

# **SKRIPSI**

## **STUDI PENGARUH TEMPERATUR KOMPAKSI PADA PEMBUATAN KOMPOSIT HA/PVA**

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



**ILHAM GUSTI WIJAYANTO**

**03051181823105**

**JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2022**

# **SKRIPSI**

## **STUDI PENGARUH TEMPERATUR KOMPAKSI PADA PEMBUATAN KOMPOSIT HA/PVA**

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



**OLEH  
ILHAM GUSTI WIJAYANTO  
03051181823105**

**JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
2022**

# HALAMAN PENGESAHAN

## STUDI PENGARUH TEMPERATUR KOMPAKSI PADA PEMBUATAN KOMPOSIT HA/PVA

### SKRIPSI

Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar sarjana Teknik Mesin  
Pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

Oleh:

**ILHAM GUSTI WIJAYANTO**  
03051181823105

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Mesin



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

Indralaya, Januari 2022  
Diperiksa dan disetujui oleh  
Pembimbing Skripsi

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Amir Arifin', written over a faint circular stamp.

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

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

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

---

**SKRIPSI**

**NAMA** : ILHAM GUSTI WIJAYANTO  
**NIM** : 03051181823105  
**JURUSAN** : TEKNIK MESIN  
**JUDUL SKRIPSI** : STUDI PENGARUH TEMPERATUR  
KOMPAKSI PADA PEMBUATAN KOMPOSIT  
HA/PVA.  
**DIBUAT TANGGAL** : AGUSTUS 2021  
**SELESAI TANGGAL** : JANUARI 2021

**Indralaya, Januari 2022**

**Mengetahui,**

  
**Ketua Jurusan Teknik Mesin**  
  
**Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D.**  
**197112251997021001**

**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 “STUDI PENGARUH TEMPERATUR KOMPAKSI PADA PEMBUATAN KOMPOSIT HA/PVA” telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin Universitas Sriwijaya pada tanggal 06 Januari 2022.

Palembang, Januari 2022

Tim Penguji Karya tulis ilmiah berupa Skripsi

Ketua :

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

NIP. 197705072001121001

Sekretaris :

2. Barlin, S.T., M.Eng., Ph.D.

NIP. 19810630200641001

Anggota :

3. Zulkarnain, S.T., M.Sc., Ph.D.

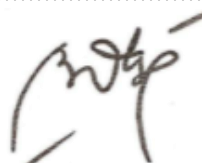
NIP. 198105102008011005

4. Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D.


NIP. 197112251997021001



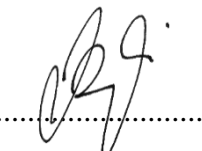
(.....)



(.....)



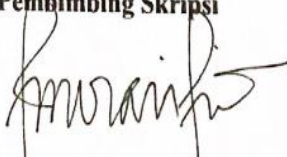
(.....)



(.....)



Indralaya, 07 Januari 2022  
Diperiksa dan disetujui oleh:  
Pembimbing Skripsi



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

# KATA PENGANTAR

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

Proposal skripsi yang berjudul "Studi Pengaruh Temperatur Kompaksi Pada Pembuatan HA/PVA", 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 terimakasih yang tak terhingga atas segala bimbingan dan bantuan yang telah diberikan dalam penyusunan proposal ini kepada:

1. Bapak Suprianto dan Ibu Supiyah selaku orang tua penulis yang selalu mendukung baik secara lahir maupun batin.
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 proposal skripsi ini.
4. Gunawan, S.T., M.T., Ph.D selaku Dosen pengarah Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya sekaligus sebagai Dosen Pembimbing II Skripsi yang telah banyak sekali memberikan arahan dan saran dalam menyelesaikan proposal skripsi ini.
5. Dr. Ir. Hendri Chandra, M.T. Selaku pembimbing akademik penulis di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
6. Teman-teman Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya Angkatan 2018 dan Keluarga Mahasiswa Lampung Universitas Sriwijaya.

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

Indralaya, Januari 2022

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Ilham Gusti Wijayanto', written in a cursive style.

Ilham Gusti Wijayanto

## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Ilham Gusti Wijayanto

NIM : 03051181823105

Judul : Laporan Akhir/Skripsi/Tesis/Disertasi\*

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, Januari 2022



Ilham Gusti WIjayanto

NIM. 03051181823105



# HALAMAN PERNYATAAN INTERGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Ilham Gusti Wijayanto

Nim : 03051181823105

Judul : Studi Pengaruh Temperatur Kompaksi Pada Pembuatan Komposit HA/PVA.

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

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



Indralaya, 10 Januari 2022



Ilham Gusti Wijayanto

NIM. 0305118182310

# RINGKASAN

STUDI PENGARUH TEMPERATUR KOMPAKSI PADA PEMBUATAN  
KOMPOSIT HA/PVA.

Karya tulis ilmiah berupa skripsi, 10 Januari 2022

Ilham Gusti Wijayanto; Dibimbing oleh Amir Arifin, S.T., M.Eng., Ph.D.

