

Sintesis Hidroksiapatit yang Meniru Apatit Biologis dari Cangkang Telur untuk Rekayasa Jaringan Tulang

Sulthan Hanif P.¹, M.Fadhil F.N.M.², Riski K.H.³, Annissa J.⁴, Rani D.H.⁵, Gita Novian H.⁶

^{1,2,3,4,5,6}Jurusan Teknik Pengecoran Logam, Politeknik Manufaktur Bandung, Bandung 40135

¹E-mail : sulthanhanip@gmail.com

²E-mail : fadhilfirdaus850@gmail.com

³E-mail : Riski02iki@gmail.com

⁴E-mail : annissajuniarti12@gmail.com

⁵E-mail : 223431021@mhs.polman-bandung.ac.id

⁶E-mail : gitanovianh@polman-bandung.ac.id

ABSTRAK

Biomaterial, terutama calcium phosphate (CaP), memainkan peran penting dalam aplikasi medis seperti implan tulang. Namun, produksi CaP di Indonesia masih terkendala oleh biaya tinggi dan ketergantungan pada impor. Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan limbah cangkang telur sebagai sumber kalsium dalam sintesis CaP melalui metode presipitasi kimia dan kalsinasi. Cangkang telur, yang mengandung 94% kalsium karbonat, dikumpulkan, dicuci, dikalsinasi pada suhu 900°C selama 5 jam, kemudian dihaluskan dan diolah lebih lanjut dengan metode presipitasi kimia menggunakan H₃PO₄ yang kemudian dibagi menjadi tanpa kalsinasi kembali dan kalsinasi kembali pada suhu 900°C selama 5 jam. Karakterisasi hasil sintesis dilakukan menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM) dan *Energy Dispersive X-ray Spectroscopy* (EDS). Suhu kalsinasi 900 °C menunjukkan CaP yang disintesis memiliki struktur aglomerat tidak beraturan dengan ukuran berkisar antara 3 hingga 6 µm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa hidroksiapatit kristalin dengan rasio Ca/P 1,67 dapat disintesis dari cangkang telur, menjadikan limbah cangkang telur sebagai sumber bahan baku yang potensial untuk produksi biomaterial di Indonesia.

Kata Kunci

biomaterial, calcium phosphate, cangkang telur, sintesis.

ABSTRACT

Biomaterials, particularly calcium phosphate (CaP), play a crucial role in medical applications such as bone implants. However, the production of CaP in Indonesia is still hindered by high costs and dependence on imports. This study aims to utilize eggshell waste as a calcium source for the synthesis of CaP through chemical precipitation and calcination methods. Eggshells, which contain 94% calcium carbonate, were collected, washed, calcined at 900°C for 5 hours, then ground and further processed using the chemical precipitation method with H₃PO₄. The resulting product was divided into two groups: one without further calcination and the other with further calcination at 900°C for 5 hours. Characterization of the synthesized products was performed using Scanning Electron Microscope (SEM) and Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (EDS). The calcination temperature of 900°C resulted in synthesized CaP with an irregular agglomerate structure, ranging in size from 3 to 6 µm. The study's findings indicate that crystalline hydroxyapatite with a Ca/P ratio of 1.67 can be synthesized from eggshells, making eggshell waste a potential raw material source for biomaterial production in Indonesia.

Keywords

biomaterials, calcium phosphate, eggshell, synthesis.

1. PENDAHULUAN

Biomaterial memainkan peran penting dalam bidang pengobatan, terutama dalam pengembangan perangkat biomedis untuk diagnosis, perawatan, dan penyembuhan penyakit. Pengembangan biomaterial baru atau modifikasi biomaterial yang sudah ada menjadi fokus penelitian untuk meningkatkan sifat-sifat fungsionalnya. Secara umum, biomaterial digunakan sebagai implan, jaringan, dalam transplantasi organ, dan sistem pengiriman obat. Biomaterial berfungsi untuk mengembalikan, memperbaiki, atau menggantikan jaringan yang rusak dengan mengintegrasikan diri dengan bagian tubuh yang bermasalah, yang pada akhirnya meningkatkan harapan hidup pasien [1], [2].

