

PEMBUATAN TRIKALSIUM FOSFAT BERPORI MENGGUNAKAN METODE PROTEIN *FOAMING- STARCH CONSOLIDATION* DENGAN VARIASI PENAMBAHAN JUMLAH TCP DALAM *SLURRY* DAN KECEPATAN PENGADUKAN

Lia Yuningsih¹, Ahmad Fadli², Irdoni²

¹ Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia S1, ² Dosen Jurusan Teknik Kimia,
Fakultas Teknik, Universitas Riau
Kampus Binawidya Jl. HR Subrantas Km 12,5 Pekanbaru 28293
Yuningsih_lia@ymail.com

ABSTRACT

Tricalcium phosphate (TCP) has been widely used as a bone substitute material and teeth because it is biocompatible and similar to the mineral structure of human bone. Porous Tricalcium phosphate (TCP) was made by protein foaming-starch consolidation method by using egg white as a pore-forming agent and starch like sago flour as the consolidator. The purpose of this research is to study the effect of stirring rate and addition of TCP in slurry on the physical, chemical and mechanical properties of porous TCP. This research was began by mixing TCP, egg whites, starch and Darvan 821 A by certain composition and then stirred for 3 hours with stirring rate of 100, 150 and 200 rpm. The slurry was poured into a mold and dried in an oven at 180°C for 1 hour. Then the samples removed from the mold to produce green bodies. Afterthat, the green bodies were burned at 600°C and followed by sintering at 1100°C with rate of 2°C/min for 2 hours. This research result shows the porosity of porous TCP bodies increased with increasing stirring rate, but the compressive strength decreased. The addition of TCP in the body was found to increase the compressive strength when the porosity decreased. The TCP with a porosity of 66.67 to 72.77 % and 0,75 to 1,08 MPa compressive strength were found at stirring rate of 100 rpm. Meanwhile, the stirring rate of 200 rpm, the TCP has a porosity from 68,13 to 76,92% obtained 0.68 to 1 MPa compressive strength.

Keyword : *compressive strength, egg white, porosity, tricalcium phosphate*

1. Pendahuluan

Perkembangan di bidang kesehatan dewasa ini mengalami perkembangan yang pesat. Salah satu jenis kebutuhan perbaikan bagi tubuh yang paling banyak dilakukan adalah perbaikan tulang dan gigi. Kerusakan tulang tersebut dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti kecelakaan lalu lintas, kecelakaan kerja dan osteoporosis.

Sebanyak 71% kasus osteoporosis terdapat di negara-negara berkembang. Di Indonesia 19,7% dari jumlah lansia atau sekitar 3,6 juta orang diantaranya menderita osteoporosis. Selain itu, bencana alam seperti tertimpa reruntuhan bangunan ketika terjadi gempa bumi dapat juga menjadi penyebab bertambahnya pasien yang memerlukan tulang implan [Lane, 2001].

Indonesia sebenarnya telah mengembangkan biomaterial alami yaitu menggunakan tulang murni sebagai material pengganti, seperti *autograft*, *allograft*, dan *xenograft*. *Autograft* berasal dari tulang sehat bagian tubuh lainnya milik pasien yang bersangkutan dan *allograft* berasal dari tulang manusia lainnya sebagai material pengganti. Namun keduanya berdampak terhadap perubahan fisik serta menimbulkan kerusakan pada bagian tulang yang diambil. *Xenograft* menggunakan tulang hewan seperti tulang sapi, kelemahannya terdapat perbedaan imunitas, kemungkinan adanya penyakit yang dibawa jenis hewan sehingga dikhawatirkan dapat terjadi penularan penyakit dan kemungkinan ditolak tubuh manusia karena perbedaan spesies [Sopyan dkk, 2007].

Untuk mengatasi permasalahan diatas, penggunaan biomaterial berupa trikalsium fosfat berpori sebagai implan tulang dapat digunakan. Trikalsium fosfat atau yang biasa disingkat TCP adalah biomaterial sintetik yang memiliki kemampuan untuk berinteraksi dengan jaringan tubuh manusia. Sementara β -TCP merupakan biokeramik dengan sifat biokompatibilitas yang baik dan dapat berperan dalam pertumbuhan dan regenerasi tulang [Uchida dkk, 1984].

