

SKRIPSI

**SINTESIS HIDROKSIAPATIT DARI CANGKANG TELUR BEBEK
DENGAN METODE PRESIPITASI UNTUK APLIKASI BIOKERAMIK**

Disusun dan diajukan oleh

MUTMAINNAH

H021171012



**DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2021

**SINTESIS HIDROKSIAPATIT DARI CANGKANG TELUR BEBEK
DENGAN METODE PRESIPITASI UNTUK APLIKASI BIOKERAMIK**

SKRIPSI

*Diajukan sebagai Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Sains
pada Program Studi Fisika Departemen Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Hasanuddin*

MUTMAINNAH

H021171012

**DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2021

LEMBAR PENGESAHAN

SINTESIS HIDROKSIAPATIT DARI CANGKANG TELUR BEBEK DENGAN METODE PRESIPITASI UNTUK APLIKASI BIOKERAMIK

Disusun dan diajukan oleh:

MUTMAINNAH

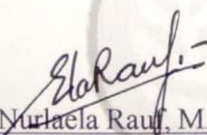
H021 17 1012

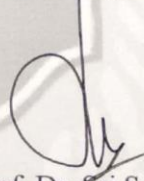
Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Fisika Fakultas Matematika
dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin
pada tanggal 29 September 2021
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pertama,


Dr. Nurhaela Rauf, M.Sc
NIP. 196006241986012001


Prof. Dr. Sri Suryani, DEA
NIP. 19585091983122001

Ketua Program Studi,


Prof. Dr. Arifin, M.T
NIP. 196705201994031002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Mutmainnah
NIM : H021171012
Program Studi: Fisika
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

Sintesis Hidroksiapatit dari Cangkang Telur Bebek dengan Metode Presipitasi untuk Aplikasi Biokeramik

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau seluruh skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 29 September 2021

Yang Menyatakan,



Mutmainnah

ABSTRAK

Pemanfaatan cangkang telur bebek sebagai sumber kalsium untuk sintesis hidroksiapatit (HAp) telah dilakukan oleh beberapa peneliti dengan berbagai metode. Metode presipitasi menjadi pilihan paling umum digunakan terlihat dari sisi kemudahannya. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan komponen kimia cangkang telur bebek sebelum dan setelah dikalsinasi, serta menganalisis pengaruh variasi suhu sintering terhadap HAp. Karakterisasi dilakukan menggunakan XRF dan XRD serta dilakukan pengujian efisiensi massa. Analisis XRF menunjukkan bahwa komponen utama yang terdapat pada cangkang telur bebek sebelum dan setelah kalsinasi berturut-turut yaitu CaCO_3 dan setelah dikalsinasi adalah CaO , serta komponen utama HAp mengandung CaO dan P_2O_5 . Analisis XRD memperlihatkan fasa yang terbentuk merupakan HAp. HAp yang disintering pada suhu yang bervariasi menghasilkan ukuran kristal dan efisiensi massa yang bervariasi pula.

Kata kunci: Cangkang telur bebek, hidroksiapatit, kalsium, sintering.

ABSTRACT

Utilization of duck egg shells as a source of calcium for the synthesis of hydroxyapatite (HAp) has been carried out by several researchers with various methods. The precipitation method is the most commonly used option in terms of its convenience. This study aims to determine the chemical components of duck egg shells before and after calcination, and to analyze the effect of variations in sintering temperature on HAp. Characterization was carried out using XRF and XRD as well as testing the mass efficiency of HAp. XRF analysis showed that the main component of duck egg shell before and after calcination was CaCO_3 and after calcination was CaO , and the main component of HAp contained CaO and P_2O_5 . XRD analysis showed that the phase formed was HAp. HAp which was sintered at various temperatures resulted in varying crystal sizes and mass efficiencies.

Keywords: Duck egg shell, hydroxyapatite, calcium, sintering.

KATA PENGANTAR



Puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT, atas limpahan nikmat, rahmat dan hidayah-Nya. Shalawat serta salam senantiasa tercurah pada nabi sekaligus uswatun hasanah kita, Rasulullah Muhammad SAW beserta keluarga, sahabat dan para pengikutnya yang senantiasa istiqomah dalam sunnahnya hingga akhir jaman. *Alhamdulillahirabbil Alamin*, penulis masih diberi kesehatan, kesempatan, serta kemampuan untuk menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul **“Sintesis Hidroksiapatit dari Cangkang Telur Bebek dengan Metode Presipitasi untuk Aplikasi Biokeramik”** yang merupakan salah satu syarat dalam menyelesaikan studi dan mendapatkan gelar Sarjana Sains di Departemen Fisika Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin.

