

# SKRIPSI

## STUDI PEMBUATAN KOMPOSIT $HA/SiO_2$ BERPORI MENGGUNAKAN *SPACE HOLDER* UBI JALAR UNGU



M. WAHYUDIAMIN

03051181621119

JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
2020

# SKRIPSI

## STUDI PEMBUATAN KOMPOSIT $HA/SiO_2$ BERPORI MENGGUNAKAN *SPACE HOLDER* UBI JALAR UNGU

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



OLEH :  
M. WAHYUDI AMIN  
03051181621119

JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
2020

# HALAMAN PENGESAHAN

## STUDI PEMBUATAN KOMPOSIT $HA/SiO_2$ BERPORI MENGUNAKAN *SPACE HOLDER* UBI JALAR UNGU

### SKRIPSI

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Mendapatkan Gelar Sarjana  
Teknik Mesin pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

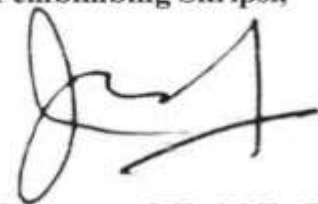
OLEH:  
M. WAHYUDI AMIN  
03051181621119

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Mesin



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

Indralaya, Agustus 2020  
Diperiksa dan disetujui oleh:  
Pembimbing Skripsi,



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

**JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

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

**SKRIPSI**

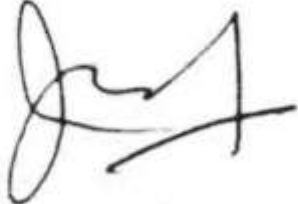
**NAMA : M. WAHYUDI AMIN  
NIM : 03051181621119  
JUDUL : STUDI PEMBUATAN KOMPOSIT HA/SiO<sub>2</sub> BERPORI  
MENGUNAKAN SPACE HOLDER UBI JALAR  
UNGU  
DIBERIKAN : FEBRUARI 2019  
SELESAI : AGUSTUS 2020**

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Mesin

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

Indralaya, Agustus 2020  
Diperiksa dan disetujui oleh :  
Pembimbing Skripsi

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

## HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi ini dengan judul “Studi Pembuatan Komposit  $HA/SiO_2$  Berpori Menggunakan *Space Holder* Ubi Jalar Ungu” telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin Universitas Sriwijaya pada Tanggal 14 Agustus 2020.

Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah berupa Skripsi

**Ketua :**

1. Dr. Ir. Diah Kusuma Pratiwi, M.T.  
NIP. 19630719 199003 2 001


**Anggota :**

1. Amir Arifin, S.T., M.Eng., Ph.D.  
NIP. 19790927 200312 1 004
2. Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D.  
NIP. 19711225 199702 1 001

  
(.....)  
  
(.....)  
  
(.....)

  
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 2001 12 1 001

## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : M. Wahyudi Amin

NIM : 03051181621119

Judul : Studi Pembuatan Komposit HA/SiO<sub>2</sub> Berpori Menggunakan *Space Holder* Ubi Jalar Ungu

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, Agustus 2020



M. Wahyudi Amin

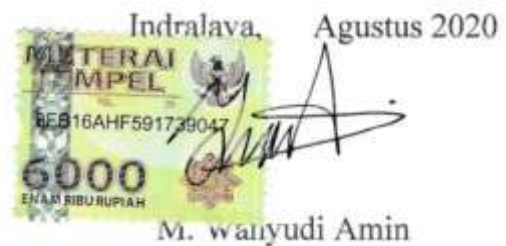
## HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : M. Wahyudi Amin  
NIM : 03051181621119  
Judul : Studi Pembuatan Komposit HA/SiO<sub>2</sub> Berpori Menggunakan  
*Space Holder* Ubi Jalar Ungu

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.



# KATA PENGANTAR

Assalamualaikum wr. wb.

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

Skripsi yang berjudul “Studi pembuatan komposit  $HA/SiO_2$  berpori menggunakan *space holder* ubi jalar ungu”, disusun untuk melengkapi salah satu syarat mendapatkan Gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

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

1. Bapak Abdur Rohman dan Ibu Muslikah 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 proposal skripsi ini.
5. M. Ihsan Riady. S.T., M.T selaku pembimbing akademik penulis di jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
6. Niamur Rohmansyah, Nur Aidatus Sakdiyah dan Nur Sholihatin Nikmah kakak yang kerap memberikan semangat dan motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan proposal skripsi ini.
7. M. Aditya Putra Pratama selaku partner dalam penelitian



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

Indralaya, Agustus 2020

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'M. Wahyudi Amin', written in a cursive style.

M. Wahyudi Amin

## RINGKASAN

STUDI PEMBUATAN KOMPOSIT  $HA/SiO_2$  BERPORI MENGGUNAKAN *SPACE HOLDER* UBI JALAR UNGU.

Karya tulis ilmiah berupa skripsi, 08 Agustus 2020

M. Wahyudi Amin; Dibimbing oleh Gunawan, S.T., M.T., Ph.D.

STUDY OF PRODUCTION OF SPORTED  $HA/SiO_2$  COMPOSITE USING PURPLE ROAD *SPACE HOLDER* SWEET POTATO STARCH

xxvii + 64 pages, 14 tables, 41 images.

