

PENGARUH SUHU SINTERING PADA PEMBUATAN PROTOTIPE REPLIKA TULANG BERBASIS HIDROKSIAPATIT DENGAN METODE STARCH CONSOLIDATION

Adi Mulyadi Putra¹, Aman², Ahmad Fadli²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia, ²Dosen Jurusan Teknik Kimia
Fakultas Teknik, Universitas Riau
Kampus Binawidya Jl. HR Subrantas Km 12,5 Pekanbaru 28293
adimulyadi17np@gmail.com

ABSTRACT

3D bone replica based on porous Hydroxyapatite (HA) is a candidate bone implant material that has similarities to the original bone. Starch consolidation is one of the methods for making HA scaffold. The purpose of this research is to determine the effect of sintering temperature on porous HA characteristics. This research was conducted by mixing 20 grams of HA with 8 grams of sago starch and 25 ml of distilled water to form slurry. The slurry formed was then stirred at 400 rpm. The mixture was then put into a mold. Then the mixture in the mold was heated to 100°C for 60 minutes. After that, the green bodies are removed from the mould and dried in an oven at 80°C for 24 hours and 110°C for 8 hours. The dried sample is then put into the furnace. Combustion is carried out at a temperature of 600°C and ended with sintering at a temperature of 1250°C with the increasing rate of sintering temperature at 2°C/minute and holding time for 1 hour. The higher the sintering temperature causing the density, shrinkage and bending stress to be greater. Sintered bodies show density in the range of 2.52-2.56 gr/cm³, shrinkage 35.87–39.47% and bending stress 4.02-6.49 MPa.

Keywords: bending stress; bone replica; hydroxyapatite; sintering

1. Pendahuluan

Tulang merupakan rangka yang berperan penting memberi bentuk pada tubuh manusia dan merupakan komponen yang menunjang aktivitas serta mobilitas manusia sehari-hari. Jika terjadi disfungsi pada jaringan keras ini karena kecelakaan ataupun penyakit maka aktivitas dan mobilitas manusia akan sangat terganggu [Suryadi, 2011].

Menurut Nicolaas C. Budhiparama seorang anggota senior *The Indonesian Orthopaedic Association* (IOA), pada Unit Gawat Darurat (UGD) di rumah sakit di Indonesia, sebanyak 60% pasien yang mengalami kasus cedera patah tulang.

Berdasarkan data tersebut, diperlukan suatu upaya untuk

memperbaiki kerusakan tulang yang terjadi, salah satunya adalah dengan penggantian jaringan tulang atau implan tulang. Salah satu metode implan tulang yang telah dikembangkan adalah metode *alloplast* yang menggunakan biomaterial sintetik sebagai implan [Reynolds dkk, 2010].

Biomaterial merupakan material yang dapat berhubungan secara langsung dengan jaringan tubuh makhluk hidup untuk mengobati, memperbaiki, atau mengganti bagian anatomi tubuh makhluk hidup atau sering disebut sebagai implan. Syarat yang harus dipenuhi oleh biomaterial sintesis sebagai bahan pengganti tulang adalah dapat diterima oleh tubuh atau biokompatibel dan aktif

dalam proses osteokonduksi, osteoinduksi dan osteogenesis tulang guna mendorong formasi pertumbuhan tulang. Pada pembentukan tulang, sel-sel tulang keras membentuk senyawa kalsium fosfat dan senyawa kalsium karbonat. Senyawa kalsium fosfat ini yang memberikan sifat keras dalam jaringan tulang. Kristal kalsium fosfat dalam jaringan tulang dikenal sebagai kristal apatit atau senyawa hidroksiapatit [Muntamah, 2011].