STUDI PENGARUH TEMPERATUR KOMPAKSI PADA PEMBUATAN  
KOMPOSIT HA/PVA

XXVIII + 66 halaman, 22 tabel, 36 gambar

## RINGKASAN

Pembuatan biomaterial tulang telah banyak mengalami perkembangan hal ini ditunjukkan dengan banyaknya metode dan material yang digunakan. Salah satu material yang dijadikan sebagai kandidat material bone graft adalah hidroksiapatit (HA). Hidroksiapatit memiliki rumus kimia  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$  dengan ikatan mineral stabilitas dan struktur kristal yang mirip pada jaringan tulang manusia bersifat bioaktif, biokompatibel dan osteo-konduktif sehingga dapat menyatu dengan tulang (*bone integration*) dan dapat mempercepat regenerasi tulang (*bone regeneration*) yang dibutuhkan dalam proses penyembuhan tulang. Pada penelitian HA didapatkan dari tulang sapi yang disintesis melalui metode kalsinasi pada temperatur  $600^\circ\text{C}$  selama 1 jam. Komposisi tulang sapi terdiri atas 93% HA dan 7%  $\beta$ -tricalcium phosphate ( $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ,  $\beta$ -TCP. Selain itu tulang sapi tersusun atas zat anorganik yaitu terdiri dari unsur Ca, P, O, H, Na dan Mg. Untuk meningkatkan karakteristik HA dikombinasikan dengan material lain yaitu polyvinyl alcohol (PVA) yang memiliki sifat bio-tribological, tahan terhadap gesekan dan keausan serta memiliki elastisitas dan kekuatan tekan yang baik. Metode sintering dingin

digunakan untuk mensintesis HA/PVA dengan tekanan 600 Mpa dan variasi temperatur 90°C, 100°C dan 120°C selama 30 menit. Metode sintering dingin memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan metode lainn yaitu penggunaan temperatur yang rendah dan proses yang lebih singkat sehingga menghemat energi yang digunakan. Komposisi HA/PVA yang digunakan diantaranya 70 wt% HA / 30 wt% PVA, 80 wt% HA / 20 wt% PVA dan 90 wt% HA / 10 wt% PVA. Untuk mengidentifikasi karakteristik sifat kimia (fasa), sifat fisik (densitas dan morfologi), dan sifat mekanik (kekuatan tekan) pada komposit HA/PVA dilakukan beberapa pengujian dan pengamatan. Hasil pengujian porositas komposit HA/PVA mengalami penurunan persentase porositas dengan meningkatnya temperatur dan komposisi PVA pada proses sintering dingin dengan persentase porositas 7.2405% hingga 30,7468%. Hasil pengujian XRD komposit HA/PVA terdapat dua fasa yang ditampilkan yaitu HA dan PVA, fasa yang mendominasi adalah fasa HA dan menunjukkan kesamaan difraksi pada penelitian sebelumnya. Hasil pengujian kekuatan tekan komposit HA/PVA mengalami peningkatan kekuatan tekan dengan meningkatnya temperatur yang digunakan pada proses sintering dingin. Kekuatan tekan yang didapatkan yaitu 20.625 Mpa hingga 45,1884 Mpa. Hasil pengamatan SEM komposit HA/PVA menunjukkan pori dengan ukuran mikron.

**Kata Kunci** : Hidroksiapatit, PVA, Tulang Sapi, Sintering dingin.

Kepustakaan : 60 (2014-2021)

# SUMMARY

STUDY OF THE EFFECT OF COMPACTION TEMPERATURE ON THE  
MANUFACTURE OF HA/PVA COMPOSITES.

Scientific papers in the form of a thesis, January 10, 2022

Ilham Gusti Wijayanto; Supervised by Amir Arifin, S.T., M.Eng., Ph.D.

STUDY OF THE INFLUENCE OF COMPACT TEMPERATURE ON THE  
MANUFACTURE OF HA/PVA COMPOSITES

XXVIII + 90 pages, 22 tables, 36 images

## SUMMARY

The manufacture of bone biomaterials has undergone much development this is indicated by the many methods and materials used. One of the materials used as a candidate for bone graft material is hydroxyapatite (HA). Hydroxyapatite has the chemical formula  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$  with similar stability mineral bonds and crystal structures in human bone tissue that are bioactive, biocompatible, and osteoconductive so that it can fuse with bone (bone integration) and can accelerate bone regeneration needed in the bone healing process. In the ha study obtained from cow bones synthesized through calcination method at a temperature of  $600^\circ\text{C}$  for 1 hour. The composition of cow bones consists of 93% HA and 7%  $\beta$ -tricalcium phosphate ( $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ,  $\beta$ -TCP. In addition, cow bones are composed of inorganic substances consisting of elements Ca, P, O, H, Na, and Mg. To improve the characteristics of HA combined with other materials, namely polyvinyl alcohol (PVA) which has bio-tribological properties, resistant to friction and wear and wear, and has good elasticity and compressive strength. The cold sintering method is used to system HA/PVA with a pressure of 600 Mpa and temperature variations of  $90^\circ\text{C}$ ,  $100^\circ\text{C}$ , and  $120^\circ\text{C}$  for 30 minutes. The cold sintering method has several advantages compared to

other methods, namely the use of low temperatures and shorter processes that save energy. The composition of HA /PVA used includes 70 wt% HA / 30 wt% PVA, 80 wt% HA / 20 wt% PVA, and 90 wt% HA / 10 wt% PVA. To identify the characteristics of chemical properties (phase), physical properties (density and morphology), and mechanical properties (compressive strength) in HA/PVA composites, several tests and observations were performed. HA/PVA composite porosity testing results decreased the percentage of porosity with increasing temperature and composition of PVA in cold sintering processes with porosity percentages of 7.2405% to 30.7468%. The results of the HA/PVA composite XRD test showed two phases, namely HA and PVA, the dominating phase was phase HA and showed similar diffraction in previous studies. The results of the HA/PVA composite compress strength test increased the compressive strength with the increase in temperature used in the cold sintering process. The compressive strength obtained is 20.625 Mpa to 45.1884 Mpa. The results of SEM composite HA / PVA observations show pores with micron size.