### RINGKASAN

Hidroksiapatit merupakan salah satu keramik yang memiliki beberapa kelebihan, diantaranya memiliki sifat yang mirip dengan tulang pada manusia, dan dapat dijadikan sebagai katalis, bahan seperti tulang sapi mudah di dapatkan, begitu pula dengan silika dan ubi jalar ungu. Pembuatan hidroksiapatit berbahan dasar tulang sapi bertujuan agar bisa mengurangi limbah dari tulang sapi dan dimanfaatkan sebagai katalis. Komposit hidroksiapatit menggunakan metode metalurgi serbuk menggunakan bahan baku berupa tulang sapi yang telah di kalsinasi pada temperatur  $900^{\circ}C$  dan juga serbuk silika ( $SiO_2$ ) serta serbuk ubi jalar ungu yang telah di oven sebagai *space holder* dalam pembuatan hidroksiapatit berpori. Ukuran serbuk yang digunakan adalah 200 mesh atau 0,074 mm. Proses pembuatannya melibatkan proses kalsinasi dengan *elektric furnace*, *grinding*, *sieving*, *mixing* menggunakan *ballmilling*, *compression* menggunakan alat kompaksi dengan tekanan 2000 Psi selama 10 menit per spesimen, dan *sintering* dengan temperatur  $1100^{\circ}C$  dan  $1200^{\circ}C$ . Pengujian yang dilakukan antara lain adalah pengujian densitas bertujuan untuk mengetahui banyaknya porositas yang terdapat pada komposit 75% HA / 25%  $SiO_2$  berpori, dari, pengujian *X-ray diffraction* bertujuan mengkarakterisasi fasa-fasa yang terbentuk pada komposit, pengujian kekuatan tekan bertujuan untuk melihat sifat mekanik dari setiap spesimen, pengujian

*scanning electron microscopy* untuk mengamati struktur mikro dan bentuk pori yang terbentuk. Pada pengujian densitas didapatkan rata-rata porositas yang semakin meningkat seiring dengan kenaikan suhu sintering yang dilakukan pada penelitian ini. Sedangkan untuk pengujian *X-ray diffraction* terdapat 3 macam fasa yaitu fasa hidroksiapatit, fasa  $\beta$ -TCP dan fasa silika yaitu yang sebagai reinforced pada komposit, kemudian untuk pengujian kekuatan tekan semakin tinggi suhu sintering semakin besar pula nilai kekuatan tekannya pada penelitian ini, serta untuk pengamatan bentuk pori dan ukurannya menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dilakukan di 2 titik dengan perbesaran 500x sampai 2000x terdapat bermacam macam bentuk dan ukuran yaitu dari 4.510  $\mu\text{m}$  sampai 67.32  $\mu\text{m}$ .

**Kata Kunci** : Hidrosiapatit,  $\text{SiO}_2$ , ubi jalar ungu, uji compression, uji densitas, SEM, dan XRD.

## SUMMARY

### STUDY OF PRODUCTION OF SPORTED HA/SiO<sub>2</sub> COMPOSITE USING PURPLE ROAD SPACE HOLDER SWEET POTATO STARCH

Scientific writing in the form of Thesis, Agustus 2020

M. Wahyudi Amin : Supervised of Gunawan, S.T., M.T., Ph.D.

### STUDI PEMBUATAN KOMPOSIT HA/SiO<sub>2</sub> BERPORI MENGGUNAKAN SPACE HOLDER UBI JALAR UNGU

XXVIII + 64 pages, 14 tables, 41 images.

#### SUMMARY

Hydroxyapatite is a ceramic that has several advantages, including having properties similar to bone in humans, and can be used as a catalyst, materials such as cow bone are easy to obtain, as well as silica and purple sweet potato. The purpose of making hydroxyapatite from beef bone is intended to reduce waste from beef bones and be used as a catalyst. Hydroxyapatite composite using powder metallurgy method using raw materials in the form of beef bone which has been calcined at a temperature of 900oC and also silica powder (SiO<sub>2</sub>) and purple sweet potato which has been oven as a space holder in the manufacture of porous hydroxyaptite. The powder size used was 200 mesh or 0.074 mm. The manufacturing process involves calcining with an electric furnace, grinding, sieving, mixing using ballmilling, compression using a compacting device with a pressure of 2000 Psi for 10 minutes per specimen, and sintering with temperatures of 1100oC and 1200oC. The tests carried out include density testing, which aims to determine the amount of porosity contained in porous 75% HA / 25% SiO<sub>2</sub> composites, from, X-ray diffraction testing aims to characterize the phases formed in the composite, compressive strength testing aims to see the properties mechanics of each specimen, scanning electron microscopy testing to observe the microstructure and pore shape formed. In the density test, it was found that the

average porosity increased along with the increase in sintering temperature carried out in this study. Whereas for X-ray diffraction testing, there are 3 types of phases, namely the hydroxyapatite phase, the  $\beta$ -TCP phase and the silica phase which are reinforced on the composite, then for testing the compressive strength the higher the sintering temperature the greater the value of the compressive strength in this study, as well as for testing the compressive strength. Observation of pore shape and size using Scanning Electron Microscopy (SEM) was carried out at 2 points with a magnification of 500x to 2000x, there were various shapes and sizes, from 4,510  $\mu\text{m}$  to 67.32  $\mu\text{m}$

