

Research Article

Sintesis dan Karakterisasi Kalsium Fosfat dari Cangkang Bekicot dengan Metode Presipitasi

Synthesis and Characterization of Calcium Phosphate From Snail Shell Using Precipitation Method

Titan Obby Pangestu¹⁾, Savira Farizqy Damayanti¹⁾, Sintha Soraya Santi^{*1)}, Srie Muljani¹⁾

¹⁾UPN “Veteran” Jawa Timur, Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik, Indonesia

*correspondence email: sintha.tk@upnjatim.ac.id

Received: 31/03/2021; Revised: 09/08/2021; Accepted: 20/08/2021;

doi: 10.25273/cheesa.v4i2.8931.82-90

Abstrak

Cangkang bekicot memiliki potensi sebagai bahan baku sintesis kalsium fosfat karena kandungan kalsium yang sangat tinggi, yaitu sekitar 99 %. Kalsium fosfat dapat diaplikasikan sebagai biomaterial karena sifatnya yang sama dengan jaringan penyusun tulang. Pada saat ini kebutuhan akan biomaterial sangat tinggi dan telah memberi dampak yang cukup besar terutama dalam bidang kedokteran ortopedi. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji karakteristik kalsium fosfat dengan menggunakan bahan baku cangkang bekicot. Penelitian ini dilakukan dengan metode presipitasi dengan variasi pH dan suhu sintering. Cangkang bekicot di kalsinasi pada suhu 900 °C lalu di campurkan dengan larutan asam fosfat sesuai dengan rasio molar Ca/P 1,67. Pengendapan kalsium fosfat dilakukan saat proses presipitasi dengan penambahan NaOH untuk mengatur pH pada rentang 11 dan 12. Selanjutnya dilakukan proses sintering pada suhu 600, 700, 800, dan 900 °C. Karakterisasi kalsium fosfat yang dihasilkan menggunakan XRF, XRD, dan SEM. Hasil penelitian menunjukkan perolehan hidroksiapatit (Hap) mencapai 100% pada pH 12, dan suhu 600 °C dengan struktur kristal amorf.

Kata kunci: asam fosfat; biomaterial; cangkang bekicot; kalsium fosfat; metode presipitasi

Abstract

Snail shells have a very high calcium content, which is 99.18%. Where, the high enough calcium content in snail shells can be used as a source of calcium to manufacture of calcium phosphate compounds. Calcium phosphate can be applied as a biomaterial because it has the same properties as bone building blocks. At present the need for biomaterials is very high and has had a considerable impact, especially in orthopedic medicine. This study aims to examine calcium phosphate characteristic using snail shells as raw material. This research was conducted by using the precipitation method with variations in pH and sintering temperature. The snail shells were calcined at a temperature of 900 °C and then mixed with a phosphoric acid solution according to the Ca/P molar ratio of 1.67. Precipitation calcium phosphate are made during the precipitation process where there is addition of NaOH to adjust the pH at numbers 11 and 12. Furthermore, the sintering process is carried out at 600 °C, 700 °C, 800 °C, 900 °C. Characterization of the resulting calcium phosphate using XRF, XRD, and SEM. The results showed that the quantity of hydroxyapatite was obtained as much as 100% at pH 12 and 600 °C with amorphous crystals.

Keywords: biomaterials; calcium phosphate; phosphoric acid; precipitation method; snail shells

1. Pendahuluan

Biomaterial merupakan bahan sintesis yang dapat diimplan ke dalam sistem hidup sebagai pengganti fungsi dari jaringan tulang dan gigi. Implan bertujuan untuk mengganti dan memperbaiki bagian organ tubuh yang rusak. Namun pada saat ini tingkat kebutuhan biomaterial sangat tinggi dan memberi dampak yang cukup besar terutama dalam bidang kedokteran ortopedi, misalnya saja untuk perbaikan tulang [1].

Pesatnya kemajuan teknologi saat ini sangat menunjang upaya penelitian dan pengembangan bahan pengganti struktur jaringan keras yang baik, murah dan tidak berbahaya. Salah satu material yang telah menarik banyak perhatian sebagai bahan pengganti pada kerusakan tulang karena kesamaan kristalografi dan kimianya dengan jaringan kapur pada vertebrata adalah biomaterial kalsium fosfat [2].

