

Analisis Struktur Hidroksiapatit berbasis Cangkang Telur Ayam dengan Variasi Suhu Kalsinasi

Ayunda Wulan Permatasari¹, Nailul Hasan¹, Allif Rosyidy Hilmi¹, Nur Aini Fauziyah^{1*}

¹Program Studi Fisika, Fakultas Teknik dan Sains, UPN “Veteran” Jawa Timur, Rungkut Madya, Surabaya, 60294, Indonesia

Info Artikel

Histori Artikel:

Diajukan: 2 Januari 2026

Direvisi: 13 Februari 2026

Diterima: 31 Maret 2026

Kata kunci:

Cangkang Telur Ayam

Difraksi

Kalsinasi

Hidroksiapatit

Keywords:

Chicken Eggshells

Diffraction

Calcination

Hydroxyapatite

Penulis Korespondensi:

Nur Aini Fauziyah

Email: nur.aini.fisika@upnjatim.ac.id

ABSTRAK

Tujuan dari dilakukan penelitian ini yaitu untuk memahami bagaimana perubahan warna dengan proses pemanasan kalsinasi pada suhu yang berbeda pada pembentukan hidroksiapatit. Proses sintesis dimulai dengan kalsinasi CaCO_3 menjadi CaO dengan suhu 800°C , 900°C , dan 1000°C selama empat jam, setelah itu dilanjutkan dengan pembentukan hidroksiapatit dengan proses kalsinasi pada sampel cangkang telur pada suhu 800°C dan 1000°C selama 3 jam. Menentukan kandungan hidroksiapatit dalam sampel, maka dilakukan karakterisasi menggunakan pola difraksi XRD untuk menentukan fasa. Analisis Hasil XRD dilakukan menggunakan perangkat lunak match2. Analisis morfologi hidroksiapatit dilakukan dengan karakterisasi SEM. Hasil analisis menunjukkan bahwa masih ada fasa sekunder pada suhu 800 - 800°C . Semakin tinggi suhu kalsinasi maka semakin besar kemurnian hidroksiapatit yang dihasilkan.

The purpose of this study is to understand how color changes occur during the calcination heating process at different temperatures in the formation of hydroxyapatite. The synthesis process began with the calcination of CaCO_3 to CaO at temperatures of 800°C , 900°C , and 1000°C for four hours, followed by the formation of hydroxyapatite thru the calcination process of eggshell samples at temperatures of 800°C and 1000°C for 3 hours. To determine the hydroxyapatite content in the sample, characterization was performed using XRD diffraction patterns to identify the phase. XRD analysis was conducted using match2 software. Morphological analysis of hydroxyapatite was performed using SEM characterization. The analysis results indicate that there are still impurities present at temperatures of 800 - 800°C . The higher the calcination temperature, the greater the purity of the resulting hydroxyapatite.

Copyright © 2026 Author(s). All rights reserved

I. PENDAHULUAN

Hidroksiapatit (HAp) merupakan material yang dapat dimanfaatkan pada bidang biomedis karena kemampuannya dapat mendukung regenerasi jaringan keras seperti: tulang, gigi serta dapat digunakan juga sebagai rekonstruksi jaringan tulang (Mozartha, 2015). Lapisan HAp dapat membentuk suatu ikatan kimia dengan jaringan yang mirip tulang manusia, meningkatkan suatu adhesi implan dibawah kondisi fungsional (Fauziya et al., 2025). HAp salah satu bahan yang dapat digunakan dalam aplikasi biomedis karena memiliki sifat yang dapat digunakan pada aplikasi biomedis karena mempunyai sifat biokompatibel dan bioaktif serta afinitasnya yang sangat kuat terhadap *biopolymer* (Setiawan et al., 2017). HAp mempunyai sifat yang unik seperti: biokompatibel, bioaktif, dan *osteoconductivity* karena memiliki komposisi mineral yang sama dengan gigi dan tulang pada Gambar 1, serta tidak memiliki efek sitotoksik (Maryani et al., 2018).



Gambar 1 Aplikasi HAp Cangkang Telur Ayam

HAp memiliki sumber biomaterial yang lain, salah satu sumber utama kalsium pada sintesis hidroksiapatit (HAp) yang dapat diperoleh dari biomaterial alami salah satunya yaitu cangkang telur ayam. Cangkang telur ayam memiliki kandungan kalsium yang cukup tinggi, sehingga dapat mempunyai potensi untuk memanfaatkan sebagai prekursor dalam pembuatan HAp. Sejumlah penelitian yang sebelumnya berhasil melakukan sintesis HAp diantaranya cangkang telur ayam, cangkang telur bebek, cangkang kerang mutiara, tulang ikan, cangkang kerang dara, hingga tulang sapi ((Anwar et al., 2025; Ari et al., 2018; Ferry et al., 2022; Kalbarczyk et al., 2022; Sabir et al., 2022; Suandork & Hongsuwong, 2024)). Berbagai sumber tersebut, cangkang telur ayam menjadi bahan yang menarik untuk diteliti lebih lanjut karena diketahui memiliki kandungan kalsium karbonat (CaCO_3) dalam jumlah cukup besar ((Tekege et al., 2023).

