

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI HIDROKSIAPATIT DARI TULANG
IKAN GABUS (*Channa striata*) DAN PENGARUH PENAMBAHAN
KITOSAN TERHADAP SIFAT MEKANIK HIDROKSIAPATIT**

SKRIPSI

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Bidang Studi Kimia**



RISKI APRINI

08031381419037

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2018

HALAMAN PENGESAHAN

SINTESIS DAN KARAKTERISASI HIDROKSIAPATIT DARI TULANG IKAN GABUS (*Channa striata*) DAN PENGARUH PENAMBAHAN KITOSAN TERHADAP SIFAT MEKANIK HIDROKSIAPATIT

SKRIPSI

Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat

Memperoleh Gelar Sarjana Sains Bidang Studi Kimia

Oleh:

RISKI APRINI

08031381419037

Indralaya, Mei 2018

Pembimbing I



Dr. Poedji Loekitowati H, M.Si
NIP. 196808271994022001

Pembimbing II



Dr. Muhammad Said, M.T
NIP. 197407212001121001

Mengetahui,

Dekan Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam



Prof. Dr. Iskhag Iskandar, M.Sc
NIP. 197210041997021001

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya Tulis Ilmiah berupa skripsi ini dengan judul “Sintesis dan Karakterisasi Hidroksiapatit dari Tulang Ikan Gabus (*Channa striata*) dan Pengaruh Penambahan Kitosan Terhadap Sifat Mekanik Hidroksiapatit” telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Ilmiah Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada tanggal 09 Mei 2018 dan telah diperbaiki, diperiksa, serta disetujui sesuai masukan yang diberikan.

Indralaya, Mei 2018

Ketua :

1. **Dr. Poedji Loekitowati H, M.Si**
NIP. 196808271994022001

()

Anggota :

2. **Dr. Muhammad Said, M.T**
NIP. 197407212001121001

()

3. **Dr. Ferlinahayati, M.Si**
NIP. 197402052000032001

()

4. **Dr. Dedi Rohendi, M.T**
NIP. 196704191993031001

()

5. **Nova Yuliasari, M.Si**
NIP. 197307261999032001

()

Mengetahui,



PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama mahasiswa : Riski Aprini
NIM : 08031381419037
Fakultas/Jurusan : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam/Kimia

Menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri dan karya ilmiah ini belum pernah diajukan sebagai pemenuhan persyaratan untuk memperoleh gelar kesarjanaan strata (S1) dari Universitas Sriwijaya maupun perguruan tinggi lain.

Semua informasi yang dimuat dalam skripsi ini yang berasal dari penulis lain baik yang dipublikasikan atau tidak telah diberikan penghargaan dengan mengutip nama sumber penulis secara benar. Semua isi dari skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya sebagai penulis.

Demikianlah surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Inderalaya, Mei 2018

Penulis,



Riski Aprini

NIM. 08031381419037



HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademik Universitas Sriwijaya, yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Mahasiswa : Riski Aprini
NIM : 08031381419037
Fakultas/Jurusan : MIPA/Kimia
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya “hak bebas royalti non-eksklusif (*non-exclusively royalty-free right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul: “Sintesis dan Karakterisasi Hidroksiapatit dari Tulang Ikan Gabus (*Channa striata*) dan Pengaruh Penambahan Kitosan Terhadap Sifat Mekanik Hidroksiapatit”. Dengan hak bebas royalti non-eksklusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalih, edit/memformatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir atau skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya.

Inderalaya, Mei 2018

Yang Menyatakan,



Riski Aprini
NIM. 08031381419037



HALAMAN PERSEMBAHAN

“Sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan, maka apabila engkau telah selesai (dari sesuatu urusan), tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain)”
(Al-Insyirah: 6-7)

“Ilmu tanpa agama adalah lumpuh, agama tanpa ilmu adalah buta”
(Albert Einstein)

“Akhir dari masa pendidikan ini sejatinya adalah bukti dari kekuatan doa. Jangan pernah meragukan kekuatan doa karena doa melibatkan pihak yang maha hebat, Allah”
(Riski Aprini)

Skripsi ini sebagai tanda syukur ku kepada:

- ♦ Allah SWT
- ♦ Nabi Muhammad SAW

Dan kupersembahkan kepada :

1. Papa dan Mamaku yang senantiasa mendoakan, menyayangi dengan setulus hati dan memberiku motivasi.
2. Saudara-saudaraku yang selalu aku sayangi dan cintai.
3. Pembimbingku (Dr. Poedji Loekitowati H, M.Si & Dr. Muhammad Said, M.T)
4. Sahabat-sahabatku
5. Almamaterku (Universitas Sriwijaya)

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur hanyalah milik Allah SWT semata, kita memujinya, memohon pertolongan dan ampunan hanya kepada-Nya dan pada akhirnya penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul : “Sintesis dan Karakterisasi Hidroksiapatit dari Tulang Ikan Gabus (*Channa striata*) dan Pengaruh Penambahan Kitosan Terhadap Sifat Mekanik Hidroksiapatit”. Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Jurusan Kimia Universitas Sriwijaya.

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Ibu Dr. Poedji Loekitowati H, M.Si dan Bapak Dr. Muhammad Said, M.T yang telah banyak memberikan bimbingan, motivasi, saran dan petunjuk kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan nikmat-Nya yang begitu besar. Terima kasih atas segalanya.
2. Bapak Prof. Iskhaq Iskandar, M.Sc selaku Dekan MIPA Universitas Sriwijaya.
3. Bapak Dr. Dedi Rohendi, M.T, selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.
4. Bapak Dr. Muhammad Said, M.T selaku Sekretaris Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.
5. Bapak Hermansyah, Ph.D selaku dosen Pembimbing Akademik.
6. Bapak Dr. Dedi Rohendi, M.T, Ibu Dr. Ferlinahayati, M.Si dan Ibu Nova Yuliasari, M.Si selaku penguji sidang sarjana.
7. Ibu Dr. Ferlinahayati, M.Si selaku Koordinator Seminar yang membantu dalam segala hal dalam pengurusan jadwal.
8. Seluruh Dosen FMIPA KIMIA yang telah mendidik dan membimbing selama masa kuliah.
9. Kepada Papaku (Muhammad Tauhid) dan Mamaku (Rogayah Asli, S.Pd), tiada cinta yang suci selain kasih sayang dari kalian. Terima kasih telah

menjagaku, mendidikku, dan membimbingku, memberikan dukungan moril maupun materil serta doa yang tiada henti untuk kesuksesanku. Demiku kalian ikhlas mengorbankan segalanya. Untuk setiap langkah kakiku aku selalu berusaha mewujudkan harapan yang kalian impikan didiriku, meski belum semuanya kucapai, insyaallah atas dukungan doa dan restu dari papa dan mama semua mimpi itu akan terjawab.