Hidroksiapatit (HA) merupakan senyawa apatit yang memiliki rumus kimia $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$. HA adalah komponen anorganik utama pada jaringan keras biologis seperti tulang dan gigi [Qi dkk, 2012]. Hidroksiapatit memiliki sifat biokompatibilitas, osteokonduktivitas, dan afinitas kimia dan biologi yang sangat baik dengan jaringan tulang [Zhang dkk, 2012]. Sifat inilah yang menjadikan HA ideal digunakan sebagai komponen implan pada tulang dan gigi.

Hidroksiapatit yang berpori (*scaffold*) lebih *resorbable* dan lebih osteokonduktif dibandingkan HA *dense*. Selain itu, *scaffold* HA berpori memiliki luas area permukaan yang besar. Pori-pori tersebut bermanfaat untuk adhesi sel jaringan biologis dan pertumbuhan fase tulang baru [Swain dkk, 2015]. Keberadaan pori – pori pada *scaffold* HA diperlukan untuk pembentukan jaringan tulang untuk migrasi dan proliferasi osteoblas dan vaskularisasi. Selain itu, permukaan berpori dapat meningkatkan daya ikat mekanik antara implan dengan tulang sehingga memberikan stabilitas mekanik yang lebih besar [Swain dkk, 2015].

Tujuan penelitian ini adalah untuk menghasilkan prototipe tulang hewan sebagai persiapan pembuatan *graft* tulang sintetik pada manusia serta mengetahui

pengaruh suhu *sintering* terhadap sifat fisika dan mekanik replika tulang *scaffold* hidroksiapatit.

2. Metode Penelitian

2.1 Bahan Baku

Bahan baku penelitian terdiri dari tulang femur bebek, bubuk hidroksiapatit (Lianyungang Kede Chemical Industry, CO., LTD), pati sagu (PT Indofood Sukses Makmur Tbk, Indonesia), minyak sawit (PT Multimas Nabati Asahan, Indonesia), *Aquadest* (Brataco).

2.2 Peralatan Utama dan Penunjang

Alat utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah *furnace* (Nabertherm, Jerman), Oven, *Mechanical stirrer*, Cetakan tulang 3D *multi piece*, Densimeter MDS-300, Neraca analitik.

2.3 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini terbagi atas variabel tetap dan variabel bebas. Variabel tetap meliputi komposisi *slurry* diantaranya *Aquadest* sebanyak 25 gram, hidroksiapatit sebanyak 20 gram dan pati sagu sebanyak 8 gram dengan kecepatan pengaduk 400 rpm dan suhu kalsinasi sebesar 600°C. Sedangkan variabel bebasnya adalah suhu *sintering* 1200, 1250 dan 1300°C.

2.4 Prosedur Penelitian

Pembuatan prototipe replika struktur tulang berpori ini dimulai dengan persiapan *slurry*. Bubuk Hidroksiapatit sebanyak 20 gr dicampur dengan 25 ml akuades kemudian ditambahkan 8 gr tepung sagu sebagai *wheat particles*. *Slurry* diaduk dengan kecepatan 400 rpm selama 3 jam. Setelah terbentuk pasta, *slurry* tersebut kemudian dicetak ke *mold* yang sebelumnya diolesi minyak sawit

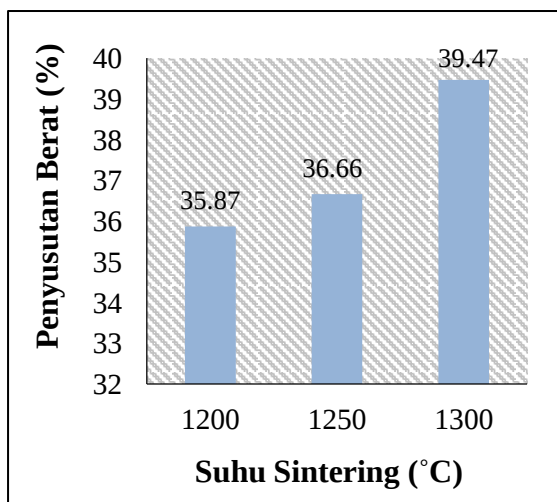
sebagai pelumas. Selanjutnya campuran dalam *mold* dipanaskan pada 100°C selama 60 menit di dalam oven. Setelah itu *green bodies* dilepas dari *mold* dan dikeringkan kembali dalam oven pada suhu 80°C selama 24 jam dan 110°C selama 8 jam. Sampel yang telah kering tersebut kemudian dimasukkan ke dalam *furnace*. Proses *burning* dilakukan pada temperatur 600°C selama 1 jam dan kemudian dilanjutkan dengan *sintering* pada suhu 1200°C selama 1 jam.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pengaruh Suhu *sintering* Terhadap *Physical Properties* Pada HA Berpori