Implan tulang merupakan salah satu aplikasi biomaterial yang sangat penting dalam kedokteran ortopedi. Prosedur ini menggantikan bagian tulang yang cedera atau hilang dengan bahan tertentu, yang kebutuhannya terus meningkat di Indonesia, baik untuk mengobati cedera tulang akibat kecelakaan maupun penyakit degeneratif. Sayangnya, implan tulang di Indonesia masih banyak yang berupa impor. Sebagai contoh, harga satu buah implan bisa mencapai dua juta rupiah [3].

Calcium phosphate (CaP) merupakan bahan biomaterial yang sering digunakan dalam implan tulang karena memiliki komposisi yang sangat mirip dengan mineral tulang dan stabil secara termodinamika dalam cairan tubuh [4]. CaP sering digunakan dalam bidang ortopedi, odontologi, dan sebagai bahan pelapis untuk biometal. Ekstraksi CaP dapat dilakukan dari berbagai sumber, termasuk mamalia, sumber akuatik dan laut, cangkang, tanaman dan ganggang, serta sumber mineral (3,4,5). Namun, produksi CaP di Indonesia masih terbatas karena proses produksi yang sulit dan biaya yang tinggi, sehingga sebagian besar CaP masih diimpor, yang menyebabkan tingginya harga produk biomedis.

Pemanfaatan limbah cangkang telur sebagai sumber alternatif untuk produksi CaP [8]. Cangkang telur mengandung sekitar 94% kalsium karbonat (CaCO_3), menjadikannya bahan potensial yang sangat baik untuk sintesis calcium phosphate [9]. Pemanfaatan limbah cangkang telur bertujuan untuk meningkatkan nilai ekonomisnya dengan mengubahnya menjadi bahan baku yang berguna, seperti CaP, yang

digunakan dalam pembuatan biomaterial seperti implan tulang. Dengan demikian, limbah cangkang telur dapat diolah menjadi produk bernilai tinggi, mengurangi limbah organik yang mencemari lingkungan, dan memberikan manfaat ekonomis yang signifikan [10], [11].

Penelitian ini bertujuan untuk mengekstrak calcium phosphate dari cangkang telur menggunakan kombinasi metode presipitasi kimia dan kalsinasi [12], [13]. Selain itu, penelitian ini juga mengevaluasi dan temperatur terhadap kualitas calcium phosphate yang dihasilkan [14], [15].

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini diawali dengan preparasi cangkang telur ayam yang dikumpulkan dan dicuci bersih untuk menghilangkan kotoran yang menempel. Cangkang telur kemudian direbus menggunakan air deionized selama 30 menit pada suhu 100°C untuk menghilangkan pengotor. Setelah direbus, air suling dibuang dan cangkang telur dikeringkan dalam oven pada suhu 80°C selama 30 menit untuk menjaga strukturnya tetap baik. Proses sintesis Calcium Phosphate (CaP) dari cangkang telur dimulai dengan mengkalsinasi cangkang telur yang telah dicuci pada suhu 900°C selama satu jam. Setelah kalsinasi, cangkang telur dihancurkan hingga halus kemudian diayak 200 *mesh* untuk mendapatkan bubuk yang lebih halus.