Keramik biomaterial dapat dibentuk dengan prekursor kalsium dan fosfat [3]. Tulang hewan banyak dimanfaatkan sebagai prekursor kalsium dalam sintesis biomaterial. Prekursor kalsium lainnya dapat didapatkan dari berbagai jenis cangkang yang memiliki kandungan kalsium cukup tinggi [4].

Berdasarkan penelitian Puspita & Cahyaningrum [5] dengan bahan cangkang telur ayam ras, rendemen kalsium fosfat yang dihasilkan yaitu 60,17%. Berdasarkan penelitian Hariyanto & Sari [6] dengan bahan cangkang kerang darah, didapatkan bahwa cangkang kerang darah mengandung komposisi kalsium sebesar 97,7%. Dengan adanya penelitian tersebut, maka kalsium fosfat dapat dibuat dengan bahan dasar alami berupa cangkang. Cangkang bekicot memiliki kandungan kalsium yang sangat tinggi. Berdasarkan penelitian Ramadhani & Abrianto [7]

dengan cangkang bekicot sebagai bahan baku, memiliki kandungan CaO yaitu sebesar 99,18%. Kandungan kalsium yang cukup tinggi pada cangkang bekicot dapat digunakan sebagai sumber kalsium dalam pembuatan senyawa kalsium fosfat.

Berbagai metode telah dikembangkan untuk sintesis kalsium fosfat diantaranya adalah metode presipitasi [8], metode sol-gel, metode hidrotermal, dan metode emulsi beragam [9]. Metode sol-gel, metode hidrotermal, dan metode emulsi beragam memiliki kekurangan yaitu membutuhkan biaya yang lebih banyak karena menggunakan pelarut organik dan prosesnya yang rumit [9]. Metode presipitasi merupakan metode yang banyak digunakan untuk sintesis kalsium fosfat. Keuntungan menggunakan metode ini yaitu tanpa menggunakan pelarut-pelarut organik, biaya pengolahan rendah, mudah dilakukan dan proses pengerjaannya cepat [10].

Belum ada penelitian tentang sintesis kalsium fosfat dengan metode presipitasi menggunakan bahan baku cangkang bekicot. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji karakteristik kalsium fosfat menggunakan bahan baku cangkang bekicot. Penelitian ini dilakukan dengan metode presipitasi dengan variasi pH dan suhu sintering. pH mempengaruhi endapan kalsium fosfat yang dihasilkan serta suhu sintering berpengaruh terhadap morfologi kalsium fosfat [1].

2. Metode Penelitian

2.1 Alat dan bahan

Penelitian dilakukan di Laboratorium Riset, Program Studi Teknik Kimia, UPN "Veteran" Jawa Timur. Bahan baku penelitian meliputi cangkang bekicot yang lolos ayakan 100 mesh sebagai sumber kalsium, H₃PO₄ Bratachem sebagai sumber

Sintesis dan Karakterisasi Kalsium Fosfat dari Cangkang Bekicot dengan Metode Presipitasi

fosfat, NaOH Bratachem sebagai pengatur pH, dan akuades berfungsi sebagai pelarut.

Alat utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah *magnetic stirrer*, *beaker glass* yang berfungsi sebagai tempat terjadinya proses presipitasi, dan *furnace* yang berfungsi untuk proses terjadinya kalsinasi. Alat penunjang yang digunakan meliputi lumpang, oven, ayakan, neraca analitik, cawan keramik, corong, erlenmeyer, kertas saring, pH meter, dan *aluminium foil*.

2.2 Preparasi sampel

Cangkang bekicot dicuci bersih dan dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 110-115 °C. Cangkang yang telah kering kemudian dihancurkan sampai halus dan diayak hingga lolos ukuran 100 mesh. Serbuk cangkang yang telah diayak kemudian dikalsinasi di dalam *furnace* pada suhu 900 °C selama 5 Jam, maka didapat kalsium oksida (CaO). Serbuk cangkang selanjutnya dilakukan analisis XRF (*X-Ray Fluorescence*) untuk mengetahui komposisinya.



