

SKRIPSI

**SINTESIS HIDROKSIAPATIT DARI TULANG SOTONG (*Sepia Sp.*)
DENGAN METODE PRESIPITASI**

Disusun dan diajukan oleh

ANDI ASTI ALKURDIA

H021201072



DEPARTEMEN FISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2024



**SINTESIS HIDROKSIAPATIT DARI TULANG SOTONG (*Sepia Sp.*)
DENGAN METODE PRESIPITASI**

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Sains
Pada Program Studi Fisika Departemen Fisika
Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam



DEPARTEMEN FISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2024



LEMBAR PENGESAHAN

SINTESIS HIDROKSIAPATIT DARI TULANG SOTONG (*Sepia Sp.*)
DENGAN METODE PRESIPITASI

Disusun dan diajukan oleh:

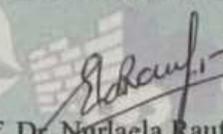
ANDI ASTI ALKURDIA

H021201072

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 12 Juni 2024
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui

Pembimbing Utama,


Prof. Dr. Nurlaela Rauf, M.Sc.

NIP. 196006241986012001

Ketua Program Studi,


Prof. Dr. Arifin, M.T.

NIP. 19670520 199403 1 002



PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Andi Asti Alkurdia
NIM : H021201072
Program Studi : Fisika
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

SINTESIS HIDROKSIAPATIT DARI TULANG SOTONG (*Sepia Sp.*) DENGAN METODE PRESIPITASI

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

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, 12 Juni 2024

Menyatakan

Andi Asti Alkurdia
H021201072



ABSTRACT

Hydroxyapatite is a natural inorganic element that can be used as an implant or organ replacement material. Several studies have been conducted to determine the effect of the addition of hydroxyapatite powder to improve the mechanical properties of bone implant materials or dental restorations. Hydroxyapatite synthesis has been carried out from cuttlefish bone (*sepia sp.*) by precipitation method. This study was conducted to determine the effect of sintering temperature variations on the synthesis of cuttlefish bone hydroxyapatite with several temperature variations, namely 700°C, 750°C, 800°C, 850°C for 5 hours. Characterization was carried out using Fourier Transform Infra Red (FTIR) and X-Ray Diffraction (XRD). The results of FTIR analysis showed that at each sintering temperature parameter there are OH⁻ and PO₄³⁻ functional groups which are the constituent functional groups of hydroxyapatite (HAp). The results of XRD analysis showed that hydroxyapatite has a hexagonal crystal structure, which is the same as the crystal structure of commercial hydroxyapatite.

Keywords: *Hydroxyapatite, cuttlefish bone, precipitation, sintering*



ABSTRAK

Hidroksiapatit merupakan unsur anorganik alami yang dapat digunakan sebagai bahan implan atau pengganti organ. Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan serbuk hidroksiapatit terhadap perbaikan sifat mekanik bahan implan tulang atau restorasi gigi. Telah dilakukan sintesis hidroksiapatit dari tulang sotong (sepia sp.) dengan metode presipitasi. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi suhu sintering terhadap sintesis hidroksiapatit tulang sotong dengan beberapa variasi suhu yaitu 700°C, 750°C, 800°C, 850°C selama 5 jam. Karakterisasi dilakukan dengan menggunakan spektroskopi Fourier Transform Infra Red (FTIR) dan X-Ray Diffraction (XRD). Hasil analisis FTIR menunjukkan bahwa pada setiap parameter suhu sintering terdapat gugus fungsi OH- dan PO₄³⁻, yang merupakan gugus fungsi penyusun hidroksiapatit (HAp). Hasil analisis XRD menunjukkan bahwa hidroksiapatit mempunyai struktur kristal heksagonal, dimana hasil ini sama dengan struktur kristal hidroksiapatit komersial.