Metode kalsinasi pada HAp menyebabkan struktur kristal serta morfologi yang berbeda. Karakteristik kristal dan morfologi hidroksiapatit (HAp) yang dihasilkan dari sintesis sangat dipengaruhi oleh proses kalsinasi. Kristalinitas, ukuran butir, dan tingkat kemurnian material dipengaruhi secara langsung oleh perubahan suhu dan waktu kalsinasi. Selain itu, kalsinasi mengeluarkan ion karbonat yang dapat menghambat pembentukan fase hidroksiapatit murni (Rukyana et al., 2024). Hasil penelitian menunjukkan bahwa waktu kalsinasi mengubah ukuran butir serbuk tulang sapi secara signifikan. Semakin lama waktu kalsinasi dilakukan pada suhu yang sama, ukuran butir cenderung menurun. Selama 5 jam dengan kalsinasi 1000°C sampel menunjukkan ukuran butir sebesar 34,59 nm. Selama 6 jam ukuran butir terkecil adalah 30,98 nm. Hal ini menunjukkan kemampuan waktu kalsinasi yang lebih lama untuk memperhalus kristal hidroksiapatit (Pratama & Irfa'i, 2023).

Berdasarkan penelitian terdahulu tentang pengaruh kalsinasi terhadap pembentukan HAp dapat diketahui melalui hasil XRD. Salahsatunya, hasil penelitian dari cangkang geloina coaxans bahwa waktu pemanasan kalsinasi dengan suhu 900°C dengan waktu 120 menit dihasilkan HAp yang ditandai dengan munculnya puncak HAp pada $2\theta = 31,7^\circ$ dan beberapa puncak pendukung HAp lainnya (Yanti & Gandi, 2020). Sedangkan penelitian dari cangkang telur ayam menggunakan suhu kalsinasi 750°C selama 6,5 jam dihasilkan HAp yang ditandai dengan munculnya puncak HAp pada $2\theta = 18,05^\circ$ serta puncak tertinggi HAp muncul pada sudut $2\theta = 30,88^\circ$ (Prasaja & Irfa'i, 2024). Hasil penelitian dari tulang iga sapi bahwa suhu kalsinasi dengan suhu pemanasan 800°C selama 1 jam dihasilkan HAp yang ditandai dengan munculnya puncak HAp pada $2\theta = 31,7663^\circ$ (Murzid et al., 2023). Sedangkan studi lanjut pada HAp telah dipelajari oleh Huda, Bahwa Sedangkan studi lanjut pada HAp telah dipelajari oleh Noviyanti, Bahwa pada suhu 1000°C selama 3 jam, 5 jam, dan 9 jam terdapat puncak khas HAp pada data difraktogram muncul pada $2\theta = 25^\circ, 31^\circ$, dan 32° sesuai dengan puncak – puncak data ICDS

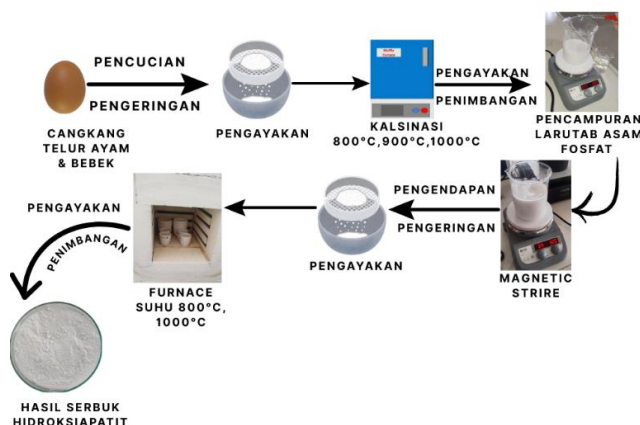
#157481 (Noviyanti et al., 2017). Namun berdasarkan beberapa penelitian sebelumnya, analisis struktur secara mendalam (mulai dari distribusi ukuran, difraksi, serta proses reaksi yang terjadi) seiring dengan variasi suhu kalsinasi belum dilakukan secara detail.

Oleh karena itu, pada penelitian ini akan berfokus pada analisis difraksi HAp dari cangkang telur ayam dengan variasi suhu kalsinasi suhu 800°C, 900°C, dan 1000°C. Selain itu, untuk memastikan keberhasilan terbentuknya HAp dilakukan analisis difraksi, analisis SEM, serta analisis perubahan warna yang terjadi pada setiap sampel setelah mendapatkan perlakuan pemanasan. Hal ini sangat penting diketahui karena respon sampel terhadap pemanasan sangat menentukan keberhasilan terbentuknya HAp.

II. METODE

Peralatan yang digunakan pada artikel ini diantaranya: hotplate magnetic stirrer, ayakan 100 mesh, furnace, pH meter, oven, alat press hidrolik, XRD (Philips pada 2θ $10^\circ - 70^\circ$) dan SEM untuk mengetahui distribusi ukuran butir HAp yang didapatkan.

Bahan yang dipakai pada penelitian ini diantaranya: cangkang kulit telur ayam, aquadest, H_3PO_4 dari SAP chemicals kemurnian (85%), dan NaOH dari SAP chemicals.