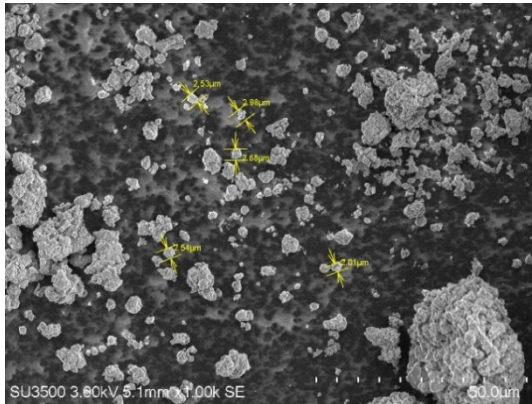
1 M bubuk cangkang telur yang telah dikalsinasi ditambahkan ke dalam 50 mL air deionized, kemudian pH larutan diatur menjadi 8,5 dengan menambahkan 0,6 M asam fosfat (H_3PO_4). Setelah itu, larutan disaring dan dibilas dengan air suling selama 2 jam sebelum dikeringkan pada suhu 100°C . Endapan kering dipisahkan menjadi dua variabel, yaitu variabel pertama tanpa kalsinasi dan variabel kedua dikalsinasi kembali pada suhu di dalam tungku, yaitu 900°C .

Hasil sintesis CaP kemudian dikarakterisasi menggunakan Scanning Electron Microscope (SEM) Hitachi SU 3500 untuk mengamati morfologi permukaan dan Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (EDS) untuk mengidentifikasi komponen kimia. Setelah karakterisasi selesai, data penelitian dievaluasi dengan mengevaluasi hasil dari berbagai pengujian SEM dan EDS untuk menentukan struktur dan komponen kimia CaP yang dihasilkan.

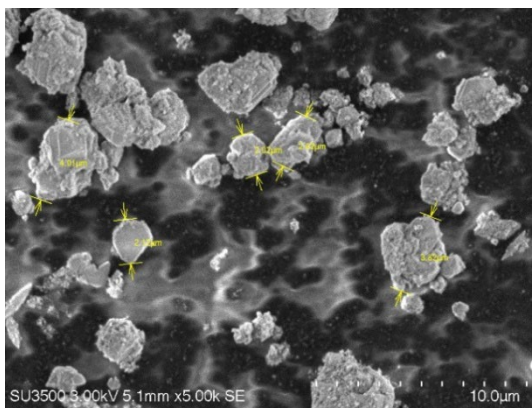
3. Karakterisasi

3.1. Analisis Mikrostruktur

Mikrostruktur dari CaP tanpa kalsinasi ditunjukkan pada Gambar 1. Terlihat ukuran dari butiran sebesar $3,97\mu\text{m}$ hingga $6,25\mu\text{m}$, berbentuk iregular dan tidak teraglomerasi.



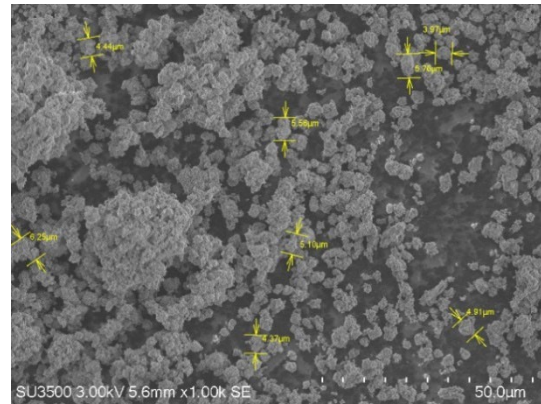
(a)



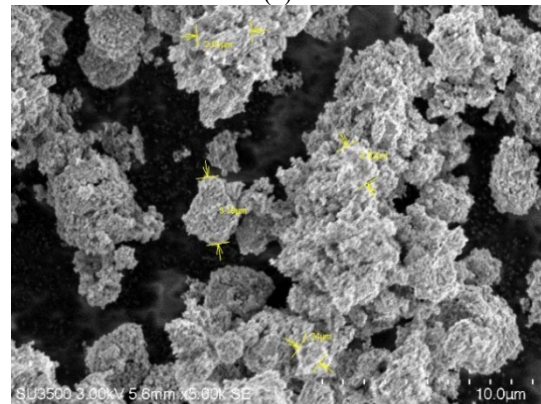
(b)

Gambar 1. (a) pembesaran 1.00k, (b) pembesaran 5.00k

Mikrostruktur dari CaP dengan kalsinasi ditunjukkan pada Gambar 2. Terlihat ukuran dari butiran sebesar $3,97\mu\text{m}$ hingga $6,25\mu\text{m}$, berbentuk iregular dan teraglomerasi.