Keywords: Hidroksiapatit, Tulang Sotong, Presipitasi, Sintering



KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabaraktuh

Puji Syukur penulis panjatkan kehadiran Allah *Subhanahu Wa Ta'ala*, yang telah memberikan rahmat melimpah dan kesehatan, sehingga penulis bisa menyelesaikan skripsi dengan judul “**Sintesis Hidroksiapatit dari Tulang Sotong (*Sepia Sp.*) dengan Metode Presipitasi**”, sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Sarjana (S1) Departemen Fisika Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin. Dalam pengerjaan skripsi penulis telah mengalami berbagai hambatan mulai dari tahap awal penelitian sampai akhir penyusunan skripsi. Oleh karena itu, penulis sadar betul bahwa karya skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, mengingat keterbatasan pengetahuan yang dimiliki. Namun, berkat kehendak-Nya serta bantuan, bimbingan, nasehat dan dukungan yang tulus dari berbagai pihak, penulis tetap termotivasi dan penuh semangat untuk menyelesaikan penyusunan skripsi ini. Dengan segala kerendahan hati, penulis mengucapkan banyak terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua Orangtua, Ibunda Tersayang **almarhumah Andi Mega** dan Ayahanda Tercinta **Muh. Nur** Terima kasih selalu siap mendengar keluh-kesah penulis, selalu memberikan perhatian, kasih sayang, doa, nasihat, motivasi dan dukungan yang tak henti-hentinya baik dukungan moril maupun materil selama perkuliahan. 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. **Prof. Dr, Nurlaela Rauf, M. Sc** selaku pembimbing utama yang senantiasa meluangkan waktunya yang begitu padat, arahan dan nasihat kepada penulis selama proses penelitian hingga penelitian ini berhasil dilakukan. Semoga Allah SWT senantiasa memberikan ibu Kesehatan dan semoga ilmu yang diajarkan dapat bermanfaat dikemudian hari.



3. **Prof. Dr. Paulus Lobo Gareso, M.Sc.** dan **Prof. Dr. Tasrief Tsurungan, M.Sc.** 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.
4. **Prof. Dr. Dahlang Tahir, M. Si** selaku Kepala Laboraturium Material dan Energi yang telah memberikan nasihat, arahan dan bimbingan selama proses penelitian.
5. **Prof. Dr. Arifin, MT** selaku Ketua Departemen Fisika Unhas yang senantiasa memberikan semangat kepada penulis agar dapat menyusun skripsi ini dengan baik.
6. 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.
7. 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.
8. Saudara Tercinta Kakak ku **Andi Aan iswandi** dan **Andi Haerul Fahri** Terima kasih untuk dukungan, semangat, dan doanya. 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.
9. Sahabat tercinta "**Tasya dan Inung**" Terima kasih 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. Terima kasih suka duka selama di dunia perkuliahan. Ucapan Syukur kepada Allah karena telah memberikan sahabat seperti kalian. *See you on top guys!*



10. Sahabat tersayang ”**Zaza lestari dan Aura Dwi**” Terima Kasih telah menjadi sahabat Penulis Mulai tahun 2013 sampai sekarang, menjadi tempat berbagi cerita, senantiasa memberikan semangat yang luar biasa kepada penulis, suka duka telah kita lalui bersama. Terima kasih atas kebaikan yang selalu kalian berikan.
11. **Nurul Mutaharah, Jenella, Andani** partner penelitian penulis. Terima kasih selalu 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.
12. Kakak-kakak lulusan Magister maupun yang masih menempuh studi Magister Fisika, Universitas Hasanuddin: (**Kak Inaya, Kak Syarif, dan kak Azlan**) terima kasih atas bantuannya selama proses penelitian, dan pengolahan data. Terima kasih atas ilmu, motivasi, dan hiburan serta semangat yang luar biasanya kepada penulis.
13. Seluruh anggota **Laboratorium Material dan Energi Angkatan 2020 (Epi, Nopi, Fatma, Indri, Ebi, Uwais, Isma, Yuni, Pute, Novra, Andrianus, Akmal, abe, anika, dll)** yang menjadi teman seperjuangan penelitian, Terima kasih atas waktu, bantuan, dan kerja samanya.
14. Teman-teman seperjuangan **RE2ONANSI (Fisika Angkatan 2020)** yang tidak bisa saya sebutkan namanya satu persatu terima kasih 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.
15. Teman-teman **KKNT 110 ITTG BANTAENG (Afnan, Tami, Wara, Lia, Ira, Farhan, dan Shalih)** terima kasih atas keceriaan, persahabatan dan dukungannya dalam perjalanan penulis.

but not least, untuk diri saya sendiri Andi Asti Alkurdia atas segala kerja dan semangatnya sehingga tidak pernah menyerah dalam mengerjakan akhir skripsi ini. Terima kasih kepada diri saya sendiri yang sudah kuat



melewati lika-liku kehidupan hingga sekarang. Terima kasih pada hati yang masih tetap tegar dan Ikhlas menjalani semuanya. Terima kasih pada raga dan jiwa yang masih tetap kuat dan waras hingga sekarang. Saya bangga pada diri saya sendiri! Kedepannya untuk raga yang tetap kuat, hati yang selalu tegar, mari bekerja sama untuk lebih berkembang lagi menjadi pribadi yang lebih baik dari hari ke hari.

