

**SKRIPSI**  
**STUDI PENGARUH TEKANAN KOMPAKSI PADA**  
**PEMBUATAN KERAMIK HIDROKSIAPATIT**  
**MELALUI PROSES SINTERING DINGIN**



**GANANG TRYCAHYONO**

**03051281722054**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**  
**JURUSAN TEKNIK MESIN**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS SRIWIJAYA**  
**2021**

**SKRIPSI  
STUDI PENGARUH TEKANAN KOMPAKSI PADA  
PEMBUATAN KERAMIK HIDROKSIAPATIT  
MELALUI PROSES SINTERING DINGIN**

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



**OLEH  
GANANG TRYCAHYONO  
03051281722054**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
2021**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**STUDI PENGARUH TEKANAN KOMPAKSI PADA  
PEMBUATAN KERAMIK HIDROKSIAPATIT  
MELALUI PROSES SINTERING DINGIN**

**SKRIPSI**

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

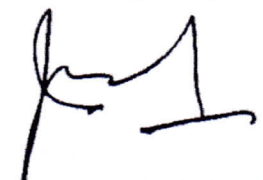
Oleh:  
**GANANG TRYCAHYONO**  
03051281722054

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Mesin



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

Inderalaya, 26 Juli 2021  
Diperiksa dan disetujui oleh  
Pembimbing Skripsi



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

JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA

Agenda No. :  
Diterima Tanggal :  
Paraf :

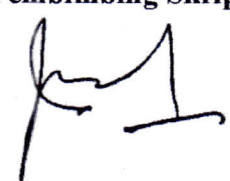
---

## SKRIPSI

NAMA : GANANG TRYCAHYONO  
NIM : 03051281722054  
JURUSAN : TEKNIK MESIN  
JUDUL SKRIPSI : STUDI PENGARUH TEKANAN  
KOMPAKSI PADA PEMBUATAN  
KERAMIK HIDROKSIAPATIT  
MELALUI PROSES SINTERING  
DINGIN  
DIBUAT TANGGAL : NOVEMBER 2020  
SELESAI TANGGAL : JULI 2021

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Mesin  
  
Irsyadi Yanti, S.T., M.Eng., Ph.D  
NIP. 197112251997021001

Inderalaya, 26 Juli 2021  
Diperiksa dan disetujui oleh  
Pembimbing Skripsi

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

## HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi ini dengan judul “STUDI PENGARUH TEKANAN KOMPAKSI PADA PEMBUATAN KERAMIK HIDROKSIAPATIT MELALUI PROSES SINTERING DINGIN” telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin Universitas Sriwijaya pada tanggal 14 Juli 2021.


Inderalaya, 14 Juli 2021

Tim Penguji Karya tulis ilmiah berupa Skripsi

Ketua :

1. Amir Arifin, S.T, M.Eng, Ph.D.

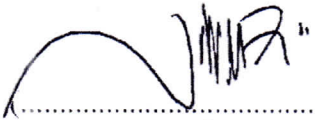
NIP 197909272003121004

()

Anggota :

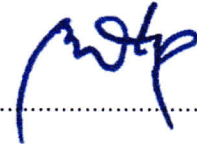
2. M. A. Ade Saputra, S.T, M.T.

NIP 198711302019031006

()

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

NIP 198106302006041001

()

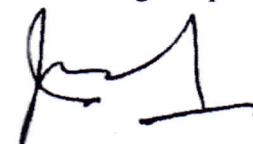


Mengetahui,  
(Ketua Jurusan Teknik Mesin

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

Inderalaya, 26 Juli 2021

Diperiksa dan disetujui oleh  
Pembimbing Skripsi

()

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

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis atas kehadiran Allah Swt. yang telah memberikan Rahmat, Nikmat dan Karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini Shalawat beserta salam semoga dan selalu tetap Allah curahkan kepada Nabi Muhammad *Shalallahu Alaihi Wassalam*, serta para keluarga, sahabat dan pengikutnya hingga akhir zaman.