Kesulitan dan hambatan yang terjadi telah penulis lalui, mulai dari tahap awal penelitian hingga tahap penyusunan skripsi. Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini masih jauh dari sempurna dan banyak kekurangan dikarenakan keterbatasan kemampuan Penulis. Oleh karena itu, penulis dengan segala kerendahan hati menerima kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan skripsi ini. Penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak dapat terselesaikan tanpa adanya bantuan dari berbagai pihak sehingga penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Orang tua tercinta, Ayahanda **Jusman** dan Ibunda **Hijra**, yang sangat penulis cintai. Terima kasih atas doa yang tulus, semangat, nasihat, motivasi, didikan serta kepercayaan yang sangat luar biasa kepada penulis. Terima kasih telah mengajarkan penulis bagaimana harus berjuang untuk meraih sesuatu. Tiada kata yang mampu penulis ucapkan untuk mengungkapkan terima kasih yang sebesar-besarnya selain ucapan syukur karena senantiasa memberikan kasih sayang sepanjang masa sehingga penulis bisa sampai pada tahap ini.

2. Kakak ku **Alimin** juga istrinya **Rani**. Terimakasih telah menghadirkan sosok malaikat kecil pembawa kebahagiaan **Fahri** dan **Fitiyah**. Terima kasih untuk dukungan, semangat, dan doanya. Semoga kita bisa membahagiakan dan membanggakan Ibu dan Ayah.
3. Terima kasih untuk **keluarga besar** atas kasih sayangnnya, senantiasa memotivasi dan selalu mendoakan kelancaran studi penulis hingga skripsi ini terselesaikan. Terima kasih kepada semua keluarga yang tidak bisa disebutkan satu per satu dari kakek, nenek, om, tante, sepupu dan semua keponakan.
4. **Ibu Dr. Nurlaela Rauf, M. Sc** selaku Dosen Penasehat Akademik sekaligus Pembimbing Utama dan **Prof. Dr. Sri Suryani, DEA** selaku Dosen Pembimbing Pertama yang dengan sabar membimbing, mengarahkan dan memotivasi penulis. Terima kasih atas ilmu-ilmu yang bermanfaat dan juga solusi untuk setiap permasalahan maupun kesulitan penulis selama proses penelitian dan penulisan skripsi. Terima kasih dan mohon maaf atas kesalahan yang penulis lakukan.
5. **Prof. Dr. Dahlang Tahir, M.Si** dan **Dr. Sri Dewi Astuty Ilyas, S. Si, M. Si** selaku Dosen Penguji yang telah banyak meluangkan waktu dan tenaga untuk memberikan ilmu, arahan, masukan, kritik dan saran yang membangun kepada penulis dalam penulisan skripsi ini.
6. **Prof. Dr. Arifin, MT** selaku Ketua Departemen Fisika Unhas yang senantiasa memberikan semangat kepada penulis agar dapat menyusun skripsi ini dengan baik.
7. Seluruh **Dosen FMIPA Unhas**, khususnya kepada seluruh **Bapak dan Ibu Dosen Pengajar Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin**. Terima kasih telah memberikan ilmu yang bermanfaat dan mendidik penulis selama menjadi mahasiswa di kampus merah ini.
8. Bapak/Ibu Staf Pegawai FMIPA UNHAS, terutama **Staf Departemen Fisika; Pak Syukur, Ibu Evi dan Ibu Rana** yang selalu membantu penulis dalam proses pengurusan administrasi dan senantiasa memberikan pelayanan

terbaik kepada penulis dari awal perkuliahan sampai pada penyusunan berkas akhir studi.

