

Alternatif Baru Pengembangan Material Semen Tulang/Bone Cement [CH-(C-HA)-CaCO₃-MMA] Hasil Daur Ulang Limbah Organik

Tutut Ummul Habibah dan Yuli Setiyorini

Jurusan Teknik Material dan Metalurgi, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: yulisetiyorini@yahoo.com

Abstrak— Pengembangan dalam penelitian semen tulang yang bersifat lebih adaptif terhadap metabolisme tubuh merupakan hal yang sangat penting dalam dunia orthopedi, Oleh karena itu penggunaan bahan dasar semen tulang yang bersifat *biodegradable* merupakan suatu cara yang sangat berpotensi dalam memicu terjadinya osteointegrasi dan osteokonduksi sehingga proses penyembuhan dapat berlangsung secara lebih efisien. Pada penelitian kali ini, untuk mendukung terjadinya mekanisme osteointegrasi dan osteokonduksi yang lebih cepat, semen tulang dibuat menggunakan bahan seperti chitosan, karbonat-hidroksiapatit, dan karbonat [C-(C-HA)-CaCO₃] yang diproduksi dari limbah organik dan MMA sebagai resin. Hasil analisa menunjukkan bahwa ketiga sample C2H1K3L, C2H24K24L dan C2H3K1L memiliki nilai radius halo inhibiton lebih tinggi dari pada semen tulang komersial, selain itu penambahan rasio CaCO₃ akan menyebabkan semen tulang memiliki kekerasan yang lebih tinggi dan terbentuknya pori interkoneksi yang akan mendukung terjadinya pertumbuhan jaringan tulang secara lebih efisien.

Kata Kunci—Chitosan, kalsium karbonat, karbonat-hidroksiapatit, MMA, semen tulang.

I. PENDAHULUAN

Penambahan chitosan pada semen tulang komersial pada umumnya digunakan untuk meningkatkan sifat anti bakterinya, namun efek samping berupa turunnya mechanical properties semen tulang tidak dapat dihindarkan^[1], inovasi lain berupa penambahan hidroksiapatita akan membuat semen tulang memiliki kemampuan dalam membentuk pori interkoneksi yang lebih baik, namun adanya pori-pori ini menyebabkan semen tulang memiliki sifat yang getas, sehingga kurang sesuai dengan sifat tulang manusia^[2]. Kombinasi dari penambahan chitosan dan hidroksiapatit akan menciptakan sifat bioedegradable dan anti bakteri yang lebih baik, namun sifat mekaniknya pun belum efisien untuk diaplikasikan^[3]. Akhir-akhir ini penelitian menunjukkan potensi yang dimiliki kalsium karbonat sebagai sumber

kalsium utama penyusun tulang dengan keuntungan kemudahan dalam proses produksinya dan sumber dari kalsium karbonatpun sangat melimpah dialam membuatnya menjadi suatu daya tarik baru, untuk itu dalam penelitian kali ini, peneliti menggabungkan ketiga raw material (chitosan, karbonat-hidroksiapatit dan kalsium karbonat) guna mendapatkan properties semen tulang yang sesuai dengan tulang manusia, sehingga resiko terhadap terjadinya kegagalan implant dan infeksi dapat dihindarkan.

II. METODOLOGI

A. Bahan

Karbonat-hidroksiapatit home made, chitosan home made dengan DD 78%, kalsium karbonat home made. Resin merupakan campuran yang terdiri dari Methyl methacrylate (MMA), Bisphenol A dimethacrylate berperan sebagai inisiator dari benzoyl peroxide, Ethylene glycol dimethacrylate (EgDMA) berperan sebagai *crosslinker*, N,N-dimethyl-p-toluidine (DMPT) berperan sebagai *activator*. Benzoyl peroxide berperan sebagai *inisiator* yang memiliki molecular weight sebesar 242.23 g/mol. Keseluruhan material resin ini diproduksi oleh Sigma Aldrich Singapore.