Gambar 2 Proses Sintesis HAp

Persiapan *raw material* seperti pada Gambar 2, diawali dengan pembersihan cangkang telur menggunakan aquades sebanyak 5x pencucian, setelah itu cangkang telur ayam di keringkan selama 4 jam dengan hotplate sampai benar benar kering. Kemudian setelah kering cangkang telur ayam di haluskan menggunakan mortal alu hingga menjadi tepung dan diayak dengan saringan 100 mesh. Tepung cangkang telur ayam yang telah dihaluskan dimasukkan ke kotak penyimpanan.

Tepung cangkang telur ayam, yang telah dihasilkan dari tahap sebelumnya, dilakukan kalsinasi pada furnace atau tungku listrik dengan suhu 800°C, 900°C, dan 1000°C selama 4 jam hingga menjadi CaO. Cangkang Telur ayam yang sudah dikalsinasi kemudian diayak dengan ayakan untuk nantinya akan ditimbang ulang setelah proses kalsinasi.

Larutan yang akan dibuat adalah larutan kalsium hidroksida $Ca(OH)_2$ 1 M, larutan asam fosfat H_3PO_4 0,6 M dan larutan natrium hidroksida NaOH 1 M. Larutan kalsium hidroksida dibuat dengan melarutkan CaO (cangkang telur ayam) sebanyak 14,8 gr dan ditambahkan aquades hingga volumenya 200 ml. Larutan asam fosfat (H_3PO_4) 0,6 M dilakukan pengenceran. H_3PO_4 kemurnian (85%) sebanyak 8,1 ml, di tambahkan aquades hingga volumenya 200 ml serta ditambahkan NaOH sebanyak 0,2 gram dan NaOH sebanyak 8 gram.

Hidroksiapatit disintesis dari CaO (cangkang telur ayam) dan larutan asam fosfat. Larutan $Ca(OH)_2$ dicampur dengan larutan asam fosfat (H_3PO_4) dengan laju penambahannya 5 ml/menit, proses pencampuran dilakukan hingga larutan H_3PO_4 habis. Selama pencampuran, suspensi diaduk menggunakan magnetic stirrer dengan kecepatan 300 rpm. Setelah proses pencampuran selesai, suspensi dipanaskan pada suhu 90°C selama 1 jam, pada proses ini pH larutan diatur hingga mencapai nilai pH 11 menggunakan larutan (NaOH).

Setelah proses selesai, campuran kemudian masuk ke proses penuaan (aging) dengan cara didinginkan dengan suhu kamar selama 24 jam. Endapan yang dihasilkan dari proses aging kemudian

disaring. Endapan hasil saringan kemudian dikeringkan menggunakan oven pada suhu 200°C selama 2 jam, untuk menghasilkan HAp murni, kalsinasi dilakukan pada suhu 800°C dan 1000°C selama 3 jam. Selanjutnya, sampel yang telah murni dilakukan karakterisasi XRD untuk mengetahui komposisi fasa HAp dan SEM EDX untuk mengetahui morfologi serta ukuran sampel.

III. HASIL DAN DISKUSI

Cangkang telur ayam mempunyai kandungan kalsium karbonat (CaCO_3) sebesar 98,43% (Tekege et al., 2023), serta memiliki kandungan magnesium (Mg), magnesium hidroksida (MgOH), dan Fosfor (P) (Tindaon et al., 2024). Pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa cangkang telur ayam memiliki kandungan kalsium yang berbeda – beda. Proses dari dilakukan kalsinasi karena menghilangkan komponen organik dan mengubah CaCO_3 menjadi kalsium oksida CaO .

Tabel 1 Data – data hasil kandungan cangkang telur ayam berdasarkan referensi Tindaon et al., 2024

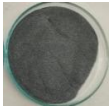
No	Cangkang Telur Ayam	% hasil
1.	Magnesium (Mg)	2,5%
2.	CaCO_3	95%
3.	Fosfor (P)	2,5%

Tabel 1 memberikan informasi kandungan cangkang telur ayam bahwa terdapat hasil kandungan cangkang ayam seperti : magnesium sebanyak 2,5 %, fosfor sebanyak 2,5%, dan CaCO_3 sebanyak 95%, seperti dapat dilihat pada Tabel 1.

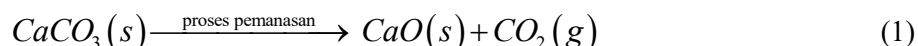
Bahwa pada hasil ini komponen penyumbang kandungan paling besar pada cangkang telur ayam terdapat pada CaCO_3 karena terdapat 95% CaCO_3 . Semakin tinggi kandungan CaCO_3 maka semakin besar kemungkinan untuk bertransformasi menjadi hidroksiapatit.

