

Potensi Cangkang Kerang Darah (*Anadara granosa*) Sebagai Sumber Kalsium Oksida (CaO) Pada Sintesis Hidroksiapatit

*The Potential of Clamshell (*Anadara granosa*) as a Source of Calcium Oxide (CaO) in Hydroxyapatite Synthesis*

Zulfalina Zulfalina^{1*}, Irhamni Irhamni¹, Ulvia¹, Zuhra Amalia²

Received 19 May 2025
Accepted 18 June 2025
Published June 2025

¹Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Banda Aceh, 23111, Indonesia

²Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Lhokseumawe, Jalan Medan-Banda Aceh Km 280 Buketrata-Kota Lhokseumawe

Abstrak. Hidroksiapatit merupakan salah satu kandidat material medis sebagai pengganti (implan) tulang dan gigi. Pada penelitian ini berhasil dilakukan sintesis dan karakterisasi hidroksiapatit dari cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) dengan variasi waktu tahan sintering. Tujuan dilakukan penelitian ini adalah untuk mensintesis hidroksiapatit dari cangkang kerang darah serta mengetahui bagaimana pengaruh variasi waktu tahan sintering terhadap ukuran kristal dan derajat kristalinitas hidroksiapatit. Sumber kalsium oksida (CaO) yang digunakan pada sintesis hidroksiapatit ini berasal dari serbuk cangkang kerang darah (*Anadara Granosa*), setelah terlebih dahulu cangkang kerang darah tersebut dikalsinasi pada temperatur 1000°C dengan waktu tahan selama 5 Jam. Proses sintesis hidroksiapatit menggunakan metode *solid state reaction* dengan temperatur sintering 900°C dengan dengan variasi waktu tahan 2 jam, 4 jam dan 6 jam untuk mengetahui pembentukan hidroksiapatit. Dari proses ini telah berhasil membentuk senyawa kalsium oksida (CaO) berdasarkan karakterisasi dengan XRF (*X-Ray Fluorescence*) dan XRD (*X-Ray Diffractometer*). Berdasarkan hasil pengujian XRD diketahui bahwa hidroksiapatit telah berhasil disintesis dari cangkang kerang darah. Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa variasi waktu tahan sintering mempengaruhi derajat kristalinitas dan ukuran kristal hidroksiapatit yaitu masing-masing sebesar 45,70% - 68,49% dan 49,9 nm – 55,37 nm.

Abstract. Hydroxyapatite is one of the candidate medical materials as bone and tooth replacement (implant). In this study, the synthesis and characterisation of hydroxyapatite from clamshells (*Anadara granosa*) with variations in sintering resistance time were successfully carried out. The purpose of this research is to synthesise hydroxyapatite from clamshells and find out how the effect of variations in sintering resistance time on crystal size and degree of crystallinity of hydroxyapatite. The source of calcium oxide (CaO) used in the synthesis of hydroxyapatite comes from blood cockle shells powder (*Anadara granosa*), after first the blood cockle shells is calcined at 1000°C with a holding time of 5 hours. The hydroxyapatite synthesis process uses a solid state reaction method with a sintering temperature of 900°C with a variation of holding time of 2 hours, 4 hours and 6 hours to determine the formation of hydroxyapatite. This process has successfully formed calcium oxide (CaO) compounds based on characterisation with XRF (*X-Ray Fluorescence*) and XRD (*X-Ray Diffractometer*). Based on the XRD test results, it is known that hydroxyapatite has been successfully synthesized from clamshells. The characterisation results show that the variation of sintering resistance time affects the degree of crystallinity and crystal size of hydroxyapatite, which are 45.70% - 68.49% and 49.9nm - 55.37 nm, respectively.

Keywords: Clamshells (*Anadara Granosa*), Calcium Oxide, Hydroxyapatite, Solid State Reaction Method.