(a)

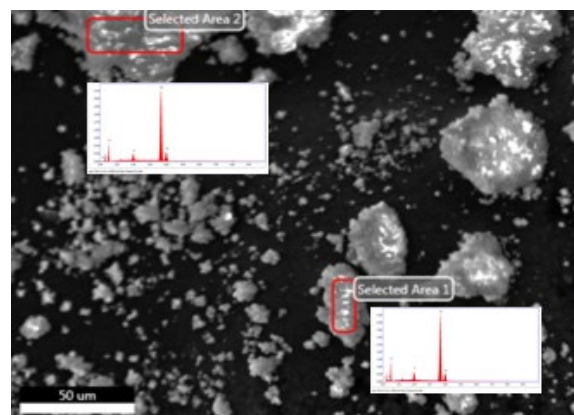


(b)

Gambar 2. (a) pembesaran 1.00k, (b) pembesaran 5.00k

3.2. Analisis Kimia

Pada gambar 3, ditunjukkan masih ada komponen organik yaitu O mencapai 33% pada sampel CaP tanpa kalsinasi.



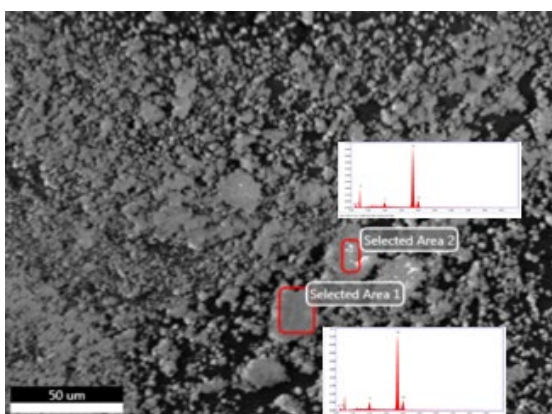
Gambar 3. Analisis Kimia sampel tanpa kalsinasi dengan EDS pada 2 area.

Tabel 1. (a) Area 1 (b) Area 2

(a)	
Element	Atomic%
Ca	40.94%
P	3.41%
O	55.65%

(b)	
Element	Atomic%
Ca	44.77%
P	2.58%
O	52.65%

Sedangkan, pada gambar 4 kadar Ca mencapai 94% dan P 5% pada sampel HA dengan kalsinasi.



Gambar 4. Analisis Kimia sampel kalsinasi dengan EDS pada 2 area

Tabel 2. (a) Area 1 (b) Area 2

(a)	
Element	Atomic%
Ca	40.55%
P	3.41%
O	57.54%

(b)	
Element	Atomic%
Ca	94.62%
P	5.38%

4. Kesimpulan

CaP berhasil disintesis dari kombinasi metode presipitasi kimia dan kalsinasi dengan memanfaatkan kulit telur sebagai prekursor kalsium. Suhu kalsinasi 900 °C menunjukkan CaP yang disintesis memiliki struktur aglomerat tidak beraturan dengan ukuran berkisar antara 3 hingga 6 µm. Oleh karena itu, CaP yang disintesis dari kulit telur ini memiliki potensi besar untuk dimanfaatkan dari limbah kulit telur, yang juga