**Keywords:** Hydroxyapatite,  $\text{SiO}_2$ , purple sweet potato, compression test, density test, SEM, and XRD.

# DAFTAR ISI

|  |     |
|--|-----|
| <b>DAFTAR ISI</b> .....                        | xv  |
| <b>DAFTAR GAMBAR</b> .....                     | xix |
| <b>DAFTAR TABEL</b> .....                      | xxi |
| <b>BAB 1 PENDAHULUAN</b> .....                 | 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   |
| <b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b> .....            | 7   |
| 2.1    Hidroksiapatit .....                    | 7   |
| 2.2    Sifat-sifat Hidroksiapatit .....        | 8   |
| 2.2.1    Sifat Fisika Hidroksiapatit .....     | 8   |
| 2.2.2    Sifat Mekanik Hidroksiapatit .....    | 9   |
| 2.2.3    Sifat Kimia Hidroksiapatit .....      | 9   |
| 2.3    Aplikasi Hidroksiapatit .....           | 10  |
| 2.4    Tulang Sapi .....                       | 11  |
| 2.5 <i>Space holder</i> (Ubi Jalar Ungu) ..... | 13  |
| 2.6    Silika (SiO <sub>2</sub> ) .....        | 14  |
| 2.7    Sintesis Hidroksiapatit .....           | 15  |
| 2.7.1    Metode Kering .....                   | 15  |
| 2.7.2    Metode Vibro Milling .....            | 16  |

|  |   |           |
|--|---|-----------|
| 2.7.3                                    | Metode De-fatting .....                                       | 16        |
| 2.7.4                                    | Metode Alkalin Hidrotermal .....                              | 17        |
| 2.8                                      | Proses Kalsinasi.....   | 18        |
| 2.9                                      | Pembuatan Struktur Berpori Hidroksiapatit.....                | 19        |
| <b>BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN .....</b> |   | <b>21</b> |
| 3.1                                      | Persiapan Keramik Hidroksiapatit Berpori.....                 | 21        |
| 3.2                                      | Diagram Alir Penelitian .....                                 | 22        |
| 3.3                                      | Alat dan Bahan .....  | 23        |
| 3.4                                      | Persiapan Bahan <i>Space holder</i> .....                     | 23        |
| 3.5                                      | Prosedur Penelitian .....                                     | 24        |
| 3.5.1                                    | Proses Persiapan Hidroksiapatit (Tulang Sapi).....            | 24        |
| 3.5.2                                    | Persiapan <i>Reinforced</i> .....                             | 28        |
| 3.5.3                                    | Proses Persiapan <i>Space holder</i> (Ubi Jalar) .....        | 29        |
| 3.5.4                                    | Persiapan Hidroksiapatit/Silika Berpori .....                 | 29        |
| 3.6                                      | Metode Pengujian.....   | 33        |
| 3.6.1                                    | Pengujian Densitas .....                                      | 35        |
| 3.6.2                                    | Pengujian Scanning Electron Microscopy (SEM) .....            | 37        |
| 3.6.3                                    | Pengujian Compression .....                                   | 38        |
| 3.6.4                                    | Pengujian X-Ray Diffraction (XRD).....                        | 39        |
| <b>BAB 4 ANALISA DAN PEMBAHASAN.....</b> |   | <b>41</b> |
| 4.1                                      | Pengujian Densitas .....                                      | 41        |
| 4.2                                      | Hasil Pengujian XRD .....                                     | 47        |
| 4.2.1                                    | Hasil Pengujian XRD Tulang Sapi Kalsinasi 900°C.....          | 48        |
| 4.2.2                                    | Hasil Pengujian XRD SiO <sub>2</sub> .....                    | 49        |
| 4.2.3                                    | Hasil Pengujian XRD Komposit HA/SiO <sub>2</sub> Berpori..... | 50        |
| 4.3                                      | Hasil Pengujian Kekuatan Tekan .....                          | 54        |

|   |                          |           |
|---|--------------------------|-----------|
| 4.4                                     | Hasil Pengujian SEM..... | 58        |
| <b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN .....</b> |                          | <b>63</b> |
| 5.1                                     | Kesimpulan .....         | 63        |
| 5.2                                     | Saran .....              | 64        |
| <b>DAFTAR RUJUKAN.....</b>              |                          | <b>i</b>  |
| <b>LAMPIRAN .....</b>                   |                          | <b>i</b>  |