Ketika CaCO_3 dipanaskan maka nantinya akan bertransformasi menjadi CaO , dapat dilihat pada perubahan warna dan pH nya berubah menjadi semakin tinggi yang dimana nantinya akan bersifat basah. Hal ini selaras dengan penelitian yang kita temukan pada tahap proses pemanasan, perubahan warna sampel dapat diamati sebagai indikator dari peningkatan kristalisasi. Pada suhu 800 °C sampel menunjukkan warna abu-abu kehitaman yang menandakan masih adanya sisa karbon organik yang belum sepenuhnya terdekomposisi. Ketika suhu meningkat ke 900°C warna berubah menjadi abu – abu keperakan (silver), menandakan berkurangnya kandungan organik dan meningkatnya kemurnian fasa anorganik. Pada suhu 1000°C, warna berubah menjadi putih cerah, yang menunjukkan bahwa seluruh komponen organik telah terdegradasi sempurna dan senyawa yang tersisa didominasi oleh fasa kristalin CaO murni.

Tabel 2 Hasil analisis perubahan warna proses pemanasan pada cangkang telur

Sampel cangkang telur ayam awal sebelum kalsinasi		
		
a)		
Sampel Cangkang telur ayam sebelum kalsinasi menjadi HAP	Sampek kalsinasi cangkang setelah menjadi HAP	
	800°C	1000°C
b) sampel kalsinasi CaO 800°C	b.1) Kalsinasi 800-800°C	b.2) Kalsinasi 800-1000°C
		
c) sampel kalsinasi CaO 900°C	c.1) Kalsinasi 900-800°C	c.2) Kalsinasi 900-1000°C
		
d) sampel kalsinasi CaO 1000°C	d.1) Kalsinasi 800-800°C	d.2) Kalsinasi 800-1000°C
		

Sesuai dengan Tabel 2 menunjukkan perubahan warna sampel cangkang telur ayam yang mengalami proses kalsinasi pada variasi suhu 800°C, 900°C, dan 1000 °C. Pada suhu 800°C pada tabel 2, Gambar b, sampel tampak berwarna abu-hitam karena masih adanya senyawa organik (protein dan membran) serta sisa karbon yang belum teroksidasi secara sempurna. Memasuki suhu 900°C, sesuai dengan Gambar C, sampel mulai berubah menjadi abu terang, menunjukkan bahwa sebagian besar komponen organik telah terurai dan terjadi dekomposisi CaCO_3 menjadi CaO melalui reaksi endotermik. Menurut penelitian (Malau & Adinugraha, 2020) menyatakan bahwa warna abu-abu cerah merupakan indikasi awal terbentuknya CaO murni dan hilangnya sisa karbon. Pada suhu 1000°C, sampel berubah menjadi putih cerah, menandakan bahwa dekomposisi CaCO_3 telah berlangsung sempurna dan terbentuk CaO dengan kemurnian yang lebih tinggi dengan reaksi pada persamaan (1).



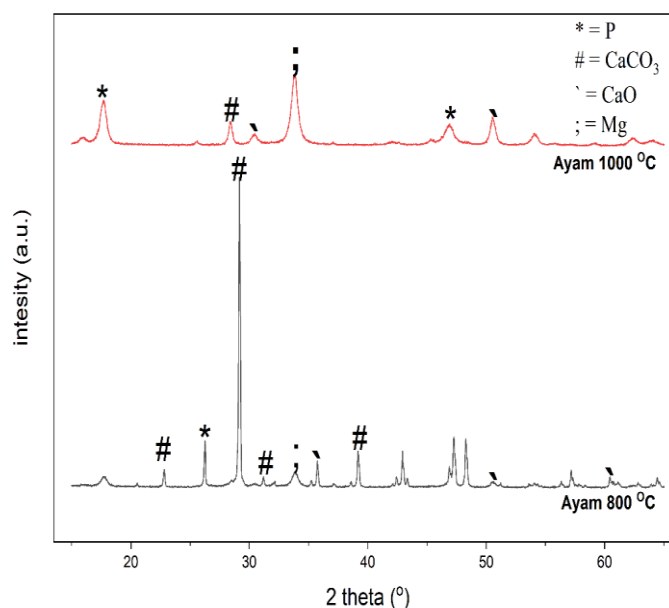
Warna putih ini merupakan indikator visual keberhasilan kalsinasi serta meningkatnya kristalinitas struktur anorganik.

Tabel 3 Kandungan Fasa sampel Cangkang Telur Akibat Variasi Suhu Kalsinasi

No	Temperatur Kalsinasi (°C)	Cangkang Telur Ayam (%)			
		Mg	P	CaCO_3	CaO
1.	800	28	3,7	65	3,3
2.	1000	17,4	39,7	18,1	24,8