Skripsi yang berjudul "Studi pengaruh tekanan kompaksi pada pembuatan hidroksiapatit melalui proses sintering dingin", disusun untuk melengkapi salah satu syarat mendapatkan Gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

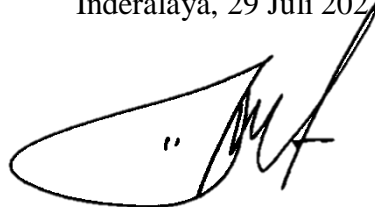
Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa hormat dan terima kasih atas segala bimbingan dan bantuan yang telah diberikan dalam penyusunan proposal ini, oleh karena itu, sudah sepantasnya kami haturkan terima kasih kepada :

1. Bapak Siswodiharjo dan Ibu Rantiyem 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.
4. Gunawan, S.T, M.T, Ph.D selaku Dosen pengarah Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya sekaligus sebagai Dosen Pembimbing Skripsi yang telah banyak sekali memberikan arahan dan saran dalam menyelesaikan skripsi ini.
5. Aneka Firdaus, S.T, M.T Selaku pembimbing akademik penulis di jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
6. Irwanto, S.T dan Yahya Bahar, S.T selaku teknisi laboratorium Universitas Sriwijaya yang telah membantu dan membimbing dalam proses penelitian.

7. Ani Octapia selaku rekan tim yang banyak membantu penulis dalam memberi kritik maupun masukan.

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.

Inderalaya, 29 Juli 2021

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Ganang Trycahyono', written over a large, light-colored oval shape.

Ganang Trycahyono

Nim.03051281722054

## HALAMAN PERNYATAAN INTERGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Ganang Trycahyono

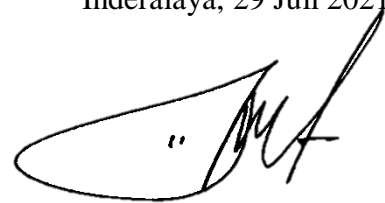
Nim : 03051281722054

Judul : Studi Pengaruh Tekanan Kompaksi Pada Pembuatan Keramik Hidroksiapatit Melalui Proses Sintering Dingin

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.

Inderalaya, 29 Juli 2021



Ganang Trycahyono

Nim. 03051281722054



## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Ganang Trycahyono

NIM : 03051281722054

Judul : Studi Pengaruh Tekanan Kompaksi Pada Pembuatan Keramik Hidroksiapatit Melalui Proses Sintering Dingin.

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.



Inderalaya, 29 Juli 2021



Ganang Trycahyono

Nim. 03051281722054

## RINGKASAN

### STUDI PENGARUH TEKANAN KOMPAKSI PADA PEMBUATAN KERAMIK HIDROKSIAPATIT MELALUI PROSES SINTERING DINGIN

Karya Tulis Ilmiah berupa skripsi, Juli 2021

Ganang Trycahyono ; Dibimbing oleh Gunawan S.T.,M.T.,Ph.D.

xxvii + 65 halaman, 8 Tabel, 30 gambar

#### RINGKASAN

Fungsi organ tubuh dapat mengalami gangguan sehingga mengakibatkan penurunan kualitas hidup dari suatu individu. Potensi biomaterial keramik hidroksiapatit sebagai implan karena memiliki sifat biokompatibilitas dan bioaktif. Proses pembuatan keramik hidroksiapatit dengan metode sintering dingin dimana material akan disinter dengan suhu yang rendah dan dengan waktu kompaksi yang relatif sebentar. Tekanan yang digunakan juga relatif sedang. Maka pada penelitian ini metode sintering dingin digunakan untuk pembuatan keramik hidroksiapatit dengan tulang sapi sebagai bahan baku. Penelitian dilakukan dengan variasi tekanan kompaksi 400, 500, 600 dan 700 MPa dengan temperatur 200°C. Sampel dicetak dengan menggunakan proses kompaksi sintering dingin, cetakan yang digunakan berupa molding dengan ukuran diameter cetakan 12 mm. Masing-masing parameter diambil 4 sampel kemudian dilakukan pengujian densitas, pengujian xrd dan pengujian kekuatan tekan. Dari hasil pengujian densitas yang dilakukan diperoleh nilai persentase rata-rata pororsitas yaitu pada tekanan 400 MPa 200°C sebesar 45.04%, pada tekanan 500 MPa sebesar 42.31%, pada tekanan 600 MPa sebesar 41.76% dan pada tekanan 700 MPa sebesar 41.75%. Dapat diketahui bahwa