**Keywords** : Hydroxyapatite, PVA, Bovine Bone, Cold Sintering.

Literature : 60 (2014-2021)

# DAFTAR ISI

DAFTAR ISI.....	xxi
DAFTAR TABEL.....	xxiii
DAFTAR GAMBAR.....	xxv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xxvii
<b>BAB 1 PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1    Latar Belakang.....	1
1.2    Rumusan Masalah.....	2
1.3    Batasan Masalah.....	3
1.4    Tujuan Penelitian.....	3
1.5    Manfaat Penelitian.....	3
<b>BAB 2 TINJAU PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
2.1    Biomaterial.....	5
2.1.1    Biomaterial Logam.....	6
2.1.2    Biomaterial Polimer.....	8
2.1.4    Biomaterial Komposit.....	12
2.2    Implan Tulang.....	13
2.3    Tulang Sapi.....	14
2.4    Hidroksiapatit.....	15
2.4.1    Karakteristik Hidroksiapatit.....	16
2.4.2    Sintesis Hidroksiapatit.....	19
2.5    Polyvinyl Alcohol (PVA).....	22
2.6    Kompaksi.....	23
2.7    Sintering.....	24
2.7.1    Sintering Konvensional.....	24
2.7.2    Sintering Dingin.....	24
<b>BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>31</b>
3.1    Diagram Alir Penelitian.....	31

3.2	Persiapan Alat dan Bahan .....	32
3.2.1	Persiapan Alat .....	33
3.2.2	Persiapan Bahan .....	33
3.3	Prosedur Penelitian.....	33
3.3.1	Persiapan Bahan Baku Pembuatan Hidroksiapatit .....	33
3.3.2	Pengolahan Tulang Sapi.....	33
3.3.3	Pembuatan Serbuk Hidroksiapatit (Kalsinasi) .....	35
3.3.4	Proses Sintering.....	35
3.5	Metode Pengujian.....	36
3.5.1	Pengujian XRD .....	36
3.5.2	Pengujian Densitas .....	37
3.5.3	Pengujian Tekan.....	39
3.5.4	Pengamatan Scanning Electron Microscopy (SEM).....	40
3.6	Analisa dan Pengolahan Data.....	41
3.7	Tempat dan Waktu Penelitian .....	42
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>43</b>
4.1	Persiapan Alat dan Bahan .....	43
4.1.1	Alat Cold Sintering.....	43
4.1.2	Kalsinasi .....	44
4.1.3	Sintering .....	45
4.2	Analisa Pengujian.....	46
4.2.1	Pengujian Densitas .....	46
4.2.2	Pengujian XRD .....	55
4.2.3	Pengujian Tekan.....	57
4.2.4	Pengamatan <i>Scanning Electron Microscopy (SEM)</i> .....	63
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>		<b>65</b>
5.1	Kesimpulan.....	65
5.2	Saran.....	66
DAFTAR RUJUKAN .....		i
LAMPIRAN .....		i

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Jenis Material dan Aplikasinya .....	6
Tabel 2.2 Sifat Mekanik Biomaterial Logam .....	8
Tabel 2.3 Biomaterial Polimer dan Aplikasinya .....	9
Tabel 2.4 Sifat Mekanik Biomaterial Polimer.....	10
Tabel 2.5 Sifat Mekanik Biomaterial Keramik .....	11
Tabel 2.6 Biomaterial Keramik dan Aplikasinya .....	11
Tabel 2.7 Biomaterial Komposit dan Aplikasinya .....	12
Tabel 2.8 Sifat Mekanik Biomaterial Komposit .....	13
Tabel 2.9 Sifat Mekanik Hidroksiapatit .....	18
Tabel 3.1 Data Pengujian .....	42
Tabel 3. 2 Waktu Kegiatan.....	42
Tabel 4.1 Data Hasil Pengujian Densitas dan Porositas Komposit 70 wt% HA /30 wt% PVA.....	49
Tabel 4.2 Data Hasil Pengujian Densitas dan Porositas Komposit 80 Wt% HA /20 Wt% PVA. ....	49
Tabel 4.3 Data hasil pengujian densitas dan porositas komposit 90 wt% HA / 10 wt% PVA. ....	50
Tabel 4.4 Data hasil pengujian densitas dan porositas komposit 80 wt% HA / 20 wt% PVA pada temperatur 90 °C dan 120 °C .....	52
Tabel 4.5 Data hasil pengujian densitas dan porositas komposit 70 wt% HA/ 30 wt% PVA pada temperatur 90 °C dan 100 °C .....	53
Tabel 4.6 Data Hasil Pengujian Kekuatan Tekan Komposit HA/PVA Pada Temperatur 90°C.....	59
Tabel 4.7 Data Hasil Pengujian Kekuatan Tekan Komposit HA/PVA pada Temperatur 100°C.....	59
Tabel 4.8 Data Hasil Pengujian Kekuatan Tekan Komposit HA/PVA pada Temperatur 120°C.....	60



Tabel 4.9 Data Hasil Pengujian Kekuatan Tekan Komposit HA/PVA pada Temperatur 100°C di Batan.....	61
Tabel 4.10 Data Hasil Pengujian Kekuatan Tekan Komposit HA/PVA pada Temperatur 100°C di Batan .....	61
Tabel 4. 11 Data Hasil Pengujian Kekuatan Tekan Komposit HA/PVA pada Temperatur 120°C di Batan .....	61