10. Kepada saudara-saudaraku yang aku banggakan dan sayangi, yuk ecik, yuk ulan, kak harun, dan tinik yang selalu mendoakan, memberi kasih sayang, memotivasi, serta memberi bantuan baik materil maupun moril.
11. S.Si Halal squad (Ninu, Nisa, Aria, Mira, Miyatun, Uswa, Della, Geget, Galuh, dan Yunita) terima kasih untuk kebersamaan yang telah tercipta selama ini yang selalu ada saat suka maupun duka. Kalian bukan hanya teman bahkan sahabat, tapi kalian adalah saudara yang selalu memberikan energi positif untukku, selalu mengajak dalam kebaikan, selalu memotivasi untuk terus bersemangat dalam belajar dan mewujudkan impian. Aku sayang kalian, see you on the top guys!!
12. Analisa squad, partner penelitianku yang baik hati dan tidak sombong. Terimakasih untuk segala suka duka selama di laboratorium. Hampa rasanya di lab jika tanpa kalian. Maafkan segala kesalahpahaman dan perdebatan kita selama penelitian. Aku sayang kalian. Semangat kejar cita-cita selanjutnya guys!
13. Penghuni KF (Vrysa, Eka, Marini, Retno) yang selalu menceriakan suasana di laboratorium. Maafkan kami yang terkadang buat kalian kesal gara-gara rebutan jadwal pakai oven dan hotplate. Yang selalu bikin rusuh gara-gara perdebatan kami di laboratorium. See you on the top guys!!
14. My Roommate (Indah Darmayanti, coming soon Indah Darmayanti, S.T), makasih indah temen sekamar selama 2 tahun ngekost dari semester 1-4. Dari bangun sampai tidur yang pertama dan terakhir dilihat itu indah. Susah senang dilalui bersama. Baik buruknya aku mungkin indah sudah tahu. Semoga tetap menjadi sosok yang selalu kuat dan tidak mudah menyerah buat wujudin mimpi, SEMANGAT!

15. Teman-teman seperjuangan MIKI 2014 (Ariyanti, Bella, Clau, Dewi, Eka, Ical, Firda, Pika, Hensen, Vini, Lisa, Cia, Marini, Maulidya, Mei, Mbak Mikha, Fiul, Hani, Putri Ags, Kopek Putri, Retno, Riska, Resta, Riza, Apeh, Tirta, Tri, Ulfa, Winda, Nunik, dll) terima kasih atas kebersamaan selama perkuliahan. See you on the top guys!
16. Mbak Novi, kak Roni, dan kak Iin yang baik hati sekali, selaku admin jurusan kimia yang telah banyak membantu kelancaran administrasi dari awal kuliah sampai selesai tugas akhirku.
17. Mbak Nur, Mbak Niar, dan Bu yanti selaku analis kimia yang telah membantu dalam menyelesaikan tugas akhirku.
18. Kakak-kakak MIKI 2012 dan 2013 yang selalu menginspirasi, membimbing, dan mengajarkan kami tentang kehidupan kampus sejak pertama masuk UNSRI.
19. Adik-adik MIKI 2015,2016, dan 2017 semangat terus dan semoga cepat menyusul. Aamiin.

Penulis menyadari dalam penulisan skripsi ini masih banyak terdapat kekurangan untuk itu penulis mengharapkan saran dan masukan yang membangun dari para pembaca. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi kita semua.

Inderalaya, Mei 2018

Penulis

SUMMARY

SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF HYDROXYAPATITE FROM FISH BONE CORK (*Channa striata*) AND THE EFFECT OF CHITOSAN ADDITION ON HYDROXYAPATITE MECHANICAL PROPERTIES

Scientific writing in the form of skripsi, Mei 2018

xii + 94 pages, 8 tables, 17 figures, 29 appendices

Riski Aprini: Supervised by Dr. Poedji Loekitowati H, M.Si and Dr. Muhammad Said, M.T.

Chemistry Department, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Sriwijaya University.

This research about synthesis and characterization of hydroxyapatite (HAp) from fish bone cork (*Channa striata*) and the effect of chitosan addition on hydroxyapatite mechanical properties has been done. This research aimed to determine the effect of temperature and calcination time on hydroxyapatite synthesis, morphology of hydroxyapatite, elements which contained on hydroxyapatite, and the effect of chitosan addition on the mechanical properties of hydroxyapatite. The synthesis of hydroxyapatite was carried out with precursors $\text{Ca}(\text{OH})_2$ and $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ and was composited with chitosan. The precipitated HAp was calcined with varying on temperature and calcination time. Characterization of HAp crystalline structures was determined using XRD, HAp morphologies and elements characterization was determined using SEM-EDS, characterization of mechanical properties for hardness was determined using Vickers hardness and compressive strength was determined using autograph. The AAS characterization results show the Ca content in fish bone cork powder was 8.89% and in powder CaO of fish bone cork was 17,80%. The XRD characterization results show the optimum condition of HAp synthesis at 600°C for 1 hour. SEM describes that particles morphologies from HAp form agglomeration and pores. EDS describes that Ca/P ratio of 1.219. The result of characterization of mechanical properties showed that HAp-chitosan composite has increase in compressive strength but decrease in hardness.

Keywords : Fish bone cork, hydroxyapatite, chitosan, temperature, calcination time, hardness, compressive strength.

Citations : 79 (1961-2017)

RINGKASAN

SINTESIS DAN KARAKTERISASI HIDROKSIAPATIT DARI TULANG IKAN GABUS (*Channa striata*) DAN PENGARUH PENAMBAHAN KITOSAN TERHADAP SIFAT MEKANIK HIDROKSIAPATIT

Karya tulis ilmiah berupa skripsi, Mei 2018
xii + 94 halaman, 8 tabel, 17 gambar, 29 lampiran

Riski Aprini: Dibimbing oleh Dr. Poedji Loekitowati H, M.Si dan Dr. Muhammad Said, M.T.

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya.