Pendahuluan

Biomaterial merupakan material organik maupun anorganik yang dapat berinteraksi dengan baik pada jaringan tubuh dan sistem biologis dengan tujuan medis. Material ini bertujuan untuk memperbaiki, memulihkan atau menggantikan bagian tubuh yang mengalami kehilangan fungsi karena suatu penyakit atau trauma (Park and Lakes, 2007). Biomaterial haruslah biokompatibel - kompatibel dengan jaringan dan cairan tubuh yang bersentuhan dengannya serta tidak boleh menimbulkan penolakan atau respons yang tidak dapat diterima secara fisiologis atau melepaskan zat beracun. Salah satu biomaterial yang dapat direkonstruksi untuk jaringan tubuh yang rusak adalah biokeramik (Callister, Jr and Rethwisch, 2013). Biokeramik memiliki sifat *bioinert*, *bioactive*, *biocompatible*, *osteconductive*, porositas dan sifat mekanik yang baik untuk pertumbuhan jaringan yang baru. Kalsium fosfat merupakan salah satu biokeramik dengan aplikasi utamanya sebagai cangkok tulang yang digunakan untuk menggantikan tulang yang keropos atau membantu perbaikan patah tulang dan gigi. Dua turunan senyawa kalsium

fosfat biasanya digunakan untuk implan adalah trikalsium fosfat [$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$] dan hidroksiapatit [$\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$] (Callister, Jr and Rethwisch, 2013).

Hidroksiapatit dengan struktur kimia [$\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$] merupakan golongan mineral apatit. Hidroksiapatit merupakan salah satu material yang dapat digunakan dalam aplikasi medis, hal ini dimungkinkan jika ditinjau dari kesamaan struktur kimia yang dimiliki oleh hidroksiapatit dengan komponen mineral dari tulang dan gigi. Hidroksiapatit dapat disintesis dari berbagai sumber dengan kandungan kalsium yang tinggi, baik dari bahan anorganik maupun bahan organik. Kandungan kalsium dari bahan anorganik dapat bersumber dari batu kapur, Aprita (2019) menyatakan kalsium karbonat (CaCO_3) dari batu kapur dapat menghasilkan kalsium oksida (CaO) hingga 99,75% setelah proses kalsinasi. Bahan organik dengan kandungan kalsium seperti yang berasal dari cangkang telur (Noviyanti *et al*, 2017), tulang sapi (Nurul *et al.*, 2016, Fifi, A *et al.*, 2020), tulang ikan (Aditya *et al.*, 2017), dan kelompok cangkang dari jenis kerang-kerangan (bivalve) (Ida Ayu *et al.*, 2020; Iqbal *et al.*, 2020., Irhamni *et al.*, 2024).

Kerang termasuk filum *Mollusca*, yaitu merupakan hewan air yang memiliki tubuh lunak. Ciri khas struktur tubuh *Mollusca* memiliki palium (mantel). Mantel merupakan sarung pembungkus bagian-bagian yang lunak dan sebagai tempat mengendapkan kalsium karbonat untuk pembuatan cangkang (Rusyana, 2011). Cangkang *Mollusca* terdiri dari kalsium karbonat atau zat kapur, protein dan bahan organik lainnya. Cangkang ini bersifat keras dengan salah satu fungsinya adalah sebagai pelindung bagi jaringan tubuh yang lunak dari berbagai gangguan. Salah satu kelompok jenis kerang-kerangan (*Bivalvia*) adalah kerang darah.

Kerang darah termasuk ke dalam filum *Mollusca*, tergolong kelas *Bivalvia*, genus *Anadara* dengan spesies *Anadara Granosa*. Kerang darah dewasa memiliki ukuran panjang dan lebar masing-masing sekitar 5-6 cm dan 4-5 cm. Gemar memendam dirinya ke dalam pasir atau lumpur (tepat di bawah permukaan) dan tinggal di daerah pasang surut. Secara kasat mata cangkang kerang darah terlihat tebal, kasar serta bergerigi pada bagian puncaknya, seperti terlihat pada Gambar.1. Dinamakan kerang darah karena kelompok kerang ini memiliki pigmen darah merah/hemoglobin yang disebut *blood cockles* (Carpenter and Niem, 1998).



Gambar 1 Cangkang Kerang Darah (*Anadara Granosa*)

Untuk mendapatkan sumber kalsium murni yaitu CaO sebagai bahan dasar sintesis hidroksiapatit dari bahan alam adalah dengan mendekomposisikan senyawa CaCO_3 terlebih dahulu menjadi CaO melalui proses kalsinasi pada suhu tertentu. Mengutip hasil penelitian Loy *et. al* (2016) di dalam Yusuf *et.al* (2021) menyatakan bahwa suhu minimum agar terjadi dekomposisi CaCO_3 menjadi CaO adalah 650°C dan suhu optimumnya 1000°C . Seperti penelitian oleh Iqbal *et al.*, (2020) dalam proses kalsinasi cangkang kerang darah dengan suhu yang optimal pembentukan CaO dari CaCO_3 adalah 1000°C selama 5 jam, namun belum ada karakterisasi apakah hidroksiapatit berhasil terbentuk. Proses kalsinasi pada kondisi yang sama juga dilakukan oleh Irhamni, *et al.*, (2024) untuk mendapatkan CaO dari cangkang tiram, dan berhasil mensintesis hidroksiapatit dengan metode presipitasi.