17. 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.

Harapan dari penulis hasil penelitian yang telah dilakukan semoga dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca. Penulis memohon maaf atas segala kekurangan yang terdapat dalam skripsi. Semoga ilmu yang diperoleh menjadi berkah.

Makassar, 12 Juni 2024

Andi Asti Alkurdia
H021201072



DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN	iv
ABSTRACT	v
ABSTRAK	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
II.1 Biokeramik.....	4
II.2 Hidroksiapatit.....	4
II.3 Sotong (<i>Sepia sp.</i>).....	6
II.4 Metode Presipitasi.....	7
II.5 Proses Sintering	7
BAB III METODE PENELITIAN	8
III.1 Waktu dan Tempat Penelitian	8
III.2 Alat dan Bahan Penelitian	8
III.2.1 Alat.....	8
III.2.2 Bahan	9
III.3 Prosedur Penelitian.....	9
III.3.1 Sintesis CaO (Kalsium Oksida).....	9
III.3.2 Sintesis HAp (Hidroksiapatit).....	9
3 Karakterisasi sampel.....	11
3.1 Uji <i>Fourier transform Infrared</i> (FTIR).....	11
3.1 Uji <i>X-ray Diffraction</i> (XRD)	12



III.4 Bagan Alir Penelitian.....	15
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	16
IV.1 Hasil Analisis Fourier Transform infrared (FTIR).....	16
IV.2 Analisis <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	18
BAB V PENUTUP.....	21
V.1 Kesimpulan	21
V.2 Saran.....	21
DAFTAR PUSTAKA	22
LAMPIRAN.....	28

\



DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Alur preparasi sintesis CaO (Kalsium Oksida).....	9
Gambar 3.2 Proses Sintesis Hidroksiapatit	11
Gambar 3.3 Prinsip Kerja alat <i>Fourier Transform infrared</i> (FTIR).....	12
Gambar 3.4 Prinsip Kerja alat <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD)	13
Gambar 4.1 Spektrum FTIR hidroksiapatit variasi suhu sintering 700°C, 750°C, 800°C, dan 850°C.	16
Gambar 4.2 (a) Spektrum XRD Hidroksiapatit variasi suhu sintering 700°C, 750°C, 800°C, dan 850°C selama 5 jam.	18
(b) kurva histogram ukuran kristal hidroksiapatit variasi suhu sintering 700°C, 750°C, 800°C, dan 850°C selama 5 jam.....	18



DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Tabel Gugus fungsi hidroksiapatit.....	18
Tabel 4.2 Ukuran kristal hidroksiapatit (HAp).....	20



BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Dalam dunia kesehatan, penggunaan material sebagai bahan implan di dalam maupun di luar tubuh manusia telah lama dikenal. Dalam 10-20 tahun terakhir pemanfaatan bahan material menunjukkan peningkatan yang cukup pesat. Akan tetapi, material polimer yang digunakan hanya dapat menggantikan organ dan menghambat pertumbuhan jaringan tulang lainnya [1]. Oleh karena itu, dibutuhkan material pengganti tulang yang ramah lingkungan, bidegradabel, dan tidak mengandung racun bagi jaringan tubuh [2]. Hidroksiapatit (Hap) merupakan salah satu biomaterial yang memenuhi syarat sebagai material pengganti tulang yang baik [3].

Hidroksiapatit (HAp) telah dipelajari selama bertahun-tahun dan digunakan secara luas dalam bidang ortopedi sebagai bahan implan karena memiliki kesamaan dengan fase mineral tulang dan gigi manusia. HAp dengan rumus kimia $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ merupakan komponen anorganik utama dari jaringan keras tulang dan menyumbang 60-70% dari fase mineral tulang manusia [4]. HAp bersifat biokompatibel, bioaktif, ramah lingkungan, non toksik, dan osteokonduktif, [5]. Senyawa hidroksiapatit (HAp) dapat diperoleh dengan mensintesis prekursor kalsium dan fosfat. Salah satu alternatif yang dapat digunakan dalam sintesis hidroksiapatit yaitu dengan menggunakan bahan alam yang banyak mengandung kalsium seperti seperti cangkang kerang, sisik ikan, tulang ikan, cangkang telur, dan cangkang bekicot [6].