semakin tinggi tekanan yang diberikan maka semakin menurun porositasnya. Pada pengujian XRD yang dilakukan diperoleh bahwa spektrum yang dihasilkan pada serbuk hidroksiapatit kalsinasi dengan temperatur 600°C dengan waktu 2 jam sesuai dengan grafik yang dihasilkan dengan standar ICDD. Untuk pengujian XRD keramik hidroksiapatit kompaksi sintering dingin dengan tekanan 500 MPa temperatur 200°C hasil spektrum yang dihasilkan sesuai dengan standar ICDD. Pengujian kekuatan tekan yang dilakukan pada setiap spesimen keramik hidroksiapatit dengan variasi tekanan 400, 500, 600 dan 700 MPa temperatur 200°C. Pada tekanan 400 MPa memiliki rata-rata kekuatan tekan sebesar 20,022 MPa, pada tekanan 500 MPa memiliki kekuatan tekan sebesar 828,191 MPa, pada tekanan 600 MPa memiliki kekuatan tekan rata-rata sebesar 31,215 MPa, dan pada tekanan 700 MPa memiliki kekuatan tekan rata-rata sebesar 49,631 MPa.

**Kata Kunci :** Hidroksiapatit, *Cold Sintering*, Kompaksi, Tulang Sapi

## SUMMARY

### STUDY OF THE EFFECT OF COMPACT PRESSURE ON THE MANUFACTURE OF HYDROXYPATITE CERAMIC THROUGH COLD SINTERING PROCESS

Scientific Writing in the form of a thesis, July 2021

Ganang Trycahyono ; Supervised of Gunawan, S.T.,M.T.,Ph.D.

xxvii + 65 pages, 8 tables, 30 images

#### SUMMARY

The function of the body's organs can be impaired, resulting in a decrease in the quality of life of an individual. The potential of hydroxyapatite ceramic biomaterial as an implant is due to its biocompatibility and bioactive properties. The process of making hydroxyapatite ceramics by cold sintering method where the material will be sintered at a low temperature and with a relatively short compaction time. The pressure used is also relatively moderate. So in this study the cold sintering method was used for the manufacture of hydroxyapatite ceramics with bovine bone as raw material. The research was conducted with various compaction pressures of 400, 500, 600 and 700 MPa with a temperature of 200°C. The sample was printed using a cold sintering compaction process, the mold used was a molding with a mold diameter of 12 mm. Each parameter is taken 4 samples then carried out density testing, xrd testing and compressive strength testing. From the results of the density test carried out, the average percentage value of porosity is at a pressure of 400 MPa 200°C at 45.04%, at a pressure of 500 MPa at 42.31%, at a pressure of 600 MPa at 41.76% and at a pressure of 700 MPa at 41.75%. It can be seen that the higher the applied pressure, the lower the porosity. In the

XRD test, it was found that the spectrum produced on calcined hydroxyapatite powder at a temperature of 600°C with a time of 2 hours was in accordance with the graph produced by the ICDD standard. For XRD testing of cold sintered compacted hydroxyapatite ceramics with a pressure of 500 MPa at a temperature of 200°C the resulting spectrum is in accordance with the ICDD standard. The compressive strength test was carried out on each hydroxyapatite ceramic specimen with pressure variations of 400, 500, 600 and 700 MPa temperature 200°C. At a pressure of 400 MPa it has an average compressive strength of 20.022 MPa, at a pressure of 500 MPa it has a compressive strength of 828.191 MPa, at a pressure of 600 MPa it has an average compressive strength of 31.215 MPa, and at a pressure of 700 MPa it has an average compressive strength. of 49.631 MPa.

