

SKRIPSI
FABRIKASI KOMPOSIT HA/Al₂O₃ BERPORI
DENGAN 10, 20 DAN 30 WT % *SPACE HOLDER*



OLEH:
ARIF PRIYADI
03051281419066

PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2018

SKRIPSI
FABRIKASI KOMPOSIT HA/Al₂O₃ BERPORI
DENGAN 10.20 DAN 30 WT % *SPACE HOLDER*

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



OLEH:
ARIF PRIYADI
03051281419066

PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2018

HALAMAN PENGESAHAN

**FABRIKASI KOMPOSIT HA/Al₂O₃ BERPORI
DENGAN 10, 20 DAN 30 WT% SPACE HOLDER**

SKRIPSI

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

Oleh:

**ARIF PRIYADI
03051281419066**

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin



Arif Priyadi, S.T., M.Eng, Ph.D
NIP. 19711225 199702 1 001

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



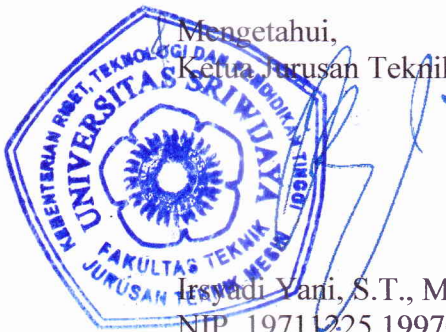
Gunawan S.T., MT, Ph.D
NIP.19770507 200112 1 001

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**Agenda No. :
Diterima Tanggal :
Paraf :**

SKRIPSI

NAMA : ARIF PRIYADI
NIM : 03051281419066
**JUDUL : FABRIKASI KOMPOSIT HA/Al₂O₃ BERORI DENGAN
10, 20 DAN 30 WT% SPACE HOLDER**
DIBERIKAN : November 2017
SELESAI : Mei 2018



Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin

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

Inderalaya, Mei 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 “Fabrikasi Komposit HA/Al₂O₃ Berpori dengan 10, 20, 30 wt% *space holder*” telah diseminarkan di hadapan Tim Penguji Seminar Proposal Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 14 Mei 2018 dan dinyatakan sah untuk melakukan penelitian lebih lanjut.

Indralaya, 14 Mei 2018

Tim penguji karya tulis ilmiah berupa Skripsi

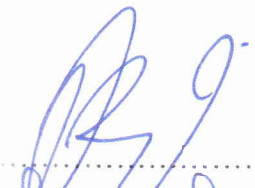
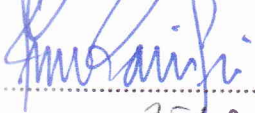
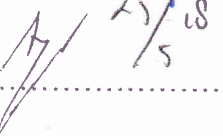
Ketua :

1. Muhammad Yanis, ST, M.T.
NIP. 19700228 199412 1 001


(.....)

Anggota :

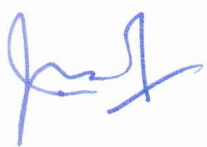
1. Irsyadi Yani, ST, M.Eng, Ph.D.
NIP. 19711225 199702 1 001
2. Amir Arifin, ST, M.Eng, Ph.D.
NIP. 19790927 200312 1 004
3. Agung Mataram, S.T., M.T., Ph.D.
NIP. 19790105 200312 1 002


(.....)

(.....)

(.....)

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 : Arif Priyadi

NIM : 03051281419066

Judul : Fabrikasi Komposit HA/Al₂O₃ Berpori Dengan 10, 20 Dan 30 wt% Space Holder

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, Mei 2018



Arif Priyadi

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Arif Priyadi

NIM : 03051281419066

Judul : Fabrikasi Komposit HA/Al₂O₃ Berpori Dengan 10, 20 Dan 30 wt%
Space Holder

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, Mei 2018



Arif Priyadi

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis atas kehadiran Allah Subhanallahu wa ta'ala yang telah memberikan Rahmat, Nikmat dan Karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini.

Skripsi yang berjudul “FABRIKASI KOMPOSIT HA/AL₂O₃ BERPORI DENGAN 10, 20 DAN 30 WT% *SPACE HOLDER*”, disusun untuk melengkapi salah satu syarat mendapatkan Gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

Dalam pengerjaan Skripsi ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu secara langsung maupun tidak langsung, baik secara moral maupun doa. Penulis mengucapkan rasa terima kasih tak terhingga kepada:

1. Allah Subhanahu wa ta'ala atas segala limpahan Rahmat dan HidayahNya;
2. Bapak Irsyadi Yani, S.T, M.Eng, Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya;
3. Bapak Amir Arifin, S.T, M.Eng, Ph.D. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya;
4. Bapak Gunawan S.T, M.T, Ph.D selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang banyak sekali memberikan arahan dan saran dalam menyelesaikan skripsi ini;
5. Bapak Prof. Dr. Ir. Nukman, M.T. selaku Koordinator KBK Material dan Kepala Lab. Metallurgi yang telah banyak memberikan bantuan;
6. Bapak Ir. HJ. Marwani, M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah dengan penuh kesabaran membimbing saya selama menjalani perkuliahan di Jurusan Teknik Mesin;

7. Kedua orang tua saya tercinta yang telah memberikan doa, kasih sayang, dorongan dan semangat baik secara moril maupun material demi keberhasilan saya sampai saat ini;
8. Kedua saudara adik perempuan saya tercinta Ike Devanti dan Firdaus Arivianti Hakim yang telah banyak memberikan dukungan, semangat dan motivasi kepada penulis;
9. Teman seperjuangan skripsi Aditya Nur Hidayat, M Adrian Indrajaya, Sufran Dinar Arian dan M iqbal saputra yang telah memberikan banyak bantuan dalam keadaan apapun;
10. Teman-teman rekan organisasi SRIWIJAYA ECO dan HMM;
11. Teman-teman Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya Angkatan 2014;
12. Rekan seperjuangan perjalanan pulang pergi Palembang Indralaya
13. Adik-adik Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya Angkatan 2015, 2016, 2017 atas dukungannya dalam pengerjaan skripsi dan tugas kuliah;
14. Rena Dwi Medina, S.KM yang telah memberikan semangat dan motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir;
15. Almamaterku Tercinta.

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 sangat penulis harapkan supaya dapat lebih baik lagi dikemudian hari.

Akhir kata penulis berharap semoga Skripsi ini dapat bermanfaat bagi kemajuan ilmu pengetahuan di masa yang akan datang.

Indralaya, Mei 2018

Penulis

RINGKASAN

FABRIKASI KOMPOSIT HA/Al₂O₃ BERPORI DENGAN 10, 20 DAN 30 WT% SPACE HOLDER

Karya Tulis Ilmiah Berupa Skripsi, 14 Mei 2018

Arif Priyadi; Dibimbing oleh Gunawan S.T, M.T Ph.D.

Fabrication Of Porous HA/Al₂O₃ Composite With 10, 20 And 30 wt% Space Holder

xxix + 60 halaman, 32 gambar, 12 tabel

RINGKASAN

Setiap tahunnya kebutuhan akan substitusi tulang terus meningkat. Hal ini dikarenakan oleh meningkatnya kecelakaan yang mengakibatkan patah tulang. Biomaterial keramik hidroksiapatit berpotensi sebagai bahan implan karena memiliki sifat biokompatibilitas dan bioaktif. Hidroksiapatit (HA) memiliki rumus kimia (Ca₁₀(PO₄)₆(OH)₂) termasuk senyawa biokeramik yang dibentuk dari unsur utama kalsium dan fosfor. Metodologi penelitian ini dimulai dengan mencari, mempelajari serta memahami studi literatur berupa jurnal-jurnal atau karya tulis ilmiah yang telah ada agar mendapatkan suatu pembelajaran baru dari penelitian sebelumnya. Pada pembuatan komposit ini menggunakan matrix berupa hidroksiapatit yang berbentuk serbuk hasil proses kalsinasi dan *reinforced* menggunakan serbuk alumina serta *space holder* yang digunakan berupa serbuk karet. Pembuatan komposit HA/Al₂O₃ menggunakan tiga variasi fraksi berat *space holder* yaitu 10%, 20%, dan 30% serta menggunakan metode kompaksi untuk mencetak komposit HA/Al₂O₃. Kemudian dilanjutkan dengan beberapa persiapan yaitu pengumpulan bahan uji seperti serbuk hidroksiapatit, serbuk alumina dan serbuk karet. Setelah mendapatkan bahan uji kemudian dilakukan proses pembuatan komposit pada setiap fraksi berat *space holder* yang berbeda, lalu proses *mixing* menggunakan alat *ball mill* hingga campuran terdistribusi secara merata. Pengujian *X-Ray Diffraction* (XRD), pengujian *Thermo Gravimetric Analyzer* (TGA), pengujian densitas, pengujian tekan dan pengujian *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dilakukan untuk mengetahui karakteristik sifat komposit HA/Al₂O₃. Untuk pengujian tekan sampel komposit digunakan tiga sampel pada setiap fraksi komposisi, sehingga jumlah seluruh ada sembilan sampel. Pengujian tekan pada setiap sampel menggunakan alat uji tekan *Hydraulic Universal Material Tester*. Pada pengujian struktur mikro menggunakan alat *Scanning Electron Microscopy* (SEM) yang digunakan untuk melihat porositas, struktur berpori, ukuran pori, dan ikatan pori pada komposit. Hasil dari beberapa pengujian komposit HA/Al₂O₃ berpori dimasukkan kedalam tabel dan grafik untuk pengujian tekan dan berupa gambar morfologi komposit untuk pengujian struktur mikro.