3.1.1 Penyusutan (*Shrinkage*)

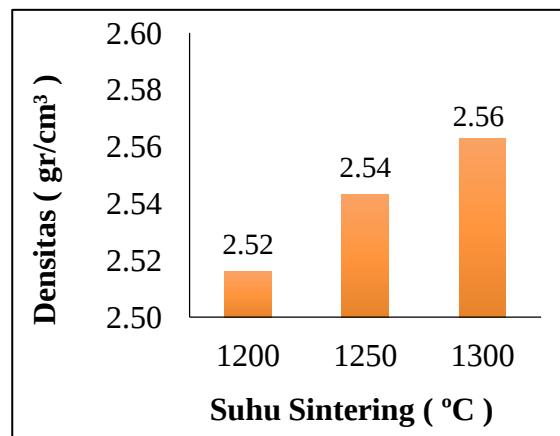
Suhu *sintering* mempengaruhi nilai penyusutan *scaffold* HA seperti yang terlihat pada Gambar 1. *Sintered bodies* hasil dari proses *sintering* mengalami penyusutan berat dengan rentang antara 35,87-39,47%. Nilai penyusutan tertinggi terdapat pada sampel yang *disintering* pada suhu 1300°C yaitu 39,47%, sedangkan untuk nilai penyusutan terendah diperoleh pada sampel dengan suhu *sintering* 1200°C yaitu 35,87%.



Gambar 1. Hubungan penyusutan berat sampel terhadap suhu *sintering*.

3.1.2 Densitas

Densitas merupakan salah satu *physical properties* yang diukur pada penelitian ini. Pengukuran nilai densitas sampel dilakukan dengan menggunakan alat Densimeter MDS-300. Densitas *scaffold* Hidroksiapatit menggunakan *mold* 3D diperoleh seperti pada Gambar 2. Berdasarkan Gambar 2, didapatkan nilai densitas yang berada pada *range* 2,52-2,56 gr/cm³, dimana semakin tingginya suhu *sintering* menyebabkan densitas sampel menjadi semakin besar. Nilai densitas yang paling besar terdapat pada variasi suhu *sintering* 1300°C yaitu 2,56 gr/cm³.



Gambar 2. Hubungan Densitas replika tulang *scaffold* HA terhadap suhu *sintering*

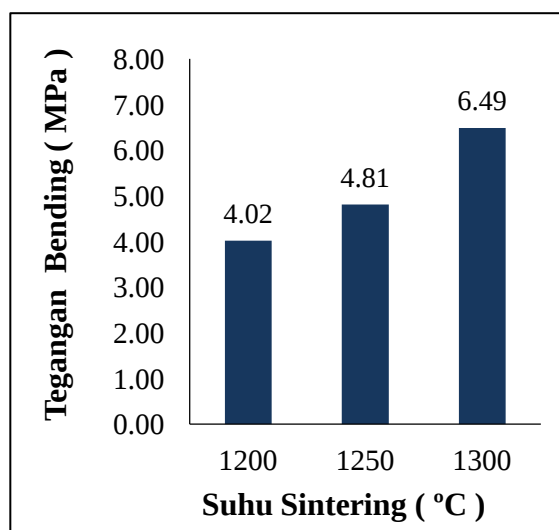
3.1.3 Tegangan *Bending* (*Bending Stress*)