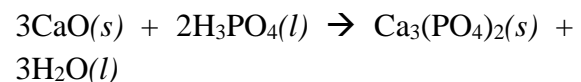
2.3 Preparasi Larutan Kalsium dan Fosfat

Serbuk CaO hasil preparasi ditimbang sesuai perbandingan rasio molar Ca/P 1,67 dengan jumlah CaO adalah 22,0279 gram dan didapatkan konsentrasi 0,5M. Perlakuan yang hampir serupa juga dilakukan dalam membuat larutan fosfat. Larutan H₃PO₄ sebesar 18,83 mL dilarutkan dengan akuades hingga 500 mL sehingga dihasilkan larutan asam fosfat dengan konsentrasi 0,3M.

2.4 Sintesis Kalsium Fosfat

Serbuk cangkang bekicot atau serbuk CaO 0,5M kemudiaan direaksikan dengan

larutan asam fosfat 0,3M, kemudian dilakukan pengadukan dengan *magnetic stirrer* selama 4 jam dengan kecepatan 300 rpm dalam kondisi tertutup menggunakan *aluminium foil*, sehingga terbentuk kalsium fosfat. Kalsium fosfat yang terbentuk kemudian difiltrasi untuk memisahkan padatan dan filtrat. Filtrat yang diperoleh kemudian dilakukan pengadukan menggunakan *magnetic stirrer* selama 3 jam, ditambahkan NaOH untuk mengatur pH pada 11 dan 12, lalu disimpan selama 24 jam pada suhu ruang. Endapan yang terbentuk disaring dengan menggunakan kertas saring dan dikeringkan dalam oven selama ± 4 jam pada suhu 110 °C sampai berat konstan. Hasilnya ditimbang dengan menggunakan timbangan analitik.



2.5 Proses Sintering

Kalsium fosfat yang telah ditimbang kemudian dilakukan proses sintering menggunakan *furnance* dengan suhu 600 °C, 700 °C, 800 °C, dan 900 °C selama 3 jam. Setelah proses sintering, didapatkan serbuk kalsium fosfat berwarna putih dan kemudian ditimbang dengan menggunakan neraca analitik.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Analisis XRF CaO dari cangkang bekicot

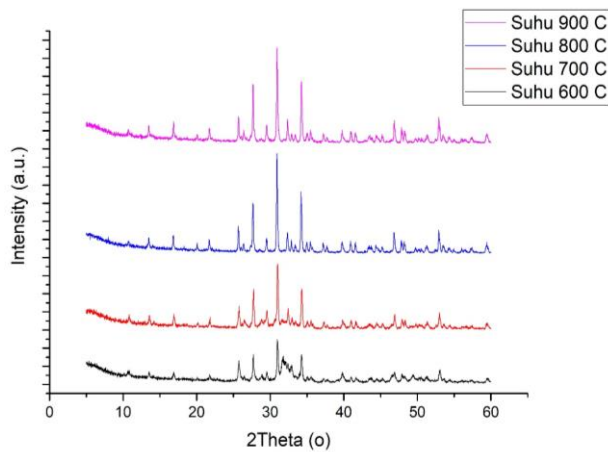
Analisis komposisi serbuk CaO hasil preparasi dari cangkang bekicot dilakukan dengan menggunakan metode XRF. Berdasarkan data hasil analisis yang disajikan pada Tabel 1, kandungan kalsium (Ca) cukup tinggi yaitu 99,10%. Hal ini menunjukkan bahwa cangkang bekicot ini berpotensi untuk digunakan sebagai bahan baku dalam

Sintesis dan Karakterisasi Kalsium Fosfat dari Cangkang Bekicot dengan Metode Presipitasi

sintesis kalsium fosfat dengan kualitas yang baik.