Aplikasi TCP dalam bidang medis terutama berfokus pada TCP berpori yang digunakan sebagai *drug releasing agent* seperti antibiotik, anti tumor, dan anti inflamasi serta dipakai dalam implantasi jaringan [Kalita dkk, 2007]. Sehingga perlu adanya perhatian khusus terhadap persiapan biokeramik berpori. Salah satunya adalah dengan menggunakan metode *protein foaming-starch consolidation* yang menggunakan protein sebagai pembentuk pori dan *starch* sebagai *binder*. Penelitian ini menggunakan protein dari putih telur sebagai agen pembusa pembentuk pori pada pembuatan TCP berpori.

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan jumlah TCP dalam *slurry* dan kecepatan pengadukan terhadap sifat fisik, kimia dan mekanik TCP berpori dengan metode *protein foaming-starch consolidation*. Serta melakukan karakterisasi terhadap TCP berpori yang dihasilkan dengan uji SEM, XRD, persentase penyusutan, densitas, porositas dan uji kuat tekan.

2. Metode Penelitian

Bahan yang digunakan

Bahan baku penelitian meliputi bubuk TCP (Sigma Aldrich, Jerman). Putih telur yang telah diisolasi dari telur ayam lokal, tepung sagu (*starch*), Darvan 821 A (R.T. Vanderbilt, USA) dan Minyak goreng.

Alat yang dipakai

Alat utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah furnace yang berfungsi sebagai tempat terjadinya burning dan sintering. Peralatan penunjang yang dipakai meliputi *oven*, *magnetic stirrer*, *stainless steel mold*, jangka sorong dan mistar.

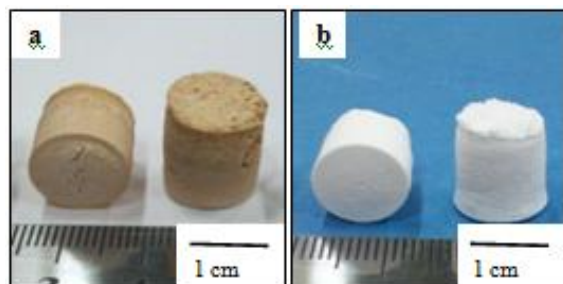
Prosedur Penelitian

Penelitian ini dimulai dengan persiapan *slurry*. *Slurry* disiapkan dengan mencampur bubuk TCP (variasi 5 gr, 7 gr dan 9 gr), 2 gr *starch*, 1,5 gr Darvan 821A dan 7 gr putih telur di gelas beker. *Slurry* diaduk secara mekanik dengan variasi kecepatan pengadukan 100 rpm, 150 rpm dan 200 rpm selama 3 jam. Campuran tersebut kemudian dimasukkan ke dalam cetakan dan dipanaskan di *oven* dengan suhu 180°C selama 1 jam untuk proses *foaming* dan *consolidation*. Sebelum memasukkan *slurry* ke dalam cetakan, cetakan dilumasi dengan minyak goreng untuk mempermudah proses pelepasan dari *mold* serta mendapatkan kualitas permukaan sampel

yang bagus. Sampel dilepas dari cetakan dan dibakar pada temperatur 600°C (laju pemanasan 10°C/menit) untuk menghilangkan putih telur dan *starch* sehingga terbentuk pori di dalam *green bodies* dan diakhiri dengan *sintering* (laju pemanasan 2°C/menit) pada suhu 1100, selama 2 jam.

3. Hasil dan Pembahasan

Untuk mengetahui pengaruh kecepatan pengadukan dan penambahan jumlah TCP dalam slurry terhadap keramik berpori, kecepatan pengadukan dilakukan pada kecepatan 100, 150 dan 200 rpm dengan rasio komposisi TCP : putih telur : tepung sagu : darvan 821A sebesar 5 gr : 7 gr : 2 gr : 1,5 gr, dengan variasi penambahan jumlah TCP 5 gram, 7 gram dan 9 gram. Setelah dilakukan proses *drying* dan *sintering*, didapatkan sampel dengan bentuk silinder. Terlihat pada Gambar 1 terlihat bahwa sampel mengalami perubahan warna menjadi kecoklatan setelah mengalami proses *drying*. Hal ini disebabkan adanya denaturasi protein oleh putih telur.



