

INOVASI *Green Bone Implant* MENGGUNAKAN ROTAN (*Calamus manau M*) SEBAGAI SUBSTITUT LOGAM

Agung Prabowo¹, Muhammad Reski², Ahmad Fadli³

^{1,2}Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia, FT UR Pekanbaru

³Jurusan Teknik Kimia, FT UR Pekanbaru

Email: agung.prabowoagung@student.unri.ac.id

Abstract. Rattan is a plant that is widely available in Indonesia. The anatomical structure of the rattan is closely related to determining the durability and strength of the rattan, including the large pores and thickness of the fibrous cell walls. The cell wall is a fiber composite made of cellulosic micro-fibrils that are inserted into the hemicellulose and lignin matrices. Substitution of fiber bundles and porous ducts of this channel makes wood as an elective material to be used as a template in initiating new bone replacement preparations characterized by biomimetic hierarchical structures. Hydroxyapatite (HA) is a mineral form of naturally occurring apatite calcium with $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ formula. One of the major innovations in the field of bone reconstruction is to apply HA as a surface coating on a mechanically strong implant metal and can improve the stability of bone implants thereby increasing the lifetime of metal implants. The manufacture of bone implants using rattan as a substitute of metal is done by several stages of pyrolysis, carburization, oxidation, carbonization and the last stage of formation of hydroxyapatite compounds by phosphatization. Analysis of product characteristics produced is by several tests including SEM, XRD, Density, Porosity and Compressive Strength Testing

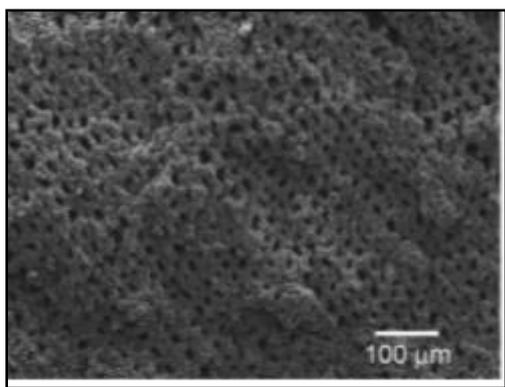
Abstrak. Rotan merupakan tanaman yang banyak terdapat di Indonesia. Struktur anatomi batang rotan berhubungan erat dengan menentukan keawetan dan kekuatan rotan, antara lain adalah besar pori dan tebalnya dinding sel serabut. Dinding sel adalah komposit serat yang terbuat dari mikro-fibril selulosa yang disisipkan ke dalam matriks hemiselulosa dan lignin. Pergantian bundel serat dan daerah berpori saluran ini lah membuat kayu sebagai bahan elektif untuk digunakan sebagai template dalam memulai persiapan pengganti tulang baru yang ditandai oleh struktur hirarkis biomimetik. Hidroksiapatit (HA) merupakan bentuk mineral dari kalsium apatit yang terbentuk secara alami dengan formula $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$. Salah satu inovasi besar dalam bidang rekonstruksi tulang adalah mengaplikasikan HA sebagai lapisan permukaan pada logam implan yang kuat secara mekanik dan dapat meningkatkan kestabilan implan pada tulang sehingga meningkatkan umur pemakaian implan logam. Pembuatan implan tulang menggunakan rotan sebagai substitut logam dilakukan dengan beberapa tahap yaitu pirolisis, karburisasi, oksidasi, karbonisasi dan tahap terakhir pembentukan senyawa hidroksiapatit dengan cara fosfatisasi. Analisa karakteristik produk yang dihasilkan adalah dengan beberapa uji diantaranya SEM, XRD, Densitas, Porositas dan Uji Kuat Tekan.

Kata Kunci: Hidroksiapatit, Logam, Rotan

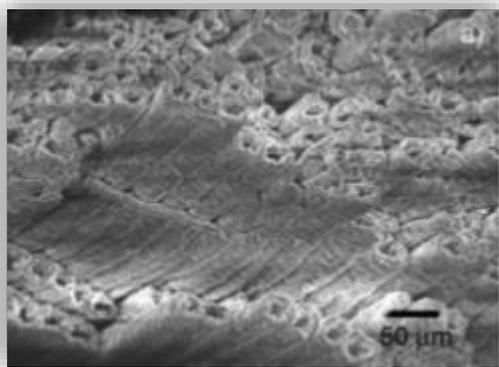
Metal atau logam merupakan suatu material yang memiliki kriteria mekanik yang kuat dan mampu menahan berat tubuh jika digunakan sebagai material implan tulang (Rad dkk, 2014). Menurut Menteri Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi Muh Nasir, kebutuhan implan tulang di Indonesia sangat tinggi mencapai 80.000-100.000 keping pertahun, hal tersebut terjadi seiring dengan tingginya angka kecelakaan yang mengakibatkan fraktur hingga masalah osteoporosis pada tulang. Sehingga saat ini Indonesia masih mengimpor material logam implan tersebut untuk memenuhi kebutuhan