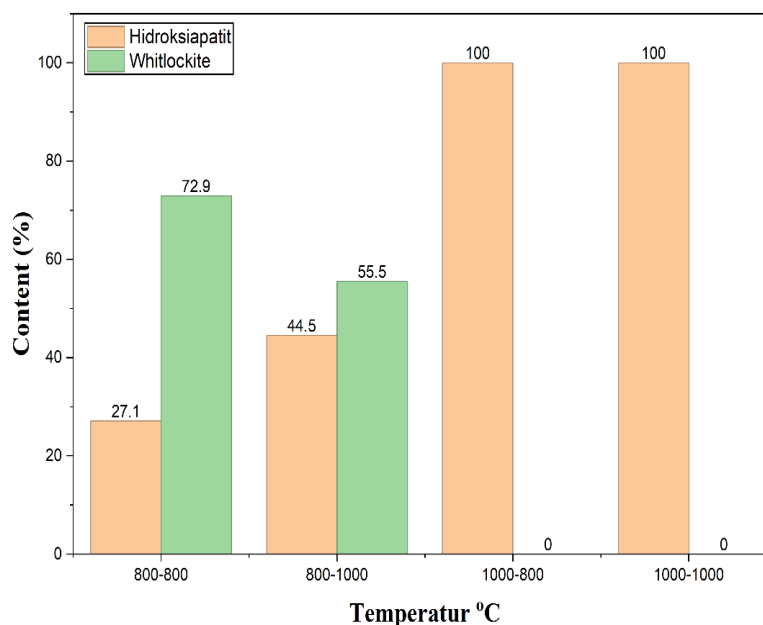
Pada Tabel 3, menunjukkan hasil XRD kuantitatif berdasarkan komposisi mineral untuk sampel cangkang telur ayam pada suhu 800°C dan 1000°C. Pada suhu 800°C, CaCO_3 masih mendominasi dengan persentase sebesar 65%, menunjukkan kalsinasi belum optimal. Kandungan CaO baru terbentuk sedikit yaitu 3,3%, dan masih terdapat Mg 28% yang berasal dari impuritas mineral alami cangkang telur. Pada suhu 1000°C, kandungan CaCO_3 menurun drastis hingga hanya 18,1%, sedangkan CaO meningkat menjadi 24,8%. Peningkatan CaO ini menunjukkan keberhasilan proses dekomposisi CaCO_3 menjadi CaO . Selain itu, kandungan fosfor (P) meningkat signifikan dari 3,7% menjadi 39,7%, yang mengindikasikan bahwa suhu tinggi mendukung pembentukan fase prekursor hidroksiapatit (HAp) sesuai dengan Tabel 3 pada reaksi Persamaan 1. Penurunan kadar Mg dari 28% menjadi 17,4% mengindikasikan proses pelepasan MgO dan volatilitas mineral minor lainnya selama pemanasan. Sesuai dengan penelitian (Tekege et al., 2023) yang menyatakan bahwa cangkang telur ayam memiliki kandungan CaCO_3 , CaO , fosfor, dan magnesium.

Bahwa suhu kalsinasi dapat meningkatkan kemurnian CaO yang dimana semakin tinggi suhu kalsinasi maka semakin tinggi kemurnian CaO yang dihasilkan. Hal ini sesuai dengan penelitian (Gago & Ngapa, 2021) bahwa semakin tinggi suhu kalsinasi maka CaO yang dihasilkan semakin besar.



Gambar 3 Grafik XRD dengan suhu berbeda pada pembentukan CaO

Pada Gambar 3, memperlihatkan pola XRD hasil kalsinasi awal CaCO_3 menjadi CaO pada variasi suhu. Puncak-puncak khas Mg, P, CaO , CaCO_3 teridentifikasi pada 2θ sekitar CaCO_3 $\{22,79^\circ, 29,15^\circ, 31,25^\circ, \text{ dan } 39,14^\circ\}$ data CIF 9000968, P $\{26,25^\circ\}$ data CIF 9012493, CaO $\{35,74^\circ, 50,67^\circ, \text{ dan } 60,43^\circ\}$ data CIF 9006746, dan Mg $\{32,10^\circ\}$ data CIF 9013061 Pada suhu 800°C , puncak tampak masih lebar dan kurang tajam (FWHM besar) menunjukkan kristalinitas rendah dan ukuran kristalit yang masih kecil. Pada suhu 800°C , puncak sedikit tajam dan intens, menunjukkan kristalinitas tertinggi dan pertumbuhan kristalit yang ideal walaupun masih terdapat fasa CaCO_3 lebih tinggi dibandingkan suhu 1000°C . Tidak ditemukan puncak fasa lain seperti β -TCP atau CaO , menandakan bahwa sampel telah terbentuk dalam fasa tunggal HAp. Parameter kisi berdasarkan data CIF CaO 9006745 bahwa menunjukkan nilai $a = 5.0250 \text{ \AA}$, dengan struktur cubic $\text{fm-}3\text{m}(225)$ khas fasa CaO , CIF magnesium Dengan ini, dapat disimpulkan bahwa suhu kalsinasi dan sintering suhu 800°C serta 1000°C merupakan kondisi untuk pembentukan fasa kalsinasi awal.