Kata Kunci : Biomaterial, Hidroksiapatit, Alumina, porositas, Kekuatan Tekan, *Space Holder*.

SUMMARY

FABRICATION OF POROUSS HA/Al₂O₃ COMPOSOTE WITH 10, 20 AND 30 WT% SPACE HOLDER

Scientific papers in the form of a scription, 14 Mei 2018

Arif Priyadi; supervised by Gunawan S.T, M.T, Ph.D.

Fabrikasi Komposit HA/Al₂O₃ Berpori dengan 10, 20 dan 30 wt% Space Holder

xxix + 60 pages, 32 pictures, 12 tables

SUMMARY

Every year the need for bone substitution continues to increase. This is due to the high number of accidents that result in fractures. Biomaterials of hydroxyapatite ceramics have potential as implant materials because they have biocompatibility and bioactive properties. Hydroxyapatite (HA) has a chemical formula (Ca₁₀(PO₄)₆(OH)₂) including bioceramic compounds formed from the main elements of calcium and phosphorus. This research methodology begins by searching, studying and understanding the literature studies in the form of existing scientific journals or papers to obtain a new learning from previous research. In the manufacture of this composite using a hydroxyapatite as matrix in the form of powder results of calcination, using alumina powder as reinfroce and space holder used in the form of rubber powder. The manufacture of HA/Al₂O₃ composite uses three variations of space holder weight fraction 10%, 20%, and 30% and using compaction method to print HA/Al₂O₃ composite. Then proceed with some preparation of collecting test materials such as hydroxyapatite powder, alumina powder and rubber powder. Then followed by some preparation of collecting test material, then mixing process using ball mill until until homogeneous mixture. X-Ray Diffraction (XRD) testing, Thermo Gravimetric Analyzer (TGA) testing, density testing, compress testing and Scanning Electron Microscopy (SEM) testing were performed to determine the characteristic properties of HA/Al₂O₃ composites. For the compressive test of composite used three samples at each composition fraction, so the total number of nine samples. Compressive test on each sample using Hydraulic Universal Material Tester press test equipment. In microstructure testing using Scanning Electron Microscopy (SEM) tool used to see porosity, porous structure, pore size, and pore bond on composite. Results from several porous HA/Al₂O₃ composite tests were incorporated into tables and graphs for compressive tests and composite morphologic images for microstructure testing.

Keywords : Biomaterials, Hydroxyapatite, Alumina, Porosity, Compressive Strenght, Space Holder.

Daftar Isi

Halaman Judul	i
Halaman Pengesahan	iii
Halaman Persetujuan	v
Halaman Pengesahan Agenda	vii
Halaman Persetujuan Publikasi	ix
Halaman Pernyataan Integritas	xi
Kata pengantar	xiii
Ringkasan	xv
Summary	xvii
Daftar Isi	xix
Daftar Gambar	xxiii
Daftar Tabel	xxv
Daftar Lampiran	xxvii
Daftar Simbol	xxix
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
1.6 Metode Penelitian.....	5
1.7 Sistematika Penelitian.....	6
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Pengertian dan Karakteristik Biomaterial	7
2.2 Klasifikasi Biomaterial	9
2.2.1 Biomaterial Polimer.....	9
2.2.2 Biomaterial Keramik (Biokeramik).....	9
2.2.3 Biomaterial Logam	10
2.3 Tulang	10