Tabel 1. Hasil XRF Cangkang Bekicot

No	Komponen	Konsentrasi (%berat)
1	Ca	99,10%
2	S	0,04%
3	Cr	0,05%
4	Fe	0,16%
5	Co	0,11%
6	Cu	0,03%
7	Sr	0,36%
8	Lu	0,15%

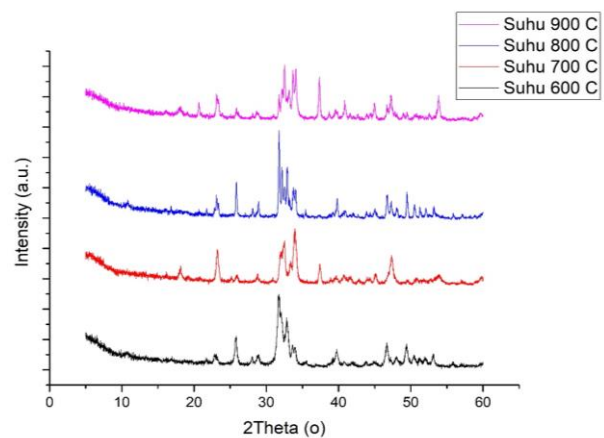
3.2 Analisis XRD Produk Kalsium Fosfat**Gambar 1.** Pola Difraksi XRD Kalsium Fosfat pada pH 11 dengan Variasi Suhu Sintering

Berdasarkan data Gambar 1, hasil yang diperoleh pada pH 11 dengan suhu sintering 600, 700, 800, dan 900 °C didominasi oleh HAp dan β -Tricalcium Phosphate (β -TCP) dengan komposisi yang berbeda. Untuk mengidentifikasi fase yang dihasilkan, penentuan fase dilakukan dengan membandingkan data sampel terhadap JCDPS (*Joint Committee on Powder Diffraction Standards*) untuk HAp dan β -TCP.

Pada (JCPDS no 09-0432), tiga puncak utama dari HAp adalah pada 2θ ; 31,77°, 32,90° dan 32,19° secara berurutan [11]. Keberadaan HAp pada percobaan

dihasilkan pada suhu sintering 600, 800, 900 °C yang ditandai dengan adanya puncak-puncak utama pada sudut difraksi 2θ ; yaitu 31,821°, 32,292°, 32,94°.

Menurut perbandingan (JCDPS no 09-0169) apabila terbentuk β -TCP akan terlihat pada 2θ ; 31,03°. Keberadaan TCP pada percobaan dihasilkan pada suhu sintering 700 dan 800 °C yang ditandai dengan adanya puncak-puncak utama pada sudut difraksi 2θ ; 31,013°.

**Gambar 2.** Pola Difraksi XRD Kalsium Fosfat pada pH 12 dengan Variasi Suhu Sintering

Berdasarkan data Gambar 2, hasil yang diperoleh pada pH 12 dengan suhu sintering 600, 700, 800, dan 900 °C didominasi oleh HAp. Keberadaan HAp pada percobaan dihasilkan pada suhu sintering 600, 700, 800 °C yang ditandai dengan adanya puncak-puncak utama pada sudut difraksi 2θ ; 31,821°, 32,292°, 32,94°.

Tabel 2 menunjukkan komposisi kristal dalam kalsium fosfat dengan variabel pH dan suhu sintering yang berbeda. Pada sintesis kalsium fosfat didapatkan bermacam-macam kristal pada hasil analisis XRD seperti *Calcium Phosphate Hydroxide*, *Calcium Magnesium Phosphate*, *Tricalcium Bis(Phosphate(V)) – Beta*, *Calcium Silicate*, *Sodium Calcium Phosphate*, dan *Calcium Hydrogen Phosphate Hydroxide*.

