

## ABSTRACT

*Ameloblastoma is a benign tumour that occurs in the mandible. It causes a cavity/gap in the mandible. Currently, metals such as Titanium are used to repair the mandibular. However, the stress shielding phenomenon happens, and it causes implant failure. Composites are the best alternative because human bones comprise a composite of organic (such as polymer) and inorganic (such as hydroxyapatite) materials. This research was carried out to produce artificial mandibular material that is biocompatible with the human mandible.*

*This dissertation was conducted in six stage, namely; determination the object, determination the model of mandibular, modification and optimization of the 3D printing machine while the optimization using the response surface method, printing composite materials based of HA using the Direct Ink Writing (DIW) 3D printer, and physical, mechanical, characterization, thermal and biological testing of composite materials HA-based. Modification of the 3D DIW printer was carried out on the cartridge and bracket. This research explores the development of materials with a human bone composition with the main ingredients being hydroxyapatite (HA) as an inorganic material and collagen as an organic material. The addition of nanocellulose as a natural polymer is carried out to reduce/eliminate cracks that occur after material dried. To improve the mechanical, physical and biological properties of the HA/collagen/CNC composite material, surface modification of HA using citric acid was investigated*

*The results of parameter optimization on print speed and layer height of 3D printer machine are 10.009 mm/min and 0.505 mm. The hardness of HA modification/collagen/CNC were increased compared to HA/collagen composite material with a hardness value of 0.002 and 3.36 HV, respectively. Furthermore, the tensile strength of HA modification/collagen/CNC were increased about two times compared to HA/collagen/CNC with a value of 3.2 and 7.166 MPa, respectively. The morphology of HA modification, collagen, and CNC is round, rod, and fibres. The crystallinity of HA modification increases two times compared with HA (42% to 78.2%). In addition, the crystallinity of HA modification/collagen/CNC increases almost 3 times compared to HA/collagen/CNC with values of 73% and 28%. Biological tests using the MTT Assay on osteoblast cells confirm the viability of HA modification/collagen/CNC whereas the material is non-toxic and biocompatible. Therefore, this composite material is very promising for biomedical applications.*

**Keywords:** *Hydroxyapatite, collagen, mandibular, biomaterial, composite*

## INTISARI

Tumor *ameloblastoma* merupakan tumor jinak yang sering terjadi pada mandibula yang menyebabkan terjadinya rongga/gap pada mandibula. Perbaikan yang dilakukan pada saat ini menggunakan logam seperti Titanium tetapi fenomena *stress shielding* menjadi faktor utama penyebab kegagalan pada implan. Komposit merupakan alternatif terbaik karena tulang manusia tersusun atas komposit dari bahan organik (seperti: polimer) dan anorganik (seperti: *hydroxyapatite*). Penelitian ini dilakukan untuk menghasilkan material *artificial* mandibula yang biokompatibel dengan mandibula manusia..

Penelitian ini dilakukan dalam enam tahapan yaitu: menentukan objek yang akan diteliti, menentukan model mandibula, modifikasi dan optimasi mesin 3D *printing*, optimasi dengan menggunakan *response surface methode* dan pembuatan material komposit berbasis HA, *printing* material komposit berbasis HA dengan menggunakan 3D *printer Direct Ink Writing* (DIW), dan pengujian material komposit berbasis HA yang meliputi pengujian fisik, mekanik, karakterisasi, pengujian termal dan biologi. Modifikasi mesin 3D *printer* DIW dilakukan pada *cartridge* dan *bracket*. Penelitian disertai ini menggali pengembangan material dengan komposisi tulang manusia dengan bahan utamanya adalah *hydroxyapatite* (HA) sebagai inorganik material dan *collagen* sebagai organik material. Penambahan nanoselulosa sebagai polimer alami dilakukan untuk mengurangi/menghilangkan retak yang terjadi setelah kering. Untuk meningkatkan sifat mekanis, fisis dan biologi pada material komposit HA/*collagen*/CNC maka dilakukan modifikasi permukaan pada HA dengan menggunakan asam sitrat.

Hasil optimasi parameter pada *print speed* dan *layer height* mesin 3D *printer* adalah 10,009 mm/menit dan 0,505 mm. HA-modifikasi/*collagen*/CNC meningkatkan kekerasan material dibandingkan material komposit HA/*collagen* dengan nilai kekerasannya adalah 0,002 HV (HA/*collagen*) dan 3,36 HV (HA-modifikasi/*collagen*/CNC). Kekuatan tarik pada HA-modifikasi/*collagen*/CNC meningkat sebesar dua kali dibandingkan dengan HA/*collagen*/CNC dengan nilai 3,2 Mpa untuk HA/*collagen*/CNC dan 7,166 MPa untuk HA-modifikasi/*collagen*/CNC. Morfologi pada HA-modifikasi, *collagen*, dan CNC berbentuk bulat, batang, dan serat. Kristalinitas pada HA-modifikasi meningkat dua kali dibandingkan HA (42% menjadi 78,2%). Selain itu, kristalinitas HA-modifikasi/*collagen*/CNC meningkat hampir 3 kali lipat dibandingkan dengan HA/*collagen*/CNC dengan nilai 73% dan 28%. Uji biologi dengan metode MTT pada sel *osteoblast*, mengkonfirmasi viabilitas material HA-modifikasi/*collagen*/CNC bahwa material tersebut tidak beracun dan biokompatibel. Oleh karena itu, material komposit ini sangat menjanjikan untuk aplikasi biomedis.

**Kata kunci:** *Hydroxyapatite*, *collagen*, mandibula, biomaterial, komposit