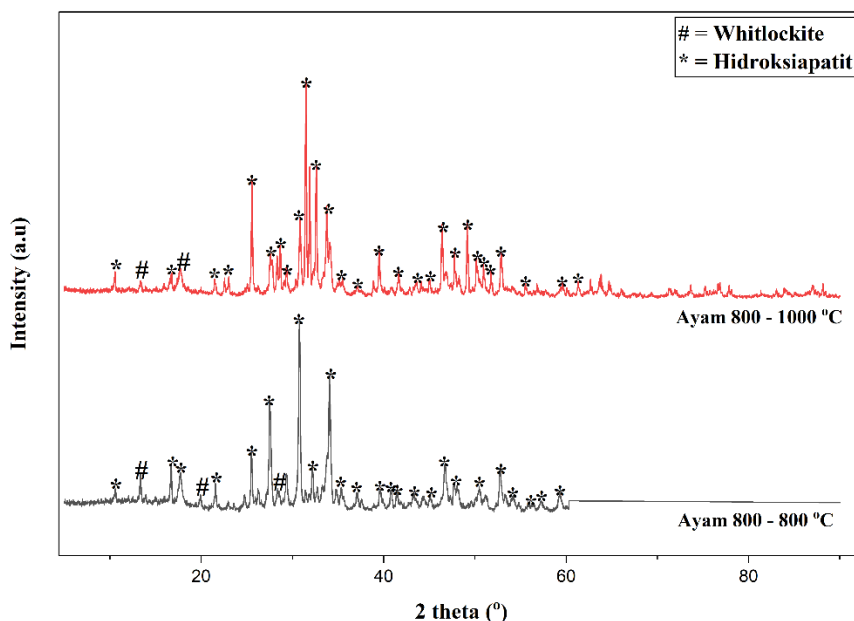


Gambar 4 Grafik hasil perbandingan kandungan pada suhu yang berbeda

Gambar 4, menunjukkan bahwa perubahan presentase fasa hidroksiapatit (HAp) dan whitlockite yang terbentuk pada variasi suhu sintering. Pada kondisi $800 - 800^\circ\text{C}$, hanya 27,1% HAp yang terbentuk, sedangkan fasa whitlockite mendominasi 72,9 %. Whitlockite merupakan fasa kalsium fosfat sekunder ($\text{Ca}_9\text{Mg}(\text{PO}_4)_6(\text{PO}_3\text{OH})$) yang biasanya muncul ketika suhu pemrosesan masih rendah atau Ca/P rasio tidak ideal. Ketika suhu sintering meningkat menjadi 1000°C ($800-1000^\circ\text{C}$), kandungan HAp meningkat menjadi 55,5% sementara whitlockite berkurang menjadi 44,5%. Hal ini menunjukkan bahwa suhu sintering tinggi memperbaiki perubahan fasa menjadi HAp yang lebih stabil secara termodinamika. Pada perlakuan suhu $1000 - 800^\circ\text{C}$ dan $1000 - 1000^\circ\text{C}$, HAp terbentuk 100% serta tidak ditemukan lagi fasa whitlockite. Suhu tinggi 1000°C mendorong pertumbuhan kristal HAp yang lebih sempurna sehingga terbentuk fasa tunggal HAp dengan kemurnian tinggi. Hasil ini sejalan dengan referensi yang menyatakan bahwa perubahan whitlockite pada HAp terjadi pada suhu $\geq 950^\circ\text{C}$.

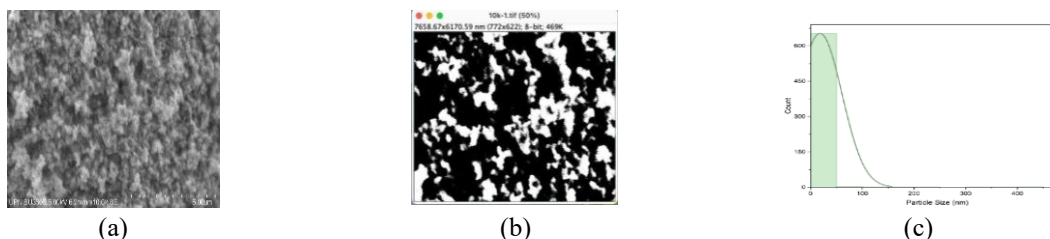
Gambar 5, menunjukkan pola XRD hasil sintesis HAp pada variasi suhu. Puncak-puncak khas HAp teridentifikasi pada 2θ sekitar $25,9^\circ$ (002), $32,0^\circ$ (211), $33,0^\circ$ (300), dan $39,8^\circ$ (310), yang sesuai dengan data CIF HAp 9013627. Pada suhu 800°C , puncak tampak masih lebar serta kurang tajam (FWHM besar) menunjukkan kristalinitas rendah dan ukuran kristalit yang masih kecil. Pada suhu 1000°C , puncak semakin tajam dan intens, menunjukkan kristalinitas tertinggi dan pertumbuhan kristalit yang ideal. Tidak ditemukan puncak fasa lain seperti β -TCP atau CaO , menandakan bahwa sampel telah terbentuk dalam fasa tunggal HAp. Parameter kisi berdasarkan data CIF 9013627 menunjukkan nilai $a = 9.4212 \text{ \AA}$ dan $c = 6.8927 \text{ \AA}$, sesuai dengan struktur heksagonal $\text{P6}_3/\text{m}$ khas hidroksiapatit. Dengan ini, dapat disimpulkan bahwa suhu kalsinasi dan sintering 1000°C merupakan kondisi paling optimal untuk pembentukan HAp murni dan kristalin.

Bahwa dapat dilihat pada gambar 5, pada ayam suhu 800-800°C menunjukkan intensitas whitlockite yang cukup tinggi dibandingkan dengan ayam suhu 800-1000°C, dapat dinyatakan bahwa pada suhu 800-800°C memiliki kandungan fasa whitlockite yang tinggi, sedangkan pada ayam suhu 800-1000°C semakin menunjukkan fasa hidroksiapatit yang cukup tinggi daripada suhu 800-800°C. bahwa pada hasil penelitian ini selaras dengan penelitian (Sari et al., 2022) yang menunjukkan bahwa semakin besar suhu kalsinasi maka semakin murni kandungan hidroksiapatit yang dihasilkan.