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Aplikasi Biomaterial Logam.....	7
Gambar 2.2	Aplikasi Implan dan Ortopedi Tubuh Manusia .....	14
Gambar 2.3	Struktur Kristal Hidroksiapatit .....	16
Gambar 2.4	Metode Sintesis Hidroksiapatit.....	19
Gambar 2.5	Unit Polyvinyl Alcohol.....	23
Gambar 2.6	Proses Kompaksi .....	24
Gambar 2.7	Aplikasi Low Temperature Sintering .....	25
Gambar 2.8	Skematik Proses Sintering Dingin.....	28
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian.....	31
Gambar 3.2	Pengumpulan Tulang Sapi.....	33
Gambar 3.3	Proses Penjemuran Tulang Sapi .....	34
Gambar 3.4	Potongan Tulang Ukuran 1x1 cm.....	34
Gambar 3.5	Skema Proses Sintering .....	36
Gambar 3.6	Alat Uji XRD Rigaku Miniflex 600 .....	37
Gambar 3.7	Skema Pengujian Densitas.....	38
Gambar 3.8	Alat Uji Tekan Bongshin Hidraulik.....	40
Gambar 3.9	Alat Uji <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM).....	41
Gambar 4.1	Desain Alat Cold Sintering.....	43
Gambar 4.2	Proses Kalsinasi Tulang Sapi.....	44
Gambar 4.3	Serbuk Hidroksiapatit .....	45
Gambar 4.4	Skema Proses Sintering Dingin .....	45
Gambar 4.5	Tampak atas spesimen komposit HA/PVA dengan temperatur a) 90°C, b) 100°C, dan c) 120°C .....	46
Gambar 4.6	Tampak samping spesimen komposit HA/PVA dengan temperatur a) 90°C, b) 100°C, dan c) 120°C.....	46
Gambar 4.7	Pengambilan Data Berat Kering Komposit HA/PVA .....	47
Gambar 4.8	Pengambilan Data Berat Basah Komposit HA/PVA.....	47

Gambar 4.9	Grafik Porositas Komposit 70 wt% HA / 30 wt% PVA Pada Temperatur 90°C .....	51
Gambar 4.10	Grafik Porositas Komposit 80 wt% HA / 20 wt% PVA Pada Temperatur 100°C .....	51
Gambar 4.11	Grafik Porositas Komposit 90 wt% HA / 10 wt% PVA Pada Temperatur 120°C.....	52
Gambar 4.12	Grafik porositas komposit 70 wt% HA/30 wt% PVA Temperatur 90°C dan 120 °C.....	54
Gambar 4. 13	Grafik porositas komposit 80 wt% HA/20 wt% PVA pada temperatur 90°C dan 100°C .....	54
Gambar 4. 14	Spektrum Hasil XRD Serbuk Hidroksiapatit.....	56
Gambar 4. 15	Spektrum Hasil XRD Komposit HA/PVA pada Temperatur 120°C.....	57
Gambar 4.16	Pengambilan Data Kekuatan Tekan a) diberikan Gaya Tekan dan b) Setelah diberikan Gaya Tekan.....	59
Gambar 4.17	Grafik Kekuatan Tekan Komposit HA/PVA Melalui Proses Sintering Dingin Pada Temperatur 90°C, 100°C dan 120°C.....	60
Gambar 4.18	Grafik Kekuatan Tekan Komposit HA/PVA Melalui Proses Sintering Dingin Pada Temperatur 100°C dan 120°C.....	62
Gambar 4. 19	Hasil pengamatan SEM komposit HA/PVA pada temperatur 120°C dengan perbesaran (a) 500x dan (b) 1000x.....	63

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Alat dan Bahan.....	i
Lampiran 2. Proses Sintering Dingin .....	ii
Lampiran 3. Pengukuran Dimensi.....	iii
Lampiran 4. Pengujian Densitas.....	v
Lampiran 5. Pengujian Tekan .....	vi
Lampiran 6. Grafik Pengujian Tekan .....	vii
Lampiran 7. Kartu Asistensi Bimbingan Skripsi.....	xiii
Lampiran 8. Formulir Pemeriksaan Format Skripsi .....	xiv
Lampiran 9. Cek Similaritas (Turnitin).....	xv

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pengembangan material terus dilakukan untuk menunjang kesehatan dan hidup manusia. Penggunaan material asing dalam tubuh manusia telah dilakukan sejak lama dan bukan hal yang baru, material tersebut digunakan untuk memperbaiki organ tubuh dalam menjalankan fungsi tertentu. Material seperti itu disebut biomaterial yaitu material khusus yang diciptakan untuk berintegrasi dengan sistem biologi tubuh manusia. Biomaterial digunakan untuk memperbaiki atau mengganti bentuk jaringan maupun organ tubuh manusia yang mengalami kerusakan.

Hingga saat ini telah banyak penggunaan biomaterial diantaranya implan tulang, gigi, engsel sendi, katup jantung dan lain sebagainya. Dalam penerapannya implan biomaterial pada tulang telah banyak digunakan, hal ini disebabkan oleh peranan tulang yang sangat penting dalam pergerakan tubuh manusia (Gunawan et al., 2018). Selain itu tulang dalam tubuh manusia adalah struktur penopang (*los bearing*), fungsi tulang dapat mengalami penurunan bahkan kegagalan disebabkan oleh banyak faktor. Diantaranya faktor usia, infeksi dan tumor tulang, kecelakaan yang menyebabkan patah tulang maupun cacat bawaan (Wahyudi et al., 2019).