## DAFTAR GAMBAR

|             |   |    |
|-------------|---|----|
| Gambar 2.1  | Struktur kimia hidroksiapatit (Ylinen dan Komttinen, 1991). ...                                     | 8  |
| Gambar 2.2  | Tulang Femur .....  | 12 |
| Gambar 2.3  | Ubi Jalar Ungu .....  | 13 |
| Gambar 3.1  | Hasil pengumpulan tulang dari limbah warung bakso .....   | 21 |
| Gambar 3.2  | Diagram Alir .....  | 22 |
| Gambar 3.3  | Pembersihan tulang sapi .....   | 24 |
| Gambar 3.4  | Merebus tulang sapi .....   | 25 |
| Gambar 3.5  | Pengeringan tulang sapi .....   | 25 |
| Gambar 3.6  | Pemotongan tulang sapi .....  | 26 |
| Gambar 3.7  | <i>Electric furnace</i> untuk proses kalsinasi .....  | 27 |
| Gambar 3.8  | Proses <i>grinding</i> .....  | 27 |
| Gambar 3.9  | Proses penumbukan .....   | 28 |
| Gambar 3.10 | Bubuk SiO <sub>2</sub> .....  | 29 |
| Gambar 3.11 | Proses menimbang serbuk .....   | 30 |
| Gambar 3.12 | Proses <i>mixing</i> menggunakan ball milling .....   | 30 |
| Gambar 3.13 | Alat kompaksi .....   | 31 |
| Gambar 3.14 | <i>Electric furnace</i> .....   | 31 |
| Gambar 3.15 | Gambar Spesimen Komposit HA/SiO <sub>2</sub> berpori dengan space holder 20% pada suhu 1100°C ..... | 33 |
| Gambar 3.16 | Gambar Spesimen Komposit HA/SiO <sub>2</sub> berpori dengan space holder 20% pada suhu 1200°C ..... | 34 |
| Gambar 3.17 | Gambar Spesimen Komposit HA/SiO <sub>2</sub> berpori dengan space holder 30% pada suhu 1100°C ..... | 34 |
| Gambar 3.18 | Gambar Spesimen Komposit HA/SiO <sub>2</sub> berpori dengan space holder 30% pada suhu 1200°C ..... | 35 |
| Gambar 3.19 | Skema pengujian densitas (ASTM, 2000) .....   | 36 |
| Gambar 3.20 | Alat <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM) .....  | 38 |
| Gambar 3.21 | Alat Uji Tekan .....  | 39 |

|              |  |    |
|--------------|--|----|
| Gambar 3.22  | Alat Uji X-Ray Diffraction (XRD) .....   | 40 |
| Gambar 4.1   | Pengujian berat kering komposit HA/SiO <sub>2</sub> .....  | 41 |
| Gambar 4.2   | Pengujian berat basah komposit HA/SiO <sub>2</sub> .....   | 42 |
| Gambar 4.3   | Grafik porositas komposit 75% HA / 25% SiO <sub>2</sub> temperatur 1100°C dan 1200°C.....  | 46 |
| Gambar 4.4   | Spektrum hasil XRD tulang sapi dengan suhu 900°C .....   | 48 |
| Gambar 4.5   | Spektrum hasil XRD SiO <sub>2</sub> .....  | 49 |
| Gambar 4.6   | Rujukan spektrum hasil XRD SiO <sub>2</sub> (Musić et al., 2011). .....  | 50 |
| Gambar 4.7   | Spektrum hasil XRD komposit 75% HA / 25% SiO <sub>2</sub> berpori 20% dengan suhu 1100°C .....                                       | 51 |
| Gambar 4.8   | Spektrum hasil XRD komposit 75% HA / 25% SiO <sub>2</sub> berpori 20% dengan Suhu 1200°C.....  | 52 |
| Gambar 4.9   | Hasil XRD sintering a) 1050°C, b) 1100°C dan c) 1200°C (Gunawan et al., 2019).....   | 52 |
| Gambar 4.10  | Grafik hasil pengujian TGA ubi jalar ungu (Gunawan et al., 2019). .....  | 54 |
| Gambar 4.11  | Grafik pengujian kekuatan tekan komposit 75% HA / 25% SiO <sub>2</sub> berpori <i>space holder</i> ubi jalar ungu .....              | 56 |
| Gambar 4. 12 | Grafik pengujian kekuatan tekan komposit 75% HA / 25% SiO <sub>2</sub> berpori 20% <i>space holder</i> ubi jalar ungu di BATAN ..... | 57 |
| Gambar 4.13  | Hasil pengamatan SEM komposit 75% HA / 25% SiO <sub>2</sub> berpori 20% temperatur 1200°C dititik 1 dengan pembesaran 1000x ..       | 59 |
| Gambar 4.14  | Hasil pengamatan SEM komposit 75% HA / 25% SiO <sub>2</sub> berpori 20% temperatur 1200°C dititik 1 dengan pembesaran 2000x ..       | 60 |
| Gambar 4.15  | Hasil pengamatan SEM komposit 75% HA / 25% SiO <sub>2</sub> berpori 20% temperatur 1200°C dititik 2 dengan pembesaran 500x ....      | 61 |
| Gambar 4.16  | Hasil Pengamatan SEM komposit 75% HA / 25% SiO <sub>2</sub> berpori 20% temperatur 1200°C dititik 2 dengan pembesaran 1000x ..       | 62 |