Salah satu proses sintesis hidroksiapatit adalah metode *solid state reaction*. Metode ini mampu mereaksikan kalsium oksida dan asam fosfat untuk mendapatkan senyawa hidroksiapatit melalui proses *milling* dan dilanjutkan dengan proses *sintering* pada suhu tertentu untuk mendapatkan hidroksiapatit yang homogeny dengan struktur kristalin. Lamanya proses *sintering* atau waktu tahan pada suhu *sintering* dalam proses sintesis hidroksiapatit memegang peranan penting dalam menentukan karakteristik material yang dihasilkan. Menurut Callister, Jr and Rethwisch (2013) apabila suatu material diberi perlakuan panas maka akan terjadi perubahan ukuran kristal yang lebih besar. Nurul (2016) telah berhasil melakukan sintesis hidroksiapatit berbasis tulang sapi lokal Aceh setelah proses kalsinasi 1000°C selama 2 jam, sintesis hidroksiapatit menggunakan metode *solid state reaction* dengan proses *sintering* pada suhu 900°C selama 2 jam.

Berdasarkan uraian di atas, dapat diketahui bahwa hidroksiapatit memiliki manfaat yang besar dibidang medis, oleh karena itu dalam penelitian ini hidroksiapatit akan disintesis dari cangkang kerang darah (*Anadara Granosa*). Pada penelitian juga akan dikaji apakah cangkang kerang darah berpotensi sebagai salah satu sumber hidroksiapatit serta bagaimana pengaruh waktu tahan sintering terhadap sifat kristalinitas berupa derajat kristalinitas dan ukuran kristal dari senyawa yang dihasilkan. Sifat ini merupakan salah satu kriteria yang harus dipenuhi dalam aplikasinya sebagai bahan biomedis.

Metodologi

Preparasi dan kalsinasi cangkang kerang darah

Penelitian ini menggunakan cangkang kerang darah yang dikumpulkan dari limbah hasil penjualan kerang rebus. Cangkang kerang darah disikat bersih dan di cuci, sehingga bersih dari kotoran yang melekat dengan menggunakan aquades untuk kemudian dikeringkan di bawah terik matahari. Setelah kering, selanjutnya cangkang kerang darah tersebut ditumbuk kasar dengan menggunakan penumbuk atau lumpang. Untuk mendapatkan CaO, cangkang kerang darah yang telah ditumbuk kasar, selanjutnya dikalsinasi menggunakan furnace (*Vulcan, 3-1750*) pada suhu 1000°C dengan waktu tahan selama 5 jam dan didinginkan dalam furnace sampai suhu ruang. Kemudian cangkang yang telah dikalsinasi ini dihaluskan menggunakan ballmill (*Ballmill Pulverisette 6, Fritsch*) dengan putaran 150 rpm selama 3 jam sehingga diperoleh serbuk cangkang kerang darah dengan ukuran yang seragam. Serbuk cangkang kerang darah ini selanjutnya dikarakterisasi menggunakan *X-Ray Fluoresence* (XRF, JEOL) dan *X-Ray Diffractometer* (XRD Shimadzu D6000), untuk mengetahui kandungan dari serbuk dan senyawa yang terbentuk.

Sintesis Hidroksiapatit

Serbuk cangkang kerang darah yang telah dikalsinasi selanjutnya direaksikan dengan asam fosfat (H_3PO_4) dengan perbandingan persen berat serbuk cangkang kerang : asam fosfat (50 : 50). Campuran serbuk cangkang kerang darah dan asam fosfat di milling selama 10 jam dengan putaran 350 rpm. Setelah halus dilanjutkan dengan proses sintering menggunakan furnace pada suhu 900°C dengan variasi waktu tahan 2 jam, 4 jam dan 6 jam. Proses pendinginan berlangsung dalam furnace sampai suhu ruang. Hasil sintesis ini selanjutnya dikarakterisasi menggunakan XRD, untuk mengetahui senyawa yang dihasilkan serta menentukan derajat kristalinitas, yang menyatakan banyaknya kandungan kristal dalam suatu material dengan membandingkan luasan kurva kristal dengan total luasan amorf-kristal serta ukuran kristal dari senyawa tersebut.