2.3.1 Sel Tulang.....	11
2.4 Tulang Sapi.....	11
2.5 Hidroksiapatit.....	12
2.6 Al ₂ O ₃ (Alumina)	14
2.6.1 Aplikasi Alumina (AL ₂ O ₃).....	14
2.6.2 Karakteristik Alumina (AL ₂ O ₃).....	14
2.7 Metode Sintesis Hidroksiapatit.....	15
2.8 Kompaksi.....	16
2.9 Sintering.....	17
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	19
3.1 Persiapan Pembuatan Keramik Hidroksiapatit Berpori.....	19
3.2 Diagram Alir Penelitian	20
3.3 Prosedur Penelitian.....	21
3.3.1 Persiapan bahan baku pembuatan biomaterial hidroksiapatit.....	21
3.3.2 Persiapan Hidroksiapatit.....	23
3.3.3 Persiapan <i>Reinforced</i>	24
3.3.4 Persiapan <i>Space Holder</i>	24
3.3.5 Persiapan Komposit Hidroksiapatit/Alumina Berpori.....	25
3.4 Metode Pengujian.....	25
3.4.1 Pengujian Densitas	26
3.4.2 Pengujian <i>Compression</i>	28
3.4.3 Pengujian <i>Scanning Electron Microscopy (SEM)</i>	29
3.4.4 Pengujian <i>Thermo Gravimetric Analyzer (TGA)</i>	30
3.4.5 Pengujian <i>X-Ray Diffraction (XRD)</i>	30
3.5 Analisa dan Pengolahan Data.....	31
3.6 Hasil Yang Diharapkan Pada Penelitian.....	31
BAB 4 ANALISA DAN PEMBAHASAN	33
4.1 Hasil Pengujian <i>X-Ray Diffraction (XRD)</i>	33
4.1.1 Hasil Pengujian <i>X-Ray Diffraction (XRD)</i> Tulang Sapi Kalsinasi 600°C	33
4.1.2 Hasil Pengujian <i>X-Ray Diffraction (XRD)</i> Serbuk Alumina (Al ₂ O ₃).....	35
4.1.3 Hasil Pengujian XRD Komposit HA/Al ₂ O ₃ Berpori	36
4.2 Hasil Pengujian TGA	39

4.3 Proses Kompaksi dan Sintering.....	40
4.4 Hasil Pengujian Densitas.....	46
4.5 Pengujian Scanning Electron Microscope (SEM)	52
4.6 Hasil Pengujian Tekan.....	55
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	59
5.1 Kesimpulan	59
5.2 Saran.....	60
DAFTAR PUSTAKA.....	61
Lampiran	63

Daftar Gambar

Gambar 2. 1 Karakteristik Biomaterial (Santos et al., 2017)	8
Gambar 2. 2 Proses Kompaksi (Rusianto, 2009)	16
Gambar 3. 1 Hasil Pengumpulan Limbah Tulang Sapi.....	19
Gambar 3. 2 Diagram Alir.....	20
Gambar 3. 3 Tulang sapi yang akan digunakan untuk membuat serbuk hidroksiapatit	21
Gambar 3. 4 Proses penghilangan kadar lemak dan sisa-sisa daging dengan cara direbus.....	22
Gambar 3. 5 Proses penghilahan kadar air tulang sapi yang telah direbus	22
Gambar 3. 6 Proses Pengecilan Dimensi Tulang	23
Gambar 3. 7 Tulang Sapi yang telah diolah untuk menjadi bahan baku.....	23
Gambar 3. 8 Serbuk Alumina (Al_2O_3) yang dibeli ditoko online	24
Gambar 3. 9 Proses pembuatan serbuk space holder dari karet penghapus	25
Gambar 3. 10 Skema Pengujian Densitas (ASTM, 2000).....	27
Gambar 3. 11 Alat uji tekan	28
Gambar 3. 12 Ukuran Spesimen Uji Tekan	29
Gambar 3. 13 Thermo Gravimetric Analyzer (TGA).....	30
Gambar 4. 1 Alat pengujian <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	33
Gambar 4. 2 Hasil pengujian XRD serbuk tulang sapi yang dikalsinasi pada temperatur 600°C.	34
Gambar 4. 3 Hasil Pengujian XRD Serbuk Aluminium Oksida (Al_2O_3).....	36
Gambar 4. 4 Hasil pengujian XRD serbuk tulang sapi pada temperatur 1200°C.	37
Gambar 4. 5 Grafik hasil pengujian TGA <i>Latex Powder</i>	39
Gambar 4. 6 Pengukuran dimensi spesimen sebelum dilakukan proses sintering, (a) tinggi spesimen sebelum <i>sintering</i> , (b) diameter spesimen sebelum <i>sintering</i> , (c) penimbangan spesimen sebelum <i>sintering</i>	40
Gambar 4. 7 Grafik Skema Proses <i>sintering</i> temperatur 1200°C.....	42