Material yang dapat dijadikan sebagai implan tulang cukup beragam baik jenis logam maupun non-logam. Salah satu material non-logam adalah hidroksiapatit (HA) yang merupakan jenis bahan biokeramik. Hidroksiapatit merupakan komponen utama pembentuk tulang dan gigi yang memiliki struktur hampir sama dengan tulang manusia dan dijadikan kandidat material *bonegraft* (Novalina et al., 2020). Hidroksiapatit (HA) termasuk dalam kelompok apatit atau keluarga kalsium fosfat yang paling sering digunakan untuk kebutuhan

medis dengan sifat yang dimiliki yaitu biokompatibel dan osteo-konduktif (Arifin et al., 2020). Selain itu HA memiliki rumus kimia  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$  dengan ikatan mineral stabilitas dan struktur kristal yang mirip pada jaringan tulang manusia bersifat bioaktif, biokompatibel dan osteo-konduktif sehingga dapat menyatu dengan tulang (*bone integration*) dan dapat mempercepat regenerasi tulang (*bone regeneration*) yang dibutuhkan dalam proses penyembuhan tulang (Triyono et al., 2020).

Pada penelitian ini kandungan hidroksiapatit didapatkan dari tulang sapi yang memiliki kandungan kalsium dalam bentuk senyawa  $\text{CaCO}_3$  sebesar 7,07%, senyawa  $\text{CaF}_2$  sebesar 1,96%, fosfor dalam bentuk senyawa  $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$  sebesar 2,09%, dan senyawa  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  sebesar 58,30% (Yuliana et al., 2017). Untuk mendapatkan kandungan HA pada tulang sapi dilakukan proses sintesis menjadi serbuk hidroksiapatit. Sintesis hidroksiapatit dapat dilakukan dengan berbagai cara antara lain metode kering, metode basah, dan metode alternatif (Gunawan et al., 2019). Dalam penelitian ini tulang sapi disintesis untuk mendapatkan serbuk hidroksiapatit dengan metode kalsinasi.

Berdasarkan uraian diatas penulis mengambil tugas akhir / skripsi: “Studi Pengaruh Temperatur Kompaksi Pada Pembuatan Komposit HA/PVA”

## 1.2 Rumusan Masalah

Sintesis HA/PVA telah banyak dikembangkan dengan beberapa metode diantaranya *electrospinning* (Putra, 2021), *chemical copolymerization*, *airbrush spraying* (Tenong and Hikmawati, 2020), *fused deposition modeling* (Chen et al., 2019), dan *cold sintering*. Sintering dingin (*Cold sintering*) memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan metode lainnya dengan penggunaan temperatur yang rendah ( $<400^\circ\text{C}$ ) dan proses yang lebih singkat (Vakifahmetoglu and Karacasulu, 2020). Namun pembuatan komposit HA/PVA dengan metode sintesis sintering dingin belum banyak dilakukan.

Parameter penting dalam proses sintering dingin ada dua yaitu tekanan dan temperatur (Grasso et al., 2020), penelitian ini akan mengevaluasi pengaruh dari

kedua parameter tersebut terhadap sifat fisik (densitas dan mikro struktur) sifat kimia dan sifat mekaniknya (kekuatan tekan).

### 1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Penelitian ini menggunakan bahan dasar hidroksiapatit dari tulang sapi.
2. Sintesis komposit HA/PVA dilakukan melalui proses sintering dingin dengan menggunakan variasi temperatur 90°C, 100°C dan 120°C.
3. Proses sintering dingin menggunakan waktu penahanan selama 30 menit dan menggunakan tekanan sebesar 600 Mpa.

### 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan utama yang dilakukannya penelitian ini meliputi beberapa point capaian sebagai berikut:

1. Untuk mendapatkan komposit HA/PVA melalui metode sintering dingin.
2. Mengidentifikasi karakteristik sifat kimia (phasa), sifat fisik (densitas dan morphologi), dan sifat mekanik (kekuatan tekan) pada komposit HA/PVA.

### 1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Membuat komposit HA/PVA sebagai kandidat *bonegraft* material.
2. Mengetahui sifat fisik, sifat mekanik dan sifat kimia dari komposit HA/PVA.
3. Sebagai kajian referensi pembuat komposit HA/PVA melalui metode sintering dingin.