dalam negeri. Namun, biaya yang sangat tinggi untuk implan tulang membuat masyarakat sulit menjangkaunya, dikutip dari laman resmi Kemenristekdikti, Senin (20/02/2017). Dalam kesempatan yang sama Menteri Ristekdikti menyampaikan bahwa harga implan tulang impor ditaksir seharga 400 USD, menyebabkan adanya keterbatasan bagi masyarakat untuk mendapatkan implan tulang, sehingga banyak permintaan untuk mengganti metal atau logam dengan biomaterial inovatif yang jauh lebih ekonomis. Tampieri dkk, (2009) mengatakan bahwa dalam beberapa tahun terakhir begitu

banyak permintaan untuk mengganti metal atau logam dengan biomaterial inovatif, yang dapat menggantikan, memperbaiki atau bahkan meregenerasi jaringan tulang yang rusak. Dalam penelitiannya Tampieri dkk, (2009) telah melakukan konversi kayu pinus menjadi *scaffold* hidroksiapatit untuk pengaplikasian pada tulang yang rusak. Hasil sintesis yang telah dilakukan oleh Tampieri dkk, (2009) pada *template* pohon pinus dapat dilihat dari struktur permukaan sampel hasil analisa SEM.



Gambar 1. Analisa SEM Hidroksiapatit yang terbentuk pada permukaan sampel pinus, Tampieri dkk (2009).



Gambar 2. Analisa SEM Hidroksiapatit yang terbentuk pada permukaan sampel pinus dengan pembesaran, Tampieri dkk (2009).

Hal inilah yang menjadi dasar pengembangan inovasi pembuatan implan tulang dari rotan dengan menggunakan pati sagu sebagai *binder* untuk menghasilkan kekuatan ikatan antara bioaktif material dengan permukaan sampel.

Rotan merupakan tanaman yang tumbuh subur di daerah tropik, termasuk Indonesia. Di Indonesia rotan tumbuh secara alami dan tersebar luas di Jawa, Sumatera, Kalimantan, Sulawesi dan Irian Jaya (Papua). Persebaran rotan manau di Sumatera dan Kalimantan dengan perawakan tunggal, memanjat, tinggi sampai 100 m. Diameter batang dengan pelepah sampai 66 – 80 mm (tanpa pelepah sampai 30-80 mm), panjang ruas 18-35 cm. Jenis Calamus manau ini juga ditemukan di Jambi, Riau dan Bengkulu (Jasni dkk. 2007). Struktur anatomi batang rotan berhubungan erat dengan menentukan keawetan dan kekuatan rotan, antara lain adalah besar pori dan tebalnya dinding sel serabut. Sel serabut merupakan komponen struktural yang memberikan kekuatan pada rotan (Rachman, 1996). Untuk menghasilkan rotan yang dapat digunakan sebagai implan tulang, maka perlu dilakukan suatu perlakuan untuk menimbulkan sifat bioaktif dari rotan. Menurut Suetsugu dan Tateishi (2011) hidroksiapatit merupakan salah satu material bioaktif yang dapat mengganti dan meregenerasi jaringan tulang yang rusak pada manusia.

Hidroksiapatit (Selanjutnya disebut HA) merupakan senyawa apatit yang memiliki rumus kimia $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$. HA merupakan komponen anorganik utama pada jaringan keras biologis seperti tulang dan gigi (Qi dkk. 2012). HA memiliki sifat biokompatibilitas, osteokonduktivitas, dan afinitas kimia dan biologi yang sangat baik dengan jaringan tulang (Zhang dkk. 2012). Sifat tersebut menjadikan HA ideal digunakan sebagai komponen implan untuk tulang dan gigi (Maheshwari dkk, 2014).

Metode implan tulang yang dikembangkan saat ini salah satunya adalah metode *alloplast* yang menggunakan biomaterial sintetik sebagai implan (Reynold dkk,2010). Salah satu biomaterial sintetik tersebut adalah hidroksiapatit (HA) (Dumitrescu, 2011). HA 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). Pori pada *scaffold* dapat dibentuk dengan menggunakan replika yang diimpregnasi oleh suspensi biomaterial (*replica / polymeric sponge method*) (Sopyan dan Kaur, 2009). Metode ini merupakan metode pembuatan hidroksiapatit berpori dengan biaya yang lebih murah dan memenuhi karakteristik sebagai implan tulang pada manusia.

METODE PENELITIAN

Template yang digunakan berasal dari rotan. Rotan dipotong dengan tinggi 1 cm. Sampel rotan dialisis pirolisa dengan fluks argon ringan dengan suhu yang digunakan 1000°C selama 1 jam (dengan laju pemanasan 1 °C/menit). Lalu dilakukan proses karburisasi untuk menghasilkan kalsium pada permukaan rotan , kemudian masuk pada proses oksidasi dan karbonisasi untuk membentuk *Template* CaCO₃.