**Keywords :** Hydroxyapatite, Cold Sintering, Compaction, Bovine Bone

## DAFTAR ISI

	Halaman
Halaman Judul .....	i
Halaman Pengesahan.....	iii
Halaman Persetujuan.....	vii
Kata Pengantar .....	ix
Halaman Pernyataan Intergritas .....	xi
Halaman Pernyataan Persetujuan Publikasi .....	xiii
Ringkasan .....	xv
Summary.....	xvii
Daftar Isi.....	xix
Daftar Gambar .....	xxiii
Daftar Tabel.....	xxv
Daftar Lampiran .....	xxvii
<b>BAB 1 PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1    Latar Belakang .....	1
1.2    Rumusan Masalah.....	3
1.3    Batasan Masalah .....	3
1.4    Tujuan Penelitian.....	4
1.5    Manfaat Penelitian .....	4
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>5</b>
2.1    Biomaterial .....	5
2.2    Klasifikasi Biomaterial .....	6
2.2.1    Biomaterial Keramik.....	6
2.2.2    Biomaterial Logam .....	7
2.2.3    Biomaterial Polimer .....	7
2.3    Tulang .....	8
2.3.1    Tulang Sapi .....	8
2.4    Pengertian Hidroksiapatit.....	10
2.4.1    Sifat Fisik Hidroksiapatit .....	11

2.4.2	Sifat Mekanik Hidroksiapatit .....	11
2.4.3	Sifat Kimia Hidroksiapatit .....	12
2.5	Sintesis Hidroksiapatit .....	12
2.5.1	Metode Kering .....	12
2.5.2	Metode <i>Sol-gel</i> .....	13
2.5.3	Metode <i>Vibro Milling</i> .....	13
2.5.4	Metode <i>Alkalin Hydrothermal</i> .....	14
2.6	Kompaksi .....	14
2.7	Sintering .....	15
2.8	Klasifikasi Sintering Konvensional .....	16
2.8.1	<i>Solid State Sintering</i> .....	16
2.8.2	<i>Liquid Phase Sintering</i> .....	17
2.8.3	<i>Viscous Sintering</i> .....	18
2.9	Metode Padatan dengan Suhu Rendah .....	19
2.9.1	<i>Hydrothermal Reaction Sintering</i> .....	19
2.9.2	<i>Hydrohermal Hot Pressing</i> .....	19
2.9.3	<i>Room Temperature Densification</i> .....	21
2.9.4	<i>Cold Sintering</i> .....	21
2.9.5	<i>Warm Pres</i> .....	23
2.9.6	<i>Reactive Hydrothermal Liquid Phase Densification</i> .....	24
 BAB 3 METODE PENELITIAN .....		 25
3.1	Diagram Alir Penelitian .....	25
3.2	Persiapan Pembuatan Hidroksiapatit .....	26
3.3	Alat dan Bahan .....	26
3.4	Prosedur Penelitian .....	27
3.4.1	Persiapan Pada Bahan Baku Pembuatan Hidroksiapatit .....	27
3.4.2	Persiapan Hidroksiapatit .....	28
3.4.3	Pembuatan Keramik Hidroksiapatit .....	30
3.5	Metode Pengujian .....	31
3.5.1	Pengujian Densitas .....	31
3.5.2	Pengujian Tekan .....	33
3.5.3	Pengujian XRD ( <i>X-Ray Diffraction</i> ) .....	33
3.6	Analisa dan Pengolahan Data .....	34

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	35
4.1    Desain Alat Kompaksi <i>Cold Sintering</i> .....	35
4.2    Kalsinasi Hidroksiapatit.....	36
4.3    Kompaksi <i>Cold Sintering</i> .....	37
4.4    Pengujian Densitas .....	40
4.5    Pengujian XRD ( <i>X-Ray Diffraction</i> ) .....	45
4.5.1  Hasil Pengujian XRD Kalsinasi Tulang Sapi 600°C .....	46
4.5.2  Hasil Pengujian XRD Keramik Hidroksiapatit Tekanan 500 MPa 200°C .....	47
4.6    Pengujian Kuat Tekan.....	48
4.7    Pengamatan Mikrostruktur.....	51
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....	55
5.1    Kesimpulan .....	55
5.2    Saran .....	56
Daftar Rujukan.....	57
Lampiran.....	61