Derajat kristalinitas dapat dihitung dengan menggunakan Pers. (1)

$$\text{Kristalinitas} = \frac{\text{fraksi luas kristalin}}{\text{fraksi luas kristalin} + \text{fraksi luas amorf}} \times 100\% \quad (1)$$

Ukuran kristal dapat dihitung dengan persamaan *Scherrer*, Pers. (2)

$$D = \frac{k \lambda}{\beta \cos \theta} \quad (2)$$

Dimana, D dinyatakan sebagai ukuran kristal (nm), β sebagai lebar setengah puncak maksimum (*full width at half maximum*, FWHM) yang memiliki nilai intensitas paling tinggi, k sebagai konstanta (0,95), λ dan θ menyatakan panjang gelombang sinar-X ($\text{\AA}$) dan sudut difraksi ($^\circ$).

Hasil Penelitian

Bahan baku utama dalam pembuatan hidroksiapatit ini dari bahan organik yaitu cangkang kerang darah (*Anadara granosa*). Identifikasi awal untuk cangkang menggunakan *X-Ray Fluoresence* (XRF). Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kandungan unsur pada serbuk cangkang kerang darah setelah proses kalsinasi dengan hasil karaktersasi seperti terdapat pada Tabel 1.

Tabel 1 Hasil Pengujian XRF pada serbuk cangkang kerang darah.

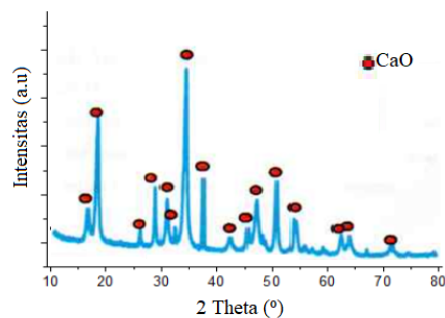
No	Nama Unsur	Cangkang kerang darah (%)
1	Kalsium (Ca)	97,08 +/- 0,04
2	Belerang (S)	0,099 +/- 0,003
3	Titanium (Ti)	0,14 +/- 0,01
4	Besi (Fe)	1,03 +/- 0,02
5	Nikel (Ni)	0,748 +/- 0,006
6	Tembaga (Cu)	0,067 +/- 0,004
7	Stronsium (Sr)	0,87 +/- 0,007

Dari Tabel 1 terlihat bahwa persentase kalsium pada serbuk cangkang kerang darah memiliki nilai persentase kalsium paling tinggi, sebesar 97,08% dibandingkan unsur-unsur lainnya. Persentase tersebut menunjukkan bahwa

serbuk cangkang kerang memiliki kandungan kalsium yang tinggi sehingga dapat dijadikan sumber kalsium dalam sintesis hidroksiapatit.

Pada proses sintesis hidroksiapatit, kalsium yang digunakan adalah kalsium dalam bentuk kalsium oksida yang diperoleh dari serbuk cangkang kerang darah setelah proses kalsinasi. Proses kalsinasi merupakan proses pemanasan serbuk cangkang kerang darah pada temperatur 1000°C dengan waktu tahan selama 5 jam, yang bertujuan agar kalsium karbonat terdekomposisi menjadi kalsium oksida.

Pengujian XRD merupakan pengujian dilakukan dengan mendeteksi hamburan sinar X yang terjadi pada sudut 2 theta (2θ) dan celah difraksi, (d). Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan alat uji XRD (*X-Ray Diffractometer, Shimadzu D6000*). Gambar. 2 merupakan pola difraksi yang dihasilkan menunjukkan fasa yang terbentuk dari serbuk cangkang kerang darah setelah proses kalsinasi.



