

PEMBUATAN KOMPOSIT BERPORI TINGGI UNTUK BIOMATERIAL

MAKING HIGH PORTED COMPOSITE FOR BIOMATERIAL

Bambang Soeswanto¹, Ninik Lintang Edi Wahyuni^{*1}, Intan Siti Hardianti¹, Affiah Nur Aiman¹, Aulia Nurkomala¹

¹Teknik Kimia Politeknik Negeri Bandung

Jl. Gegerkalong Hilir, Ciwaruga, Kec. Parongpong, Kabupaten Bandung Barat, Jawa Barat 40559

*email: niniklintang@yahoo.com

ABSTRACT

One application of biomaterials in the medical field is the manufacture of guided bone regeneration (GBR) membranes to help bone regeneration. The GBR membrane can be synthesized from polycaprolactone (PCL), which is a biocompatible polymer and can be absorbed by human body. The aim of this research is to obtain the composition of PCL, hydroxyapatite, and NaCl as well as the pressure on the composite printing to obtain high porosity GBR. Deficiencies in PCL properties such as slow degradation, poor mechanical properties, and low cell adhesion will be improved by adding porous NaCl to obtain porous composites and Hydroxyapatite to limit the porogen extraction process. Pressure printing of membranes will improve the mechanical properties of composites and the homogeneity of pore size. The results showed that higher compression obtained products with high porosity, namely for 79-97% at a pressure of 15 MPa and 75- 95% at a pressure of 20 MPa. While the SEM test showed that the pore size varied between 103.769 – 140.911 μm , 13.2 – 28.026 μm , and 1.503 – 4.718 μm .

Keywords. Biomaterial, polikaprolakton, porogen, membran

PENDAHULUAN

Pembuatan biomaterial telah banyak diteliti, salah satunya adalah pembuatan membran *guided bone regeneration* (GBR) untuk regenerasi tulang yang dikombinasi dengan pemasangan implan titanium. Salah satu bahan yang digunakan adalah polikaprolakton (PCL). Polikaprolakton merupakan polimer yang dapat diserap oleh tubuh, biokompatibel dan telah banyak digunakan dalam implan jangka panjang.

Kalsium fosfat merupakan material bioaktif yang sering digunakan untuk merehabilitasi tulang karena memiliki kemampuan resorpsi yang tinggi. Kalsium fosfat bioaktif terdiri dari dua jenis, yaitu hidroksiapatit (HA) dan trikalsium fosfat (TCP). Menurut Zakaria dkk. (2013), kelarutan HA dan TCP jenis α dalam air relatif rendah yaitu masing-masing 0,0001 dan 0,97 mg/L. Sifat kelarutan dalam air yang rendah merupakan keunggulan, karena dapat membatasi proses ekstraksi porogen agent.

Struktur membran yang sangat berpori dibutuhkan untuk mempercepat proses pertumbuhan sel, laju transfer nutrisi dan hasil metabolisme, terutama pada tulang bagian cancellous (Holtzward dan Ma, 2011). Tulang cancellous memiliki porositas 75-90% dengan ukuran pori 100-300 μm yang digunakan untuk pertumbuhan sel osteoblas pada saat regenerasi tulang (Pal, 2014). Fraksi pori yang tinggi menyebabkan sifat mekanik membran menurun, sementara membran GBR harus memiliki sifat mekanik yang hampir sama dengan tulang yang akan diimplan. Senyawa anorganik seperti KCl, NaCl, Na₂SO₄, NaHCO₃, dan K₂HPO₄ berpotensi digunakan sebagai porogen anorganik untuk mendapatkan polimer berpori (Chao dkk 2006). Membran GBR dengan dengan kuat tekan 9 MPa dan porositas sebesar 65% dihasilkan dari pencetakan bertekanan 10 MPa (Olah dan Borbas, 2008). Karakteristik ini sesuai dengan kuat tekan salah satu tulang cancellous bagian punggung yaitu sebesar 8,63 MPa, namun porositas membran tidak sesuai dengan karakteristik yang dibutuhkan, yaitu 75-90% (Pal, 2014). Guarino dkk. (2007) menghasilkan membran dengan porositas 92,12% dan kuat tekan 0,3 MPa dengan menggunakan tekanan kompresi sebesar 1,27 MPa, konsentrasi HA 13% v/v larutan polimer, dan

rasio volume porogen agent terhadap larutan polimer sebesar 9:1. Berdasarkan penelitian Kang dkk. (2007), peningkatan rasio porogen agent terhadap larutan polimer dapat meningkatkan porositas namun dapat menurunkan kuat tekan dari komposit.