Indonesia sebagai negara maritim memiliki banyak bahan alam yang dapat dikembangkan menjadi hidroksiapatit. Berdasarkan data kementerian kelautan dan perikanan yang dilakukan oleh Badan Pusat Statistika selama periode (2018), sotong merupakan salah satu komoditas unggulan hasil perikanan indonesia yang tahunnya mengalami pertumbuhan jumlah ekspor. Ekspor sotong sebesar 33,16 ton pada tahun 2016 dan 33,16 ton pada tahun 2017 dari total nilai ekspor perikanan indonesia. Sedangkan tulangnya 65% s.d. 85% dari berat sotong



dibuang sebagai limbah. Selama ini tulang sotong hanya dimanfaatkan sebagai campuran pakan dan pupuk dengan nilai ekonomi yang rendah dan sebagian lagi belum dimanfaatkan secara maksimal. [7], [8]. Penelitian menyatakan bahwa tulang sotong (*Sepia sp.*) memiliki kandungan kalsium karbonat (CaCO_3) sekitar 75-90% yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber kalsium untuk sintesis hidroksiapatit (HAp) [9].

Sintesis hidroksiapatit dapat dilakukan dengan beberapa metode diantaranya yaitu metode presipitasi (pengendapan basah), metode sol-gel, Teknik mikro emulsi, dan metode hidrotermal. Metode sintesis hidroksiapatit yang digunakan pada penelitian ini yaitu metode presipitasi [10]. Metode ini merupakan bagian dari metode kimia basah yang terkenal dan banyak digunakan karena memiliki beberapa keunggulan diantaranya biaya yang relatif murah dan bahan baku yang mudah didapat, reaksi kimia yang relatif sederhana, ukuran partikel yang didapat cenderung cukup baik, serta menghasilkan tingkat kemurnian yang cukup tinggi [11], [12]. Proses sintering merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi sintesis hidroksiapatit karena dapat mempengaruhi sifat fisik dan sifat mekanik biokeramik, termasuk porositas, ukuran butir, kepadatan, dan rasio kalsium fosfat (Ca/P) [13], [14].

Berdasarkan penelitian yang dilakukan (Khalid et al. 2022) HAp dengan memanfaatkan limbah cangkang telur ayam dan asam fosfat (H_3PO_4) menggunakan metode presipitasi. Hasil analisis FTIR menunjukkan bahwa gugus fungsinya mengacu pada HAp, hasil analisis XRD menunjukkan terbentuknya HAp yang memiliki kristalinitas yang baik [15]. Pada penelitian yang dilakukan (Razak et al. 2023) HAp dengan memanfaatkan tulang sotong sebagai sumber kalsium dan diammonium hidrogen fosfat $(\text{NH}_4)_2(\text{HPO})_4$ sebagai sumber fosfat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sampel hidroksiapatit terbaik dihasilkan pada suhu sintering 800°C [16].

Berdasarkan penjelasan tersebut, maka akan dilakukan penelitian sintesis hidroksiapatit dari tulang sotong (*Sepia sp.*) menggunakan presipitasi dengan variasi suhu sintering yang berbeda yaitu 700°C , 800°C , 850°C masing-masing selama 5 jam. Dalam pembuatan



hidroksiapatit ini sumber kalsium disintesis dari tulang sotong dan sumber fosfat yang digunakan yaitu Diamonium Hidrogen fosfat $(\text{NH}_4)_2(\text{HPO})_4$. Hidroksiapatit yang telah disintesis, diuji menggunakan FTIR dan XRD untuk mengetahui sifat Strukturnya.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh variasi suhu sintering terhadap gugus fungsi hidroksiapatit yang disintesis dari CaO tulang sotong?
2. Bagaimana pengaruh variasi suhu sintering terhadap struktur kristal hidroksiapatit yang disintesis dari CaO tulang sotong?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Menganalisis pengaruh variasi suhu sintering terhadap gugus fungsi hidroksiapatit yang disintesis dari CaO tulang sotong.
2. Menganalisis pengaruh variasi suhu sintering terhadap struktur kristal hidroksiapatit yang disintesis dari CaO tulang sotong.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Biokeramik