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Tulang bagian paha ( <i>femur</i> ) .....	9
Gambar 2 Alat <i>hydrothermal hot pressing</i> dan <i>hydrothermal hot pressing autoclave</i> .....	20
Gambar 3 Alat <i>cold sintering</i> .....	22
Gambar 4 Skema diagram alir .....	25
Gambar 5 Pengumpulan tulang sapi dari limbah rumah makan .....	26
Gambar 6 Tulang sapi yang telah dipotong dan siap diolah.....	28
Gambar 7 Proses penumbukan serbukhidroksiapatiti dengan mortar .....	29
Gambar 8 Proses <i>ball mill</i> .....	29
Gambar 9 Penimbangan serbuk dengan timbangan digital .....	30
Gambar 10 Alat kompaksi sintering dingin.....	31
Gambar 11 Alat uji XRD.....	34
Gambar 12 Desain alat kompaksi <i>cold sintering</i> .....	35
Gambar 13 Gambar cetakan kompaksi sintering dingin .....	36
Gambar 14 Tulang sapi dikalsinasi dengan <i>furnace</i> .....	36
Gambar 15 Serbuk hidroksiapatit setelah proses kalsinasi.....	37
Gambar 16 Skematik proses kompaksi <i>cold sintering</i> .....	38
Gambar 17 Gambar spesimen keramik hidroksiapatit dengan tekanan 400 MPa 200°C .....	38
Gambar 18 Gambar spesimen keramik hidroksiapatit dengan tekanan 500 MPa 200°C .....	39
Gambar 19 Gambar spesimen keramik hidroksiapatit dengan tekanan 600 MPa 200°C .....	39
Gambar 20 Gambar spesimen keramik hidroksiapatit dengan tekanan 700 MPa 200°C .....	39
Gambar 21 Pengujian berat kering spesimen keramik hidroksiapatit.....	40
Gambar 22 Pengujian berat di dalam fluida spesimen keramik hidroksiapatit .....	41

Gambar 23 Grafik porositas keramik hidroksiapatit kompaksi sintering dingin dengan tekanan 400, 500, 600 dan 700 MPa.....	44
Gambar 24 Spektrum dari hasil pengujian XRD kalsinasi tulang sapi 600°C .....	46
Gambar 25 Spektrum hasil pengujian XRD keramik hidroksiapatit tekanan 500 MPa 200°C .....	47
Gambar 26 Grafik kekuatan tekan spesimen keramik hidroksiapatit kompaksi sintering dingin dengan tekanan 400, 500, 600 dan 700 MPa .....	50
Gambar 27 Pengamatan mikrostruktur keramik hidroksiapatit dengan tekanan 400 MPa suhu 200°C perbesaran 200X .....	52
Gambar 28 Pengamatan mikrostruktur keramik hidroksiapatit tekanan 500 MPa suhu 200°C perbesaran 200X.....	52
Gambar 29 Pengamatan mikrostruktur keramik hidroksiapatit tekanan 600 MPa suhu 200°C perbesaran 200X.....	53
Gambar 30 Pengamatan mikrostruktur keramik hidroksiapatit tekanan 700 MPa suhu 200°C perbesaran 200X.....	53

## DAFTAR TABEL

Tabel 1	Tabel hasil pengujian densitas dan porositas keramik hidroksiapatit dengan tekanan 400 MPa 200°C .....	43
Tabel 2	Tabel hasil pengujian densitas dan porositas keramik hidroksiapatit dengan tekanan 500 MPa 200°C .....	43
Tabel 3	Tabel hasil pengujian densitas dan porositas keramik hidroksiapatit dengan tekanan 600 MPa 200°C .....	43
Tabel 4	Tabel hasil pengujian densitas dan porositas keramik hidroksiapatit dengan tekanan 700 MPa 200°C .....	44
Tabel 5	Data hasil pengujian kekuatan tekan keramik hidroksiapatit dengan tekanan 400 MPa suhu 200°C .....	49
Tabel 6	Data hasil pengujian kekuatan tekan keramik hidroksiapatit dengan tekanan 500 MPa suhu 200°C .....	49
Tabel 7	Data hasil pengujian kekuatan tekan keramik hidroksiapatit dengan tekanan 600 MPa suhu 200°C .....	49
Tabel 8	Data hasil pengujian kekuatan tekan keramik hidroksiapatit dengan tekanan 700 Mpa suhu 200°C.....	50