## DAFTAR TABEL

|           |   |    |
|-----------|---|----|
| Tabel 2.1 | Sifat mekanik hidroksiapatit (Fadli et al., 2014). ....   | 9  |
| Tabel 2.2 | Komposisi kimia ubi jalar ungu.....   | 14 |
| Tabel 2.3 | Karakteristik silika (Iler, 1979).....  | 15 |
| Tabel 2.4 | Sintesis hidroksiapatit dari tulang sapi yang telah dilakukan...  | 17 |
| Tabel 2.5 | Ukuran pori pada hidroksiapatit berpori yang telah diuji .....  | 20 |
| Tabel 3.1 | Grafik proses sintering 1100°C.....   | 32 |
| Tabel 3.2 | Grafik proses sintering 1200°C.....   | 32 |
| Tabel 4.1 | Data hasil pengujian densitas dan porositas komposit 75% HA /<br>25% SiO <sub>2</sub> berpori dengan 20% <i>space holder</i> ubi jalar ungu<br>temperatur 1100°C .....        | 44 |
| Tabel 4.2 | Data hasil pengujian densitas dan porositas komposit 75% HA /<br>25% SiO <sub>2</sub> berpori dengan 20% <i>space holder</i> ubi jalar ungu<br>temperatur 1200°C .....        | 44 |
| Tabel 4.3 | Data hasil pengujian densitas dan porositas komposit 75% HA /<br>25% SiO <sub>2</sub> berpori dengan 30% <i>space holder</i> ubi jalar ungu<br>temperatur 1100°C .....        | 45 |
| Tabel 4.4 | Data hasil pengujian densitas dan porositas komposit 75% HA /<br>25% SiO <sub>2</sub> berpori dengan 30% <i>space holder</i> ubi jalar ungu<br>temperatur 1200°C .....        | 45 |
| Tabel 4.5 | Data hasil pengujian kekuatan tekan komposit HA/SiO <sub>2</sub> berpori<br>dengan 20% <i>space holder</i> ubi jalar ungu pada temperatur 1100°C<br>dan 1200°C .....          | 55 |
| Tabel 4.6 | Data hasil pengujian kekuatan tekan komposit HA/SiO <sub>2</sub> berpori<br>dengan 30% <i>space holder</i> ubi jalar ungu pada temperatur 1100°C<br>dan 1200°C .....          | 56 |
| Tabel 4.7 | Data hasil pengujian kekuatan tekan komposit HA/SiO <sub>2</sub> berpori<br>dengan 20% <i>space holder</i> ubi jalar ungu pada temperatur 1100°C<br>dan 1200°C di BATAN ..... | 56 |

## DAFTAR LAMPIRAN

|  |     |
|--|-----|
| Lampiran 1. 1 Gambar hasil pengujian kuat tekan di BATAN ..... | i   |
| Lampiran 1.2 Formulir Pemeriksaan Format Skripsi.....          | iii |
| Lampiran 1. 3 Kartu Asistensi Bimbingan Skripsi .....          | iv  |
| Lampiran 1. 4 Cek Similiritas (Turnitin).....                  | v   |

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Perkembangan ilmu pengetahuan di bidang kesehatan telah berkembang sangat pesat, termasuk upaya untuk melakukan perbaikan pada tubuh untuk berkembang seiring dengan semakin tingginya angka kecelakaan. Upaya untuk memperbaiki tubuh yang dilakukan termasuk menggunakan bahan biomaterial yang tidak beracun, dapat bekerja sesuai dengan kompatibilitas tubuh penerima (biokompatibel) dan dapat dengan cepat membentuk ikatan langsung dengan tulang (bioaktif) (Riyani, 2005).

Menurut Yuswono (2009) Proses pembuatan biokompatibel sulit karena ukurannya yang kecil, dan kemudian para peneliti LIPI akan membuat sendi panggul (engsel tulang di paha). Bone graft harus memiliki sifat biokompatibel, yaitu, dapat diterima oleh tubuh, memiliki sifat mekanik yang baik, dan mudah dimanipulasi (Hengky, 2011). Untuk aplikasi hidroksiapatit yang terbuat dari tulang sapi untuk calon pengganti cangkok, dapat dilihat dari sifat biokompatibelnya dan dari hasil penelitian ini kekuatan tekan hidroksiapatit telah terpenuhi untuk digunakan sebagai pengganti graft (Fitriawan et al., 2014).

Kalsium hidroksiapatit,  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ , biasa disebut sebagai HA, merupakan biomaterial sintetis yang mirip dengan biologi HA, yang merupakan komponen struktural tulang dan gigi manusia. Ini telah digunakan secara luas untuk berbagai implan tulang dan gigi karena biokompatibilitas dan bioaktivitas yang sangat baik. Ini mengikat kuat pada tulang dan mendukung osseointegrasi dari implan tulang, yang diperlukan untuk meminimalkan kerusakan pada jaringan di sekitarnya. Keramik BCP, terdiri dari campuran hidroksiapatit dan beta-kalsium fosfat ( $\beta$ -TCP,  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ) dianggap efektif dalam mempromosikan pembentukan tulang di lokasi implan. Sifat biokeramik BCP dapat dikaitkan dengan fakta bahwa mereka terdiri dari tahap HA yang lebih stabil dan TCP

yang sangat larut (Gunawan et al., 2013). Hidroksiapatit tulang sapi memiliki komposisi kimia Ca, P, O, H, Na dan Mg yang merupakan zat anorganik. di mana senyawa mineral apatit berasal dari reaksi kimia gabungan dari unsur-unsur Ca, P, O, H, sedangkan Na dan Mg adalah komponen zat anorganik tambahan dari tulang sapi dengan suhu titik leleh tulang sapi 1227°K (Sontang, 2000).

