Leaves (Sauropus androgynus L . Merr) Utilization in the Diet)', *Jurnal Ilmu Ternak*, 10(2), pp. 90–94.