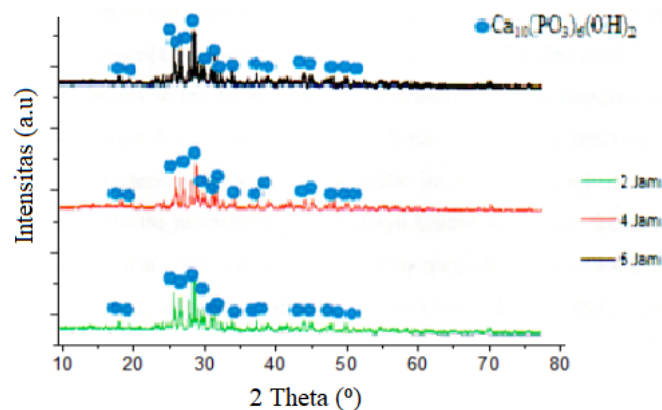
Gambar 2 Pola difraksi XRD serbuk cangkang kerang darah setelah kalsinasi.

Dari pola difraksi pada Gambar. 2 terlihat bahwa kalsium oksida telah terbentuk pada puncak-puncak tertinggi sudut 2θ , dimana pembentukan kalsium oksida pada sudut tersebut dapat diketahui melalui kesesuaian antara data hasil uji XRD dan data base JCPDS (*Joint Commite on Powder Diffraction Standards*), No. PDF#821691. Penyesuaian ini dilakukan dengan melihat perbandingan antara sudut 2θ dan celah difraksi (d) antara kedua data. Hasil kesesuaian ini menunjukkan bahwa setelah proses kalsinasi serbuk cangkang kerang darah, telah terbentuk senyawa kalsium oksida (CaO) yang memiliki *space group* Fm3m dengan parameter unit sel $a = b = c = 4,796 \text{ \AA}$.

Proses kalsinasi merupakan proses pemanasan pada serbuk cangkang kerang darah untuk menghilangkan unsur-unsur yang lain serta mentransformasikan kalsium karbonat (CaCO_3) dari serbuk cangkang kerang darah terdekomposisi menjadi kalsium oksida (CaO) dengan melepaskan karbondioksida (CO_2). Pembentukan CaO ini melalui reaksi $\text{CaCO}_3(\text{s}) \rightarrow \text{CaO}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g})$ (Yusuf *et al*, 2019). Hal ini bersesuaian dengan yang dilakukan oleh Iqbal, *et al* (2020) yang berhasil mendapatkan CaO dari cangkang kerang darah setelah proses kalsinasi pada suhu 1000°C dengan waktu tahan selama 5 jam.

Sintesis hidroksiapatit

Sintesis hidroksiapatit yang dilakukan dimulai dengan pencampuran asam fosfat dan kalsium oksida dari serbuk cangkang kerang darah yang telah melalui proses kalsinasi. Campuran keduanya akan membentuk kalsium fosfat yang akan menghasilkan hidroksiapatit melalui proses sintering pada temperatur 900°C dengan variasi waktu tahan 2 jam, 4 jam dan 6 jam. Pembentukan hidroksiapatit setelah proses sintering dapat diketahui melalui pengujian XRD dan pola difraksi dari pengujian tersebut dapat dilihat pada Gambar. 3.



Gambar 3 Pola difraksi XRD sintesis hidroksiapatit temperatur 900°C dengan waktu tahan 2 jam, 4 jam dan 6 jam

Tabel 2 memperlihatkan kesesuaian pencocokan antara *data base* No PDF#740566 dengan hasil uji XRD sintesis hidroksiapatit temperatur 900°C selama 2 jam, 4 jam dan 6 jam pada 7 titik perbandingan dengan intensitas tertinggi.

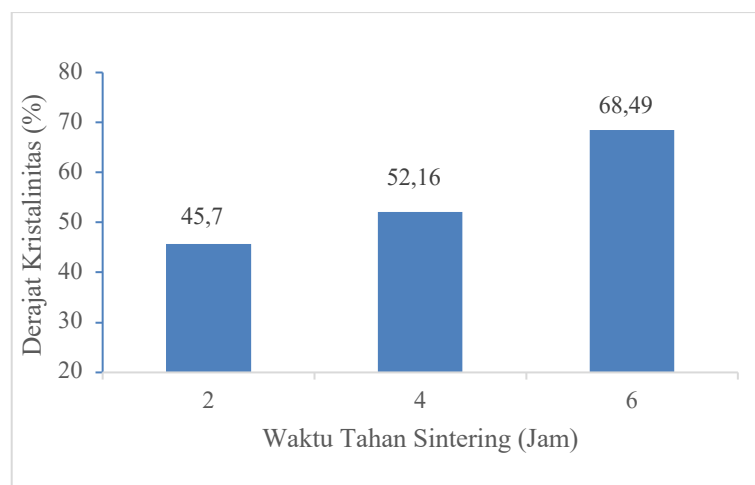
Tabel 2 Kesesuaian perbandingan data *base* dan hasil uji XRD sintesis hidroksiapatit temperatur 900°C selama 2 jam, 4 jam dan 6 jam