Biokeramik merupakan salah satu bahan keramik yang banyak dimanfaatkan dalam bidang Kesehatan untuk memperbaiki bagian tubuh yang terkena penyakit, cacat atau rusak [17]. Biokeramik terdiri dari bioinert (alumina, zirkonia), bioaktif (hidroksiapatit, *bioactive glass*, dan *glass ceramics*), dan bioresorbable (*tricalcium fosfat*) [18]. Karakteristik Biokeramik sebagai bahan implan memiliki sifat biokompatibilitas yang baik dan tahan lama dibandingkan dengan polimer atau logam, bersifat tidak beracun, tidak mengandung zat karsinogenik, serta memiliki komposisi yang sama dengan jaringan keras dalam organ tubuh manusia [19]. Beberapa manfaat Biokeramik diantaranya yaitu sebagai penguat komponen komposit, sebagai pelapis biomaterial logam, serta banyak digunakan dalam dunia medis sebagai implan atau organ pengganti [20]. Umumnya biokeramik mengandung tri kalsium fosfat atau hidroksiapatit yang dapat disintesis dari bahan alam seperti hewan dan tumbuhan yang banyak mengandung kalsium misalnya cangkang telur, tulang ikan, kulit kerang, tanaman dan lainnya [21].

II.2 Hidroksiapatit

Hidroksiapatit adalah senyawa kimia yang terdiri dari kalsium dan fosfat dengan rumus molekul $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ memiliki struktur yang mirip dengan tulang dan gigi manusia, sehingga sering digunakan dalam bidang kedokteran sebagai implan tulang atau gigi tiruan. Implan hidroksiapatit dapat menggantikan jaringan tulang atau gigi yang rusak tanpa menyebabkan kerusakan jaringan lain yang sehat. Hal ini karena hidroksiapatit dapat menyatu dengan tulang dan gigi asli, sehingga dapat berfungsi dengan baik [4], [22]. Hidroksiapatit merupakan salah satu komponen penyusun penyusun tulang dan gigi. Tulang dan gigi terdiri dari dua komponen utama, yaitu komponen organik dan anorganik. Komponen organik sebesar (30%) dan komponen anorganik sebesar (60-70%) [23]. Tulang dan gigi memiliki struktur dan fungsi yang berbeda. Tulang tersusun dari kolagen,



kalsium fosfat, dan air, sedangkan gigi tersusun dari email dan dentin. Email tersusun dari hidroksiapatit, senyawa mineral yang paling keras dalam tubuh manusia [24].

Hidroksiapatit memiliki sejumlah sifat kimia yang menjadikannya bahan yang banyak dimanfaatkan dalam berbagai aplikasi medis diantaranya yaitu bersifat biokompatibel, bioaktif, bioabsorbable, osteokonduktif, tidak beracun, kemampuan membentuk ikatan yang kuat dengan jaringan keras dalam tubuh, serta memiliki struktur kimia yang sama dengan struktur kimia yang dimiliki oleh komponen mineral pada tulang [5]. Biokompatibel maksudnya material tersebut tidak menimbulkan reaksi alergi dalam tubuh manusia, bioaktif artinya memiliki kemampuan untuk merangsang pertumbuhan dan perbaikan jaringan tulang. Bioabsorbable yakni material tersebut dapat diuraikan oleh tubuh manusia seiring berjalannya waktu. Osteokonduktif yaitu pembentukan jaringan tulang baru di sekitarnya [25].

Hidroksiapatit memiliki struktur kristal yang berbeda-beda. Struktur kristal hidroksiapatit yang paling umum adalah monoklinik dan heksagonal. Struktur monoklinik terbentuk karena ion OH- tersusun secara teratur, yaitu OH-OH-OHOH-. Hal ini menyebabkan parameter kisi b menjadi dua kali parameter kisi a. Struktur monoklinik lebih jarang ditemukan di alam daripada struktur heksagonal. Struktur heksagonal adalah struktur yang paling stabil di antara struktur kristal kalsium fosfat lainnya. Struktur ini terbentuk pada kondisi stoikiometri, yaitu rasio massa Ca/P sebesar 1,67. Struktur heksagonal memiliki susunan ion OH- yang tidak teratur. Fase kristal kalsium fosfat yang stabil memiliki parameter kisi $a = 9,433 \text{ \AA}$ dan $c = 6,875 \text{ \AA}$ [23], [26].

Hidroksiapatit memiliki sifat mekanik yang relatif baik, dengan kekuatan tekan sekitar 120-150 Mpa, kekuatan tarik sebesar 38-300 Mpa, dan lentur sekitar 38-250 Mpa. Sifat-sifat ini menjadikan hidroksiapatit sebagai bahan yang menjanjikan untuk berbagai aplikasi, seperti implan tulang, gigi tiruan, dan alat lainnya. Faktor-faktor yang mempengaruhi sifat mekanik hidroksiapatit meliputi bentuk serbuk, porositas, dan ukuran butir. Ukuran butiran



juga memiliki dampak negatif terhadap kekuatan materi hidroksiapatit dengan memengaruhi ikatan antar butiran tersebut [27].