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Gambar proses penghancuran tulang sapi kalsinasi .....	61
Lampiran 2 Gambar proses ball mill untuk menghaluskan serbuk hidroksiapatit.....	62
Lampiran 3 Gambar proses sieving serbuk hidroksiapatit sampai ukuran 200 mesh.....	62
Lampiran 4 Perhitungan densitas apparent, densitas relatif dan porositas pada pengujian densitas .....	63
Lampiran 5 Perhitungan kekuatan tekan spesimen pada pengujian kuat tekan .....	63
Lampiran 6 Data hasil pengujian densitas spesimen keramik hidroksiapatit pada tekanan 400, 500, 600 dan 700 MPa temperatur 200°C	64
Lampiran 7 Data hasil pengujian kekuatan tekan spesimen keramik hidrksiapatit pada tekanan 400, 500, 600 dan 700 MPa temperatur 200°C.....	64
Lampiran 8 Kartu asistensi bimbingan skripsi .....	66

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Fungsi organ tubuh dapat mengalami gangguan sehingga mengakibatkan penurunan kualitas hidup dari suatu individu. Berbagai upaya untuk mengatasi masalah pada fungsi organ tubuh. Perkembangan jaman dan teknologi yang membuat kesehatan manusia menjadi lebih mudah, seperti perbaikan pada tulang manusia. Tulang manusia adalah organ yang rentan terhadap kerusakan atau patah tulang, maka dilakukan penelitian tentang hal tersebut. Untuk memperbaiki kerusakan tulang, diperlukan bahan pengganti tulang. Perbaikan tulang dalam dunia medis dilakukan dengan berbagai jenis biomaterial, seperti *allograft* yang berasal dari tulang manusia lain, *xenograft* yang berasal dari tulang hewan, dan *autograft* yang berasal dari bagian tulang yang dimiliki oleh individu yang sama. Namun dari jenis biomaterial tersebut memiliki kelemahan masing-masing. Pada *allograft* karena berasal dari tulang manusia lain berpotensi terjadinya infeksi jika tulang yang diimplan tidak normal atau sehat, *xenograft* memiliki kelemahan perbedaan komposisi mineral dari tulang yang digunakan, autograft dapat membuat pasien lebih menderita karena didapat dari bagian lain dari individu yang sama.

Biomaterial yang sifatnya biokompatibel dan tidak menimbulkan efek kerusakan digunakan pada rekonstruksi kerangka dan jaringan gigi, bahan yang dapat digunakan untuk jaringan tulang yaitu hidroksiapatit (Demirkol et al., 2012).

Salah satu contoh bahan yang dapat digunakan sebagai pengganti tulang adalah HA karena memiliki sifat yang mirip dengan jaringan tulang dengan kalsium yang tinggi, dan juga memiliki komposisi kimia yang mirip dengan fase mineral tulang manusia. Hidroksiapatit adalah keluarga

kalsium fosfat dengan rumus molekul yang dikenal sebagai  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ . Selain bahan organik, bahan anorganik seperti bebatuan yang mengandung fosfat juga sebagai penghasil hidroksiapatit.

Banyak bahan dasar dari material hidroksiapatit diantaranya adalah tulang sapi, cangkang telur dan cangkang kerang. Pada penelitian ini tulang sapi digunakan sebagai bahan baku hidroksiapatit karena memiliki kandungan seperti keramik. Dibandingkan dengan cangkang telur dan cangkang kerang, tulang sapi memiliki tingkat keefektifan dan biokompatibel yang lebih baik. Biomaterial hidroksiapatit dihasilkan dari bahan alami yang banyak mengandung kalsium berbentuk senyawa karbonat  $\text{CaCO}_3$ .

Potensi biomaterial keramik hidroksiapatit sebagai implan karena memiliki sifat biokompatibilitas dan bioaktif. Karena memiliki sifat kompatibilitas dan bioaktif yang tinggi banyak digunakan sebagai implan tulang dan gigi. Biomaterial hidroksiapatit juga memiliki sifat mekanik yang buruk, sehingga membatasinya sebagai pengganti tulang keras.