9. Sahabat **“Rompasa” (Mali, Balo, Dade, Isye Long, Dillah, Maje’, Mammah)** yang senantiasa mendengar keluh kesah penulis, memberi semangat, motivasi, perhatian serta keceriaan. Suka duka telah kita lalui bersama mulai tahun 2014 sampai sekarang. Terima kasih atas kebaikan yang selalu kalian berikan.
10. **Brekel**, satu-satunya sepupu perempuan penulis yang selalu menjadi tempat curhat penulis meskipun jarang memberikan solusi. Terima kasih sudah jadi pendengar yang baik. Mari berjuang bersama demi mengangkat derajat keluarga.
11. Penghuni grup **“Family Squad” (Tante Risna, Kakak Nani, Kiki, Niar, Sinar)** yang selalu menginformasikan gosip-gosip ter *update* di kampung dan selalu setia mendengar keluh kesah penulis. Terima kasih atas doa-doa yang tulus, segala bantuan, dorongan, dan kasih sayang yang diberikan kepada penulis selama ini.
12. Penghuni Grup **“Ginnzah” Gita Zahra** yang setia mendengar curhatan panjang kali lebar penulis dan selalu siap direpotkan. Terima kasih sudah sabar menjadi sahabat penulis selama berada di bangku perkuliahan.
13. **Fitria Hamza Lahu**, partner penelitian penulis. Terima kasih selalu setia membangunkan penulis untuk segera ke kampus selama penelitian, selalu sabar menghadapi penulis, menjadi tempat bertukar pikiran, penyemangat dan tentunya sering penulis repotkan selama penelitian, pengurusan berkas dan proses pengerjaan skripsi. Terima kasih atas kerja sama, segala canda, tawa dan tangisan haru serta bahagia yang telah dirasakan bersama.
14. **Teman kost** penulis **Destri** yang sabar **Suci** yang selalu mengganggu tetangga kamar dengan nada suara yang tinggi **Sarah** yang selalu berbagi makanan **Nova** yang paling bisa menerapkan SKS (Sistem Kebut Semalam) **Rachel** yang paling kuat angkat barang **Yesi** yang selalu direpotkan oleh penulis antar kemana-mana **dan Owel** yang selalu menghibur dengan

kepolosannya. Terima kasih telah meramaikan hari-hari penulis selama menjadi penghuni **RAMSIS**.

15. Kakak-kakak lulusan Magister maupun yang masih menempuh studi Magister Fisika, Universitas Hasanuddin: (**Kak Inayatul Mutmainnah, S. Si, M. Si., Kak Nurul Awaliyah Muhammad, S. Si., Kak Rahma Anugrahwidya, S. Si., dan Kak Fitria Mujtahid, S. Si.**) terima kasih atas bantuannya selama proses penelitian, pengolahan data, presentasi, dan wejangannya. Terima kasih atas ilmu, motivasi, dan hiburan serta semangat yang luar biasanya kepada penulis.
16. **Sucibel** yang selalu memahami kepribadian penulis, menjadi tempat berbagi cerita, selalu memberikan pengaruh positif dan senantiasa memberikan semangat yang luar biasa kepada penulis. Terima kasih selalu ada disaat penulis butuh teman jalan.
17. Seluruh anggota **Laboratorium Material dan Energi Angkatan 2017: Fitria, Ola, Uci, Asni, Hajar, Rahmah, Nova, Sarah** yang menjadi teman seperjuangan penelitian, **Fahri** yang membantu dan memberi saran perbaikan skripsi, **Roni** yang membantu pengolahan data dan ketersediaan alat lab, **Ardi dan Rial** yang selalu menghibur di laboratorium. Terima kasih atas waktu, bantuan, dan kerja samanya.
18. **Himpunan Mahasiswa Fisika (Himafi) FMIPA Unhas** terima kasih telah memberikan pengaruh positif kepada penulis membentuk karakter **keras, kuat, cerdas dan berani**, serta memperkenalkan dan mengajarkan banyak hal baru bagaimana menjadi seorang mahasiswa yang tidak hanya tahu membaca buku dan mengikuti kuliah dari dosen, tetapi juga dengan berorganisasi. Terima kasih kepada **Himafi**, khususnya **angkatan 2017** untuk semua kenangan suka dan duka yang diukir bersama selama berada di kampus merah. Semoga tetap **Teguh dalam Keyakinan, Kukuh dalam Kebersamaan**.
19. **Kanda – kanda Himafi 2015, Kanda – kanda Himafi 2016** yang telah banyak memberikan motivasi, arahan dan masukan selama penulis menjadi

mahasiswa di Unhas dan **adik-adik Himafi 2018, Himafi 2019**, terima kasih atas dukungan dan motivasi yang diberikan.