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana cara membuat komposit berpori tinggi serta memiliki nilai kuat tekan yang sesuai dengan kriteria tulang *cancellous* dengan memvariasikan rasio volume *porogen agent* terhadap larutan polimer, konsentrasi hidroksiapatit, dan variasi tekanan kompresi. Tujuan penelitian untuk menentukan rasio volume antara *porogen agent* terhadap larutan polimer (PCL), konsentrasi hidroksiapatit, dan tekanan kompresi untuk mendapatkan komposit berpori tinggi yang sesuai dengan kriteria tulang *cancellous* yaitu memiliki porositas 75-90% dengan ukuran pori 100-300 μm .

METODE

• Penentuan Rasio Volume, Tekanan Kompresi dan Konsentrasi Hidroksiapatit

Rasio volume antara porogen agent dengan larutan polimer dilakukan dengan variasi : 9:1, 10:1 dan 11:1. Variasi tekanan yang dilakukan adalah; 10 MPa, 15 MPa, dan 20 MPa. Variasi konsentrasi hidroksiapatit yaitu 8%, 10 %, dan 12% terhadap volume larutan polimer.

• Pembuatan Komposit

Polikaprolakton (PCL) berbentuk serbuk dilarutkan dalam asam asetat glasial dengan rasio PCL terhadap asam asetat glasial 25%(w/v) dan dipanaskan pada suhu 60°C (Warastuti dkk., 2013). Suhu tersebut di bawah titik leleh PCL yaitu 65°C. Kemudian ditambahkan hidroksiapatit sebanyak 13% dari volume total larutan. Kristal NaCl kemudian ditambahkan sesuai dengan variasi rasio volume NaCl terhadap larutan polimer yaitu 9:1; 10:1; dan 11:1. Larutan diaduk selama 6 jam pada suhu 40°C kemudian dituangkan ke cetakan. Proses pencetakan dilakukan menggunakan alat *hydraulic hot press* pada variasi tekanan kompresi 10; 15; dan 20 MPa. Pelarut dalam komposit dihilangkan dengan cara direndam dalam larutan NaOH 1% selama 12 jam

(Warastuti dkk., 2013). Selanjutnya proses pembentukan pori dilakukan berdasarkan metode *particulate leaching*. Kristal NaCl dalam komposit diekstraksi dengan direndam aquades 7 hari dan dikeringkan vakum 40°C.

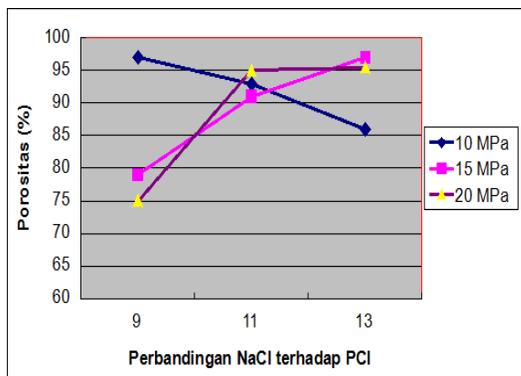
- **Pengujian Komposit**

Pengujian kekuatan mekanik dengan analisis porositas, dan analisis morfologi pori menggunakan *Surface Area Analyzer*. Uji Karakteristik Pori, berupa ukuran pori dan luas permukaan spesifik di PUSLITBANG TekMIRA Bandung

HASIL DAN PEMBAHASAN

- **Variabel Perbandingan Massa NaCl terhadap PCL**

Porositas produk komposit sangat penting untuk diketahui karena nilai porositas dapat mempermudah perpindahan sel-sel tubuh, proliferasi sel, tranfer oksigen dan produk proses metabolisme yang terjadi di dalam tubuh. Nilai porositas yang dianggap bagus untuk produk komposit tulang antara 75 - 95 % (Pal, 2004). Penelitian tentang pengaruh kondisi percobaan berupa variabel Perbandingan Massa NaCl terhadap polimer PCL terhadap nilai porositas komposit untuk 3 kondisi tekanan kompresi (10 MPa; 15 MPa; 20 MPa) disajikan di Gambar 1.