Gambar 4. 8 Pengukuran dimensi, (a) Diameter spesimen setelah proses <i>sintering</i> , (b) Tinggi spesimen setelah proses <i>sintering</i> , (c) Penimbangan setelah proses <i>sintering</i>	43
Gambar 4. 9 Grafik perbandingan rata-rata <i>shrinkage</i> terhadap fraksi berat <i>space holder</i>	46
Gambar 4. 10 (a) Sample Pengujian Densitas 10% <i>Space Holder</i> (b) Sample Pengujian Densitas 20% <i>Space Holder</i> (c) Sample Pengujian Densitas 30% <i>Space Holder</i>	46
Gambar 4. 11 Proses Pengujian Densitas, (a) Penimbangan massa kering, (b) penimbangan massa basah.....	47
Gambar 4. 12 Grafik hubungan perbandingan densitas rata-rata dengan persentase <i>space holder</i>	49
Gambar 4. 13 Grafik hubungan antara nilai persentase porositas terhadap variasi fraksi berat <i>space holder</i>	51
Gambar 4. 14 Hasil pengujian SEM komposit HA/Al ₂ O ₃ berpori pada titik I dengan perbesaran 1000X.	52
Gambar 4. 15 Hasil pengujian SEM komposit HA/Al ₂ O ₃ berpori pada titik I dengan perbesaran 5000X	53
Gambar 4. 16 Hasil pengujian SEM komposit HA/Al ₂ O ₃ berpori pada titik II dengan perbesaran 1000X	54
Gambar 4. 17 Hasil pengujian SEM komposit HA/Al ₂ O ₃ berpori pada titik I dengan perbesaran 5000X	54
Gambar 4. 18 Grafik hasil pengujian tekan komposit HA/Al ₂ O ₃ berpori.....	56

Daftar Tabel

Tabel 2. 1 Sifat fisika hidroksiapatit (Grenoble et al., 1972)	13
Tabel 2. 2 Karakteristik Alumina (Gernot, 1988).	15
Tabel 4. 1 Perbandingan Hasil XRD kalsinasi 600 °C dan standar ICDD	34
Tabel 4. 2 Peak list hasil serbuk XRD Al ₂ O ₃	35
Tabel 4. 3 Tabel Hasil Pengujian XRD Komposit HA/Al ₂ O ₃	38
Tabel 4. 4 Data dimensi spesimen sebelum dilakukan <i>sintering</i>	41
Tabel 4. 5 Dimensi dan Volume Setelah <i>Sintering</i>	44
Tabel 4. 6 Data hasil perhitungan persentase <i>shrinkage</i>	45
Tabel 4. 7 Data awal hasil pengujian densitas.....	47
Tabel 4. 8 Data hasil pengujian densitas <i>apparent</i> dan densitas teoritis	49
Tabel 4. 9 Densitas Relatif relatif Porositas Komposit HA/Al ₂ O ₃ Berpori.....	51
Tabel 4. 10 Data Hasil Pengujian Tekan Komposit HA/Al ₂ O ₃ Berpori	56

Daftar Lampiran

Lampiran 1 Perhitungan berat <i>space holder</i>	63
Lampiran 2 Perhitungan berat hidroksiapatat	63
Lampiran 3 Perhitungan berat alumina	63
Lampiran 4 Metode perhitungan volume spesimen sebelum <i>sintering</i>	64
Lampiran 5 Metode perhitungan volume spesimen setekah <i>sintering</i>	67
Lampiran 6 Metode perhitungan <i>shrinkage</i> tiap variasi spesimen.....	71
Lampiran 7 Metode perhitungan rata-rata <i>shrinkage</i>	75
Lampiran 8 Metode perhitungan densitas <i>apparent</i>	76
Lampiran 9 Metode perhitungan rata-rata densitas <i>apparent</i>	77
Lampiran 10 Metode perhitungan densitas teoritis	78
Lampiran 11 Metode perhitungan densitas relatif.....	78
Lampiran 12 Metode perhitungan porositas.....	79
Lampiran 13 Metode perhitungan rata-rata porositas	81
Lampiran 14 Metode Perhitungan kuat tekan	81
Lampiran 15 Metode perhitungan rata-rata kuat tekan	84
Lampiran 16 Serbuk hidroksiapatit, serbuk alumina dan serbuk karet	85
Lampiran 17 Berat serbuk hidroksiapatit, alumina dan serbuk karet pada setiap variasi komposisi	85
Lampiran 18 Serbuk setelah di mixing.....	86
Lampiran 19 Spesimen sebelum <i>sintering</i>	87
Lampiran 20 Spesimen setelah <i>sintering</i>	87

Daftar Simbol

Lambang	Keterangan	Satuan
d_0	Diameter awal	mm
d_1	Diameter akhir	mm
t_0	Tinggi awal	mm
t_1	Tinggi akhir	mm
V_0	Volume awal	mm^3
V_1	Volume akhir	mm^3
ρ	Densitas	g/cm^3
Φ	Porositas	%
F	Beban	N
A	Luas Penampang	mm^2
σ	Tegangan teknik	N/mm^2

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Terganggunya masalah kesehatan dan fungsi pada organ tubuh dapat mengakibatkan penurunan kualitas hidup suatu individu. Penanganan kerusakan pada fungsi beberapa organ dapat dilakukan dengan cara implantasi biomaterial. Biomaterial banyak digunakan untuk keperluan substitusi tulang.