Proses pembuatan keramik hidroksiapatit dengan metode sintering dingin dimana material akan disinter dengan suhu yang rendah dan dengan waktu komaksi yang relatif sebentar. Tekanan yang digunakan juga relatif sedang. Penambahan cairan digunakan sebagai media pelumasan antar partikel butiran penyusun keramik hidroksiapatit. Sintering dingin memiliki biaya yang relatif rendah karena penggunaan energi yang lebih sedikit dibanding dengan metode sintering konvensional. Maka pada penelitian ini metode sintering dingin digunakan untuk pembuatan keramik hidroksiapatit dengan tulang sapi sebagai bahan baku.

Berdasarkan uraian diatas tersebut penulis bermaksud membahas: **“Studi Pengaruh Tekanan Kompaksi Pada Pembuatan Keramik Hidroksiapatit Melalui Proses Sintering Dingin”**.

## 1.2 Rumusan Masalah

Pada umumnya sintering keramik dilakukan pada temperatur diatas 1000°C, sintering pada temperatur ini akan merubah komposisi material dan juga akan mengkonsumsi energi listrik yang sangat tinggi. Sintering dingin dimana sintering dilakukan pada temperatur rendah (sekitar 200°C) memiliki kelebihan dibandingkan sintering konvensional dimana energi listrik yang digunakan lebih rendah. Penelitian pembuatan hidroksiapatit berbahan tulang sapi menggunakan metode sintering dingin belum banyak ditemukan diliteratur-literatur.

Pada penelitian kali ini pembuatan biomaterial hidroksiapatit menggunakan bahan baku limbah tulang sapi. Bahan baku akan diproses dengan metode sintering dingin menggunakan variasi tekanan kompaksi. Proses pembuatan keramik hidroksiapatit dengan menggunakan metode sintering dingin dengan penggunaan energi yang lebih murah serta belum banyak dilakukan penelitian, demikian juga pengaruh tekanan kompaksi yang digunakan.

## 1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Hidroksiapatit yang berbahan dasar dari tulang sapi yang digunakan.
2. Menggunakan variasi tekanan kompaksi 400, 500, 600, 700 MPa dalam proses sintering dingin.
3. Lama penahanan selama proses kompaksi adalah 10 menit.

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan utama penulis adalah sebagai berikut:

1. Untuk membuat keramik hidroksiapatit dengan metode sintering dingin.
2. Untuk mengetahui pengaruh tekanan kompaksi pada pembuatan keramik hidroksiapatit.
3. Mengkarakterisasi sifat kimia (fasa yang terbentuk), sifat fisik (densitas morfologi), dan sifat mekanik (kekerasan, kekuatan tekan) keramik hidroksiapatit yang diproduksi dengan sintering dingin.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang diharapkan dalam penelitian ini adalah:

1. Membuat keramik hidroksiapatit sebagai biomaterial.
2. Mempelajari sifat kimia, sifat fisik dan sifat mekanik dari keramik hidroksiapatit.
3. Agar dapat membantu peneliti lainnya terkhusus untuk pembuatan keramik hidroksiapatit dengan metode sintering dingin.