## DAFTAR RUJUKAN

- Adrianto, J., Setiawan, A.P., Tanaya, F., 2019. *Eksperimen dengan Media Tulang Sapi sebagai Media Alternatif Produk Interior*. J. Intra 7, 292–297.
- Afifah, F., Cahyaningrum, S.E., 2020. *Sintesis Dan Karakterisasi Hidroksiapatit Dari Tulang Sapi*. UNESA J. Chem. 9, 189–196. <https://doi.org/10.26740/ujc.v9n3.p189-196>.
- Aisah, N., Harahap, M.E., Budianto, D., Wibowo, M., Effendi, M.D., Setiawan, J., Roseno, S., Gustiono, D., 2018. *Synthesis and Characterizations of Hydroxyapatite from Bovine Bone Using Alkaline Hydrolysis Method*. Insist 3, 124. <https://doi.org/10.23960/ins.v3i1.124>.
- Akhtar, S., Saad, M., Misbah, M.R., Sati, M.C., 2018. *Recent Advancements in Powder Metallurgy: A review*. Mater. Today Proc. 5, 18649–18655. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2018.06.210>.
- Amalia Hariyanto, Y., Taufiq, A., Sunaryono, S., 2018. *Sintesis, Karakterisasi Struktur dan Sifat Optik Nanopartikel Hidroksiapatit/Magnetit*. JPSE (Journal Phys. Sci. Eng. 3,16–2 <https://doi.org/10.17977/um024v3i12018p016>.
- Amin, A., Ulfah, M., 2017. *Sintesis dan Karakterisasi Komposit Hidroksiapatit dari Tulang Ikan Lamuru (Sardilnella Longiceps) - Kitosan sebagai Bone Filler*. JF Fik Uinam 5, 9–15. <https://doi.org/10.24252/jurfar.v5i1.2370>.
- Amin, M.W., 2020. *Studi Pembuatan Komposit Ha/Sio2 Berpori Menggunakan Space Holder Ubi Jalar Ungu*. Universitas Sriwijaya.
- Anisah, A., Delina, M., Aisah, N., Gustiono, D., 2018. *Pembuatan Graft Tulang dengan Proses Ekstraksi Senyawa Hidroksiapatit dari Tulang Korteks Sapi*. Spektra J. Fis. dan Apl. 3, 31–36. <https://doi.org/10.21009/spektra.031.05>
- Arifin, A., Gunawan, Priyadi, A., & Sanjaya, F. A. (2020). Development and characterization of porous hydroxyapatite-Alumina composite for engineering application. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 857(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/857/1/012005>



- Arifin, Amir, Sulong, A. B., Fun, L. C., Gunawan, & Yani, I. (2021). Porous Titanium Alloy/Hydroxyapatite Composite Using Powder Compaction Route. *Journal of Mechanical Engineering and Sciences*, 11(2), 2679–2692. <https://doi.org/https://doi.org/10.15282/jmes.11.2.2017.10.0244>.
- Basova, T. V., Vikulova, E.S., Dorovskikh, S.I., Hassan, A., Morozova, N.B., 2021. *The Use of Noble Metal Coatings and Nanoparticles for The Modification of Medical Implant Materials*. *Mater. Des.* 204, 109672. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2021.109672>.
- Bharadwaz, A., Jayasuriya, A.C., 2020. *Recent trends in the application of widely used natural and synthetic polymer nanocomposites in bone tissue regeneration*. *Mater. Sci. Eng. C* 110, 110698. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2020.110698>.
- Campos, M., Torralba, J.M., de Oro, R., Bernardo, E., Galán-salazar, A., 2021. *New Opportunities for Low Alloy Steels — Master Alloys for Liquid Phase Sintering*. *Metals (Basel)*. 11, 1–21. <https://doi.org/10.3390/met11010176>.
- Chen, G., Chen, N., Wang, Q., 2019. Fabrication and properties of poly ( vinyl alcohol )/  $\beta$  -tricalcium phosphate composite scaffolds via fused deposition modeling for bone tissue engineering. *Compos. Sci. Technol.* 172, 17–28. <https://doi.org/10.1016/j.compscitech.2019.01.004>
- E Blendel, E.B., Rheinheimer, W., 2021. *Solid-State Sintering, Encyclopedia of Materials: Technical Ceramics and Glasses*. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-803581-8.12084-3>.
- Farid, S.B.H., 2019. *Bioceramics: for Materials Science and Engineering, 1st edition*. ed. Woodhead Publishing, Baghdad. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/C2016-0-04604-1>.
- Funahashi, S., Guo, H., Guo, J., Baker, A. L., Wang, K., Shiratsuyu, K., & Randall, C. A. 2017. Cold sintering and co-firing of a multilayer device with thermoelectric materials. November 2016. <https://doi.org/10.1111/jace.14852>.
- Ghazali, M.S.M., Shaifudin, M.S., Abdullah, W.R.W., Kamaruzzaman, W.M.I.W.M., Fekeri, M.F.M., Zulkifli, M.A., 2018. *Conventional Sintering Effects on the Microstructure and Electrical Characteristics of Low-*

- Voltage Ceramic Varistor*. Sinter. Technol. - Method Appl. <https://doi.org/10.5772/intechopen.78652>.
- Gomes, D.S., Santos, A.M.C., Neves, G.A., Menezes, R.R., 2019. *A Brief Review on Hydroxyapatite Production and Use in Biomedicine*. *Ceramica* 65, 282–302. <https://doi.org/10.1590/0366-69132019653742706>.
- Grasso, S., Biesuz, M., Zoli, L., Taveri, G., Duff, A.I., Ke, D., Jiang, A., Reece, M.J., 2020. *A Review of Cold Sintering Processes*. *Adv. Appl. Ceram.* 119, 115–143. <https://doi.org/10.1080/17436753.2019.1706825>.
- Guarino, V., Iafisco, M., Spriano, S., 2019. *Nanostructured Biomaterials for Regenerative Medicine, 1st ed.* Woodhead Publishing, United Kingdom. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102594-9.00002-4>
- Gunawan, Arifin, A. and Hidayat, A. N. (2018) ‘Fabrikasi Keramik Hidroksiapatit Berpori Dengan Menggunakan Space Holder Alami’, *Prosiding SNTTM XVII*, pp. 137–143.
- Gunawan, Arifin, A., Yani, I., & Arian, S. D. (2019). The Fabrication Porous hydroxyapatite Scaffold Using Sweet Potato Starch as a Natural Space Holder. *Journal of Physics: Conference Series*, 1198(4). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1198/4/042020>.
- Gunawan, G., Arifin, A., Yani, I., & Indrajaya, M. (2019). Characterization of porous Hydroxyapatite-alumina composite scaffold produced via powder compaction method. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 620(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/620/1/012107>.
- Guo, H., Baker, A., Guo, J., Randall, C.A., 2016. *Cold Sintering Process: A Novel Technique for Low-Temperature Ceramic Processing of Ferroelectrics*. *J. Am. Ceram. Soc.* 99, 1–19. <https://doi.org/10.1111/jace.14554>.
- Hassan, M. ul, Ryu, H.J., 2019. *Cold Sintering and Durability of Iodate-Substituted Calcium Hydroxyapatite (IO-Hap) for The Immobilization Of Radioiodine*. *J. Nucl. Mater.* 514, 84–89. <https://doi.org/10.1016/j.jnucmat.2018.11.024>.
- Hermawan, H., 2019. *Pengenalan pada Biomaterial* 1–8. <https://doi.org/10.31227/osf.io/v3z5t>.