Hidroksiapatit (HA) adalah bahan yang dapat digunakan sebagai salah satu bahan untuk penggantian tulang karena memiliki sifat yang mirip dengan jaringan tulang yang memiliki kalsium tinggi dan memiliki komposisi kimia yang mirip dengan fase mineral tulang manusia. Hidroksiapatit berasal dari bahan organik, seperti dari tulang sapi, kulit telur dan lainnya.

Tulang sapi yang telah dikalsinasi pada suhu 600°C hingga 1000°C menunjukkan pembentukan hidroksiapatit murni dan kristalinitas HA meningkat dengan meningkatnya suhu pemanasan. Pada suhu 1100°C hingga 1200°C, B-TCP kecil ditemukan menunjukkan dekomposisi parsial hidroksiapatit. Proses kalsinasi tulang pada suhu 700°C menghasilkan struktur sponge dari tulang, yang memiliki jaringan pori yang saling berhubungan (Ooi et al., 2007).

Berdasarkan yang pernah dilakukan menurut Ruseska, dkk (2006) tentang tentang pemanfaatan silika. Silika yang telah dicampur pada hidroksiapatit berguna untuk mengisi ruang kosong yang terdapat di dalam hidroksiapatit, sehingga bisa menambah nilai mekanis dari specimen tersebut. Pada penelitian menurut Palard, dkk (2009) mengatakan bahwa penggunaan silika terbaik dalam komposit hidroksiapatit setinggi 10% dari total berat. Lapisan silika-HA pada titanium bersifat bioaktif dan dapat digunakan dalam aplikasi ortopedi dan gigi, ini karena penggabungan silikon dalam apatit meningkatkan laju pelarutan bahan yang dapat mendukung penggunaan bahan dan proses perbaikan tulang.

Pengaplikasian hidroksiapatit bepori dalam bidang non medis yaitu media kemasan, katalis, sensor gas dan kromatografi kolom (Ivankovic et al., 2010). Hidroksiapatit berfungsi sebagai katalis utama untuk pembuatan ribose dari formalin dan glikolaldehida (Usami dan Okamoto, 2017).

Pada penelitian ini tulang sapi dipilih sebagai bahan utama karena memiliki kandungan yang mirip dengan keramik. Tingkat keefektifan yang

terdapat pada tulang sapi lebih tinggi sebagai bahan dasar pembuatan hidroksiapatit dibandingkan cangkang telur ayam, batu gamping, maupun tulang ikan. Proses pembuatan hidroksiapatit dari limbah tulang sapi dimulai dengan mengumpulkan limbah tulang sapi dari warung bakso. Selanjutnya tulang sapi dicuci hingga bersih dari sisa daging yang menempel. Kemudian, tulang sapi direbus sampai kandungan minyak pada tulang terangkat. Setelah itu, tulang dikeringkan secara alami dibawah sinar matahari. Kemudian tulang di potong kecil-kecil agar saat proses kalsinasi dapat secara merata, Selanjutnya, tulang dikalsinasi pada temperatur 900°C Setelah proses kalsinasi, Selanjutnya untuk dilakukan proses grinding dan mortar agar tulang tersebut menjadi serbuk. Serbuk tersebut merupakan hidroksiapatit yang sering digunakan pada rekontruksi kerangka dan jaringan gigi.

Berdasarkan uraian diatas tersebut penulis mengambil tugas akhir / skripsi **“STUDI PEMBUATAN KOMPOSIT  $HA/SiO_2$  BERPORI MENGGUNAKAN *SPACE HOLDER* UBI JALAR UNGU”**.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Pada penelitian ini akan dilakukan pembuatan komposit Hidroksiapatit dengan menggunakan bahan dari alam. Bahan alam yang dimanfaatkan yaitu limbah tulang sapi bagian kaki 75% sebagai matriks organik dan silika 25% sebagai campuran *reinforced* dan ubi jalar ungu 20% dan 30% sebagai *space holder*. Suhu dan waktu sintering merupakan Parameter utama dalam penentuan sifat sifat material hasil teknologi serbuk. Pada penelitian ini akan dipelajari masalah variasi sintering terhadap sifat mekanik (kekuatan tekan), sifat fisik (densitas dan porositas) dan sifat kimia material komposit HA/  $SiO_2$  berpori.

### 1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah penulis dalam penelitian ini adalah :

1. *Matriks* yang digunakan untuk penelitian ini adalah komposit Hydroxyapatite (HA) dengan berat 75%
2. *Reinforced* yang digunakan adalah SiO<sub>2</sub> silika dengan berat 25%
3. *Space holder* yang dipakai pada penelitian ini adalah ubi jalar ungu starch dengan 20% dan 30% berat (*wt% of total wt comp*)
4. Menggunakan grinding dan mortar untuk menghancurkan tulang menjadi bentuk serbuk dengan ukuran yang diinginkan
5. Menggunakan variasi parameter sintering dengan suhu 1100°C dan 1200°C dengan *heating rate* 10°C/min dan *holding time* 3 jam.
6. Variasi pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah pengujian *compression*, pengujian *density*, dan pengujian XRD dan pengujian SEM.