Gambar 5 Pola Difraksi XRD dalam pembentukan HAp dengan variasi Suhu Kalsinasi

Gambar 6 menunjukkan hasil analisis SEM untuk sampel dengan perlakuan 1000–800°C. Morfologi permukaan menunjukkan partikel berbentuk granular yang relatif homogen dengan distribusi ukuran partikel berkisar 17.90218 nm berdasarkan analisis ImageJ. Struktur butir menunjukkan bentuk butiran padat yang saling terikat, menandakan terjadinya proses densifikasi dan pertumbuhan butir (grain growth) selama pemanasan. Pada suhu tinggi, butir terlihat lebih rapat dan kompak, menunjukkan peningkatan kristalisasi dan pendekatan struktur stoikiometrik HAp. Tidak terlihat porositas yang besar atau retakan, menandakan bahwa kondisi sintering berada pada suhu optimal. Hasil ini konsisten dengan hasil XRD yang menunjukkan kristalinitas tinggi dan pengurangan fase amorf. Hasil penelitian ini selaras dengan penelitian (Yanti & Gandi, 2020) bahwa untuk morfologi dari hidroksiapatit berbentuk seperti granular.



Gambar 6 Hasil analisis dengan software Image-J (a) morfologi dari SEM dengan perbesaran 15.000 kali; (b) backscater dari analisis Image-J ; (c) data analisis sebaran ukuran partikel

IV. KESIMPULAN

Semakin tinggi suhu kalsinasi maka CaO yang dihasilkan semakin murni, dari proses pemanasan dapat dilihat dari perubahan warna yang berbeda – beda pada saat suhu yang berbeda, karena terdapat dekomposisi CaCO_3 menjadi CaO yang belum terurai sempurna pada suhu 800°C, pada saat suhu 800-1000°C menghasilkan kandungan HAp yang semakin banyak dengan presentase kandungan

HAP sebesar 55,5 % sedangkan pada suhu 800 – 800 menghasilkan kandungan HAP sebesar 27,9%, terdapat peningkatan kandungan HAp yang dihasilkan sebesar 27,6%, dapat dinyatakan bahwa HAp telah terbentuk secara murni berbeda dengan suhu 800-800°C yang menghasilkan whitlockite yang lebih tinggi daripada suhu 800-1000°C. Dari penelitian bisa dinyatakan bahwa proses pemanasan kalsinasi dapat menentukan morfologi serta kandungan cangkang telur ayam yang dihasilkan, yang akan dijadikan sebagai hidroksiapatit.

DAFTAR PUSTAKA

- Anwar, A. I., Ruslin, M., Marlina, E., & Hasanuddin, H. (2025). Physicochemical analysis and application of sardinella fimbriata-derived hydroxyapatite in toothpaste formulations. *BMC Oral Health*, 25(1), 195. <https://doi.org/10.1186/s12903-025-05557-7>
- Ari, D. P. S., Yonatasya, F. D., Saftiarini, G., & Prananingrum, W. (2018). Variations of gelatin percentages in HA-TCP scaffolds as the result of 6- and 12-hour sintering processes of blood cockle (*Anadara granosa*) shells against porosity. *Dental Journal*, 51(4), 158–163. <https://doi.org/10.20473/j.djmk.v51.i4.p158-163>
- Fauziya, N. A., Hidayah, E. N., Wardhani, P. C., Permatasari, A. W., Wulandari, A. P., & Jawaid, M. (2025). Composites of poly(ethylene glycol) and hydroxyapatite: Dynamic mechanical study of the modulus of elasticity under cryogenic conditions. *BioResources*, 20(3), 7658–7671. <https://doi.org/10.15376/biores.20.3.7658-7671>
- Ferry, S., Syifa, L., Bambang, S., & Hamdan, N. (2022). *Comparing Properties of Bovine Bone Derived Hydroxyapatite and Synthetic Hydroxyapatite*. 25(6).
- Gago, J., & Ngapa, Y. D. (2021). PEMANFATAAN CANGKANG TELUR AYAM SEBAGAI MATERIAL DASAR DALAM SINTESIS HIDROKSIAPATIT DENGAN METODE PRESIPITASI BASAH. *Journal of Applied Chemistry*, 9.
- Han, Y., Wei, Q., Chang, P., Hu, K., Okoro, O. V., Shavandi, A., & Nie, L. (2021). Three-Dimensional Printing of Hydroxyapatite Composites for Biomedical Application. *Crystals*, 11(4), 353. <https://doi.org/10.3390/cryst11040353>
- Kalbarczyk, M., Szcześ, A., Kantor, I., May, Z., & Sternik, D. (2022). Synthesis and Characterization of Calcium Phosphate Materials Derived from Eggshells from Different Poultry with and without the Eggshell Membrane. *Materials*, 15(3), 934. <https://doi.org/10.3390/ma15030934>
- Malau, N. D., & Adinugraha, F. (2020). Penentuan Suhu Kalsinasi Optimum CaO dari Cangkang Telur Bebek dan Cangkang Telur Burung Puyuh. *Jurnal EduMatSains*, 4(2), 193–202.
- Maryani, E., Kurniasih, S. C., Sofyaningsih, N., & Priyanto, B. (2018). *PENYIAPAN KOMPOSIT HIDROKSIAPATIT - ZIRKONIA SEBAGAI BAHAN BIOKERAMIK*. 27.
- Mo, X., Zhang, D., Liu, K., Zhao, X., Li, X., & Wang, W. (2023). Nano-Hydroxyapatite Composite Scaffolds Loaded with Bioactive Factors and Drugs for Bone Tissue Engineering. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(2), 1291. <https://doi.org/10.3390/ijms24021291>
- Mozartha, M. (2015). *HIDROKSIAPATIT DAN APLIKASINYA DI BIDANG KEDOKTERAN GIGI*. 7(2).
- Murzyd, J. Q., Suharta, W. G., Spardi, I. W., Suardana, P., Kasmawan, I. G. A., Artawan, I. N., & Prajitno, D. H. (2023). Pengaruh Variasi Suhu Sintering Terhadap Struktur Kristalin Hidroksiapatit Tulang Iga Sapi. *Kappa Journal*, 7(2), 336–342. <https://doi.org/10.29408/kpj.v7i2.20840>
- 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. <https://doi.org/10.24198/cna.v5.n3.16057>
- Pajor, K., Pajchel, L., & Kolmas, J. (2019). Hydroxyapatite and Fluorapatite in Conservative Dentistry and Oral Implantology—A Review. *Materials*, 12(17), 2683. <https://doi.org/10.3390/ma12172683>
- Prasaja, F. F., & Irfa'i, M. A. (2024). *PENGARUH SUHU SINTESIS TERHADAP KEMURNIAN HIDROKSIAPATIT BERDASAR CANGKANG TELUR AYAM RAS DENGAN METODE SOL – GEL*. 13.