20. Teman-teman seperjuangan **Fisika Angkatan 2017** yang selalu menemani suka maupun duka dunia perkuliahan. Drama perkuliahan yang terjadi akan selalu menjadi pengalaman yang dikenang. Terima kasih untuk kebersamaannya. Semoga silaturahmi diantara kita tetap terjalin.
21. Teman-teman seperjuangan masuk universitas (**Ramlah, Ikhsan, Zalzah, Ina**) Terima kasih atas bantuan, semangat, dan kerja samanya dari awal pengurusan berkas SNMPTN hingga saat ini.
22. **Teman-teman alumni SMP Negeri 5 Sinjai Selatan dan SMA Negeri 1 Tellulimpoe, khususnya alumni IX.C dan alumni Genida** yang selalu memberikan semangat, hiburan, dan menjadi teman penggugur stress penulis.
23. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan namanya satu per satu yang telah memberikan semangat, motivasi, nasehat, doa, dan saran sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Maka dengan segala kerendahan hati penulis memohon maaf atas semua kesalahan dan kekurangan yang ada. Kritik dan saran senantiasa diharapkan untuk awal yang lebih baik dikemudian hari. Penulis berharap bahwa apa yang disajikan dalam skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua. Aamin ya rabbal'alamin. *Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.*

Makassar, 22 September 2021



Mutmainnah

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xv
BAB I. PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Rumusan Masalah	3
I.3 Tujuan Penelitian	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	4
II.1 Biokeramik	4
II.2 Cangkang Telur Bebek	4
II.3 Hidroksiapatit	5
II.4 Metode Presipitasi	6
II.5 Proses Sintering	6
BAB III. METODE PENELITIAN	8
III.1 Waktu dan Tempat Penelitian	8
III.2 Alat dan Bahan Penelitian	8
III.3 Prosedur Penelitian	8
III.4 Uji Efisiensi Hidroksiapatit	9
III.5 Karakterisasi.....	9
III.6 Bagan Alir Penelitian	10
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	11
IV.1 Hasil Analisis <i>X-Ray Flouresence</i> (XRF)	11

IV.1.1 Hasil Analisis Cangkang Telur Bebek Sebelum Kalsinasi	11
IV.1.2 Hasil Analisis Cangkang Telur Bebek Setelah Kalsinasi	11
IV.1.3 Hasil Analisis Sintesis Hidroksiapatit.....	11
IV.2 Hasil Analisis <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD)	12
IV.3 Efisiensi Massa Hidroksiapatit	12
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	14
V.1 Kesimpulan.....	14
V.2 Saran	14
DAFTAR PUSTAKA	15
LAMPIRAN	22

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Bagan alir penelitian	10
------------	-----------------------------	----

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Pengaruh suhu sintering terhadap efisiensi massa HAp	12
--	----

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Berkembangnya penelitian di bidang industri dan teknologi berdampak pada peningkatan kebutuhan material. Dalam dunia medis salah satu pemanfaatan material digunakan sebagai implan. Biokeramik merupakan biomaterial sintesis yang terus dikembangkan dan merupakan bahan implan yang terkenal serta banyak digunakan karena memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan biomaterial polimer atau logam, diantaranya memiliki biokompatibilitas yang baik dengan sel-sel tubuh, tidak beracun dan tidak merusak sel-sel dalam tubuh manusia [1]. Keunggulan yang dimiliki biokeramik menjadikannya sebagai bahan yang terus digunakan dalam perkembangan ilmu kedokteran, terutama untuk tulang dan gigi yang disebabkan oleh meningkatnya kasus patah tulang dan kerusakan gigi [2]. Biokeramik dapat disintesis dari bahan-bahan yang kaya akan kalsium, seperti tulang sapi, tulang ikan, cangkang kerang, dan cangkang telur [3-6]. Salah satu bahan yang berpotensi sebagai bahan biokeramik yang mudah didapatkan adalah cangkang telur bebek.