Penelitian tentang sintesis dan karakterisasi hidroksiapatit (HAp) dari tulang ikan gabus (*Channa striata*) dan pengaruh penambahan kitosan terhadap sifat mekanik hidroksiapatit telah dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan pengaruh temperatur dan waktu kalsinasi pada sintesis hidroksiapatit, morfologi hidroksiapatit, elemen yang terkandung didalamnya, dan pengaruh penambahan kitosan terhadap sifat mekanik hidroksiapatit. Sintesis hidroksiapatit dilakukan dengan prekursor Ca(OH)_2 dan $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ dan dikompositkan dengan kitosan. Endapan HAp yang dihasilkan dikalsinasi dengan variasi temperatur dan waktu kalsinasi. Karakterisasi struktur kristal HAp ditentukan menggunakan XRD, karakterisasi morfologi dan elemen HAp ditentukan menggunakan SEM-EDS, karakterisasi sifat mekanik untuk kekerasan ditentukan menggunakan *Vickers hardness* dan kekuatan tekan ditentukan menggunakan *autograph*. Hasil karakterisasi AAS menunjukkan kadar Ca dalam serbuk tulang ikan gabus 8,89% dan dalam serbuk CaO tulang ikan gabus sebesar 17,80%. Hasil karakterisasi XRD menunjukkan kondisi optimum sintesis HAp pada temperatur 600°C selama 1 jam. Hasil SEM menunjukkan bahwa morfologi partikel dari HAp membentuk aglomerasi dan pori. Hasil EDS menunjukkan bahwa rasio Ca/P sebesar 1,219. Hasil karakterisasi sifat mekanik menunjukkan komposit HAp-kitosan mengalami peningkatan kekuatan tekan namun terjadi penurunan kekerasan.

Kata Kunci: Tulang ikan gabus, hidroksiapatit, kitosan, temperatur, waktu kalsinasi, kekerasan, kekuatan tekan.

Kutipan : 79 (1961-2017)

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH.....	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
SUMMARY	x
RINGKASAN	xi
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan Penelitian	4
1.4. Manfaat Penelitian	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Senyawa Hidroksiapatit (HAp).....	5
2.2. Ikan Gabus	6
2.3. Sintesis Hidroksiapatit	7
2.4. Kitosan	8
2.5. Komposit HAp-Kitosan	9
2.6. Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)	13
2.7. <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	14
2.8. <i>Scanning Electron Microscope - Energy Dispersive Spectroscopy</i> (Sem-EDS).....	15
2.9. Metode Pengujian Sifat Mekanik	16

2.9.1. Uji Kekerasan dan <i>Modulus Young</i> Menggunakan <i>Vickers Hardness</i>	16
2.9.2. Uji Kekuatan Tekan Menggunakan <i>Autograph</i>	18

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat	19
3.2. Alat dan Bahan	19
3.2.1. Alat	19
3.2.2. Bahan	19
3.3. Prosedur Penelitian.....	19
3.3.1. Preparasi Tulang Ikan Gabus	19
3.3.2. Pembuatan Larutan Standar Kalsium.....	20
3.3.2.1 Pembuatan Larutan Induk Kalsium (1000 ppm)	20
3.3.2.2 Pembuatan Larutan Baku Kalsium (100 ppm)	20
3.3.2.3 Pembuatan Larutan Baku Kalsium (50 ppm)	20
3.3.2.4 Pembuatan Larutan Standar Kalsium 0 - 5 ppm.....	20
3.3.3. Penentuan Kadar Kalsium dari Serbuk CaO.....	20
3.3.4. Pembuatan Kurva Kalibrasi	21
3.3.5. Sintesis Hidroksiapatit	21
3.3.6. Variasi Temperatur Kalsinasi untuk Sintesis HAp	22
3.3.7. Variasi Waktu Kalsinasi untuk Sintesis HAp	22
3.3.8. Sintesis HAp-Kitosan.....	22
3.4. Analisis Data	23

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Serbuk CaO Tulang Ikan Gabus (<i>Channa striata</i>).....	25
4.2. Kandungan Kalsium (Ca) pada Tulang Ikan Gabus.....	26
4.3. Hidroksiapatit [Ca ₁₀ (PO ₄) ₆ (OH) ₂] Hasil Sintesis	27
4.3.1. Temperatur Kalsinasi Optimum.....	28
4.3.1.1. Rendemen Hidroksiapatit.....	28
4.3.1.2. Karakterisasi Hidroksiapatit menggunakan XRD	28
4.3.2. Waktu Kalsinasi Optimum.....	31
4.3.2.1. Rendemen Hidroksiapatit.....	31
4.3.2.2. Karakterisasi Hidroksiapatit menggunakan XRD	32

4.4. Karakterisasi Hidroksiapatit menggunakan SEM-EDS	34
4.5. Komposit Hidroksiapatit-Kitosan (HAp-Kitosan) Hasil Sintesis	36
4.6. Karakterisasi Sifat Mekanik HAp-kitosan	37
4.6.1. Hasil Uji Kekuatan Tekan (<i>Compresive Strength</i>)	37
4.6.2. Hasil Uji Kekerasan dan <i>Modulus Young</i> (<i>Vickers Hardness</i>).....	38
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1. Kesimpulan.....	41
5.2. Saran.....	41
DAFTAR PUSTAKA	42
LAMPIRAN.....	49

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Karakteristik Biomekanik Tulang Sehat	10
Tabel 2. Hasil Rendemen Hidroksiapatit dari Variasi Temperatur Kalsinasi.....	28
Tabel 3. Puncak-Puncak Tertinggi dari Hasil Uji XRD Sampel Hidroksiapatit dengan Variasi Temperatur Kalsinasi	29
Tabel 4. Ukuran Kristal dari Hasil Uji XRD Sampel Hidroksiapatit dengan Variasi Temperatur	30
Tabel 5. Hasil Rendemen Hidroksiapatit dari Variasi Waktu Kalsinasi.....	31
Tabel 6. Puncak-Puncak Tertinggi dari Hasil Uji XRD Sampel Hidroksiapatit dengan Variasi Waktu Kalsinasi	32
Tabel 7. Ukuran Kristal dari Hasil Uji XRD Sampel Hidroksiapatit dengan Variasi Waktu Kalsinasi	33
Tabel 8. Data Elemen-Elemen Penyusun Hidroksiapatit.....	35