### 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan utama penelitian ini dilakukan oleh penulis adalah sebagai berikut :

1. Membuat material komposit berpori dari hidroksiapatit / silika dengan *space holder* ubi jalar ungu
2. Untuk menganalisis pengaruh variasi temperature sintering dari tulang sapi dan komposit hidroksiapatit / silika dari uji XRD
3. Untuk menganalisis struktur mikro, densitas, bentuk pori dan sifat mekanik dari keramik hidroksiapatit terhadap pengaruh suhu sintering.



## 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini, adalah :

1. Mempelajari cara pembuatan untuk komposit hidroksiapatit-silika berpori
2. Mengetahui sifat fisik dan sifat mekanik hidroksiapatit-silika berpori
3. Sebagai alternatif pembuatan *porous* katalis dengan silika hidroksiapatit

## DAFTAR RUJUKAN

- Al-Sanabani, J. S., Madfa, A. A., and Al-Sanabani, F. A. 2013. Application of Calcium Phosphate Materials in Dentistry. Hindawi Publishing Corporation International Journal of Biomaterials, 12.
- Anastasescu C, Anastasescu M, Teodorescu VS, Gartner M, Zaharescu M. 2010. SiO<sub>2</sub> nanospheres and tubes obtained by sol–gel method. J Non-Cryst Solids. ;356:2634–40
- ASTM. 2000. Standard Test Methods for Density and Specific Gravity (Relative Density) of Plastics by Displacement. United States: West Conshohocken.
- Atir, R., Mallouk, S., Bougrin, K., Soufiaoui, M., Laghzizil, A. 2006. ‘Porous calcium hydroxyapatite as an efficient catalyst for synthesis of pyrazolines via 1,3-dipolar cycloaddition under solvent-free microwave irradiation’, Synthetic Communications, 36(1), pp. 111–120.
- Barakat, N. A. M., Khalil, K.A., Sheikh, F.A., Omran, F.A., Gaihre, B., Khil, M.S., Kim, H.Y. 2008. Physiochemical characterizations of hydroxyapatite extracted from bovine bones by three different methods: Extraction of biologically desirable HAp. Materials Science and Engineering, C28, 1381-1387.
- Brown, M. E. 2001. Introduction to Thermal Analysis. London: Kluwer Academic.
- Fadhilah, N., Irhamni, & Jalil, Z. 2016. Sintesis Hidroksiapatit yang Berasal dari Tulang Sapi Aceh. Journal of Aceh Physics Society, 5, 19-21.
- Fadli, A., Akbar, F., & Komalasari. 2014. Pembuatan Serbuk Hidroksiapatit dan Komposit Alumina-Hidroksiapatit Berpori Untuk Aplikasi Orthopedik. Retrieved from Riau:
- Farzadi, A., Solati-Hashjin, M., Bakhshi, F., Aminian, A. 2011. “Synthesis and characterization of hydroxyapatite/ $\beta$ -tricalcium phosphate nanocomposites using microwave irradiation”, Ceramics International, 37(1), pp. 65–71.
- Febriansyah, M. 2013. Sintesis Dan Uji In Vitro Hidroksiapatit Dari Limbah Cangkang Keong Sawah (*Bellamya Javanica*) Berporogen Pati Kentang. (Skripsi). Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Fitriawan, M., Amalia, S. R., & Saputra, B. A. 2014. Sintesis Hidroksiapatit Berbahan Dasar Tulang Sapi dengan Metode Pretipitasi sebagai Kandidat Pengganti Graft Berdasarkan Compressive Strength. Prosiding SNMF 2014.
- Gunawan., Arifin, Amir., Yani, Irsyadi., Arian, Sufran Danar. 2019. ‘The Fabrication Porous hydroxyapatite Scaffold Using Sweet Potato Starch as a