- Pratama, Y., & Irfa'i, M. A. (2023). *PENGARUH SUHU DAN WAKTU KALSINASI TERHADAP KEMURNIAN HIDROKSIAPATIT BERBASIS TULANG SAPI DENGAN METODE PRESIPITASI*. 11.
- Pushpalatha, C., Gayathri, V. S., Sowmya, S. V., Augustine, D., Alamoudi, A., Zidane, B., Hassan Mohammad Albar, N., & Bhandi, S. (2023). Nanohydroxyapatite in dentistry: A comprehensive review. *The Saudi Dental Journal*, 35(6), 741–752. <https://doi.org/10.1016/j.sdentj.2023.05.018>
- Rukyana, N. R., Rahayu, S., & Kurniawidi, D. W. (2024). *PENGARUH SUHU KALSINASI TERHADAP KARAKTERISTIK KALSIUM OKSIDA*. 5(3).
- Sabir, A., Abbas, H., Aminy, A. Y., & Asmal, S. (2022). Analysis of duck eggshells as hydroxyapatite with heat treatment method. *EUREKA: Physics and Engineering*, 4, 16–24. <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2022.002017>
- Sari, R. N., Fransiska, D., Dewi, F. R., & Sinurat, E. (2022). Karakteristik Sediaan Hidroksiapatit dari Cangkang Kerang Simpson (Amusium pleuronectes) dengan Perlakuan Suhu dan Waktu Sintesis. *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*, 17(1), 31. <https://doi.org/10.15578/jpbkp.v17i1.797>
- Setiawan, A., Widiyastuti, W., Winardi, S., & Nugroho, A. (2017). SINTESIS BIOMATERIAL HYDROXYAPATITE DENGAN PROSES FLAME SPRAY PYROLYSIS DISERTAI PENAMBAHAN ADITIF ORGANIK. *REAKTOR*, 16(4), 189. <https://doi.org/10.14710/reaktor.16.4.189-198>
- Suandork, P., & Hongsuwong, M. (2024). Synthesis of biocompatible hydroxyapatite from quail eggshell, oyster shell, and periwinkle snail shell. *Journal of Applied Research on Science and Technology (JARST)*. <https://doi.org/10.60101/jarst.2024.257693>
- Tekege, G., Haryati, E., & Dahlan, K. (2023). Sintesis Hidroksiapatit Dari Cangkang Telur Ayam Ras Asal Desa Koya Tengah Distrik Muaratami, Kota Jayapura. *Jurnal Fisika Papua*, 2(2), 99–103. <https://doi.org/10.31957/jfp.v2i2.86>
- Tindaon, T. H., Setyawati, E. R., & Putra, D. P. (2024). Pengaruh Pemberian Cangkang Telur terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Terung pada Tanah Lempung dan Pasir. 02(01).
- Yanti, P. H., & Gandi, Y. (2020). PENGARUH WAKTU KALSINASI TERHADAP SIFAT FISIKA-KIMIA HIDROKSIAPATIT DARI CANGKANG GELOINA COAXANS. *CHEMISTRY PROGRESS*, 13(2). <https://doi.org/10.35799/cp.13.2.2020.31473>