Sintesis dan Karakterisasi Kalsium Fosfat dari Cangkang Bekicot dengan Metode Presipitasi**Tabel 2.** Hasil Analisis XRD Komposisi Kalsium Fosfat

pH	Suhu (°C)	Kristal	Komposisi (%)
11	600	<i>Calcium Phosphate Hydroxide</i>	35
		<i>Calcium Magnesium Phosphate</i>	65
	700	<i>Calcium Phosphate Deuteriooxide</i>	17
		<i>Tricalcium Bis(Phosphate(V)) – Beta</i>	83
	800	<i>Calcium Phosphate Hydroxide</i>	60
		<i>Tricalcium Bis(Phosphate(V)) – Beta</i>	40
900	<i>Calcium Phosphate Hydroxide</i>	29	
	<i>Whitlockite</i>	71	
12	600	<i>Calcium Phosphate Hydroxide</i>	100
		<i>Calcium Phosphate Hydroxide</i>	23,2
	700	<i>Calcium Silicate</i>	44,4
		<i>Sodium Calcium Phosphate</i>	25,3
		<i>Coesite</i>	7,1
	800	<i>Calcium Phosphate Hydroxide</i> $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$	39
		<i>Calcium Phosphate Hydroxide</i> $Ca_{3.678}(PO_4)_{2.298}(O_{2.548}H_{4.63})$ <i>Buchwaldite</i>	40
	900	<i>Calcium Sodium Phosphate</i>	21
		<i>Calcium Hydrogen Phosphate Hydroxide</i>	63
			<i>Calcium Hydrogen Phosphate Hydroxide</i>

Dari data karakterisasi XRD, dapat diperkirakan ukuran kristal dengan menggunakan formula Scherrer pada persamaan (1) [12],

$$D = \frac{K\lambda}{\beta \cos(\theta)} \dots\dots\dots (1)$$

K = konstanta faktor dengan bentuk kristalit, λ = panjang gelombang sinar-x, θ = Bragg angle, dan β = lebar puncak pada setengah ketinggian maksimum dari ukuran kristalit kecil (radian).

Tabel 3. Ukuran Kristal HAP

Kondisi	Rata - Rata Ukuran Kristal (nm)
pH 11 Suhu 600 °C	52,234
pH 11 Suhu 700 °C	61,951
pH 11 Suhu 800 °C	75,347
pH 11 Suhu 900 °C	86,091
pH 12 Suhu 600 °C	34,518
pH 12 Suhu 700 °C	34,776
pH 12 Suhu 800 °C	67,484
pH 12 Suhu 900 °C	79,933

Berdasarkan Tabel 3 diketahui bahwa suhu sintering berpengaruh terhadap ukuran kristal dari sampel. Pada pH 11, semakin tinggi suhu sintering ukuran

kristal yang didapatkan semakin besar juga, hal ini sama dengan yang terjadi pada pH 12.

Jika dihubungkan dengan Gambar 1 dan 2, bahwa semakin tinggi suhu sintering maka semakin berdekatan dan runcing pula puncak-puncak XRD yang diperoleh sehingga semakin tinggi kristanilitasnya. Material yang kristanilitasnya tinggi akan memiliki puncak-puncak dengan intensitas yang tinggi. Kristanilitas akan semakin tinggi dengan makin meningkatnya suhu yang di pergunakan untuk proses sintering, hal ini sesuai dengan penelitian Figueiredo *dkk* [13].

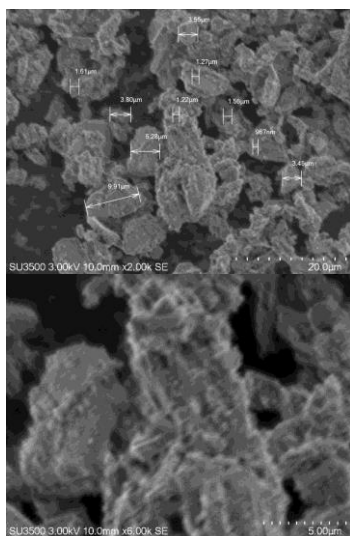
3.3 Hasil Karakterisasi Morfologi Kalsium Fosfat Menggunakan SEM

Pada karakterisasi SEM dipilih beberapa kondisi pH dan suhu yang menghasilkan komposisi *Calcium Phosphate Hydroxide* terbesar dan mewakili setiap kristal yang dihasilkan seperti