B. Preparasi Sample

Dalam penelitian kali ini, proses yang pertama kali dilakukan berupa penyiapan raw material berupa chitosan, C-HA, kalsium karbonat yang dibuat secara *home made* dan polimer pendukung berupa MMA. Langkah selanjutnya berupa pencampuran raw material dengan rasio komposisi yang telah ditentukan (tabel 1). pertama – pertama, mencampurkan seluruh powder semen tulang dengan rasio yang telah ditentukan, melakukan pengadukan sehingga powder semen tulang menjadi homogen. Langkah kedua berupa menyiapkan resin, dengan mencampurkan monomer MMA, BisGMA, DMPT, dan EGDMA terlebih dahulu. Setelah itu melakukan pencampuran terhadap powder semen tulang dan resin yang telah disiapkan, selanjutnya menambahkan BPO untuk mempercepat proses curing.

Tabel 1.
Rasio komposisi semen tulang

kode	Chitosan (C) Wt%	Karbonat-hidroksiapatit (H) Wt%	Kalsium karbonat (K) Wt%	Resin (L) Wt%
C2H1K3L	20	12	36	32
C2H24K24L	20	24	24	32
C2H3K1L	20	36	12	32

C. Karakterisasi

Analisa stabilitas thermal dan konduktivitas thermal dilakukan menggunakan Thermogravimetri Analyzer Mettler Toledo, dengan parameter pengujian hetaing rate 10⁰C/menit serta rentang temperatur antara 37⁰C-700⁰C. Kekerasan semen tulang dianalisa menggunakan mesin microhardness MITUTOYO CV-400DTS, dengan beban 0.5 kgf dan lama indentasi 10s.

Anti Bacterial Test

Anti bacterial test ini dilakukan dengan cara memberikan bakteri *Staphylococcus sp.* yang telah dikultur pada temperatur 37⁰C pada sampel semen tulang yang ada dalam suatu media agar nutrien(broth), pengamatan terhadap perkembangan bakteri akan dilakukan selama 18-24 jam dalam anaerob jar yang disimpan dalam inkubator dengan temperature 37⁰C. Tujuan dari pengujian ialah untuk mendapatkan radius zona halo inhibiton yang diproduksi oleh sample semen tulang yang dirumuskan oleh persamaan 1.

$$\text{Zona Halo Inhibiton} = \frac{D \text{ max} - D \text{ min}}{2} \tag{1}$$

III. ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

A. Stabilitas thermal dan konduktivitas thermal

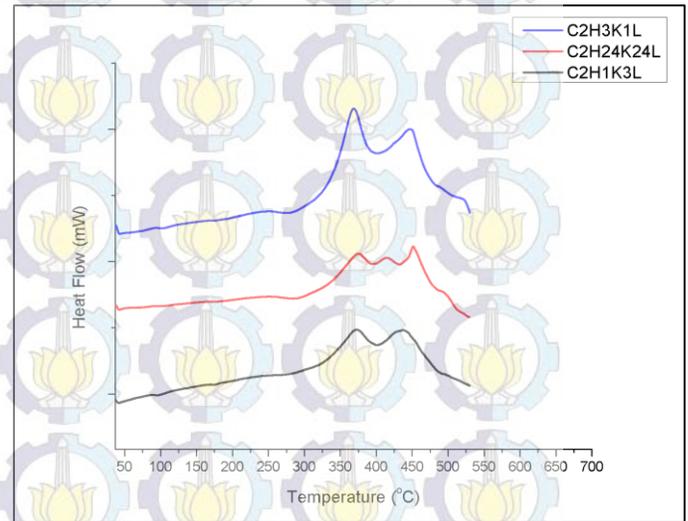
Karena Analisa sifat thermal dalam sample semen tulang kali ini dilakukan menggunakan DSC Mettler Toledo DSC822 dengan temperature pengujian 37⁰C sampai dengan 700⁰C, dengan kecepatan pemanasan sebesar 10⁰C/min dibawah pengaruh atmospher nitrogen. Penggunaan DSC bertujuan untuk menganalisa efek dari kalor yang diberikan terhadap transisi fasa dan reaksi kimia yang terjadi. Hasil dari pengujian menggunakan TGA dan DSC ditunjukkan oleh gambar 1.