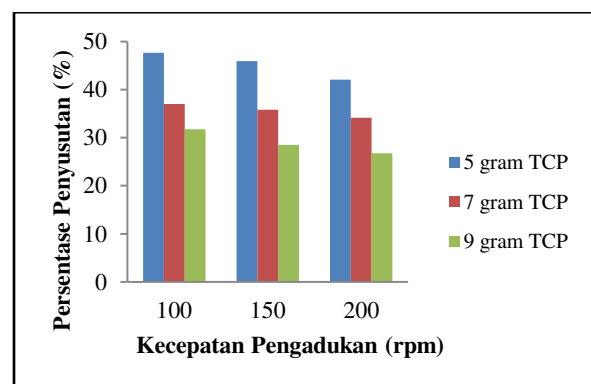
Gambar 1. (a) *Green Bodies* dan (b) *Sintered Bodies* Sampel pada Penambahan Jumlah TCP 9 Gram dan Kecepatan Pengadukan 100 rpm

Pada Gambar 1.b dapat dilihat bahwa *porous bodies* yang dihasilkan tidak mengalami kerusakan ataupun deformasi. *Porous bodies* berubah warna menjadi putih setelah proses *burning* akibat terbakarnya *starch* dan putih telur sehingga

meninggalkan warna asli TCP.

Physical properties yang diukur pada penelitian ini adalah persentase penyusutan dan porositas. Setelah dilakukan proses *sintering* pada temperatur 1100°C sampel mengalami penyusutan volume (*shrinkage*). Gambar 2 memperlihatkan sampel mengalami penyusutan volume dengan bertambahnya kecepatan pengadukan. Penyusutan volume yang terjadi untuk sampel dengan kecepatan pengadukan 100 rpm adalah 31,77-47,68%, untuk sampel dengan kecepatan pengadukan 150 rpm di dapatkan penyusutan volume sebesar 28,51-45,91% dan untuk sampel dengan kecepatan pengadukan 200 rpm didapatkan penyusutan volum sebesar 26,78-42,08%.

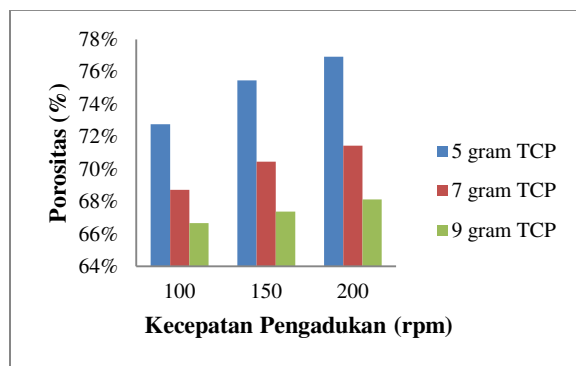
Penyusutan bodi sampel juga dipengaruhi oleh penambahan jumlah TCP dalam *slurry*. Semakin banyak jumlah TCP, akan menyebabkan semakin banyaknya jumlah padatan dalam *slurry*. Kandungan padatan yang tinggi didalam *slurry* akan menurunkan penyusutan dan mencegah terjadinya keretakan pada permukaan bodi keramik [Fadli dan Komalasari, 2013].



Gambar 2. Grafik Hubungan Penyusutan dengan Penambahan Jumlah TCP 5 Gram, 7 Gram dan 9 Gram setelah Dilakukan Pengadukan pada Kecepatan 100, 150 dan 200 rpm

Gambar 3 memperlihatkan hubungan antara kecepatan pengadukan 100 rpm, 150 rpm, 200 rpm dan penambahan jumlah TCP

sebesar 5 gram, 7 gram dan 9 gram terhadap porositas sampel yang dihasilkan. Gambar tersebut memperlihatkan porositas sampel pada rentang 66,67-72,77% untuk kecepatan pengadukan 100 rpm, 67,38-75,46% untuk kecepatan pengadukan 150 rpm dan 68,13-76,92% untuk kecepatan pengadukan 200 rpm. Bertambahnya kecepatan pengadukan akan menurunkan viskositas *slurry* sehingga *slurry* menjadi lebih encer. *Slurry* dengan viskositas rendah akan menghasilkan pengembangan yang lebih besar sehingga memperbesar ukuran pori. Porositas dan ukuran pori rata-rata akan meningkat dengan menurunnya viskositas [Tomita dkk, 2005].



Gambar 3. Grafik Hubungan Porositas (%) dengan Penambahan Jumlah TCP 5 Gram, 7 Gram dan 9 Gram setelah Dilakukan Pengadukan pada Kecepatan 100, 150 dan 200 rpm