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Struktur 3D Kristal Hidroksiapatit	5
Gambar 2. Struktur Kristal Hidroksiapatit	6
Gambar 3. Reaksi Pembentukan Kitosan dari Deasetilasi Kitin.....	9
Gambar 4. Mekanisme Ikatan Hidrogen Antara Kitosan dan Hidroksiapatit	11
Gambar 5. Mekanisme Terjadinya Pori	12
Gambar 6. Skema Uji Kekerasan	17
Gambar 7. Skema Uji Kekuatan Tekan.....	18
Gambar 8. Serbuk (a) Tulang Ikan Gabus (b) CaO	25
Gambar 9. Difraktogram Hasil Uji XRD Serbuk CaO Tulang Ikan Gabus.....	26
Gambar 10. Serbuk Hidroksiapatit.....	27
Gambar 11. Difraktogram Hasil Uji XRD pada Temperatur Kalsinasi	29
Gambar 12. Difraktogram Hasil Uji XRD pada Waktu Kalsinasi	32
Gambar 13. Hasil Karakterisasi SEM Hidroksiapatit	34
Gambar 14. Komposit HAp-Kitosan	36
Gambar 15. Grafik Hasil Uji Kekuatan Tekan HAp-kitosan.....	37
Gambar 16. Grafik Hasil Uji Kekerasan HAp-kitosan	38
Gambar 17. Grafik Hasil Uji <i>Modulus Young</i> HAp-kitosan.....	39

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Skema Kerja Penelitian	50
Lampiran 2. Kurva Kalibrasi.....	51
Lampiran 3. Data Perhitungan Kadar Kalsium pada Serbuk CaO Tulang Ikan Gabus	53
Lampiran 4. Data Perhitungan Kadar Kalsium pada Serbuk Tulang Ikan Gabus	54
Lampiran 5. Data Massa Sebelum dan Sesudah Sintesis Hidroksiapatit Terhadap Variasi Temperatur dan Waktu Kalsinasi.....	55
Lampiran 6. Data Perhitungan % Rendemen Variasi Temperatur.....	56
Lampiran 7. Data Perhitungan % Rendemen Variasi Waktu Kalsinasi.....	58
Lampiran 8. JCPDS No. 37-1497 untuk Kalsium Oksida (CaO)	60
Lampiran 9. Data Spektra XRD CaO dari Tulang Ikan Gabus.....	61
Lampiran 10. JCPDS No. 09-0432 untuk Senyawa Hidroksiapatit (HAp)	63
Lampiran 11. Data Spektra XRD Hidroksiapatit (HAp) pada Temperatur 500°C	64
Lampiran 12. Data Spektra XRD Hidroksiapatit (HAp) pada Temperatur 600°C	66
Lampiran 13. Data Spektra XRD Hidroksiapatit (HAp) pada Temperatur 700°C	68
Lampiran 14. Data Spektra XRD Hidroksiapatit (HAp) pada Temperatur 800°C	70
Lampiran 15. Data Spektra XRD Hidroksiapatit (HAp) pada Temperatur 900°C	72
Lampiran 16. Data Spektra XRD Hidroksiapatit (HAp) pada Waktu Kalsinasi 1 Jam.....	74
Lampiran 17. Data Spektra XRD Hidroksiapatit (HAp) pada Waktu Kalsinasi 2 Jam.....	76
Lampiran 18. Data Spektra XRD Hidroksiapatit (HAp) pada Waktu Kalsinasi 3 Jam.....	78

Lampiran 19. Data Spektra XRD Hidroksiapatit (HAp) pada Waktu Kalsinasi 4 Jam	80
Lampiran 20. Data Perhitungan Ukuran Kristal Hidroksiapatit pada Variasi Temperatur	82
Lampiran 21. Data Perhitungan Ukuran Kristal Hidroksiapatit pada Variasi Waktu Kalsinasi	84
Lampiran 22. Hasil Karakterisasi SEM-EDS Hidroksiapatit.....	86
Lampiran 23. Perbandingan mol Ca/P Hidroksiapatit	87
Lampiran 24. Sertifikat Untuk Senyawa Kitosan	88
Lampiran 25. Hasil Karakterisasi Sifat Mekanik HAp-Kitosan	89
Lampiran 26. Hasil Pengukuran Kekerasan (<i>Hardness</i>).....	90
Lampiran 27. Hasil Pengukuran Kekuatan Tekan (<i>Compressive Strength</i>)	91
Lampiran 28. Hasil Pengukuran <i>Modulus Young</i> (σ).....	92
Lampiran 29. Gambar Penelitian	93

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Ikan gabus (*Channa striata*) adalah ikan air tawar yang umum dijumpai di perairan antara lain sungai, danau, rawa, bahkan dapat hidup di perairan yang kandungan oksigen rendah (Yulisman dkk., 2012). Di Sumatera Selatan, ikan gabus banyak dimanfaatkan warga sebagai bahan utama pembuatan pempek dan kerupuk. Salah satu limbah yang dihasilkan dari pengolahan berupa tulang ikan. Tulang merupakan salah satu bentuk limbah yang dihasilkan dari industri pengolahan ikan yang memiliki kandungan kalsium terbanyak dalam tubuh ikan (Ferazuma dkk., 2011). Hasil penelitian Cucikodana dkk (2012) menetapkan bahwa kadar kalsium tulang ikan gabus rata-rata 16,86% - 22,77%.

Hidroksiapatit (HAp) dengan rumus kimia $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ merupakan fase kristal dari senyawa kalsium fosfat yang mempunyai struktur heksagonal (Ghahremani *et al.*, 2012). Hidroksiapatit berada sebanyak 60% - 70% dari fase mineral dalam tulang manusia (Istifarah, 2012). Kalsium merupakan unsur utama penyusun hidroksiapatit, sehingga kalsium yang terdapat dalam tulang ikan gabus berpotensi sebagai bahan utama dalam pembuatan hidroksiapatit.

Sintesis hidroksiapatit dapat dilakukan dengan metode presipitasi. Metode ini banyak dipilih untuk mensintesis hidroksiapatit karena jumlah produk hidroksiapatit yang dihasilkan relatif lebih banyak dan tanpa menggunakan pelarut organik (Cunniffe *et al.*, 2010). Selain itu, komposisi yang tinggi dapat dicapai dengan mudah pada suhu rendah, ekonomis, dan proses yang sederhana (Wahdah dkk., 2014).

Menurut Darwis dan Warastuti (2008), hidroksiapatit telah banyak digunakan sebagai implan biomedik dan regenerasi tulang. Hidroksiapatit berpotensi untuk digunakan sebagai pengganti graft tulang (*allograft* dan *xenograft*) dengan sifat biokompatibilitas yang baik terhadap tulang dan gigi. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan diperoleh hidroksiapatit dengan rasio Ca/P berkisar antara 1,68 - 1,73 yang menunjukkan bahwa hasil sintesis yang dilakukan menghasilkan hidroksiapatit dengan tingkat kemurnian yang sangat baik dan menyerupai komposisi kalsium fosfat yang ada pada tulang.

