PENGEMBANGAN PROSES MANUFAKTUR BONE SCAFFOLD BERBASIS BIO-KERAMIK HIDROKSIAPATIT

Disertasi

ADE INDRA
(NIM: 1830912001)

PROGRAM STUDI DOKTOR TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS ANDALAS

2021

PENGEMBANGAN PROSES MANUFAKTUR BONE SCAFFOLD BERBASIS BIO-KERAMIK HIDROKSIAPATIT

Oleh: ADE INDRA (1830912001)

(Promotor: Prof. Dr.Eng. H. Gunawarman, M.T ; Dr.Eng. Jon Affi, S.T., M.T ; dan Ismet Hari Mulyadi, S.T., M.Sc., Ph.D)

ABSTRAK

Scaffold bio-keramik Hidroksiapatit (HA) telah dibuat menggunakan metode *space holder* dengan cara dan tahapan manufaktur yang dikembangkan khusus, dengan tujuan untuk meningkatkan kekuatan *scaffold* pada porositas yang tetap tinggi. Untuk tujuan ini, ada tiga tahapan kajian awal dilakukan secara sistematis. Tahapan pertama menemukan penambahan jumlah optimal pemakaian *polyvinyl alcohol (PVA)* sebagai *binder*, sehingga dapat meningkatkan *relative density* dan kekerasan dari HA. Tahapan kedua menghasilkan rasio campuran antara serbuk HA berukuran mikron dengan nano, sehingga berhasil meningkatkan nilai *compressive strength* dengan sangat signifikan. Tahapan ketiga menemukan optimalisasi temperatur *sintering* pada serbuk HA yang dicampur antara ukuran mikron dan nano dengan tetap mempertahankan kekuatan *sintered body* HA yang tinggi. Tahap keempat adalah pengembangan proses manufaktur dari *bone scaffold.* HA komersil disiapkan dengan ukuran mikron dan nano yang dicampur berbentuk *slurry* dengan *PVA* dan *ethanol*, kemudian dikeringkan untuk menghilangkan kandungan *ethanol*. HA yang mengandung *PVA* ditambahkan *polymethyl methacrylate (PMMA)* secara bervariasi sebagai material pembuat pori-pori, bertujuan mendapatkan persentase porositas yang dibutuhkan. *Green body* dipersiapkan dengan proses *uniaxial pressing* pada tekanan 200 MPa. Proses *sintering* dilakukan dengan pemanasan awal 700°C dengan *holding time* 1 jam untuk menghilangkan *PVA* dan *PMMA*, kemudian temperatur dinaikkan sampai 1200°C dengan *holding time* 3 jam. *Heating* dan *cooling rate* dipertahankan 5°C/menit selama proses *sintering*. *Scaffold* HA dikarakterisasi sifat fisik diantaranya pengujian fasa dengan *X-ray diffraction (XRD)*, pengamatan struktur mikro dengan *scanning electron microscopy (SEM)*, uji *linear shrinkage*, pengukuran pori-pori, dan uji porositas. Sifat mekanik *scaffold* HA dianalisa dengan pengujian *compressive strength*. Hasil pengujian diperoleh bahwa *scaffold* HA telah memenuhi syarat kualitas yaitu dengan *compressive strength* 2,2 MPa pada porositas 65,6% dan ukuran pori-pori 126-385 µm. Interkoneksi antara pori-pori sudah terbentuk yang dibuktikan dari hasil pengamatan dengan SEM dan uji *'translucent method'* yang dikembangkan pada penelitian ini. Hasil akhir dari *scaffold* hanya terdiri dari fasa HA, sedangkan *PVA* dan *PMMA* habis terbakar pada saat proses *sintering*, dan *scaffold* HA ini sudah teruji bersifat tidak beracun (*non-toxic)* sehingga aman untuk tubuh.

Kata kunci: *space holder, pressureless sintering, compressive strength,* porositas.

DEVELOPMENT OF THE MANUFACTURING PROCESS OF HYDROXYAPATITE BIOCERAMIC-BASED BONE SCAFFOLDS

Author: ADE INDRA (1830912001)

(Supervisors: Prof. Dr.Eng. H. Gunawarman, M.T.; Dr.Eng. Jon Affi, S.T., M.T.; and Ismet Hari Mulyadi, S.T., M.Sc., Ph.D)

ABSTRACT

Hydroxyapatite (HA) bio-ceramic scaffold have been made using the space holder method with a specially developed manufacturing method and stages, with the aim of increasing the strength of the scaffold at high porosity. For this purpose, there are three stages of systematic initial study. The first stage finding the optimal amount of polyvinyl alcohol (PVA) used as a binder to increase the relative density and hardness of HA. The second stage, aimed to determine the ratio of the micron- to the nano-sized HA powders that can increase the compressive strength very significantly. The third stage found the optimum sintering temperature on the mixed HA powders (the micron- and nano-sized) while maintaining the high strength of the HA sintered body. The fourth stage is the development of the manufacturing process of bone scaffold. Commercial HA powders were mixed to form slurry with PVA and ethanol to be dried to remove the ethanol contained. The HA containing PVA was added with polymethyl methacrylate (PMMA) in various variations to making pores, to obtain the required percentage of porosity. The green body was prepared by the uniaxial pressing process at a pressure of 200 MPa. The sintering process was carried out by preheating at 700 °C with a holding time of 1 hour to remove the PVA and PMMA, followed by increasing the temperature up to 1200 °C with a holding time of 3 hours. The heating and cooling rates were maintained at 5 °C/min during the sintering process. The HA scaffold physical properties were characterized, including phase testing using X-ray diffraction (XRD), microstructure observation by scanning electron microscopy (SEM), linear shrinkage test, pore measurement, and porosity test. The mechanical properties of the HA scaffold were analyzed by compressive strength testing. The test results showed that the HA-based scaffold met the quality requirements with a compressive strength of 2.2 MPa at a porosity of 65.6% and a pore size of 126-385 µm. Interconnections between pores were formed, evidenced by the results of the observations with SEM and the 'translucent method' test developed in this study. The final result of the scaffold only consists of the HA phase, while the PVA and PMMA burn out during the sintering process, and this HA scaffold has been tested to be non-toxic and safe for the body.

Keywords: space holder, pressureless sintering, compressive strength, porosity.