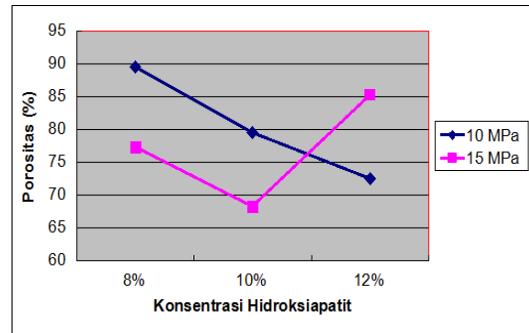


Gambar 1 Porositas Komposit untuk Berbagai Perbandingan NaCl/PCL

Berdasarkan Gambar 1 dapat diuraikan bahwa komposit dengan porositas yang diinginkan akan dipengaruhi perbandingan NaCl/PCL untuk berbagai kondisi tekanan kompresi. Semakin tinggi tekanan kompresi dan rasio NaCl/PCL, akan dihasilkan produk dengan porositas yang tinggi, dengan nilai porositas untuk tekanan 15 MPa sebesar 79 - 97 % dan untuk tekanan 20 MPa sebesar 75 - 95 %. Tetapi hal ini tidak ditunjukkan pada saat percobaan dengan kondisi tekanan rendah 10 MPa. Pada percobaan tekanan rendah tersebut, porositas komposit akan menurun pada saat rasio NaCl/PCL dinaikkan, Hal ini diperkirakan pengaruh jumlah dan distribusi massa NaCl lebih dominan. Massa NaCl yang berlebih tidak terdistribusi secara baik pada saat percobaan pada tekanan rendah (10 MPa)

- **Variabel Konsentrasi Hidroksiapatit**

Berdasarkan percobaan variasi konsentrasi hidroksiapatit dalam 2 tekanan (10 MPa dan 15 MPa) diperoleh pengaruh hidroksiapatit seperti disajikan di Gambar 2.



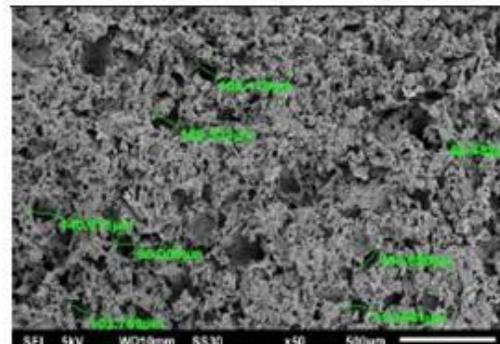
Gambar 2 Porositas Komposit Berbagai Konsentrasi Hidroksiapatit

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada kondisi konsentrasi hidroksiapatit antara 8 - 12 %, nilai porositas pada tekanan 10 MPa akan akan menurun dari 90 menjadi 72 %, jika kadar hidroksiapatit dinaikkan. Sedangkan hasil yang agak berbeda diperlihatkan pada percobaan dengan kondisi tekanan kompresi 15 MPa. Peningkatan konsentrasi hidroksiapatit cenderung akan menurunkan nilai porositas produk biomaterial. Hal ini bisa dipahami karena peningkatan konsentrasi hidroksiapatit secara otomatis akan mengurangi kadar NaCl sebagai bahan porogen yang ditambahkan ke campuran bahan baku.

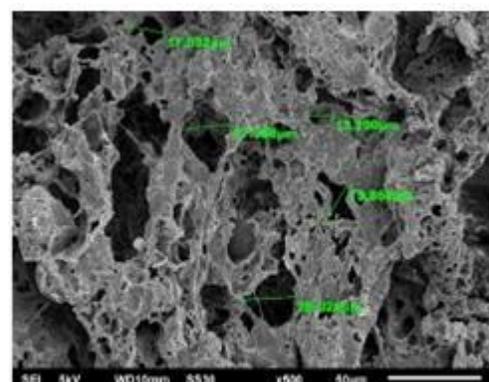
- **Struktur Produk Komposit Biomaterial**

Produk komposit harus mempunyai pori tinggi dengan ukuran yang sesuai untuk keperluan biomaterial. Karakteristik pori yang dikehendaki untuk keperluan perpindahan sel osteoblas sebesar 100-300 µm (Barralet, 2005). Untuk mengetahui ukuran pori produk biomaterial (kondisi percobaan rasio NaCl/PCL 13:1 dan tekanan 20 MPa) telah dilakukan analisis dengan uji SEM seperti disajikan di Gambar 3

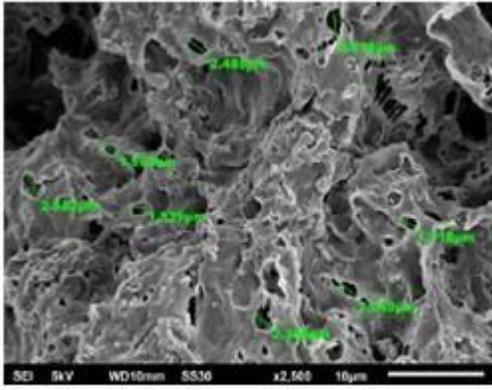
Hasil citra dari uji SEM untuk produk biomaterial terlihat bahwa ukuran pori yang dihasilkan beragam.