Spesimen uji *scaffold* hidroksiapatit menggunakan porogen berupa pati sagu diperoleh hasil uji *bending* dengan nilai beban maksimal yang dapat diterima oleh tiap sampel yang berada pada *range* 4,53-7,31N. Dengan menggunakan Persamaan 1 sebagai berikut:

$$\sigma = \frac{3 P L}{2 b d^2} \dots\dots\dots (1)$$

dapat dihitung nilai tegangan *bending* pada masing-masing sampel dalam satuan MPa dengan nilai ketebalan dan lebar spesimen uji sebesar 2,6 mm dan 5 mm.

Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3, nilai kekuatan tegangan *bending* yang terdapat pada sampel dengan menggunakan pati sagu sebagai agen pembentuk pori berada pada rentang 4,02 MPa – 6,49 MPa. Dimana nilai tegangan tertinggi terdapat pada sampel dengan penggunaan suhu *sintering* 1300°C yaitu sebesar 6,49 MPa dan nilai pembebanan maksimal yang dapat diterima yaitu sebesar 7,31 N. Sedangkan nilai tegangan *bending* terendah terdapat pada sampel dengan suhu *sintering* 1200°C yaitu sebesar 4,02 MPa dengan nilai beban maksimal yang dapat diterima oleh sampel yaitu sebesar 0,2 N. Nilai tegangan *bending* yang terdapat pada *scaffold* dengan variasi suhu *sintering* ini sesuai dengan nilai densitas pada setiap sampel, dimana nilai kekuatan *bending* berbanding lurus dengan nilai densitas.



Gambar 3. Hubungan nilai tegangan bending terhadap suhu *sintering*.

4 Kesimpulan

Replika tulang berpori dengan bahan baku hidroksiapatit telah berhasil dibuat dengan menggunakan metode *starch consolidation*. Sifat fisik dan sifat mekanik dari replika tulang yang dihasilkan

dipengaruhi oleh suhu *sintering* yang digunakan. Densitas *scaffold* hidroksiapatit berada pada rentang 2,52-2,56 gr/cm³, dengan rentang penyusutan 35.87–39.47%. dengan nilai tegangan pada 4,02-6,49 MPa.

Daftar Pustaka

- Muntamah. (2011). *Sintesis dan Karakterisasi Hidroksiapatit dari Limbah Kulit Kerang Darah (Anadaragranosa,sp)*, Tesis, Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Qi, C., Y.J. Zhu., B.Q. Lu., X.Y. Zhao., J. Zhao., & F. Chen. (2012). Hydroxyapatite nanosheet-assembled porous hollow microspheres: DNA-templated hydrothermal synthesis, drug delivery and protein adsorption. *Journal of Material Chemistry* 22: 22642-2650.
- Reynolds, M.A., M.E. Aichelmann-Reidy., & G.L. Branch-Mays. (2010). Regeneration of Periodontal Tissue: Bone Replacement Graft. *Dental Clinic of North America* 54: 55-71.
- Suryadi. (2011). *Sintesis dan karakteristik biomaterial hidroksiapatit dengan proses pengendapan kimia basah*. Tesis. Universitas Indonesia. Depok.
- Swain, S.K., S. Bhattacharyya., & D. Sarkar. (2015). Fabrication of porous hydroxyapatite scaffold via polyethylene glycol-polyvinyl alcohol hydrogel state. *Materials Research Bulletin* 64: 257-261.
- Zhang, Y., D. Kong., Y. Yokogawa., X. Feng., Y. Tao., & T. Qiu. (2012). Fabrication of Porous Hydroxyapatite Ceramic Scaffolds with High Flexural Strength Through the Double Slip-Casting Method Using Fine Powders. *Journal of the American Ceramic Society* 95 (1): 147–152.