## DAFTAR RUJUKAN

- Barakat, N. A. M. et al. (2008) 'Physiochemical characterizations of hydroxyapatite extracted from bovine bones by three different methods: Extraction of biologically desirable HAp', *Materials Science and Engineering C. Elsevier B.V.*, 28(8), pp. 1381–1387.
- Budihartomo, S. B. (2012) 'Pengaruh Pressureless Sintering Komposit Al-Kaolin Terhadap Densitas, Kekerasan Dan Struktur Mikro', *Traksi*, 12(1), pp. 1–14.
- Chairunnisa, P. S. and Wardhana, Y. W. (2016) 'Karakterisasi Kristal Bahan Padat Aktif Farmasi : Review', *Suplemen*, 14, pp. 17–32.
- Darwis, D. and Warastuti, Y. (2008) 'Sintesis dan karakterisasi Komposit Hidroksiapatit (HA) sebagai Graft Tulang Sintetik', *Jurnal Ilmiah Aplikasi Isotop dan Radiasi*, 4(2), pp. 143–153.
- Demirkol, N., Oktar, F. N. and Kayali, E. S. (2012) 'Mechanical and microstructural properties of sheep hydroxyapatite (SHA)-niobium oxide composites', *Acta Physica Polonica A*, 121(1), pp. 274–276.
- Fadhilah, N. and Jalil, Z. (2016) 'Synthesis of Natural Hydroxyapatite from Aceh's Bovine Bone', *Journal of Aceh Physics Society*, 5(2), pp. 19–21.
- Gani, B. A. (2015) 'Immuno-Biokompatibilitas Pada Material Implan: Review Article', *Cakradonya Dent J*, 7(2), pp. 807–868.
- Goglio, G. et al. (2019) 'View point on hydrothermal sintering: Main features, today's recent advances and tomorrow's promises', *Scripta Materialia. Elsevier Ltd.*, 158(xxxx), pp. 146–152.
- Grasso, S. et al. (2020) 'A review of cold sintering processes', *Advances in Applied Ceramics. Taylor & Francis*, 119(3), pp. 115–143.
- Guo, H. et al. (2017) 'Cold sintering process for ZrO<sub>2</sub>-based ceramics: significantly enhanced densification evolution in yttria-doped ZrO<sub>2</sub>', *Journal of the American Ceramic Society*, 100(2), pp. 491–495.

- Hashimoto, S. et al. (2016) 'Fabrication of slaked lime compacts (plasters) with high compressive strength using a warm press method', *Construction and Building Materials*. Elsevier Ltd, 110, pp. 65–69.
- Hermawan, H. (2019) 'Pengenalan pada biomaterial', pp. 1–8.
- Hilmi, I., Rinastiti, M. and Herliansyah, M. K. (2011) 'Synthesis of hydroxyapatite from local bovine bones for biomedical application', *Proceedings - International Conference on Instrumentation, Communication, Information Technology and Biomedical Engineering 2011, ICICI-BME 2011*, (November), pp. 409–411.
- Kaysser, W. A. and Petzow, G. (1985) 'Present state of liquid phase sintering', *Powder Metallurgy*, 28(3), pp. 145–150.
- Kermani, M. et al. (2020) 'Flash cold sintering: Combining water and electricity', *Journal of the European Ceramic Society*. Elsevier Ltd, 40(15), pp. 6266–6271.
- Lu, P., German, R. M. and Xu, X. (2001) 'Microstructural evolution and macroscopic behaviour during solid state sintering', *Powder Metallurgy*, 44(4), pp. 363–368. doi:
- Ooi, C. Y., Hamdi, M. and Ramesh, S. (2007) 'Properties of hydroxyapatite produced by annealing of bovine bone', *Ceramics International*, 33(7), pp. 1171–1177.
- Priyana, A. (2016) 'Peran pertanda tulang dalam serum pada tatalaksana osteoporosis', *Universa Medicina*, 26(3), pp. 152–159.
- Regi, M. V., Esbrit, P. and Salinas, A. J. (2020) *Degradative Effects of the Biological Environment on Ceramic Biomaterials*. Fourth Edi, Biomaterials Science. Fourth Edi. Elsevier.
- Respati, S. M. B. (2010) 'Bahan Biomaterial Stainless Steel Dan Keramik', *Momentum*, 6(1), pp. 5–8.
- Shandilya, M., Rai, R. and Singh, J. (2016) 'Review: Hydrothermal technology for smart materials', *Advances in Applied Ceramics*, 115(6), pp. 354–376.
- Sidiqa, A. N. et al. (2013) 'Surface Modification of Multilayer Coatings

- Ti-Al-Cr and Hydroxyapatite on Calcium Phosphate Cement with Sol-Gel Method', *Journal of Dentistry Indonesia*, 19(2), pp. 43–46.
- Vakifahmetoglu, C. and Karacasulu, L. (2020) 'Cold sintering of ceramics and glasses: A review', *Current Opinion in Solid State and Materials Science*, 24(1).
- Zhang, S. and Byrne, G. (2020) 'Characterization of Transport Mechanisms for Controlled Release Polymer Membranes using Focused Ion Beam Scanning Electron Microscopy Image-based Modelling', *Journal of Drug Delivery Science and Technology*. Elsevier B.V., (October), p. 102136.