Setelah terbentuk *Template* CaCO₃. Untuk membentuk senyawa hidroksiapatit dengan rumus molekul Ca₁₀(PO₄)₆(OH)₂. Maka dilakukan proses impregnasi PO₄ yang dilakukan dengan melarutkan KH₂PO₄ dan pati sagu kedalam air. Untuk membentuk lapisan hidroksiapatit pada rotan, *Template* CaCO₃ dicelupkan kedalam larutan KH₂PO₄, dimana suspensi KH₂PO₄ sebagai sumber (PO₄) yang akan berikatan dengan gugus Ca²⁺ yang terikat pada rotan. Lama pencelupan dilakukan selama 4 jam. Selanjutnya, *Template* yang telah diimpregnasi oleh larutan fosfat dikeringkan dengan menggunakan oven pada temperatur 110°C selama 2 jam. Setelah proses pengeringan, dilakukan proses pembakaran (burning) dengan menggunakan furnace pada temperatur 600°C selama 1 jam untuk menghilangkan selulosa dan *binder* (pati sagu). Selanjutnya dilakukan proses sintering dengan laju 2°C/menit, pada temperatur 1250 °C selama 1 jam untuk menghasilkan produk implan bambu yang telah terbentuk hidroksiapatit pada permukaannya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Hasil dan Pengolahan Data *Scanning Electron Microscopy* (SEM)

SEM berfungsi untuk mengetahui morfologi sampel. Morfologi merupakan bentuk atau keadaan permukaan suatu material. Hasil SEM dapat menunjukkan ukuran dan bentuk pori pada sampel.

X-Ray Diffraction (XRD)

XRD digunakan untuk mengidentifikasi fasa kristal dalam material dengan cara menentukan parameter struktur kisi.

Densitas dan Porositas

Densitas dan porositas merupakan karakteristik yang menggambarkan distribusi pori pada sampel. Porositas merupakan karakteristik yang penting dalam kesuksesan pembuatan *scaffold*. Densitas diperoleh dengan menimbang dan menghitung volum sampel secara analitis, dengan formula sebagai berikut:

$$\text{Densitas sampel, } \rho_s = \frac{\text{massa (gr)}}{\text{volume (cm}^3\text{)}}$$

$$\text{Densitas relatif, } \rho_r = \frac{\rho_s}{\rho_t} \times 100\%$$

$$\text{Porositas} = 100\% - \rho_r$$

Compressive Strength Testing (Uji Kuat Tekan)

Uji kuat tekan dilakukan untuk mengetahui ketahanan sampel apabila diberi Sejumlah beban (*loading*). *Compressive strength* diperoleh dari kurva *stress-strain* dengan cara membebani sampel dengan laju tertentu hingga sampel tersebut hancur (*failure*).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan pada bagian sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa Proses pelapisan Hidroksiapatit pada Rotan dan memanfaatkan pati sagu sebagai binder akan menjadi suatu materi inovatif. Selain itu produk implan yang terbentuk diharapkan dapat menjadi solusi atas mahalnya implan di Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Dumitrescu, A.L. 2011. Bone Grafts and Bone Graft Substitutes in Periodontal Therapy. Chemical in Surgical Periodontal Therapy. Springer-Verlag. Berlin.

- Jasni, Damayanti R, Kalima T. 2007. Atlas Rotan Indonesia Jilid 1. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan, Bogor.
- Maheshwari, S.U., V.K Samuel., dan N. Nagiah. 2014. Fabrication dan evaluation of (PVA/HAp/PCL) bilayer composites as potential scaffolds for bone tissue regeneration application. *Ceramic International* 40: 8469-8477.
- Qi, C., Y.J. Zhu., B.Q. Lu., X.Y. Zhao., J. Zhao., dan 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
- Rachman, O. 1996. Peranan Sifat Anatomi, Kimia dan Fisik terhadap Mutu Rekayasa Rotan. (Disertasi). Bogor: Pascasarjana IPB.
- Rad, A.T., Hashjin, M.S., Osman, N.A.A., dan S. Faghihi. 2014. Improved Biophysical Performance of Hydroxyapatite Coatings Obtained by Electrophoretic Deposition at Dynamic Voltage, *Ceramics International*, 40(8): 12681-12691..
- Reynolds, M.A., M.E. Aichelmann-Reidy., dan G.L. Branch-Mays. 2010. Regeneration of Periodontal Tissue: Bone Replacement Graft. *Dental Clinic of North America* 54: 55-71.
- Sopyan, I., dan J. Kaur. 2009. Preparation dan characterization of porous hydroxyapatite through polymeric sponge method. *Ceramic International* 35: 3161-3168.
- Suetsugu, Y., dan T. Tateishi, (2011), *Implants and Biomaterials (Hydroxyapatite)*, National Institute of Material Science, Ibaraki, Japan.
- Swain, S.K., S. Bhattacharyya., dan D. Sarkar. 2015. Fabrication of porous hydroxyapatite scaffold via polyethylene glycol-polyvinyl alcohol hydrogel state. *Materials Research Bulletin* 64: 257-261.
- Tampieri, A., Sprio, S., Ruffini, A., Celotti, G., Lesci, I.G. and Roveri, N., 2009. From wood to bone: multi-step process to convert wood hierarchical structures into biomimetic hydroxyapatite scaffolds for bone tissue engineering. *Journal of Materials Chemistry*, 19(28), pp.4973-4980..
- Zhang, Y., D. Kong., Y. Yokogawa., X. Feng., Y. Tao., dan 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.