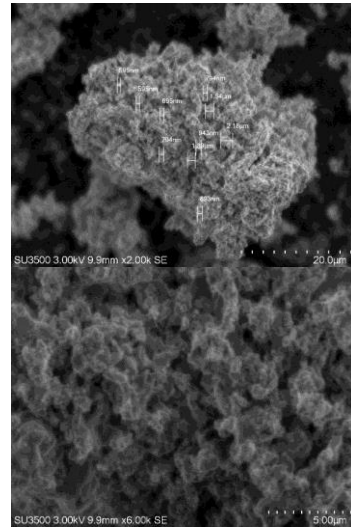
Sintesis dan Karakterisasi Kalsium Fosfat dari Cangkang Bekicot dengan Metode Presipitasi

diketahui bahwa ukuran terkecil yaitu 273 nm dan ukuran dengan jumlah terbanyak terdapat pada 546 nm. Sedangkan untuk hasil ukuran rata-rata pada tiap suhu didapatkan 944,11 nm pada suhu 700 °C dan sebesar 1277,75 nm pada suhu 800 °C. Hasil tersebut jauh berbeda dengan analisis sebelumnya dengan menggunakan formula Scherrer XRD yang didapatkan ukuran sebesar 52,234 nm pada suhu 700 °C dan sebesar 61,951 nm pada suhu 800 °C.

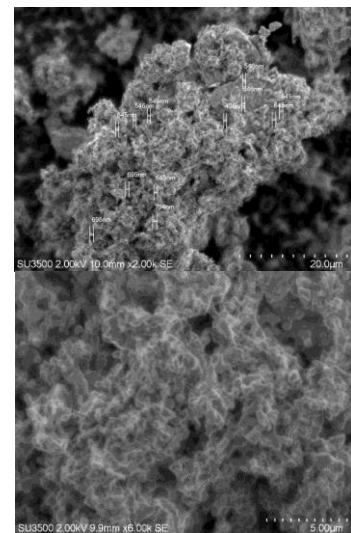
Berdasarkan hasil uji SEM pada Gambar 6, 7 dan 8 menunjukkan bahwa kristal yang terbentuk pada pH 12 dengan rentang suhu sintering 600-800°C yaitu berbentuk *spherical* menuju granular. Bentuknya sama dengan hasil SEM pada pH 11, tetapi lebih memiliki struktur yang aglomerasi dan memiliki rongga yang lebih kecil. Jika dibandingkan hasil SEM dari ketiga suhu, pada suhu 600 °C mempunyai bentuk kristal yang paling sesuai dengan teori yang ada, bentuk kristal HAp adalah hexagonal. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Haruda *dkk.* [16], semakin tinggi pH semakin tinggi pula kandungan HAp yang didapatkan.



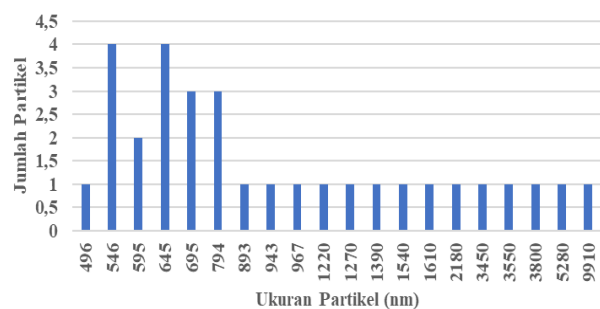
Gambar 6. Hasil Uji SEM pH 12 suhu 600 °C



Gambar 7. Hasil Uji SEM pH 12 suhu 700 °C



Gambar 8. Hasil Uji SEM pH 12 suhu 800 °C



Gambar 9. Ukuran Kristal Hasil Analisis SEM pada pH 12

Dari hasil analisis yang dilakukan seperti terlihat pada Gambar 9, didapatkan ukuran kristal dengan kisaran 496 hingga 9910 nm. Dari Gambar 6 sampai dengan 8