Data base No PDF#740566		Hasil Uji XRD					
2θ (°)	d (Å)	2 jam		4 jam		6 jam	
		2θ (°)	d (Å)	2θ (°)	d (Å)	2θ (°)	d (Å)
31,766	2,8146	31,238	2,8609	31,900	2,8031	31,920	2,8014
32,896	2,7204	32,728	2,7340	32,537	2,7496	32,536	2,7497
25,883	3,4395	25,124	3,5416	25,780	3,4530	25,780	3,4530
49,490	1,8403	49,857	1,8276	49,674	1,8338	49,660	1,8343
46,694	1,9437	46,720	1,9427	46,540	1,9498	46,912	1,9351
34,063	2,6299	34,603	2,5900	34,395	2,6052	34,426	2,6030
39,791	2,2635	39,936	2,2556	39,700	2,2685	39,720	2,2674

Berdasarkan kesesuaian dari data hasil uji XRD dan data base *Joint Commite on Powder Diffraction Standards* (JCPDS), No. PDF#740566 terhadap ketiga pola difraksi yang dihasilkan, dapat diketahui bahwa telah berhasil terbentuk hidroksiapatit. Hidroksiapatit (*Calcium Hydroxide Phosphate*, $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$) yang teridentifikasi memiliki *space group* $\text{P6}_3/\text{m}$ dengan parameter unit sel $a = b = 9,424 \text{ \AA}$ dan $c = 6,879 \text{ \AA}$. Dari Gambar.3 terlihat bahwa dari pola XRD menunjukkan waktu tahan *sintering* mempengaruhi nilai intensitas dalam proses terbentuknya hidroksiapatit. Proses *sintering* mempengaruhi pembentukan fase kristal pada material. Dengan semakin lama waktu tahan *sintering* yang diberikan, maka fase yang terbentuk akan semakin bersifat kristalin. Hal ini diperlihatkan dari Gambar. 3, dimana intensitas yang semakin meningkat pada fase tersebut seiring dengan pertambahan lamanya waktu tahan pada suhu *sintering* 900°C. Terbentuknya hidroksiapatit terjadi karena perubahan komposisi fasa dari kalium fosfat dan serbuk kalsium oksida menjadi hidroksiapatit.

Pengaruh waktu tahan sintering terhadap derajat kristalinitas pada hidroksiapait

Derajat kristalinitas besaran yang menyatakan banyaknya kandungan kristal dalam suatu material, ditentukan dengan membandingkan luasan kurva kristal dengan total luasan amorf dan kristal. Semakin tinggi intensitas puncak dan semakin tajam puncak yang dihasilkan maka semakin besar derajat kristalinitasnya. Dari data XRD dapat diketahui derajat kristalinitas senyawa yang terbentuk dengan menggunakan Pers. (1). Gambar. 4 berikut merupakan grafik pengaruh waktu tahan *sintering* terhadap derajat kristalinitas pada hidroksiapatit,



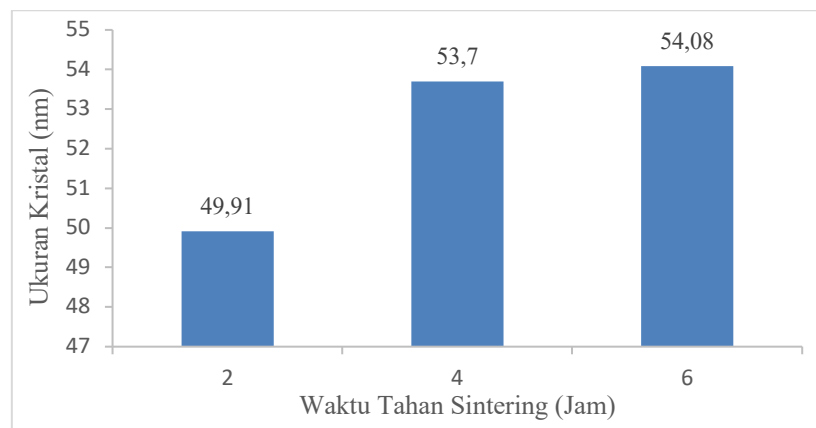
Gambar 4 Pengaruh waktu tahan sintering terhadap derajat kristalinitas hidroksiapatit