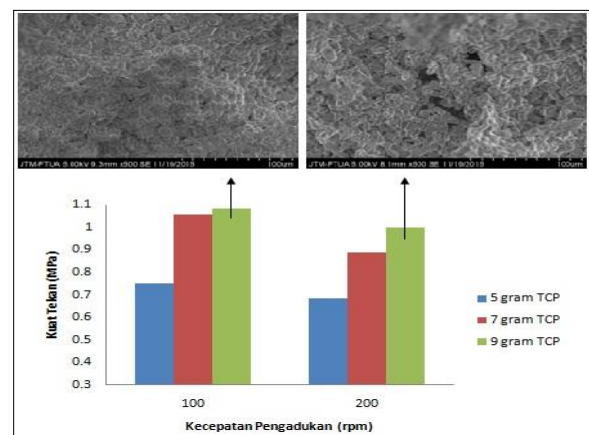
Selain itu dengan bertambahnya jumlah TCP dalam *slurry* menyebabkan semakin berkurangnya porositas yang terjadi pada sampel karena semakin banyaknya jumlah partikel keramik pada *sintered body*. Porositas yang semakin kecil menyatakan sampel berstruktur lebih padat sehingga memiliki densitas yang lebih besar. Densitas yang lebih besar akan mereduksi pori dan menghasilkan porositas yang lebih kecil.

Berdasarkan Gambar 4 terlihat bahwa nilai kuat tekan mengalami penurunan terhadap kecepatan pengadukan. Pada kecepatan pengadukan 100 rpm sampel

dengan porositas 66,67-72,77% memiliki kuat tekan 0,75-1,08 MPa. Sedangkan sampel dengan kecepatan pengadukan 200 rpm memiliki porositas 68,13-76,92% memiliki kuat tekan 0,68-1 MPa

Porositas memiliki peran dalam mempengaruhi kuat tekan. Semakin besar porositas keramik berpori maka kuat tekan yang dimiliki akan semakin rendah. Selain itu ukuran pori yang semakin besar dan susunan pori yang semakin banyak akan menyebabkan menurunnya kuat tekan [Rahman dan Guan, 2007].

Pada penelitian ini terjadi penurunan terhadap kuat tekan sampel dengan kenaikan kecepatan pengadukan. Penurunan ini disebabkan karena dengan bertambahnya kecepatan pengadukan akan menurunkan viskositas *slurry*. Viskositas yang rendah pada *slurry* akan menghasilkan pori yang lebih besar. Ukuran pori yang lebih besar akan menurunkan kekuatan *porous body* yang dihasilkan. Hal tersebut dibuktikan dengan analisa SEM yang menggambarkan ukuran pori pada *porous body* yang terdapat pada Gambar 4.



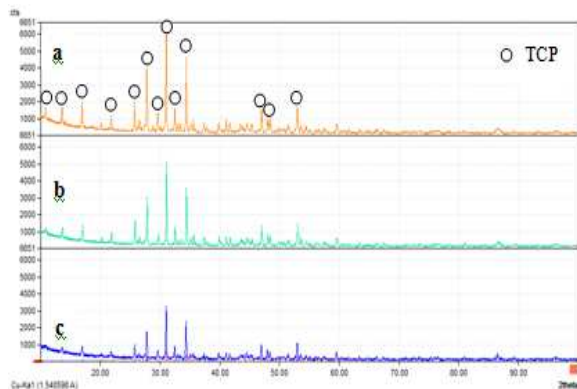
Gambar 4. Grafik Hubungan Kuat Tekan dengan Penambahan Jumlah TCP 5 Gram, 7 Gram dan 9 Gram setelah Dilakukan Pengadukan pada Kecepatan 100, 150 dan 200 rpm.

Dari Gambar 4 terlihat bahwa mikrostruktur keramik berpori dengan kecepatan pengadukan 200 rpm memiliki

ukuran pori yang lebih besar dibandingkan dengan kecepatan pengadukan 100 rpm yang memiliki mikrostruktur yang rapat sehingga memiliki kuat tekan yang lebih besar.

Berdasarkan Gambar 5.a, Gambar 5.b dan Gambar 5.c terlihat bahwa perbedaan kecepatan pengadukan dan penambahan jumlah TCP tidak mempengaruhi struktur kimia pada sampel secara signifikan

Namun penambahan jumlah TCP mempengaruhi intensitas *peak* pada sampel. Sampel dengan penambahan TCP 9 gram memiliki perbedaan intensitas *peak* yang tidak jauh berbeda dengan TCP bahan baku. Tetapi pada penambahan TCP 5 gram intensitas *peak* mengalami penurunan. Intensitas *peak* menunjukkan jumlah kristal TCP yang terdapat didalam sampel. Sehingga semakin banyak jumlah kandungan kristal TCP dalam sampel, semakin tinggi pula intensitas *peak* yang dihasilkan