Sintesis dan Karakterisasi Kalsium Fosfat dari Cangkang Bekicot dengan Metode Presipitasi

menjelaskan bahwa adanya ketidakseragaman bentuk kristal dan ukuran kristal dikarenakan adanya transformasi kristal yang terjadi dan juga tidak adanya *pretreatment* pada bahan baku seperti *milling* dan *screening*. Kristal ukuran terkecil yaitu 496 nm dan ukuran dengan jumlah terbanyak terdapat pada 546 dan 645 nm. Sedangkan untuk hasil ukuran rata-rata pada tiap suhu didapatkan sebesar 3261,7 nm pada suhu 600 °C, sebesar 1302,375 nm pada suhu 700 °C, dan sebesar 1488,8 nm pada suhu 800 °C. Hasil tersebut jauh berbeda dengan analisis sebelumnya dengan menggunakan Scherrer XRD, didapatkan ukuran sebesar 34,518 nm pada suhu 600 °C, sebesar 34,776 nm pada suhu 700 °C, dan sebesar 67,484 nm pada suhu 800 °C.

Perbedaan hasil pengukuran kristal menggunakan XRD dan SEM disebabkan oleh perbedaan metode pengukuran dan juga kemungkinan terdapat perbedaan besaran yang terukur. Persamaan Scherrer menggunakan analisis XRD sehingga memungkinkan mengukur ukuran kristal sebenarnya. Sedangkan menggunakan SEM menggunakan prinsip *scanning electron* hanya memunculkan morfologi permukaan saja.

Berdasarkan hasil analisis SEM pada masing-masing pH menunjukkan bentuk kristal yang hampir sama bentuknya adalah *spherical* menuju granular, hal ini sesuai

dengan hasil penelitian dari Noviyanti *dkk.* [1] metode basah (presipitasi) dapat menghasilkan serbuk kalsium fosfat yang sebagian besar amorf. Selain itu, kalsium fosfat biasanya digunakan untuk biomedis, sehingga bentuk maupun struktur kristal dari kalsium fosfat sendiri menyerupai tulang [17].

4. Kesimpulan

Kalsium fosfat dapat dihasilkan dari bahan yang mengandung unsur CaO salah satunya adalah cangkang dari bekicot dengan bantuan metode presipitasi. Dari hasil sintesis diperoleh kristal *Calcium Phosphate Hydroxide*, *Calcium Magnesium Phosphate*, *Tricalcium Bis(Phosphate(V)) – Beta*, *Calcium Silicate*, *Sodium Calcium Phosphate*, dan *Calcium Hydrogen Phosphate Hydroxide*. Kondisi terbaik untuk mendapatkan kristal *Hydroxyapatite* adalah pH 12 dengan suhu sintering 600 °C. Kondisi terbaik untuk mendapatkan Kristal β -*Tricalcium Phosphate* (β -TCP) adalah pH 11 dengan suhu sintering 700 °C. Karakteristik kalsium fosfat dari cangkang bekicot diperoleh pada masing masing pH dan suhu adalah berbentuk *spherical* menuju granular.

Daftar Rujukan

- [1] Noviyanti, A. R., Haryono, H., Pandu, R., & Eddy, D. R. (2017). Cangkang Telur Ayam sebagai Sumber Kalsium dalam Pembuatan Hidroksiapatit untuk Aplikasi Graft Tulang. *Chimica et Natura Acta*, 5(3), 107. doi: 10.24198/cna.v5.n3.16057
- [2] Agustiyanti, R. D., Azis, Y., & Helwani, Z. (2018). Sintesis Hidroksiapatit dari Precipitated Calcium Carbonate (PCC) Cangkang Telur Ayam Ras melalui Proses Presipitasi. *JOMFTEKNIK*, 5(1)
- [3] Anjarsari, Dahlan, K., Suptijah, P., & Kemala, T. (2016). Sintesis dan Karakterisasi Biokomposit BCP/Kolagen Sebagai Material Perancah Tulang. *Jphpi*, 19(3), 356–361. doi: 10.17844/jphpi.v19i3.15113
- [4] Anchana, C., & Perumal, P. (2016). Synthesis & Application of Hydroxyapatite Bioceramics

Sintesis dan Karakterisasi Kalsium Fosfat dari Cangkang Bekicot dengan Metode Presipitasi