Hidroksiapatit memiliki beberapa karakteristik, yaitu bioaktif, biokompatibel, osteokonduktif, tidak toksik, dan imunogenik (Nayak, 2010). Namun hidroksiapatit mempunyai kelemahan yaitu bersifat rapuh, tidak bersifat osteoinduktif, dan sifat mekanik rendah. Penyembuhan tulang pada kasus kerusakan tulang (*bone defect*) merupakan suatu proses yang kompleks dimana diperlukan adanya proses osteosis yaitu osteokonduksi dan osteoinduksi. Untuk meningkatkan proses osteosis pada penanganan kerusakan tulang diperlukan suatu bahan yang mempunyai sifat osteoinduksi pada hidroksiapatit yang akan bertindak sebagai perangsang pembentukan tulang baru. Salah satu bahan yang mempunyai sifat tersebut adalah kitosan (Darwis dan Warastuti, 2008).

Kitosan dengan sifatnya yang biokompatibel, toksisitas rendah, dan antibakteri menjadikan kitosan memenuhi persyaratan untuk digunakan sebagai pengganti tulang (Sugita dkk., 2009). Kitosan dapat didegradasi oleh enzim dalam tubuh manusia dan hasil degradasinya tidak beracun (Kumar *et al.*, 2004). Kitosan akan terdegradasi membentuk pori dan memberi ruang untuk pertumbuhan tulang baru dan kemudian digantikan dengan tulang baru (Istifarah, 2012). Berdasarkan penelitian Dianawati (2013) komposit HAp-kitosan dapat dimanfaatkan sebagai bahan tulang sintetik pada implantasi tulang. Dalam implantasi tulang perlu diperhatikan kekuatan tulang sintetik yang dibuat. Dari hasil penelitian Dianawati (2013) yang melakukan pengujian kekerasan terhadap komposit HAp-kitosan, didapatkan tingkat kekerasan yang paling tinggi pada variasi komposit 90 : 10 dan 80 : 20.

Kualitas hidroksiapatit yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh derajat kristalinitasnya. Semakin tinggi temperatur kalsinasi dan waktu kalsinasi maka derajat kristalinitas dari hidroksiapatit yang dihasilkan akan semakin tinggi (Pang and Bao, 2003). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Tolouei *et al* (2011) bahwa sintesis hidroksiapatit dipengaruhi oleh temperatur, semakin besar temperatur maka semakin rapat dan kuat struktur hidroksiapatit tetapi pada temperatur yang terlalu tinggi akan terjadi kerusakan stuktur hidroksiapatit. Waktu kalsinasi juga memberikan pengaruh pada sifat mekanik. Dengan semakin tingginya derajat kristalinitas hidroksiapatit, maka semakin besar pula nilai kekerasan dari hidroksiapatit (Septiani dkk., 2014).

Pada penelitian ini dipelajari sintesis hidroksiapatit dari tulang ikan gabus yang dikomposit dengan penambahan kitosan. Kualitas hidroksiapatit yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh temperatur dan waktu kalsinasi. Hidroksiapatit hasil sintesis dikarakterisasi dengan Spektrometer XRD (*X-Ray Diffraction*) untuk menentukan kristalinitas dan SEM-EDS (*Scanning Electron Microscope – Energy Dispersive Spectroscopy*) untuk mengamati morfologi dari permukaan hidroksiapatit dan mengamati elemen yang terkandung dalam hidroksiapatit. Hasil karakterisasi yang menunjukkan kondisi terbaik digunakan untuk mensintesis komposit HAp-Kitosan. Penambahan kitosan diharapkan dapat mengatasi sifat mekanik hidroksiapatit tersebut. Oleh sebab itu, pada penelitian ini dilakukan pengujian terhadap pengaruh temperatur dan waktu kalsinasi pada sintesis hidroksiapatit serta dilakukannya pengujian mekanik terhadap komposit HAp-kitosan. Hal ini dilakukan untuk memperoleh kondisi terbaik dalam mensintesis hidroksiapatit. Sehingga variabel penelitian ini meliputi variasi temperatur 500°C, 600°C, 700°C, 800°C, dan 900°C, waktu kalsinasi pada 1, 2, 3, dan 4 jam, dan variasi HAp-kitosan (90 : 10), (80 : 20), (70 : 30), (60 : 40), (50 : 50).

1.2 Rumusan Masalah

Tulang ikan gabus merupakan sumber kalsium yang memiliki potensi sebagai bahan utama pembuatan hidroksiapatit. Sintesis hidroksiapatit dapat dilakukan dengan metode presipitasi dan dilanjutkan dengan pemanasan pada temperatur yang tinggi. Struktur hidroksiapatit yang diperoleh sangat dipengaruhi oleh temperatur dan waktu kalsinasi. Hasil sintesis hidroksiapatit yang terbaik ditambahkan dengan kitosan membentuk komposit HAp-kitosan untuk mengatasi masalah sifat mekanik hidroksiapatit yang rendah. Oleh sebab itu, rumusan masalah dari penelitian ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh temperatur dan waktu kalsinasi pada sintesis hidroksiapatit terhadap kristalinitas hidroksiapatit yang diperoleh?
2. Bagaimana morfologi dari hidroksiapatit yang diperoleh dan elemen apa yang terkandung didalamnya?
3. Bagaimana pengaruh penambahan kitosan terhadap sifat mekanik hidroksiapatit dalam pembentukan komposit HAp-kitosan?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan Penelitian ini adalah :