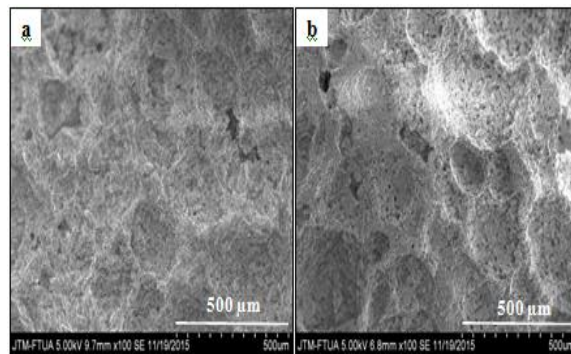


Gambar 5. Grafik Struktur Kimia pada (a) TCP Bahan Baku (b) Sampel dengan Penambahan TCP 9 Gram (c) Sampel dengan Penambahan TCP 5 Gram

Perbedaan kecepatan pengadukan mempengaruhi makrostruktur dari keramik berpori. Bertambahnya kecepatan pengadukan akan menghasilkan *slurry* dengan viskositas yang rendah. Viskositas yang rendah akan mempermudah transfer protein dari bagian dalam *slurry* menuju ke

bagian permukaan yang baru dibentuk sehingga mendukung proses pengembangan. Dengan bertambahnya pengembangan, maka akan menghasilkan keramik dengan penyebaran pori yang semakin besar pada permukaannya. Pada Gambar 4.8a dan 4.8b terlihat perbedaan ukuran pori antara keramik dengan kecepatan pengadukan 100 dan 200 rpm.

Pada Gambar 6.a dan 6.b terlihat bahwa keramik berpori yang dihasilkan merupakan keramik berpori dengan struktur pori tertutup, yaitu struktur pori yang dipisahkan oleh dinding sel yang padat. Gambar 6.a memiliki ukuran pori rata-rata antara 120-280 μm . Sedangkan ukuran pori untuk Gambar 6.b antara 200-400 μm .



Gambar 6. Makrostruktur Sampel dengan Penambahan Jumlah TCP 9 Gram pada Kecepatan Pengadukan (a) 100 rpm dan (b) 200 rpm

Penambahan jumlah TCP dalam *slurry* akan mempengaruhi mikrostruktur dari keramik berpori. Semakin banyak partikel TCP akan menyebabkan jumlah butir partikel yang berikatan satu sama lain akan semakin meningkat sehingga ukuran pori menjadi lebih kecil.

4. Kesimpulan

Sifat fisik dan mekanik dari TCP yang dihasilkan dipengaruhi oleh kecepatan pengadukan dan penambahan jumlah TCP dalam *slurry*. Kecepatan pengadukan yang semakin tinggi menyebabkan penyusutan,

densitas serta kuat tekan yang semakin rendah dan porositas yang semakin besar. Berdasarkan hasil analisa SEM, Pada kecepatan pengadukan 100 rpm menghasilkan distribusi pori yang lebih sedikit dibandingkan dengan kecepatan pengadukan 200 rpm. Penambahan jumlah TCP dalam *slurry* yang semakin banyak menyebabkan penyusutan dan porositas yang semakin rendah serta densitas dan kuat tekan semakin besar. TCP berpori yang dihasilkan memiliki porositas 66,67-76,92% dan kuat tekan 0,68-1,08 MPa.

comparative study of 3 different porous ceramics. *Journal of Bone and Joint Surgery*, 66B : 269-275.

Daftar Pustaka

- Fadli, A. dan Komalasari. (2013). Metode pembuatan komposit berpori menggunakan cara protein foaming-starch consolidation. Indonesia Patent. P00201304608.
- Kalita, S. J., Bhardwaj, A. dan Bhatt, H. A. (2007). Nanocrystalline calcium phosphate ceramics in biomedical engineering. *Material Science Engineering*, 27C : 441-449.
- Lane, N. E. (2001). *Osteoporosis, rapuh tulang : Petunjuk untuk penderita dan langkah-langkah pengamanan untuk keluarga*. Jakarta: Raja grafindo Persada.
- Rahman A.H. dan Guan Y.C. (2007). Preparation of ceramic foam by simple casting process.
- Sopyan, I., Mel M., Ramesh, S. dan Khalid, K. (2007). Porous hydroxyapatite for artificial bone applications. *Science and Technology of Advanced Materials*, 8 : 116–123.
- Tomita, T., Kawasaki, S. dan Okada, K. (2005). Effect of viscosity on preparation of foamed silica ceramics by rapid gelation foaming method. *Journal of Porous Materials*, 12 : 123-129.
- Uchida, A., Nade, S. M. L., McCartney, E. R. dan Ching, W. (1984). The use of ceramics for bone replacement a