Umumnya cangkang telur bebek dianggap sebagai sampah yang tidak bernilai ekonomis dan tidak terpakai, sehingga hanya dibuang begitu saja tanpa dimanfaatkan. Berdasarkan beberapa referensi cangkang telur bebek memiliki kandungan kalsium karbonat (CaCO_3) yang tinggi hingga 99% yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber kalsium untuk sintesis hidroksiapatit (HAp) [2,7]. Selain itu, hasil kalsinasi cangkang telur bebek memiliki kemurnian kalsium oksida (CaO) yang lebih tinggi dibandingkan hasil kalsinasi kulit telur ayam dan kulit telur puyuh [8].

Hidroksiapatit merupakan senyawa biokeramik yang terbentuk dari unsur utama kalsium dan fosfor dengan perbandingan Ca/P sebesar 1,667 [9]. Keunggulan dari HAp yaitu memiliki sifat biokompatibilitas, non toksik, non imunogenik, non inflamasi, dan bioaktif serta memiliki susunan kristal yang sama dengan hidroksiapatit pada tulang dan gigi manusia [7,10-12]. Beberapa

penelitian sebelumnya menjelaskan bahwa teknologi material pengganti tulang dari biokeramik hidroksiapatit ini bersifat biokompatibel sehingga tidak perlu diangkat karena dapat berinteraksi dengan jaringan tubuh [13].

Beberapa metode sintesis hidroksiapatit telah dilakukan, seperti metode presipitasi, metode hidrotermal, metode sol-gel, dan metode radiolisis gamma [14-17]. Metode yang digunakan untuk sintesis hidroksiapatit pada penelitian ini adalah dengan metode presipitasi [14]. Metode ini merupakan bagian dari metode kimia basah yang terkenal dan paling banyak digunakan karena memiliki beberapa keunggulan, seperti harga bahan baku yang dibutuhkan lebih murah, reaksi kimia yang relatif sederhana, ukuran dan homogenitas ukuran partikel yang didapat cenderung lebih baik, produk sampingannya hanya air, tidak mencemari lingkungan dan kontaminasi selama pengolahan sangat rendah sehingga dalam proses produksinya menghasilkan tingkat kemurnian yang cukup tinggi [11,18].

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Agbabiaka dkk (2020), cangkang telur ayam dapat dimanfaatkan sebagai sumber kalsium untuk sintesis hidroksiapatit (HAp) dan asam ortofosfat (H_3PO_4) sebagai sumber fosfat. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa sampel terbaik dari hidroksiapatit yang disintesis menggunakan metode hidrotermal dihasilkan pada suhu 1000°C . Pada suhu tersebut dihasilkan rasio stoikiometri Ca/P sebesar 1,65 dan mendekati rasio stoikiometri tulang alami sebesar 1,667 [9,15]. Sebelumnya, Rusli Ruslan (2015) juga telah melakukan penelitian tentang sintesis HAp dengan memanfaatkan cangkang telur ayam dan diamonium hidrogen fosfat ($(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$). Hasil penelitian menunjukkan bahwa HAp terbaik yang disintesis menggunakan metode kering dihasilkan pada HAp dengan massa ($(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$) sebesar 2,5560 gram dan massa cangkang telur sebesar 1,05 gram [19].

Berdasarkan penjelasan tersebut, maka akan dilakukan penelitian mengenai sintesis hidroksiapatit dari cangkang telur bebek menggunakan metode presipitasi dengan memvariasikan suhu sinteringnya. Sumber kalsium yang digunakan pada penelitian ini adalah cangkang telur bebek sedangkan sumber fosfat menggunakan diamonium hidrogen fosfat ($(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$). Hidroksiapatit yang dihasilkan dapat diharapkan mampu dimanfaatkan sebagai aplikasi biokeramik.

I.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana komposisi kimia bubuk cangkang telur bebek sebelum dan setelah dikalsinasi?
2. Bagaimana komposisi kimia hidroksiapatit yang disintesis dari cangkang telur bebek?
3. Bagaimana pengaruh suhu sintering terhadap sifat struktur dan efisiensi hidroksiapatit?