- Natural Space Holder’, *Journal of Physics: Conference Series*, 1198(4). doi: 10.1088/1742-6596/1198/4/042020.
- Gunawan., Sopyan, Iis., Naqshbandi, Abreeq., Singh, Ramesh. 2013. ‘Sintesis dari Zinc Didoping-Biphasic Calcium Phosphate Nanopowder melalui Sol-Gel Metode’, *journal Teknik Material*.
- Gunawan., Sopyan, Iis., Nurfaedah, Siti., Ammar, M. 2013. ‘Pengembangan Triphasic kalsium fosfat-karbon nanotube (HA/TCP-CNT) Komposit : Sebuah Studi Awal’, *journal Teknik Material*.
- Hengky, A. 2011. ‘Peran hidroksiapatit sebagai bone graft dalam proses penyembuhan tulang’, *stomatognatik Jurnal Kedokteran Gigi*, 8(2), pp. 6–9.
- Hilmi, I., Rinastiti, M., herliansyah, M.K. 2011. Synthesis of Hydroxyapatite from Local Bovine Bones for Biomedical Application. Paper presented at the 2011 International Conference on Instrumentation, Communication, Information Technology and Biomedical Engineering, Bandung, Indonesia.
- Iler, R.K., 1979. Silica Gels and Powder, dalam Iler, R.K. (Ed), *The Chemistry of Silica*, Wiley, New York
- Ivankovic, H., Orlic, Sebastijan., Kranzelic, Dajana., Tkalcec, Emilija. (2010) ‘keramik hidroksiapatit berpori untuk rekayasa aplikasi’, 63, pp. 408–413.
- Meldha, Z. 2016. “Pembuatan Hidroksiapatit dari Tulang Ayam berporogen Pati Biji Durian dengan Metode Presipitasi”.
- Milovac, D., Weigand, Ivna., Kovačić, Marin., Ivanković, Marica., Ivanković, Hrvoje. 2018. ‘Highly porous hydroxyapatite derived from cuttlefish bone as TiO<sub>2</sub> catalyst support’, *Processing and Application of Ceramics*, 12(2), pp. 136–142.
- Muntamah., 2011. Sintesis dan Karakteisasi Hidroksiapatit dari Cangkang Kerang Darah (*Anadara granosa*, sp), Institut Pertanian Bogor, [Tesis].
- Musić, S., Filipović-Vinceković, N. and Sekovanić, L. 2011. ‘Precipitation of amorphous SiO<sub>2</sub> particles and their properties’, *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, 28(1), pp. 89–94. doi: 10.1590/S0104-66322011000100011.
- Ooi, C. Y., Hamdi, M., & Ramesh, S. 2007. Properties of Hydroxyapatite produced by annealing of bovine bone. *Ceramics International*, 33, 1171-1177.
- Palard, M., Combes, J., Champion, E., Sylvie F., Aline, R., and Didier, B. 2009. Effect of silicon content on the sintering and biological behaviour of Ca<sub>10</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>6-x</sub>(SiO<sub>4</sub>)<sub>x</sub>(OH)<sub>2-x</sub> ceramics. *Acta Biomaterialia*. Vol. 5. Pp. 1223-1232
- Rachmania., A. 2012. Preparasi Hidroksiapatit dari Tulang Sapi dengan Metode Kombinasi Ultrasonik dan Spray Drying. (Magister teknik), Universitas Sriwijaya, Depok.

- Ruksudjarit, A., Pengpat, K., Rujijanagul, G., and Tunkasiri, T. 2008. Synthesis and characterization of nanocrystalline hydroxyapatite from natural bovine bone. *Current applied physics*, 8(3-4), 270-272.
- Ruseska, G., Fidancevska, E., Bossert, J., and Vassilev, V. 2006. Fabrication of Composite Based on  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$  and  $\text{SiO}_2$ . *Bulletin of the Chemists and Technologists of Macedonia*. Vol. 25. No. 2. Pp. 130-144.
- Riyani E. 2005. Karakterisasi senyawa kalsium fosfat karbonat hasil presipitasi Menggunakan XRD, SEM, dan EDXA pengaruh perubahan ion F dan Mg [skripsi]. Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor.
- Salimi, E., Javadpour, J. and Anbia, M. 2012. 'Template-Based Synthesis of Nanoporous Hydroxyapatite', *ISRN Ceramics*, 2012, pp. 1–6. doi: 10.5402/2012/960915.
- Sanusi, D. 2013. Analitik Instrumen X-Ray Diffraction. *Material Science Instrument*, 2, 155-167.
- Sontang, M. (2000). Optimasi hydroxyapatite dalam tulang sapi melalui proses sintering. (Magister). Universitas Indonesia, Depok.
- Sopyan, I., Melm, Ramesh, S., and Khalid, K. A. 2007. *Science Technology Advanced Material*. 116-123.
- Sulistioso, G., Deswita, Wulanarti, A., and Romawati, A. 2012. Sintesis Hidroksiapatit Berpori Dengan Porogen Kitosan Dan Karakterisasinya. *j. Kimia Kemasan*, 34(1), 219-224.
- Sumono, A., & Fatmawati, D. W. A. 2014. Penggunaan Matriks Composite Absorbable di Bidang Kedokteran Gigi. *Stomatognatic*, 11, 16-22.
- Usami, K. and Okamoto, A. (2017). 'Hydroxyapatite: Catalyst for a one-pot pentose formation', *Organic and Biomolecular Chemistry*, 15(42), pp. 8888–8893. doi: 10.1039/c7ob02051a.
- Wickramasinghe, D.B., and Rowell, D.L. 2006. The Release of Silicon From Amorphous Silica and Rice Straw in Sri Lanka Soils. *Biology Fertility of Soils*. Vol. 42. No. 3. Pp. 231-240.
- Yanda, H. E., Arman, R. and Burmawi 2019. 'Karakterisasi komposit hidroksiapatit tulang sapi silika sekam padi dengan temperature 1000°C dengan gaya tekan 15kN untuk tulang graft manusia', 13.
- Yuswono, 2009. Teknologi Implan Tulang Antikarat, <http://www.lipi.go.id/www.cgi?berita&1263599244&&2009&1036>
- Ylinen, I., and Kontinen, Y. 1991. Biocompatibility of Hydroxyapatite-Coated Hip Prostheses. *material Processing*, 110(6), 92-288.