1. Menentukan pengaruh temperatur dan waktu kalsinasi pada sintesis hidroksiapatit terhadap kristalinitas hidroksiapatit yang diperoleh.
2. Menentukan morfologi dari hidroksiapatit yang diperoleh dan mengetahui elemen yang terkandung didalamnya.
3. Menentukan pengaruh penambahan kitosan terhadap sifat mekanik hidroksiapatit dalam pembentukan komposit HAp-kitosan.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini memiliki manfaat yaitu memperoleh sumber kalsium alami yang berasal dari tulang ikan gabus (*Channa striata*) yang dapat digunakan dalam pembuatan hidroksiapatit dan juga pengembangan ilmu pengetahuan, karena hidroksiapatit dapat digunakan dalam bidang biomedis/biokeramik untuk merekonstruksi tulang atau penggantian tulang yang rusak dan sekaligus meningkatkan nilai ekonomis terhadap limbah tulang ikan gabus. Serta dapat meningkatkan sifat mekanik hidroksiapatit dari tulang ikan gabus dengan penambahan kitosan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M dan Khairurrijal. 2009. Karakterisasi Nanomaterial. *Jurnal Nanosains dan Nanoteknologi*. 2(1): 1-9.
- Afrizal dan Gunawarman. 2016. Analisa Struktur Mikro Material Substitusi Hidroksiapatit Cangkang Kerang Darah dan Resin Akrilik Bahan Pembuat Gigi untuk Aplikasi Gigi Tiruan. *Surya Teknika*. 1(4): 1-9.
- Agustina, S., Swantara, I.M.D., dan Suartha, I.N. 2015. Isolasi Kitin, Karakterisasi, dan Sintesis Kitosan dari Kulit Udang. *Jurnal Kimia*. 9(2): 271-278.
- Akram, M., Ahmed, R., Shakir, I., Aini, W., Ibrahim, W., and Hussain, R. 2013. Extracting Hydroxyapatite and Its Precursors from Natural Resources. *Journal of Material Science*. 49(4): 1461-1475.
- Anshori, J.A. 2005. *Spektrometri Serapan Atom*. Bandung: Universitas Padjadjaran.
- Astuti dan Ningsi, S. 2017. Sintesis dan Karakterisasi Nanopartikel Titanium Dioksida (TiO₂) Menggunakan Metode Sonokimia. *Jurnal Ilmu Fisika (JIF)*. 9(1): 26-32.
- Badan Standarisasi Nasional. 1992. SNI 01-3158-1992. *Tepung Tulang untuk Bahan Baku Makanan Ternak*.
- Badan Standarisasi Nasional. 2005. SNI 06-6989.56-2005. *Cara Uji Kadar Kalsium (Ca) dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)*.
- Bang, L.T., Ramesh, S., Purbolaksono, J., Ching, Y.C., Long, B.D., Chandran, H., and Othman, R. 2015. Effects of Silicate and Carbonate Substitution on the Properties of Hydroxyapatite Prepared by Aqueous Co-Precipitation Method. *Materials and Design*. 87(2015): 788-796.
- Cahyanto, A., Kosasih, E., Aripin, D., and Hasratiningsih, Z. 2016. Fabrication of Hydroxyapatite from Fish Bones Waste Using Reflux Method. *Material Science and Engineering*. 172(2017): 1-5.
- Cai, X., Tong, H., Shen, X., Chen, W., Yan, J., and Hu, J. 2009. Preparation and Characterization of Homogeneous Chitosan-Polylactic Acid/Hydroxyapatite Nanocomposite for Bone Tissue Engineering and Evaluation of Its Mechanical Properties. *Acta Biomaterialia*. 5(2009): 2693-2703.
- Chen, F., Wang, Z.C., and Lin, C.J. 2002. Preparation and Characterization of Nano-Sized Hydroxyapatite Particles and Hydroxyapatite/Chitosan Nano-

- Composite for Use in Biomedical Materials. *Materials Letters*. 57(2002): 858-861.
- Corami, W., Forsyth, J.B., Paster, S., and Effenberger, H. 2006. The Antiferromagnetic Structure of Triclinic Copper (II) Phosphate. *Journal of Physics*. 2(6): 10-30.
- Cucikodana, Y., Supriadi, A., dan Purwanto, B. 2012. Pengaruh Perbedaan Suhu Perebusan dan Konsentrasi NaOH Terhadap Kualitas Bubuk Tulang Ikan Gabus (*Channa striata*). *Fishtech*. 1(1): 91-101.
- Cullity, B.D and Stock, S.R. 2001. *Element of X-Ray Diffraction*. New Jersey: Prentice Hall.
- Cunniffe, G.M., Obrian, F.J., Partap, S., Levingstone, T.J., Stanton, K.T., and Dickson, G.R. 2010. The Synthesis and Characterization of Nanophase Hydroxyapatite Using a Novel Dispersant-Aided Precipitation Method. *J Biomed Mat Resch*. 95(4): 1142-1149.
- Darmawan., Warastuti, Y., dan Budianto, E. 2015. Sintesis dan Karakterisasi Membran Komposit Hidroksiapatit Tulang Sapi-Khitosan-Poli(Vinil Alkohol) untuk Aplikasi Biomaterial. *Jurnal Sains Materi Indonesia*. 16(2): 83-90.
- Darwis, D dan Warastuti, Y. 2008. Sintesis dan Karakterisasi Komposit Hidroksiapatit (HA) Sebagai Graft Tulang Sintetik. *Jurnal Ilmiah Aplikasi Isotop dan Radiasi*. 4(2): 143-153.
- Dianawati, T. 2013. Sintesis Komposit Hidroksiapatit dengan Variasi 10-50% Kitosan. *Skripsi*. Bogor: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor.
- Dieter, J.R and George, E. 1961. *Mechanical Metallurgy*. America: McGraw-Hill Book Company.
- Ferazuma, H., Marliyati, S.A., dan Amalia, L. 2011. Substitusi Tepung Kepala Ikan Lele Dumbo (*Clarias Gariepinus sp*) Meningkatkan Kandungan Kalsium Crackers. *Jurnal Gizi dan Pangan*. 6(1): 18-27.
- Ficai, A., Andronescu, E., Voicu, G., and Ficai, D. 2011. *Advances in Composite Materials for Medicine and Nanotechnology*. Romania: Politehnica University of Bucharest Romania.
- Ghahremani, D., Mobasherpour, I., Salahi, E., Ebrahimi, M., Manafi, S., and Keramatpour, L. 2012. Potential of Nano Crystalline Calcium Hydroxyapatite