I.3 Tujuan Penelitian

1. Menentukan komposisi kimia bubuk cangkang telur bebek sebelum dan setelah dikalsinasi.
2. Menentukan komposisi kimia hidroksiapatit yang disintesis dari cangkang telur bebek.
3. Menganalisis pengaruh suhu sintering terhadap sifat struktur dan efisiensi hidroksiapatit.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Biokeramik

Perpaduan ilmu pengetahuan dan perkembangan ilmu baru menimbulkan perpaduan antara ilmu kedokteran, biologi, dan teknik yang disebut *biomedical engineering*. Material yang digunakan sebagai material *biomedical engineering* disebut biomaterial [20]. Biomaterial merupakan material dasar yang digunakan untuk kepentingan medis dan mengalami kontak langsung dengan sistem biologis pada makhluk hidup [21-22]. Secara umum pengelompokan biomaterial terbagi kedalam dua jenis, yaitu [23]:

1. Biomaterial sintetis, seperti keramik, logam, komposit, dan polimer.
2. Biomaterial alami, material yang diperoleh dari tumbuhan atau binatang.

Salah satu biomaterial sintesis yang terus dikembangkan saat ini adalah biokeramik [24]. Biokeramik merupakan salah satu biomaterial yang dapat digunakan sebagai implant karena memiliki sifat biokompatibilitas yang baik dengan sel tubuh dibandingkan dengan biomaterial lainnya. Biokeramik tidak bersifat racun, tidak merusak sel dalam tubuh dan umumnya digunakan sebagai gigi tiruan dan pengganti tulang [23,25].

II.2 Cangkang Telur Bebek

Pada umumnya cangkang telur bebek dianggap sebagai sampah yang tidak terpakai dan tidak memiliki nilai ekonomis, sehingga sebagian besar hanya dibuang begitu saja [25]. Padahal cangkang telur ini mengandung kalsium karbonat yang tinggi [27]. Cangkang telur juga terdiri dari kalsium fosfat (CaPO_4), magnesium karbonat (MgCO_3), magnesium fosfat (MgPO_4), dan air serta bahan organik [11]. Jumlah kandungan CaCO_3 yang tinggi pada cangkang telur menjadi potensi penggunaan limbah ini sebagai bahan dasar pembuatan hidroksiapatit yang dapat dimanfaatkan sebagai pengganti tulang ataupun gigi karena strukturnya mirip dengan komponen kimia tulang dan gigi [12, 28].

Kalsium karbonat (CaCO_3) dapat diubah menjadi kalsium oksida (CaO) melalui proses kalsinasi [29]. Proses kalsinasi merupakan proses pemanasan pada

suhu tinggi yang menguraikan senyawa kalsium karbonat (CaCO_3) menjadi senyawa kalsium oksida (CaO). Semakin lama proses kalsinasi maka semakin banyak dekomposisi CaCO_3 menjadi CaO [26]. Hasil kalsinasi cangkang telur menghasilkan CaO yang tinggi hingga mencapai 99,41% [2,30-31].

II.3 Hidroksiapatit

Bahan biokeramik yang banyak digunakan untuk aplikasi ortopedi dan gigi adalah hidroksiapatit, trikalsium fosfat, tetra-kalsium fosfat, alumina, zirkonia, gelas bioaktif berbasis silika dan karbon pirolitik [32]. Hidroksiapatit (HAp) merupakan salah satu biokeramik yang memiliki unsur fosfat dan kalsium dengan rumus kimia $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ [15,33]. HAp banyak digunakan untuk material implan karena sifatnya yang *biocompatible*, *bioresorbable*, *osteoconductive*, *non-toxic*, bioaktif, tidak ada respon inflamasi, dan tidak ada respon pirogenetik serta memiliki susunan kristal yang sama dengan HAp pada tulang hewan dan manusia ketika diaplikasikan pada jaringan biologi, HAp dapat memperbaiki kerusakan setelah pencabutan gigi dan mampu meregenerasi tulang yang berhubungan dengan prosedur penggantian gigi hilang [34].

Hidroksiapatit merupakan penyusun jaringan keras tubuh manusia, seperti gigi dan tulang [33-35]. Struktur tulang terdiri dari komponen organik dan anorganik. Komponen anorganik (69%) terdiri dari hidroksiapatit (99%) [11]. Penggunaan material HAp dalam bidang medis tentunya memiliki beberapa karakteristik yang harus dipenuhi, seperti ukuran kristal, parameter kisi dan struktur kristal. Ukuran kristal merupakan ukuran diameter dari suatu kristal pada material tertentu [36]. Ukuran Kristal hidroksiapatit mempunyai ukuran kristal yang sama dengan ukuran kristal hidroksiapatit tulang dan gigi, yaitu berkisar 20–50 nm [37-38].