Analisa stabilitas thermal menggunakan DSC menunjukkan adanya trend/pattern yang berbeda diantara ketiga sample, untuk sample C2H3K1L memiliki satu peak, sedangkan C2H24K24L memiliki dua peak dan C2H1K3L memiliki satu step peak sama halnya dengan C2H1K3L, adanya kesamaan trend antara C2H1K3L dan C2H3K1L ini mengindikasikan adanya dominasi rasio dari bahan penyusunnya. C2H1K3L memiliki 36 wt% dari CaCO₃, sedangkan C2H3K1L memiliki

36 wt% C-HA. Disisi lain, pada C2H24K24L memiliki 2 peak dikarenakan adanya rasio bahan penyusun yang sama yaitu 24wt% CaCO₃ dan 24 wt% C-HA. Selain itu pada sample C2H3K1L terlihat memiliki peak-peak exothermic yang bersifat tajam, hal ini dikarenakan sifat alami C-HA berupa penyerap panas [5].

Dengan menggunakan hasil analisa DSC dan persamaan (2), dimana *K* merupakan konduktivitas thermal semen tulang (Mw/°C), *Q* merupakan heat flow (mW), *T* merupakan temperatur sample dan *Tb* merupakan temperatur reference yang didapatkan dari hasil pengujian DSC akan mempermudah kita dapat memperoleh nilai konduktivitas semen tulang yang terangkum dalam tabel 2.

Temperatur 37⁰C dan 45⁰C dipilih saat melakukan perhitungan konduktivitas thermal pada semen tulang dengan tujuan temperatur 37⁰C merupakan temperatur normal tubuh, sedangkan 45⁰C merupakan temperatur yang diterima dari efek pengeboran tulang untuk pemasangan implant. Ketiga sampel semen tulang memiliki potensi untuk diaplikasikan, karena ketiganya memiliki koefisien koduktivitas thermal dibawah konduktivitas tulang manusia.



Gambar. 1. Hasil analisa DSC 3 sample semen tulang.

$$\frac{dQ}{dT} = K(Tb - T) \tag{2}$$

Tabel 2.
Hasil penghitungan konduktivitas semen tulang

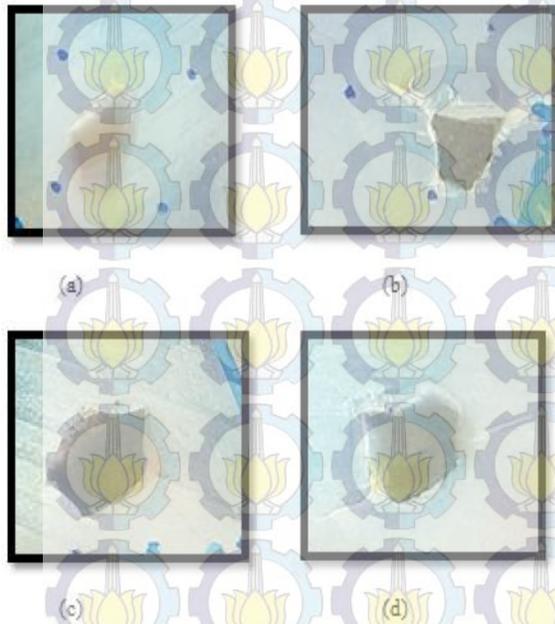
sample	K* pada T = 37°C (mW/°C)	K* pada T = 45°C (MW/°C)
C2H1K3L	0.30	0.44
C2H24K24L	0.25	0.49
C2H3K1L	0.30	0.40
Human Bone	0.64	-

^aK – Konduktivitas Thermal.