- for Tin (II) Removal from Aqueous Solutions: Equilibria and Kinetic Processes. *Arabian Journal of Chemistry*. 3(1): 122-130.
- Gintu, A.R., Salenussa, M.W., dan Hartini, S. 2017. *Karakterisasi Fisikokimia Biokeramik Campuran Hidroksiapatit (HAp)-Kitosan*. Prosiding Seminar Sains & Entrepreneurship IV. Jawa Tengah: Universitas Kristen Satya Wacana.
- Gupta, K.C and Ravikumar, M.N.V. 2001. pH Dependant Hydrolysis and Release Behavior Of Chitosan/Poly Ethylene Glycol Polymer Network Microspheres. *Journal Material Science: Material Medical*. 12(2001): 753–759.
- Hanke, L.D. 2001. *Handbook of Analytical Methods for Materials*. Plymouth: Materials Evaluation and Engineering Inc.
- Hu, Q., Li, B., Wang, M., and Shen, J. 2003. Preparation and Characterization of Biodegradable Chitosan/Hydroxyapatite Nanocomposite Rods Via in Situ Hybridization: a Potential Material as Internal Fixation of Bone Fracture. *Biomaterials*. 25(2004): 779-785.
- Hui, P., Meena, S.L., Singh, G., Agarawal, R.D., and Prakash, S. 2010. Synthesis of Hydroxyapatite Bio-Ceramic Powder by Hydrothermal Method. *Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering*. 9(8): 683-692.
- Istifarah. 2012. Sintesis dan Karakterisasi Komposit Hidroksiapatit dari Tulang Sotong (*Sepia Sp.*)-Kitosan untuk Kandidat Aplikasi *Bone Filler*. *Skripsi*. Surabaya: Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga.
- Jamarun, N., Elfina, S., Arief, S., Djamaan, A., and Mufitra. 2016. Hydroxyapatite Material: Synthesis by Using Precipitation Method from Limestone. *Der Pharma Chemica*. 8(13): 302-306.
- Jiancong, H., Shanggui, D., Chao, X., and Guozhong, T. 2010. Preparation and Biological Efficacy of Haddock Bone Calcium Tablets. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*. 28(2): 371-378.
- Jung, A.S., Jung, Y.C., Sung, T.K., Chang, S.K., Yong, K.L., Kyoo, S.C., Jung, K.C., Chong, K.K., and Seong, H.C. 2009. The Effects of Hydroxyapatite-Chitosan Membrane on Bone Regeneration in Rat Calvarial Defects. *Journal Korean Academy Periodontal*. 39(2009): 213-222.
- Kean, T and Thanou, M. 2010. Biodegradation, Biodistribution and Toxicity of Chitosan. *Advanced Drug Delivery Reviews*. 62(2010): 3-11.
- Kieswetter, K., Bauer, T.W., Brown, S.A., Lente, F.V., and Merritt, K. 1994. Characterization of Calcium Phosphate Powders by ESCA and EDXA.

- Journal Biomaterials*. 15(3): 183-188.
- Kousalya, G.N., Ghandi, M.R., Sundaram, C.S., and Meenakshi, S. 2010. Synthesis of Nano-Hydroxyapatite Chitin/Chitosan Hybrid Biocomposites for the Removal of Fe(III). *Carbohydrate Polymers*. 82(3): 594-599.
- Kumar, M.N., Muzzarelli, R.A., Muzzarelli, C., Sashiwa, H., and Domb, A.J. 2004. Chitosan Chemistry and Pharmaceutical Perspective. *Chem Kev*. 104(12): 6017-6084.
- Kusrini, E and Sontang, M. 2012. Characterization of X-Ray Diffraction and Electron Spin Resonance: Effects of Sintering Time and Temperature on Bovine Hydroxyapatite. *Rad. Physical and Chem*. 81(2): 118-125.
- Lekahena, V., Faridah, D.N., Syarief, R., dan Peranginangin, R. 2014. Karakterisasi Fisikokimia Nanokalsium Hasil Ekstraksi Tulang Ikan Nila Menggunakan Larutan Basa dan Asam. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*. 25(1): 57-64.
- Lesbani, A., Sitompul, S.O.C., Mohadi, R., and Hidayati, N. 2016. Characterization and Utilization of Calcium Oxide (CaO) Thermally Decomposed from Fish Bones as a Catalyst in the Production of Biodiesel from Waste Cooking Oil. *Makara Journal Technology*. 20(3): 121:126.
- Li, X., Nan, K., Shi, S., and Chen, H. 2011. Preparation and Characterization of Nanohydroxyapatite/Chitosan Cross-Linking Composite Membrane Intended for Tissue Engineering. *International Journal of Biological Macromolecules*. 50(2012): 43-49.
- Listyanto, N dan Andriyanto, S. 2009. Ikan Gabus (*Channa Striata*) Manfaat Pengembangan dan Alternatif Teknik Budidayanya. *Media Akuakultur*. 4(1): 18-25.
- Maharani, E.T.W dan Purnomo. 2014. *Struktur Mikro Komposit Hydroxyapatit/Kitosan Yang Diinfiltrasi Cyanoacrylate*. Semarang: Universitas Muhammadiyah.
- Manafi, S.A and Jougehhdoust, S. 2009. Synthesis of Hydroxyapatite Nanostructure by Hydrothermal Condition for Biomedical Application. *Iran J Pharm Res*. 5(2): 89-94.
- Miller, J.N and Miller, J.C. 2005. *Statistics and Chemometrics for Analytical Chemistry Fifth Edition*. Harlow: Pearson Education.
- Mohamed, K.R., Beherei, H.H., and El-Rashidy, Z.M. 2013. In Vitro Study of Nanohydroxyapatite/Chitosan-gelatin Composites for Bio-applications.

- Journal of Advanced Research*. 5(2014): 201-208.
- Muliati. 2016. Sintesis dan Karakterisasi Hidroksiapatit dari Tulang Ikan Tuna (*Thunus Sp*) dengan Metode Sol-Gel. *Skripsi*. Makassar: Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.
- Mundargi, R.C., Ng, X.W., and Venkatraman, S.S. 2015. *Nanomedicine: Size-Related Drug Delivery Applications, Including Periodontics and Endodontics*. New York: Springer International.
- Nasab, M.B and Hassan M.R. 2010. Metallic Biomaterials of Knee and Hip – a Review. *Trends Biomater, Artif, Organs*. 24(1): 69-82.
- Nayak, K.A. 2010. Hydroxyapatite Synthesis Methodologies: an Overview. *International Journal Chem Tech Research*. 2 (2): 903-907.
- Nazar, J. 2008. Tulang: Tinjauan Dari Sudut Pandang Fisika. *Majalah Kedokteran Andalan*. 32(2): 127-134.
- Noerjannah, L.I., Hartatiek., dan Mufti, N. 2015. *Pengaruh Komposisi Terhadap Densitas dan Kekerasan Nanokomposit Hidroksiapatit-Polietilen Glikol*. Malang: Universitas Negeri Malang.
- Nurlaela, A., Dewi, S.U., Dahlan, K., dan Soejoko, D.S. 2014. Pemanfaatan Limbah Cangkang Telur Ayam dan Bebek Sebagai Sumber Kalsium untuk Sintesis Mineral Tulang. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*. 10(2014): 81-85.
- Ozawa, M and Satake, K. 2004. The Effect of Heat Treatment on Aqueous Copper Removal Property of Fish Bone Waste-Originated Ceramic. *Journal of the Ceramic Society of Japan*. 112(5): 1398-1401.
- Pallela, R., Venkatesan, J., and Kim, S.K. 2011. Polymer Assisted Isolation of Hydroxyapatite from Thunnus Obesus Bone. *Journal Ceramics International*. 37(2011): 3489-3497.
- Pang, Y.X and Bao, X. 2003. Influence of Temperature, Ripening Time and Calcination on the Morphology and Cristallinity of Hydroxiapatite Nanoparticles. *Journal of the European Ceramic Society*. 23(2003): 1697-1704.
- Pankaew, P., Hoonnivathana, E., Limsuwan, P., and Naemchanthara, K. 2010. Temperature Effect on Calcium Phospate Synthesized from Chicken Eggshells and Ammonium Phospate. *Journal of Applied Sciences*. 10(24): 3337-3342.