- Iham, M., Ramadhan, F., Cahyaningrum, S.E., 2018. *Sintesis dan Karakterisasi Hidroksiapatit-Kolagen-Kitosan sebagai Bahan Material Bonegraft Menggunakan Metode Ex-Situ*. UNESA J. Chem. 7, 53–57. <https://doi.org/10.26740/ujc.v5n3.p%25p>.
- Ikhsan, G.& Y.Y., 2018. *Karakteristik Hidroksiapatit (HA) dari Limbah Tulang Sapi dengan Metode Mekanik-Termal*. J. Ilm. Poli Rekayasa 13, 43. <https://doi.org/10.30630/jipr.13.2.89>.
- Jouda, N.S., Fadhel Essa, A., 2021. Preparation and Study of The Structural, Physical and Mechanical Properties of Hydroxyapatite Nanocomposite. Mater. Today Proc. 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.04.550>.
- Julkapli, N.M., Bagheri, S., 2017. *Progress on nanocrystalline cellulose biocomposites*. React. Funct. Polym. 112, 9–21. <https://doi.org/10.1016/j.reactfunctpolym.2016.12.013>.
- Kristina Novalina. N, Yudha Perdana Putra, dan V.P., 2020. *Studi Hidroksiapatit Hasil Isolasi dari Tulang Ikan Nila ( Oreochromis Niloticus) dengan Metode Kalsinasi Termal Dan Hidrolisis Alkali*. MANFISH J. 1, 129–132. <http://ejurnal.polnep.ac.id/index.php/manfish>.
- Kumar, P., Dehiya, B.S., Sindhu, A., 2018. *Bioceramics for Hard Tissue Engineering Applications: A Review*. Int. J. Appl. Eng. 13, 49–56. <https://doi.org/10.3844/ajbbsp.2006.49.56>.
- Maria, J.P., Kang, X., Floyd, R.D., Dickey, E.C., Guo, H., Guo, J., Baker, A., Funihashi, S., Randall, C.A., 2017. *Cold Sintering: Current Status and Prospects*. J. Mater. Res. 32, 3205–3218. <https://doi.org/10.1557/jmr.2017.262>.
- Mohd Pu'ad, N.A.S., Abdul Haq, R.H., Mohd Noh, H., Abdullah, H.Z., Idris, M.I., Lee, T.C., 2019. *Synthesis method of hydroxyapatite: A review*. Mater. Today Proc. 29, 233–239. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.05.536>.
- Nagarkar, R., Patel, J., 2019. Polyvinyl Alcohol : A Comprehensive Study. Acta Sci. Pharm. Sci. 3, 34–44.
- Ndayishimiye, A., Sengul, M.Y., Sada, T., Dursun, S., Bang, S.H., Grady, Z.A., Tsuji, K., Funahashi, S., van Duin, A.C.T., Randall, C.A., 2020. *Roadmap for Densification in Cold Sintering: Chemical pathways*. Open Ceram. 2,

100019. <https://doi.org/10.1016/j.oceram.2020.100019>.
- Octapia, A., 2021. Studi Pengaruh Temperatur Kompaksi Pada Pembuatan Keramik Hidroksiapatit Melalui Proses Sintering Dingin. Universitas Sriwijaya.
- Pai, S., M Kini, S., Selvaraj, R., Pugazhendhi, A., 2020. *A Review on The Synthesis Of Hydroxyapatite, Its Composites and Adsorptive Removal of Pollutants From Wastewater*. J. Water Process Eng. 38, 101574. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2020.101574>.
- Panchen, N., 2019. *Synthesis And Characterizations Of Buffalo Femur Bones Hydroxyapatite For The Antimicrobial And Biosorbent*. Disertasi. Central Department Of Chemistry Institute Of Science And Technology Tribhuvan University. Nepal. <http://hdl.handle.net/123456789/2128>
- Prasad, K., Bazaka, O., Chua, M., Rochford, M., Fedrick, L., Spoor, J., Symes, R., Tieppo, M., Collins, C., Cao, A., Markwell, D., Ostrikov, K., Bazaka, K., 2017. *Metallic biomaterials: Current challenges and opportunities*. Materials (Basel). 10. <https://doi.org/10.3390/ma10080884>.
- Putra, A.A.D., 2021. Study of Surface Morphology and Porosity of Composite Scaffold Nanofiber PVA/CS/HA with Electrospinning Method 6, 26–32. <https://doi.org/10.17977/um024v6i12021p026>.
- Qi, M.L., He, K., Huang, Z.N., Shahbazian-Yassar, R., Xiao, G.Y., Lu, Y.P., Shokuhfar, T., 2017. *Hydroxyapatite Fibers: A Review of Synthesis Methods*. Jom 69, 1354–1360. <https://doi.org/10.1007/s11837-017-2427-2>.
- Rachman, S.D., Mukhtari, Z., Soedjanaatmadja, R.U.M., 2017. *Cangkang Telur Ayam Sebagai Sumber Kalsium Dalam Pembuatan Hidroksiapatit Untuk Aplikasi Graft Tulang*. Chim. Nat. Acta 5, 124–131.
- Rahmawati, D., Sunarso, Irawan, B., 2020. *Aplikasi Hidroksiapatit Sebagai Bone Filler Pasca Pencabutan Gigi*. J. Mater. Kedokteran Gigi 9, 39–46. <https://doi.org/10.32793/jmkg.v9i2.460>.
- Reddy, M.S.B., Ponnamma, D., Choudhary, R., Sadasivuni, K.K., 2021. *A comparative review of natural and synthetic biopolymer composite scaffolds*. Polymers (Basel). 13. <https://doi.org/10.3390/polym13071105>
- Samad Khan, A., Anwar Chaudhry, A., 2019. *Handbook of Ionic Substituted*