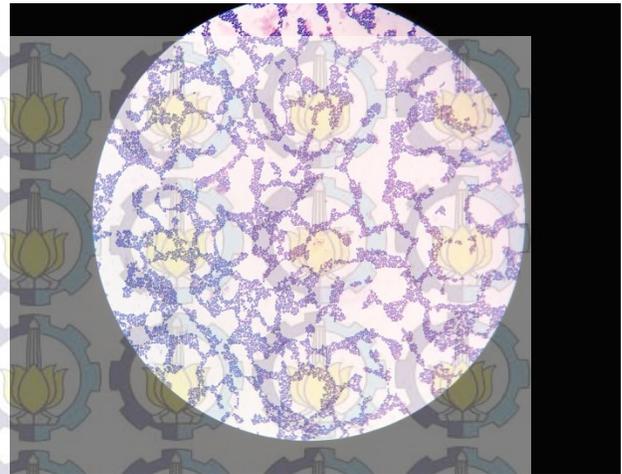
B. Analisa Anti Bacterial

Anti bacterial test ini dilakukan dengan cara memberikan bakteri *Staphylococcus sp.* (gambar 3) yang telah dikultur pada temperatur 37°C pada sampel semen tulang yang ada dalam suatu media agar nutrisi (broth), pengamatan terhadap perkembangan bakteri akan dilakukan selama 18-24 jam dalam anaerob jar yang disimpan dalam inkubator dengan temperature 37°C. bakteri ini akan ada jika daerah sekitar implant mengalami inflamasi. Kekuatan dari semen tulang untuk menghindarkan pasien dari bakteri ini ditunjukkan oleh radius halo inhibition yang dirumuskan oleh persamaan (1), dengan R_{hi} (mm) merupakan zona halo inhibition dihasilkan semen tulang, D_{max} merupakan diameter terpanjang dari area halo/anti bakteri yang dibentuk oleh semen tulang, serta D_{min} merupakan diameter terpendek yang dibentuk semen tulang pada area halo/anti bakteri.

Dari keempat sample diatas, C6L merupakan variabel kontrol dikarenakan sampel ini hanya tersusun oleh chitosan yang merupakan bahan dengan sifat anti bakteri dan MMA sebagai matriks. Dapat dilihat bahwa C6L memiliki radius zona hambat paling maksimum diantara ketiga sampel yang lain sebesar 15.75 mm, C2H24K24 memiliki radius zona hambat kedua terpanjang setelah C6L, lalu C2H1K3L sebesar 7.7 mm dan C2H3K1L sebesar 7.5 mm. Sebagaimana zona hambat yang telah dipaparkan diatas dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2 : mekanisme pembentukan zona hambat oleh semen tulang yang mengandung Chitosan (a)C6L (b) C2H1K3L (c) C2H24K24L (d)C2H3K1L



Gambar 3 . Bakteri *Staphylococcus sp*

IV. KESIMPULAN

Secara keseluruhan ketiga sample yang telah dibuat memiliki *biocompatibility* yang bagus, ditunjukkan dengan adanya nilai radius halo inhibiton yang lebih tinggi daripada semen komersial. Disisi lain, nilai konduktivitas thermal yang diperoleh dari analisa menggunakan DSC menunjukkan nilai yang masih dibawah konduktivitas thermal tulang manusia, sehingga semen tulang yang dibuat tidak bersifat berbahaya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Fuentes, G., Gonzales, M., Perez, J., Influence of the Composition on Setting Time and Porosity in Hydroxyapatite Cements with Alginate and Chitosan. *Latin American Applied Research*.35 (2005) 289-294
- [2] Croisier, Florence., Jerome, Christine. Chitosan –based Biomaterilas for Tissue Engineering. *European Polymer Journal*. 49 (2013) 780-792.
- [3] Salimi, N, M., Anuar, A., Characterizations of Biocompatible and Bioactive Hydroxyapatite Particles. *Procedia Engineering*. 53 (2013) 192-196.
- [4] Fuentes, G., Gonzales, M., Perez, G., Delgado. A. Influence of the composition on setting time and porpsity in hydroxyapatite cements with alginate and chitosan. *Latin American Applied Research*. 35 (2005) 289-294.
- [5] Lopez, M., Fuentes, G. PMMA/CA²⁺ Bone Cements. Part I. Physico Chemical and Thermoanalytical Characterization. 38 (2008) 227-234.
- [6] Kim, Fernandez., Ok, Sun. Physicochemical and functional properties of crawfish chitosan as affected by different processing protocols. Thesis. 2004
- [7] Puvvada, Yateendra Shanmuka., Vankayalapati, Saikishore. Extraction of chitin from exsokleton of shrimp for application in the pharmaceutical industry. *J. Intl. Current. Pharmaceutical*. 2012.
- [8] Miola, Marta., Bruno, Matteo. Antibiotic-free Composite Bone Cements with Antibacterial and Bioactive Properties, A preliminary Study. *C43 (2014) 65-75.*