Setiap tahunnya kebutuhan akan substitusi tulang terus meningkat. Hal ini dikarenakan oleh meningkatnya kecelakaan yang mengakibatkan patah tulang.

Kerusakan yang terjadi pada jaringan tulang dapat mengakibatkan kecacatan struktur serta menimbulkan gangguan pada fungsi tubuh. Upaya yang harus dilakukan untuk memperbaiki struktur jaringan tulang dapat dilakukan dengan menambahkan atau mengganti suatu jaringan. Penambahan dan penggantian jaringan biasa disebut dengan implan tulang yang berfungsi untuk memperbaiki keadaan bentuk dan fungsi yang normal, kenyamanan, serta keadaan sehat secara menyeluruh. (Putri et al., 2015).

Untuk memperbaiki kerusakan tulang tersebut diperlukan suatu material pengganti tulang. Pada bidang medis telah dilakukan perbaikan kerusakan tulang dengan berbagai jenis biomaterial. Allograft merupakan biomaterial yang berasal dari tulang manusia lain. Biomaterial ini memiliki kelemahan yaitu dapat terjadi infeksi jika tulang yang diimplan tidak sehat. Xenograft merupakan penggantian tulang manusia dengan tulang hewan. Kelemahan dari biomaterial ini yaitu perbedaan komposisi mineral tulang pada kedua biomaterial. Autograft merupakan penggantian tulang dari bagian tulang yang lain yang dimiliki oleh individu yang sama. Hal ini akan membuat pasien lebih menderita. Oleh karena itu, dilakukan modifikasi dalam pembuatan biomaterial untuk meminimalisir keterbatasan-keterbatasan pada material tersebut. Biomaterial yang tepat untuk dipilih sangat diperlukan untuk proses

menggantikan tulang, antara lain mudah didapat, biokompatibel, bioaktif serta tidak toksik. (Sulistioso et al., 2012).

Biomaterial keramik hidroksiapatit berpotensi sebagai bahan implan karena memiliki sifat biokompatibilitas dan bioaktif. Hidroksiapatit (HA) memiliki rumus kimia $(C_{10}(PO_4)_6(OH)_2)$ termasuk senyawa biokeramik yang dibentuk dari unsur utama kalsium dan fosfor. HA memiliki sifat biokompatibilitas dan bioaktifitas yang baik sehingga banyak digunakan sebagai bahan implantansi tulang dan gigi. Namun, hidroksiapatit memiliki sifat mekanik yang kurang baik sehingga membatasinya sebagai kandidat pengganti jenis tulang keras. Untuk meminimalisir sifat ini maka dilakukan modifikasi dengan menambahkan keramik sebagai matriks. Biomaterial dengan menggabungkan dua komponen senyawa kalsium fosfat dan keramik disebut komposit. Komposit cukup memiliki potensi untuk dapat digunakan sebagai biomaterial pengganti tulang. Matriks yang digunakan dalam hal ini adalah keramik alumina.

Keramik alumina memiliki sifat mekanik yang baik serta kompatibel, namun keramik alumina tidak mempunyai kemampuan untuk menumbuhkan jaringan tulang (bioinert). Sehingga, penggabungan antara karakteristik mekanik keramik alumina dengan karakteristik hidroksiapatit bisa menjadi atraktif untuk menghasilkan komposit alumina-hidroksiapatit yang dapat dipakai sebagai biomaterial implan tulang (Fadli et al., 2014).

Biomaterial hidroksiapatit dapat dihasilkan dari bahan alami yang banyak mengandung kalsium dalam bentuk senyawa kalsium karbonat $CaCO_3$. Kalsium karbonat sendiri dapat kita temukan di sekitar lingkungan hidup kita seperti di dalam tulang-tulang, cangkang, dan pelindung hewan lunak. Melimpahnya bahan-bahan alami yang dapat diolah untuk dijadikan sebagai bahan pembuatan hidroksiapatit hal ini merupakan potensi yang luar biasa baik dari segi ekonomi, farmasi, industri, maupun kesehatan. Tulang sapi adalah salah satu dari banyak bahan yang mengandung $CaCO_3$ yang sangat mudah kita temukan di setiap tempat dan waktu, hampir di semua rumah pematangan hewan misalnya dihasilkan tulang sapi melimpah yang pada umumnya dijual dengan harga yang rendah bahkan menjadi limbah, apabila limbah tulang

tersebut diolah menjadi hidroksiapatit tentu akan menaikkan nilai ekonomi dan daya gunanya (Fitriawan et al., 2014).

Space holder digunakan untuk menciptakan komposit HA/Al₂O₃ berpori pada spesimen yang nantinya akan dilakukan proses sintering sehingga diharapkan terbentuk pori-pori pada material komposit HA/Al₂O₃ ini.