Struktur kristal hidroksiapatit dapat berupa monoklinik atau heksagonal. Struktur HAp monoklinik diperoleh pada kondisi stoikiometrik, dengan rasio Ca/P adalah 1,667 [9,39]. Struktur heksagonal diperoleh dari sintesis HAp yang tidak stoikometrik dan pada umumnya HAp yang disintesis dengan bahan alam memiliki struktur heksagonal [40].

HAp memiliki fase kristal kalsium fosfat yang stabil dengan parameter kisi yaitu $a = 9,433\text{\AA}$ dan $c = 6,875\text{\AA}$. Keunggulan hidroksiapatit adalah berpori, bioaktif, tidak korosif dan tahan aus [41]. HAp memiliki berat 69% dari berat tulang murni dan merupakan senyawa paling stabil dalam cairan tubuh dan udara kering hingga suhu 1200°C [40].

II.4 Metode Presipitasi

Hidroksiapatit dapat disintesis dari bahan alam yang mengandung kalsium yang cukup tinggi seperti cangkang telur bebek [7,29]. HAp berbasis cangkang telur dapat disintesis melalui beberapa metode, seperti metode presipitasi, metode hidrotermal, metode sol-gel, dan metode radiolisis gamma [14-17]. Metode sintesis hidroksiapatit (HAp) yang berbeda akan menghasilkan serbuk HAp yang berbeda pula seperti homogenitas ukuran partikel, ukuran partikel, dan bentuk partikel yang diperoleh [42].

Proses sintesis yang digunakan pada penelitian yaitu proses presipitasi. Proses tersebut merupakan reaksi asam-basa yang menghasilkan padatan kristalin (garam hasil reaksi). Beberapa alasan dipilihnya metode ini adalah bahan baku yang murah, reaksi kimia yang relatif sederhana, tidak menggunakan pelarut-pelarut organik serta ukuran dan homogenitas ukuran partikel yang didapat cenderung cukup baik [42]. Keunggulan lain dari metode pengendapan basah adalah tidak mencemari lingkungan dan produk sampingannya hanya air [11].

II.5 Proses Sintering

Proses sintering merupakan proses pemanasan pada suhu tinggi yang menggabungkan partikel-partikel serbuk suatu material melalui peristiwa difusi [37]. Adanya peristiwa ini maka akan meningkatkan kekuatan dan sifat fisis material yang ditandai dengan terbentuknya ikatan-ikatan partikel yang halus antar permukaan serbuk. Proses ini dilakukan dengan memanaskan sampel pada suhu di bawah *melting point*nya. Suhu sintering optimum untuk HAp adalah 1250°C [43-44].

Proses sintering akan meningkatkan ukuran butir dan kerapatannya [45]. Kristal-kristal yang berada di dalam suatu butir akan semakin membesar akibat panas yang diberikan,. Hal tersebut yang menyebabkan butir tumbuh dan akan

cenderung semakin membesar. Peristiwa ini akan terus berlangsung seiring dengan peningkatan suhu sintering. Semakin besar ukuran kristal pada butir tersebut maka masing-masing butir juga akan mengalami pertumbuhan dan menyebabkan butir-butir akan semakin rapat. Hal ini membuktikan bahwa nilai ukuran kristal suatu sampel dapat dipengaruhi oleh perlakuan panas (sintering) yang diberikan [37].

Efisiensi hidroksiapatit dapat dipengaruhi oleh suhu sintering. Semakin tinggi suhu sintering, efisiensi yang dihasilkan semakin kecil. Hal ini terjadi karena hilangnya bahan organik dan kandungan air yang terdapat pada material yang digunakan. Kehilangan berat komponen gabungan antara bahan organik dan bahan air terjadi pada suhu (200-300)°C dan terjadi secara drastis pada suhu sintering (300-500)°C, karena pada suhu tersebut terjadi proses dekomposisi bahan-bahan organik yang berhubungan dengan komponen lain pada tulang, diantaranya protein, kolagen, dan lemak. Pada suhu 600°C senyawa yang tersisa adalah kalsium fosfat dan pada suhu sintering (600-800)°C terjadi penurunan efisiensi massa HAp berkisar antara 30-40%, hal tersebut disebabkan karena keterikatan antara komponen jaringan lemak, protein dan [36].