II.3 Sotong (*Sepia sp.*)

Sotong merupakan hewan laut yang termasuk dalam kelas *cephalopoda*. Sotong dapat ditemukan di berbagai perairan, mulai dari perairan dangkal hingga perairan laut dalam. Biasanya hidup di sekitar karang dan batuan di dasar perairan. Hewan ini memiliki tubuh yang relatif pendek dan pipih, serta memiliki mantel yang memanjang. Mantel sotong berwarna merah jambu kehitaman, dan di dalamnya terdapat cangkang yang terbuat dari kapur. Cangkang ini berbentuk oval dan terletak di bagian belakang mantel. Sotong merupakan hewan karnivora yang memakan ikan, udang, dan hewan-hewan laut lainnya [28].

Klasifikasi dari hewan sotong adalah sebagai berikut [29].

Kingdom : *Animalia*
Filum : *Mollusca*
Kelas : *Cephalopoda*
Superordo : *Decapodiformes*
Ordo : *Sepiida*
Famili : *Sepiidae*
Genus : *Sepia*
Spesies : *Sepia sp.*

Cangkang sotong biasa juga disebut dengan tulang sotong merupakan kulit internal yang berkapur dari sebuah sotong. Limbah padat sotong ini adalah salah satu masalah yang harus dihadapi oleh pabrik pengolahan karena kurangnya pemanfaatan limbah. Selama ini tulang sotong hanya dimanfaatkan sebagai campuran pakan dan pupuk dengan nilai ekonomi yang rendah dan sebagian lagi belum dimanfaatkan secara maksimal. Padahal tulang sotong memiliki komposisi kalsium karbonat (CaCO_3) yang tinggi yaitu sekitar 75-90%. Melihat Jumlah kalsium karbonat (CaCO_3) yang tinggi pada tulang sotong sehingga dapat dimanfaatkan sebagai limbah yang berpotensi digunakan sebagai bahan dasar untuk sintesis hidroksiapatit [7], [8], [9].



II.4 Metode Presipitasi

Metode presipitasi merupakan metode yang sering digunakan untuk sintesis hidroksiapatit karena dianggap paling sederhana dan reaksi yang dihasilkan dapat menjadi biomaterial yang ekonomis dalam bidang medis. Metode ini memiliki beberapa keunggulan diantaranya yaitu hasil samping sintesisnya berupa air sehingga tidak mencemari lingkungan, dapat menghasilkan tingkat kemurnian yang tinggi, dan kontaminasi sangat rendah selama proses pengolahan. Selain itu, proses pengolahannya cukup sederhana dan penggunaan biaya relatif ekonomis dibanding metode lainnya [11], [12].

Metode presipitasi merupakan proses pencampuran asam dan basa untuk menghasilkan padatan kristalin. Dalam sintesis hidroksiapatit (HAp) metode presipitasi dilakukan dengan menggabungkan larutan yang mengandung prekursor kalsium (Ca) dengan larutan yang mengandung fosfor (P). Beberapa parameter yang mempengaruhi hasil sintesis HAp dengan metode presipitasi adalah suhu sintering, pH, dan laju penambahan reaktan selama reaksi. Kecepatan pengadukan mempengaruhi laju reaksi karena mempercepat terjadinya tumbukan antar partikel reaktan. Tumbukan antar partikel reaktan akan meningkatkan peluang terjadinya reaksi kimia, sehingga laju reaksi akan meningkat [30].

II.5 Proses Sintering

Sintering merupakan proses pemanasan material atau bahan pada suhu tinggi dengan tidak melampaui titik lelehnya. Peristiwa ini dapat meningkatkan kekuatan dan sifat fisis material dengan terbentuknya ikatan-ikatan partikel yang halus antar permukaan serbuk [13]. Proses sintering biokeramik HAp dipengaruhi oleh porositas, ukuran butir, densifikasi, rasio kalsium/fosfor (Ca/P) dan dapat mengubah sifat mekanik dari biokeramik yang dihasilkan. Suhu sintering yang lebih tinggi dapat digunakan dalam meningkatkan sifat mekanis dan pada suhu sintering lebih rendah dapat diaplikasikan untuk memastikan bioaktivitas yang lebih baik untuk perancah (HAp) [14], [31].