Berdasarkan uraian diatas tersebut penulis mengambil tugas akhir / skripsi: **“FABRIKASI KOMPOSIT HA/Al₂O₃ BERPORI DENGAN 10, 20 DAN 30 wt% SPACE HOLDER”**.

1.2 Rumusan Masalah

Dari penjelasan latar belakang tersebut maka akan dilakukan pembuatan komposit HA/Al₂O₃. Matriks yang digunakan sebagai hidroksiapatit berasal dari limbah tulang sapi sedangkan Al₂O₃ sebagai reinforced (penguat) serta latex powder sebagai space holdernya. Proses pembuatan komposit HA/Al₂O₃ berpori menggunakan 3 variasi wt% space holder yang berbeda untuk mengetahui karakteristik kekuatan mekanik serta struktur material disetiap spesimen uji sesuai dengan wt% space holder yang digunakan. Untuk mengatasi hal tersebut maka dilakukan penelitian Fabrikasi keramik HA/Al₂O₃ berpori dengan variasi material wt% space holder.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah yang akan dibahas pada penelitian ini, sebagai berikut :

1. Hidroksiapatit yang berasal dari tulang sapi digunakan sebagai matriks.
2. Al_2O_3 (alumina) serbuk digunakan sebagai reinforced.
3. Latex powder (Serbuk karet) digunakan sebagai space holder.
4. Parameter sintering yang digunakan adalah pada temperatur 1200°C dengan heating rate sebesar $5^\circ\text{C}/\text{min}$ dan Holding Time selama 3 jam.
5. Pengujian yang akan dilakukan dalam penelitian ini adalah pengujian densitas, pengujian compression (uji tekan), pengujian struktur mikro (SEM), pengujian fasa kristalin XRD, dan pengujian perubahan ukuran dan massa space holder TGA.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk menganalisis struktur mikro komposit HA/ Al_2O_3 berpori dengan variasi berat fraksi berat total *space holder* yang berbeda.
2. Menganalisis karakteristik komposisi, sifat fisik, sifat mekanik dan sifat kimia dari komposit HA/ Al_2O_3 berpori.
3. Menganalisis dan memahami pengaruh variasi berat total *space holder* dari komposit HA/ Al_2O_3 terhadap sifat mekanis dan sifat fisik komposit HA/ Al_2O_3 .

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dalam penelitian ini adalah :

1. Membuat komposit HA/Al₂O₃ berpori sebagai biomaterial bahan implan tulang dalam dunia kesehatan.
2. Dapat mengurangi permasalahan limbah, terutama terutama limbah tulang sapi yang dihasilkan dari rumah makan.
3. Sebagai bahan referensi pada dunia pendidikan dalam pembuatan material komposit yang mengandung hidroksiapatit dan Al₂O₃

1.6 Metode Penelitian

Metode penulisan yang digunakan dalam proses penulisan skripsi ini adalah :

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

1.7 Sistematika Penelitian

Pada penulisan 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

Bab yang berisikan tentang kesimpulan dari hasil penelitian dan saran tentang penelitian dari hasil yang didapat.

DAFTAR PUSTAKA

- Anwar, S., and Solechan. (2014). Analisa Karakteristik dan Sifat Mekanik Scaffold Rekonstruksi Mandibula dari Material Bhipasis Calcium Phosphate dengan Penguat Cangkang Kerang Srimping dan Gelatin Menggunakan Metode Functionally Graded Material. *Prosiding SNATIF ke-1*, 137-134.
- ASTM. (2000). *Standard Test Methods for Density and Specific Gravity (Relative Density) of Plastics by Displacement*. United States.: West Conshohocken.
- Barsoum, M. (1997). *Fundamentals of Ceramic* (Vol. 2). New York: Mc Graw-Hill Companies.
- Brown, M. E. (2001). *Introduction to Thermal Analysis*. London: Kluwer Academic Publisher.
- Darmayanto. (2009). *Penggunaan Serbuk Tulang Ayam Sebagai Penurunan Intensitas Warna Air Gambut*. (Tesis), Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Davis. (2003). *Handbook Of Materials For Medical Devices*. USA: ASM International, Material Park.
- Fadli, A., Akbar, F., and Komalasari. (2014). *Pembuatan Serbuk Hidroksiapatit Dan Komposit Alumina-Hidroksiapatit Berposri Untuk Aplikasi Orthopedik*. Laporan Tahunan 1 Penelitian Hibah Kompetensi. Fakultas Teknik. Universitas Riau.
- Fitriawan, M., Amalia, S. R., Saputra, B. A., Setyawati, E., Yulianto, A., Mahardika, and Aji, P. (2014). Sintesis Hidroksiapatit Berbahan Dasar Tulang Sapi dengan Metode Pretipitasi sebagai Kandidat Pengganti Graft Berdasarkan Compressive Strength. *Prosiding SNMF*.
- Gernot, K. (1988). *High-Tech Ceramics*. Zurich: Academic Press.
- Grenoble, D. E., Katz, J. L., Dunn, K. L., Gilmore, R. S., and Murty, K. L. (1972). The Elastic Properties of Hard Tissues and Apatites. *Journal of Biomedical Materials Research*, 6(3), 221-233.
- Hadi, S. (2016). *Teknologi Bahan*. Yogyakarta: ANDI Yogyakarta.
- Hilmi, I., Rinastiti, M., and Herliansyah, M. K. (2011). *Synthesis of Hydroxyapatite From Local Bovine for Biomedical Application*. Paper presented at the 2011 International Conference on Instrumentation, Bandung, Indonesia.
- Ismunandar, Kennedy, B. J., Gunawan, and Marsongkohadib. (1996). Structure of $ABi_2Nb_2O_9$ (A= Sr, Ba): Refinement of Powder Neutron Diffraction Data. *Journal of Solid State Chemistry*, 126(1), 135-141.
- Kusrini, E., and Sontang, M. (2012). Corrigendum to "Characterization of x-ray diffraction and electron spin resonance: Effects of sintering time and temperature on bovine hydroxyapatite". *Radiation Physics and Chemistry*, 87, 118-125.