- from Different Marine Sources. *Journal of Research in Environmental and Earth Science*, 2(11), 7–15.
- [5] Puspita, F. W., & Cahyaningrum, S. E. (2017). Sintesis Dan Karakterisasi Hidroksiapatit Dari Cangkang Telur Ayam Ras (*Gallus Gallus*) Menggunakan Metode Pengendapan Basah. *UNESA Journal of Chemistry*, 6(2), 100–106.
- [6] Hariyanto, A., Sari, V. K., & Pujiastuti, C. (2020). Kinetika Reaksi Pembentukan Kalsium Fosfat dari Asam Fosfat dan Cangkang Kerang Darah. *Journal of Chemical and Process Engineering*, 01(02), 32–38.
- [7] Ramadhani, M. S., Abrianto, D., & Muljani, S. (2019). Karakterisasi Precipitated Calcium Carbonate (PCC) Dari Berbagai Cangkang Dengan Metode Karbonasi Sebagai Biomaterial. *Journal of Chemical and Process Engineering*, 2(1), 13–17. doi: 10.33005/chempro.v2i01.70
- [8] Cahyaningrum, S. E., Herdyastuty, N., Devina, B., & Supangat, D. (2018). Synthesis and Characterization of Hydroxyapatite Powder by Wet Precipitation Method. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 299(1). doi: 10.1088/1757-899X/299/1/012039
- [9] Fadli, A., Reni Yenti, S., Zultiniar, Z., & Fifiyana, R. (2016). Isotherm Study on the Adsorption of Cadmium (II) onto Hydroxyapatite from Sea Shells Synthesized by Low Temperature Hydrothermal Method, *International Conference on Technology, Innovation, and Society (ICTIS)*, 45–52. doi: 10.21063/ictis.2016.1008
- [10] Charlena, Sugeng, B., & Astuti, L. P. (2015). Sintesis Hidroksiapatit dari Cangkang Keong Sawah (*Bellamya javanica*) dengan Metode Simultan Presipitasi Pengadukan Berganda. *Prosiding Semirata*, 10, 284–293.
- [11] Rachman, A., Sofyaningsih, N., & Wahyudi, K. (2019). Karakteristik Mineralogi Material Biokeramik Jenis Kalsium Fosfat Dari Cangkang Kerang Simpang. *Jurnal Keramik dan Gelas Indonesia*, 27(2), 77. doi: 10.32537/jkgi.v27i2.3952
- [12] Ratnasari, A., Dengan, D., & Dan, M. (2020). Karakterisasi X-Ray Diffraction Kristal Hidroksiapatit Dimodifikasi Dengan MgCO₃ dan CaCO₃, 103–110.
- [13] Figueiredo, M., Fernando, A., Martins, G., Freitas, J., Judas, F., & Figueiredo, H. (2010). Effect of the calcination temperature on the composition and microstructure of hydroxyapatite derived from human and animal bone. *Ceramics International*, 36(8), 2383–2393. doi: 10.1016/j.ceramint.2010.07.016
- [14] Putri, V. D. (2016). Pengaruh Perbandingan Molar Ca/P Dalam Pembuatan Lapisan Tipis Kalsium Fosfat Dari Prekursor Ca(NO₃)₂·4H₂O Melalui Metode Sol-Gel. *Jurnal Katalisator*, 1(2), 1–11. doi: 10.22216/jk.v1i2.1741
- [15] Lazar, D. R. R., Cunha, S. M., Ussui, V., Fancio, E., De Lima, N. B., & Bressiani, A. H. A. (2006). Effect of calcination conditions on phase formation of calcium phosphates ceramics synthesized by homogeneous precipitation. *Materials Science Forum*, 530–531, 612–617. doi: 10.4028/www.scientific.net/msf.530-531.612
- [16] Haruda, M. S., Fadli, A., & Yenti, S. R. (2016). Pengaruh pH dan Waktu Reaksi Pada Sintesis Hidroksiapatit Dari Tulang Sapi Dengan Metode Presipitasi. *JOMFTEKNIK*, 3(1).
- [17] Ramay, H. R., & Zhang, M. (2003). Preparation of porous hydroxyapatite scaffolds by combination of the gel-casting and polymer sponge methods. *Biomaterials*, 24(19), 3293–3302. doi: 10.1016/S0142-9612(03)00171-6