Dari Gambar.4 terlihat bahwa dengan bertambahnya waktu tahan *sintering*, maka semakin meningkat pula derajat kristalinitas yang dihasilkan. Sebuah material apabila diberi perlakuan panas, maka akan terjadi penggabungan butir-butir melalui proses difusi, keadaan ini terjadi pada saat temperatur meningkat sehingga ukuran butir akan cenderung membesar. Akibat panas yang diterima, kristal-kristal yang berada dalam suatu butir akan semakin bergabung, hal ini yang menyebabkan terjadinya pertumbuhan butir. (Callister, Jr and Rethwisch, 2013). Dari sintesis hidroksiapatit terlihat dengan semakin lamanya waktu tahan sintering maka susunan atom dalam material akan semakin teratur dan semakin kristalin seiring dengan meningkatnya derajat kristalinitas dari hidroksiapatit. Keadaan ini dapat dilihat dengan semakin tinggi intensitas serta tajamnya puncak XRD yang diperoleh.

Dari hasil yang diperoleh, derajat kristalinitas terendah terdapat pada hidroksiapatit dengan waktu tahan sintering selama 2 jam yaitu sebesar 45,70% dan tertinggi sebesar 68,49% untuk waktu tahan selama 6 jam. Untuk aplikasi biomedis, dinyatakan bahwa standar rasio kristalinitas hidroksiapatit adalah 60% sampai dengan 96% (Yusuf et al, 2019).

Pengaruh waktu tahan sintering terhadap ukuran kristal pada hidroksiapatit

Ukuran kristal menyatakan ukuran diameter kristal pada material tertentu. Ukuran kristal ini merupakan salah satu karakteristik yang harus dipenuhi oleh hidroksiapatit. Ukuran kristal hidroksiapatit untuk aplikasi biomedis yang harus dipenuhi adalah 20 sampai dengan 100nm (Yusuf et al, 2019). Perhitungan ukuran kristal dilakukan dengan menggunakan persamaan *Scherrer* Pers. (2) dengan data yang didapat melalui hasil karakterisasi XRD (Callister, Jr and Rethwisch, 2013). Gambar 5 berikut merupakan grafik pengaruh waktu tahan *sintering* terhadap ukuran kristal pada hidroksiapatit.



Gambar 5 Pengaruh waktu tahan sintering terhadap ukuran kristal hidroksiapatit

Gambar 5 memperlihatkan bahwa waktu tahan *sintering* mempengaruhi ukuran kristal pada hidroksiapatit, terlihat adanya perubahan ukuran kristal yang signifikan pada waktu tahan *sintering* 2 jam sebesar 49,91 nm sampai 4 jam yaitu sebesar 53,7 nm. Akan tetapi pada waktu tahan *sintering* 4 jam sampai dengan 6 jam tidak mengalami perubahan yang signifikan dengan selisih sebesar 0,38 nm. Hal ini dapat dinyatakan bahwa semakin lama waktu tahan *sintering* yang diberikan pada hidroksiapatit, maka semakin besar pula ukuran kristal yang dihasilkan. Oleh karena itu, diperkirakan semakin besar ukuran kristal yang dihasilkan maka akan dapat menyebabkan perubahan terhadap sistem kristal pada hidroksiapatit (Park, 2008). Dari ukuran kristal hidroksiapatit yang diperoleh telah memenuhi sebagai kandidat material biomedis.

Sistem kristal merupakan jarak antara satu atom dengan atom lainnya sehingga dapat membentuk sebuah bangunan geometri. Sistem kristal dari hidroksiapatit yaitu hexagonal. Sistem kristal dengan lamanya proses *sintering* akan mempengaruhi terhadap parameter kisi pada sebuah sistem kristal seperti pada hidroksiapatit, karena pada saat proses *sintering* berlangsung, kristal-kristal hidroksiapatit mengalami deformasi ke kristal yang lain sehingga mengalami perubahan terhadap sistem kristal dan parameter kisi pada hidroksiapatit. Dan juga proses *sintering* yang berlangsung terlalu lama akan mengakibatkan susunan kristal pada hidroksiapatit akan semakin padat dan membesar (Park, 2008).