- Hydroxyapatites*, 1st ed. Elsevier Science & Technology, Duxford, United Kingdom. <https://doi.org/10.1016/C2018-0-00399-0>.
- Sharma, S., 2021. *Composite Materials Mechanics, Manufacturing and Modeling, 1st ed*, Paper Knowledge . Toward a Media History of Documents. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781003147756>.
- Shekhawat, D., Singh, A., Banerjee, M.K., Singh, T., Patnaik, A., 2021. *Bioceramic Composites for Orthopaedic Applications: A Comprehensive Review of Mechanical, Biological, and Microstructural Properties*. *Ceram. Int.* 47, 3013–3030. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2020.09.214>.
- Tenong, F.F.S.B., Hikmawati, D., 2020. Characterization of SS316L metal coated Hydroxyapatite-Poly vinyl alcohol through airbrush spraying method Characterization of SS316L Metal Coated Hydroxyapatite- Poly Vinyl Alcohol through Airbrush Spraying Method 050009.
- Tranquilli Leali, P., Merolli, A., 2018. *Fundamentals of Biomaterials*, 1st ed, Biomaterials in Hand Surgery. Springer, Ankara, Turkey. [https://doi.org/10.1007/978-88-470-1195-3\\_1](https://doi.org/10.1007/978-88-470-1195-3_1).
- Triyono, J., Hidayat, T., Masykur, A., Mesin, D.T., Teknik, F., Maret, U.S., Kimia, D., Maret, U.S., 2020. *Karakterisasi dan Laju Biodegradasi Material Biokomposit Bovine Hidroksiapatit (Bha)/ Ampas Kopi / Shellac sebagai Material Pengisi Tulang*. *Rotasi* 22, 111–118.
- Vakifahmetoglu, C., Karacasulu, L., 2020. *Cold Sintering Of Ceramics And Glasses: A review*. *Curr. Opin. Solid State Mater. Sci.* 24, 1–20. <https://doi.org/10.1016/j.cossms.2020.100807>.
- Wahyudi, T.C., Sukmana, I., Savetlana, S., Mesin, J.T., Teknik, F., Lampung, U., Profesor, J., Brojonegoro, S., 2019. *Potensi Pengembangan Material Implan Tulang Hidroksiapatit Berbasis Bahan Alam Lokal* 2019, 3–7.
- Wang, W., Qi, H., Liu, P., Zhao, Y., Chang, H., 2018. *Numerical Simulation of Densification of Cu–Al Mixed Metal Powder During Axial Compaction*. *Metals* (Basel). 8. <https://doi.org/10.3390/met8070537>.
- Warastuti, Y., Perkasa, D. P., & Abbas, B. 2018. *Pembuatan Dan Karakterisasi Hidrogel Biokomposit Polivinil Alkohol-Nano Hidroksiapatit Menggunakan Iradiasi Gamma Sebagai Bahan Biomaterial* *Jurnal Keramik*

- Dan Gelas Indonesia, 27, 51–65
- Warastuti, Y., Budianto, E., Darmawan, 2014. *Jurnal Sains Materi Indonesia Sintesis dan Karakterisasi Membran Komposit Hidroksiapatit Tulang Sapi-Khitosan-Poli (Vinil Alkohol) untuk Aplikasi Biomaterial*. J. Sains Mater. Indones. 16, 83–90. <http://dx.doi.org/10.17146/jsmi.2015.16.2.4215>.
- Wardani, S.C., Hapsari, D.N., Fatima, 2020. *Perbandingan Morfologi Dan Rasio Ca/P Serbuk Hidroksiapatit Dari Tulang Ikan Cakalang (Katsuwonus Pelamis) Dengan Hidroksiapatit Sisik Ikan*. E-Prodentia J. Dent. 4, 314–320. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.21776/ub.eprodenta.2020.004.02.2>.
- Yang, K., Zhou, C., Fan, Hongsong, Fan, Y., Jiang, Q., Song, P., Fan, Hongyuan, Chen, Y., Zhang, X., 2018. *Bio-Functional Design, Application and Trends in Metallic Biomaterials*. Int. J. Mol. Sci. 19, 1–22. <https://doi.org/10.3390/ijms19010024>.
- Yuliana, R., Rahim, E.A., Hardi, J., 2017. *Sintesis Hidroksiapatit Dari Tulang Sapi Dengan Metode Basah Pada Berbagai Waktu Pengadukan Dan Suhu Sintering*. Kovalen 3, 201. <https://doi.org/10.22487/j24775398.2017.v3.i3.9329>.