dapat membantu dalam pengurangan bahan limbah di lingkungan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didukung dan didanai oleh Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan dalam program kreativitas mahasiswa tahun 2024. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Jurusan Teknik Pengecoran Logam dan Program Studi Teknologi Rekayasa Material Maju, Politeknik Manufaktur Bandung yang telah menyediakan sarana untuk jalannya penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Szcześ, L. Hołysz, and E. Chibowski, "Synthesis of hydroxyapatite for biomedical applications," Nov. 01, 2017, *Elsevier B.V.* doi: 10.1016/j.cis.2017.04.007.
- [2] T. Nii and Y. Katayama, "Biomaterial-assisted regenerative medicine," Aug. 02, 2021, *MDPI AG*. doi: 10.3390/ijms22168657.
- [3] "Sintesis Hidroksiapatit Dari Tulang Sapi Dengan Metode Basah-Pengendapan."
- [4] A. Mussatto, M. N. Doğu, R. K. Vijayaraghavan, R. Groarke, M. A. Obeidi, and G. B. McGuinness, "High strength bioinspired calcium phosphate-based material for bone repair applications," *Mater Today Commun*, vol. 33, p. 104693, 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.mtcomm.2022.104693>.
- [5] A. Nahata *et al.*, "Waste to Wealth: An approach to HAP synthesis by different methods," *Eur. Chem. Bull.* 2023, vol. 12, no. 10, pp. 6154–6176, doi: 10.48047/ecb/2023.12.10.434.
- [6] N. A. S. Mohd Pu'ad, P. Koshy, H. Z. Abdullah, M. I. Idris, and T. C. Lee, "Syntheses of hydroxyapatite from natural sources," May 01, 2019, *Elsevier Ltd*. doi: 10.1016/j.heliyon.2019.e01588.
- [7] K. U. Henggu, B. Ibrahim, and P. Suptijah, "Hidroksiapatit Dari Cangkang Sotong Sebagai Sediaan Biomaterial Perancah Tulang."
- [8] H. Manuspiya, "A critical review of eggshell waste: An effective source of hydroxyapatite as photocatalyst", doi: 10.14456/jmmm.2018.xx.
- [9] N. A. S. Mohd Pu'ad, J. Alipal, H. Z. Abdullah, M. I. Idris, and T. C. Lee, "Synthesis of eggshell derived hydroxyapatite via chemical precipitation and calcination method," in *Materials Today: Proceedings*, Elsevier Ltd, 2019, pp. 172–177. doi: 10.1016/j.matpr.2020.11.276.
- [10] A. R. Noviyanti, H. Haryono, R. Pandu, and D. R. Eddy, "Cangkang Telur Ayam sebagai Sumber Kalsium dalam Pembuatan

- Hidroksiapatit untuk Aplikasi Graft Tulang,” *Chimica et Natura Acta*, vol. 5, no. 3, p. 107, Dec. 2017, doi: 10.24198/cna.v5.n3.16057.
- [11] S. Dewi *et al.*, “Pemanfaatan Limbah Cangkang Telur Ayam Dan Bebek Sebagai Sumber Kalsium Untuk Sintesis Mineral Tulang The Use Of Hen’s And Duck’s Eggshell As Calsium Source To Synthesis Bone Mineral,” *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, vol. 10, pp. 81–85, 2014, doi: 10.15294/jpfi.v10i1.3054.
- [12] D. Metode Presipitasi Al, S. Chadijah, W. Ode Rustiah Jurusan Kimia, F. Sains Dan Teknologi, and U. Alauddin Makassar, “Hidroksiapatit Dari Tulang Ikan Tuna Sirip Kuning (*Tunnus albacores*) Hidroksiapatit Dari Tulang Ikan Tuna Sirip Kuning (*Tunnus albacores*) Dengan Metode Presipitasi.”
- [13] N. Sri Wardani and A. Fadli, “Sintesis Hidroksiapatit dari Cangkang Telur dengan Metode Presipitasi,” 2015.
- [14] M. K. Alam, M. Sahadat Hossain, M. Kawsar, N. M. Bahadur, and S. Ahmed, “Synthesis of nano-hydroxyapatite using emulsion, pyrolysis, combustion, and sonochemical methods and biogenic sources: a review,” Jan. 22, 2024, *Royal Society of Chemistry*. doi: 10.1039/d3ra07559a.
- [15] H. Khandelwal and S. Prakash, “Synthesis and Characterization of Hydroxyapatite Powder by Eggshell,” *Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering*, vol. 04, no. 02, pp. 119–126, 2016, doi: 10.4236/jmmce.2016.42011.