A



B



C

Gambar 3 Uji SEM Produk Biomaterial

- A. Perbesaran 50 x
 B. Perbesaran 500 x
 C. Perbesaran 2500 x

Gambar 3 A, kondisi perbesaran 50 kali menunjukkan ukuran pori sebesar 103,769 – 140,911 μm . Tetapi jika dilakukan perbesaran 500 x (Gambar 3 B) bisa dilihat ada pori yang lebih kecil yaitu dengan ukuran 13,2 – 28,026 μm . Perbesaran maksimum yaitu sebesar 2500 kali (Gambar 3 C) menghasilkan citra ada beberapa ukuran pori yang lebih kecil yaitu 1,503 – 4,718 μm . Produk biomaterial yang mempunyai pori jenis mikro-pori (1 – 20 μm) dan makro-pori (20 – 200 μm) akan mempunyai kemampuan membantu regenerasi tulang secara optimal. Makro-pori berfungsi menyediakan ruang bagi sel osteoblas berpindah dan menempel di permukaan biomaterial, sedangkan mikro-pori berguna sebagai media perpindahan nutrisi, oksigen dan sisa hasil metabolisme sel.

SIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dihasilkan beberapa simpulan, yaitu

- Semakin tinggi tekanan kompresi akan dihasilkan produk dengan porositas yang tinggi, dengan nilai porositas untuk tekanan 15 MPa sebesar 79 - 97 % dan untuk tekanan 20 MPa sebesar 75 - 95 % yang sesuai dengan kriteria tulang *cancellous* yaitu porositas 75-90% .
- pada kondisi konsentrasi hidroksiapatit antara 8 - 12 %, nilai porositas biomaterial pada tekanan 10 MPa akan akan menurun dari 90 menjadi 72 %, jika kadar hidroksiapatit dinaikkan
- uji SEM menunjukkan ukuran pori bervariasi antara 103,769 – 140,911 μm , 13,2 – 28,026 μm , dan 1,503 – 4,718 μm

Penelitian tentang Pembuatan Komposit Berpori Tinggi Untuk Biomaterial akan bisa lebih komprehensif dan aplikatif dengan mengkaji parameter tambahan seperti nilai kuat tekan masing-masing kondisi percobaan dalam kegiatan penelitian lanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Barralet E, Wang L, Lawson M, Triffitt JT, Cooper PR, Shelton RM. 2005. Comparison of Bone Marrow Cell Growth on 2D and 3D Alginate hydrogels. *J. Mater Sci Mater Med* 16(6): 515-519
- Chao, A. C.; Yu, S. H.; Chung, G. S. 2006, Using NaCl Particles as Porogen to Prepare a Highly

Adsorbent Chitosan Membranes. *J. Membr. Sci.*, 280, 163–174.

Guarino, Causa F, Netti PA, Ciapetti G, Pagani S, Martini D, Baldini N, Ambrosio L, 2007. The Role of Hydroxyapatite as Solid Signal on Performance of PCL Porous Scaffolds for Bone Tissue Regeneration. *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials* Published online 11 March 2008 in Wiley InterScience

Holzwarth, J. M.; Ma, P. X. 2011 “Biomimetic Nanofibrous Scaffolds for Bone Tissue Engineering”, *Biomaterials*, 32, 9622–9629.

Kang, Yunqing, Guangfu Yin, Quan Yuan, Yadong Yao, Zhongbing Huang, Xiaoming Liao, Bo Yang, Li Liao. Hui Wang, 2008. Preparation of Poly(L-Lactic Acid)/ β -Tricalcium Phosphate Scaffold for Bone tissue Engineering Without Organic Solvent. Chengdu: Sichuan University.

Olah, Laszlo dan Lajos Borbas. 2008. Properties of calcium carbonate-containing composite scaffolds. *Acta of Bioengineering and Biomechanics* Vol. 10, No. 1, 2008

Pal, S. 2014. Design of Artificial Human Joints & Organs; Springer, Berlin.

Warastuti, Yessy, Basril Abbas dan Nani Suryani. 2013. Pembuatan Komposit Polikaprolakton-Kitosan -Hidroksiapatit Iradiasi Untuk Aplikasi Biomaterial. Jakarta Selatan: Pusat Aplikasi Teknologi Isotop dan Radiasi (PATIR) – BATAN.

Zakaria Sharif Zein SH, Othman MR, Yang F, Jansen JA 2013. Nanophase Hydroxiapatite as A Biomaterial in Advanced hard Tissue Engineering: A Review. *Tissue Engineering Part B: Review*