- Purwasasmita, B.S dan Gultom, R.S. 2008. Sintesis dan Karakterisasi Serbuk Hidroksiapatit Skala Sub-Mikron Menggunakan Metode Presipitasi. *Jurnal Bionatura*. 10(2): 155-167.
- Putra, M.R.A., Nopianti, R., dan Herpandi. 2015. Fortifikasi Tepung Tulang Ikan Gabus (*Channa striata*) pada Kerupuk Sebagai Sumber Kalsium. *Fishtech - Jurnal Teknologi Hasil Perikanan*. 4(2): 128-139.
- Rahmah, J., Hikmawati, D., dan Siswanto. 2013. *Pengaruh Variasi Lama Waktu Pengadukan pada Komposit Gelatin-Hidroksiapatit Bergentamisin Sebagai Bahan Implan Tulang*. Surabaya: Universitas Airlangga.
- Ramli, R.A., Adnan, R., Bakar, M.A., and Masudi S.M. 2011. Synthesis and Characterisation of Pure Nanoporous Hydroxyapatite. *Journal of Physical Science*. 22(1): 25-37.
- Rudyardjo, D.I. 2012. *Pengukuran Compressive Strength Benda Padat*. Surabaya: Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga.
- Saeri, M.R., Afshar, A., Ghorbani, M., Ehsani, N., and Sorrell, C.C. 2003. The Wet Precipitation Process of Hydroxyapatite. *Materials Letters*. 57(2003): 4064-4069.
- Sari, N.K. 2010. *Analisa Instrumentasi*. Surabaya: Yayasan Humaniora.
- Septiani, L., Yudyanto., dan Hartatiek. 2014. Pengaruh Lama Maturasi Terhadap Derajat Kristalinitas dan Kekerasan (*Hardness*) Nano-Hidroksiapatit dari Calcite Druju Malang. *Skripsi*. Malang: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Malang.
- Sugita, P., Wukirsari, T., Sjahriza, A., dan Wahyono, D. 2009. *Kitosan Sumber Biomaterial Masa Depan*. Bogor: IPB Press
- Suryadi. 2011. Sintesis dan Karakterisasi Biomaterial Hidroksiapatit dengan Proses Pengendapan Kimia Basah. *Skripsi*. Depok: Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.
- Thamaraiselvi, T.V., Prabakaran, K., and Rajeswari, S. 2006. Synthesis of Hydroxyapatite That Mimic Bone Mineralogy. *Trends Biomater Artif Organs*. 19(2): 81-83.
- Tiandho, Y. 2017. Analisis Kuantitatif Pori Berdasarkan Pengolahan Citra Menggunakan Wolfram Mathematica. *Jurnal Ilmu Komputer*. 4(1): 15-23.
- Tolouei, R., Ramesh, S., Tan, C.Y., Amirian, M., and Teng, W.D. 2011. Sintering Effect on the Densification of Nanocrystalline Hydroxyapatite.

- International Journal of Automotive and Mechanical Engineering*. 3(2011): 249-255.
- Venkatesan, J and Kim, S.K. 2010. Effect of Temperature on Isolation and Characterization of Hydroxyapatite from Tuna (*Thunnus Bone*) Bone. *Journal Materials*. 3(2010): 4761-4772.
- Vlack, V. 1995. *Ilmu dan Teknologi Bahan*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Wahdah, I., Wardhani, S., dan Darjito. 2014. Sintesis Hidroksiapatit dari Tulang Sapi dengan Metode Basah-Pengendapan. *Kimia Student Journal*. 1(1): 92-97.
- Warastuti, Y dan Abbas, B. 2011. Sintesis dan Karakterisasi Pasta Injectable Bone Substitute Iradiasi Berbasis Hidroksiapatit. *Jurnal Ilmiah Aplikasi Isotop dan Radiasi*. 7(2): 73-95.
- Wardani, D.P., Liviawaty, E., dan Junianto. 2012. Fortifikasi Tepung Tulang Tuna Sebagai Sumber Kalsium Terhadap Tingkat Kesukaan Donat. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*. 3(4): 41-50.
- Winarna., Sikanna, R., dan Musafira. 2015. Analisis Kandungan Timbal pada Buah Apel (*Pyrus Malus. L*) yang Dipajangkan Dipinggir Jalan Kota Palu Menggunakan Metode Spektrofotometri Serapan Atom. *Online Journal of Natural Science*. 4(1): 32-45.
- Windarti, T. 2017. *Studi Kemungkinan Penggunaan Hidroksiapatit Hasil Metode Presipitasi Kimia Sebagai Material Implan Tulang*. Semarang: Universitas Diponogoro.
- Xu, C., He, D., Zeng, L., and Luo, S. 2009. A Study of Adsorption Behavior of Human Serum Albumin and Ovalbumin on Hydroxyapatite/Chitosan Composite. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*. 73(2): 360-364.
- Yuliana, R., Rahim, E.A., dan Hardi, J. 2017. Sintesis Hidroksiapatit dari Tulang Sapi dengan Metode Basah pada Berbagai Waktu Pengadukan dan Suhu Sintering. *Jurnal Kovalen*. 3(3): 201-210.
- Yulisman, M., Fitriani, D., dan Jubaedah. 2012. Peningkatan Pertumbuhan dan Efisien Pakan Ikan Gabus (*Channa striata*) Melalui Optimasi Kandungan Protein dalam Pakan. *Berkala Perikanan Terubuk*. 40(2): 47-55.