Kesimpulan

Berdasarkan hasil karakterisasi XRF dan XRD, terdapat 97,08 % kalsium oksida (CaO) dalam serbuk cangkang darah (*Anadara Granosa*) setelah proses kalsinasi dilakukan. Sintesis hidroksiapatit serbuk CaO telah berhasil membentuk senyawa hidroksiapatit setelah proses sintering pada suhu 900°C dengan variasi lamanya waktu tahan 2, 4 dan 6 jam.

Variasi waktu tahan *sintering* dalam proses sintesis hidroksiapatit dapat mempengaruhi nilai derajat kristalinitas dan ukuran kristal. Derajat kristalinitas yang dihasilkan adalah 45,7– 68,49% dan ukuran kristal berkisar 49 nm – 54 nm.

Referensi

- Aditya B.H, Wini T and Pipih S (2017), Karakterisasi Nanohidroksiapatit Tulang Tuna *Thunnus* Sp. Sebagai Sediaan Biomaterial, *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 9 (2) : 619-629, <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jurnalikt>
- Aprita, E.W, Fadlilah, G.H, Eka, C.S., Sari, E.C (2019), Pemanfaatan Batu Kapur Sebagai Bahan Baku Hidroksiapatit, *UNESA Journal of Chemistry*, 8 (2) : 62-66
- Callister, Jr., W., and Rethwisch, D. (2013). Materials Science and Engineering. America: Wiley
- Carpenter and Niem. (1998). FAO Species Identification Guide for Fishery Purposes, Volume 1: Seaweeds, corals, bivalves and gastropods, USA.
- Fifi A and Sari E.C. (2020), Sintesi Dan Karakterisasi Hidroksiapatit Dari Tulang Sapi (*Bostaurus*) Menggunakan Teknik Kalsinasi, *Journal of Chemistry* (6): 189-196.
- Ida, A.S and Yulius DN, (2020), Sintesis Dan Karakterisasi Hidroksiapatit (Hap) Dari Cangkang Kerang Ale-Ale Menggunakan Metode Presipitasi *Double Stirring*, *Cakra Kimia [Indonesia E-Journal of Applied Chemistry]* 8 (2) : 73-81
- Irhamni, Eka J, Zulfalina, Fauzi, Isa, Z Jalil, (2024), Utilization Of Oyster Shell Waste (*Crassostrea Gigas*) As A Source Of Calcium In Hydroxyapatite Synthesis, *Jurnal Geuthee* 7 (6) : 96-104
- Iqbal, W.P, Teguh, A.P, Bambang, W, (2020), Kinetika Reaksi Sintesis Hidroksiapatit Dari Cangkang Kerang Darah (*Anadara Granosa* Linn) Dengan Metode Presipitasi, *Seminar Nasional Teknik Kimia Soeardjo Brotohardjono XVI, D.5-1 – D.5-5*
- Nurul, Irhamni, Z. Jalil (2016), Synthesis of Natural Hydroxyapatite from Aceh's Bovine Bone, *Journal of Aceh Physics Society (JAcPS)* 5 (2) : 19-21
- Noviyanti, A.R, Haryono, Rinal P, Diana R.E. (2017), Cangkang Telur Ayam sebagai Sumber Kalsium dalam Pembuatan Hidroksiapatit untuk Aplikasi Graft Tulang, *Chimica et Natura Acta*, 5 (3) : 107-111
- Park, J. (2008), Bioceramic Properties, Characterizations and Applications, Springer, USA
- Park, J., and Lakes, R.S. (2007). Biomaterials An Introduction, Springer, USA
- Yusuf, Y., Almurkarrama., Permatasari, H.A., Januariyasa, I.K., Muarif. M.F., Anggraeni, R.M., dan Wati, R., (2021). *Karbonat Hidroksiapatit dari Bahan Alam*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Yusuf, Y., Khasanah, D.U., Syafaat, F.Y., Pawarangan, I., Sari, M., dan Mawuntu, V.J. (2019). *Hidroksiapatit Berbahan Dasar Biogenik*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.