- Mohomed, K. (2010). Thermogravimetric Analysis Theory, Operation, Calibration, and Data Interpretation. *Thermal Application Chemist*.
- Navarro, M., Michiardi, A., Castano, O., and Planell, J. A. (2008). Biomaterials in orthopaedics. *J. R. Soc. Interface*, 5, 1137-1158.
- Ooi, C. Y., Hamdi, M., and Ramesh, S. (2007). Properties of hydroxyapatite produced by annealing of bovine bone. *Ceramics International*, 33(7).
- Priyana, A. (2007). Peran pertanda tulang dalam serum pada tatalaksana osteoporosis. *Universa Medicina*, 26, 152-159.
- Pudjiastuti, A. R. (2012). *preparasi hidroksiapatit dari tulang sapi dengan metode kombinasi ultrasonik dan spray drying*. Depok.
- Putri, E. D., Prasetya, F., Azkiya, N. I., Rosiana, A., and Wardhani, S. (2015). Sintesis Hidroksiapatit Berbahan Dasar Precipitated Calcium Carbonate (PCC) Dengan Metode Basah Pengendapan. *Prosiding Seminar Nasional Kimia*, 1-5.
- Respati, S. M. B. (2010). Bahan Biomaterisl Stainless Steel Dan Keramik. *Momentum*, 6, 5-8.
- Rusianto, T. (2009). Hot Pressing MetalurgiI Serbuk Aluminium Dengan Variasi Suhu Pemanasan. *Jurnal Teknologi*, 2, 89-95.
- Santos, V. d., Brandalise, R. N., and Savaris, M. (2017). *Engineering Of Biomaterials*. CH: Springer International Publishing AG.
- Sanusi, D. (2013). Analitik Instrumen X-Ray Diffraction. *Material Science Instrument*, 2, 155-167.
- Schellekens, R. C. A., H, B. J., M, W. E., Frans, S., W, K. J. G., Woerdenbag, H. J., and W, F. H. (2012). Film coated tablets (ColoPulse technology) for targeted delivery in the lower intestinal tract: Influence of the core composition on release characteristics. *Pharmaceutical Development and Technology*, 17(1), 40-47. doi:10.3109/10837450.2010.513986
- Sidiqa, A. N., Djustiana, N., Sunendar, B., and Febrida, R. (2012). Surface Modification of Multilayer Coatings Ti-Al-Cr and Hydroxyapatite on Calcium Phosphate Cement with Sol-Gel Method. *Journal of Dentistry Indonesia*, 19, 43-46.
- Sulistioso, Deswita, Wulanawati, A., and Ronawati, A. (2012). Sintesis Hidroksiapatit Berpori Dengan Progen Kitosan Dan Karakteristiknya. *J. Kimia Kemasan*, 34, 220-225.
- Suryadi. (2011). *Sintesis dan Karakteristik Biomaterial Hidroksiapatit dengan Proses Pengendapan Kimia Basah*. (Tesis), Universitas Indonesia, Depok.
- Wulandari, R., Munawarti, N. D., Permatasari, D., Ain, Z., Wari, W. S., and Wardhani, S. (2015). *Sintesis Alumina Dari Limbah Anodisasi Dengan Metode Sol-Gel. KAJIAN : WAKTU AGING*. Paper presented at the Prosiding Seminar Nasional Kimia, Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Surabaya.