

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI HIDROKSIAPATIT DARI  
CANGKANG TELUR AYAM DAN PENGARUH PENAMBAHAN  
ALUMINA (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) TERHADAP SIFAT MEKANIK HIDROKSIAPATIT**

**SKRIPSI**

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



**KHOIRUL MIYAH**

**08031181419063**

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

**2018**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI HIDROKSIAPATIT DARI  
CANGKANG TELUR AYAM DAN PENGARUH PENAMBAHAN  
ALUMINA (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) TERHADAP SIFAT MEKANIK HIDROKSIAPATIT**

**SKRIPSI**

Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Sains Bidang Studi Kimia

Oleh:

**KHOIRUL MIYAH**

**08031181419063**

Indralaya, Juli 2018

**Pembimbing I**



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

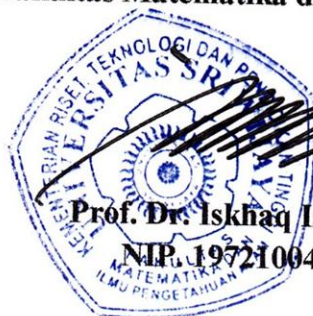
**Pembimbing II**



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

**Mengetahui,**

**Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**Prof. Dr. Iskhaq Iskandar, M.Sc**  
**NIP. 197210041997021001**

## HALAMAN PERSETUJUAN

Karya Tulis Ilmiah berupa skripsi ini dengan judul “Sintesis dan Karakterisasi Hidroksiapatit dari Cangkang Telur Ayam dan Pengaruh Penambahan Alumina ( $Al_2O_3$ ) Terhadap Sifat Mekanik Hidroksiapatit” telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Ilmiah Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada tanggal 06 Juni 2018 dan telah diperbaiki, diperiksa, serta disetujui sesuai masukan yang diberikan.

Indralaya, Juli 2018

### Ketua :

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

(  )

### Anggota :

2. **Nova Yuliasari, M.Si**  
NIP. 197307261999032001
3. **Dr. Ferlinahayati, M.Si**  
NIP. 197402052000032001
4. **Dr. Bambang Yudono, M.Sc**  
NIP. 1961020719890310014
5. **Drs. Almunadi T. Panagan, M.Si**  
NIP. 196011081994021001

(  )

(  )

(  )

(  )

Mengetahui,

**Dekan FMIPA**

  
**Prof. Dr. Iskhaq Iskandar, M.Sc**  
NIP. 197210041997021001

**Ketua Jurusan Kimia**

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

## PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama mahasiswa : Khoirul Miyah  
NIM : 08031181419063  
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, Juli 2018

Penulis,



Khoirul Miyah  
NIM. 08031181419063

## HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama Mahasiswa : Khoirul Miyah  
NIM : 08031181419063  
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 Cangkang Telur Ayam dan Pengaruh Penambahan Alumina ( $Al_2O_3$ ) 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, Juli 2018

Yang menyatakan,



Khoirul Miyah  
NIM. 08031181419063

## HALAMAN PERSEMBAHAN

*"Jangan mengharapkan kebaikan dari orang yang tidak mengharapkan kebaikan kita, karena kebaikan yang nyata berasal dari hati yang ikhlas"*

*"Bila hidup ini bagaikan berlayar maka lawanlah kerasnya kehidupan dan badai masalah dengan ikhtiar dan doa, terus semangat dan penuh percaya, semua sudah tertulis di lauhul mahfudz"*

*"Jadikanlah syukur dan ridho sebagai jalan hidupmu" (Dr. Syaikh al Ma'sarawy)*

*"Semoga lelah dalam menuntut ilmu menjadi lelah yang di sukai ALLAH SWT. Dan masalah yang terjadi menjadikan kita bersabar, aku percaya takdir ALLAH pasti yang terbaik, kun fayakun"*

*"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)*

**Skripsi ini sebagai tanda syukur ku kepada:**

- ◆ Allah SWT
- ◆ Nabi Muhammad SAW

**Dan kupersembahkan kepada :**

- 1. Orang tuaku ayahku (Alm), Ibuku, mamasku, adikku dan keluarga besarku 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 & Nova Yuliasari, M.Si).**
- 4. Pembimbing Akademik (Nurlisa Hidayati, M.Si).**
- 5. Seluruh dosen Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.**
- 6. Sahabat-sahabatku tercinta.**
- 7. Almamaterku (Universitas Sriwijaya).**

## KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim

Alhamdulillah, Puji syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan segala nikmat dan rahmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Sintesis dan Karakterisasi Hidroksiapatit dari Cangkang Telur Ayam dan Pengaruh Penambahan Alumina ( $Al_2O_3$ ) Terhadap Sifat Mekanik Hidroksiapatit”. Skripsi ini di susun sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Sains pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Jurusan Kimia Universitas Sriwijaya.

Penyelesaian skripsi ini penulis menyadari banyak pihak yang telah membantu. Pada kesempatan ini penulis menyampaikan banyak terima kasih yang sebesar-besarnya kepada **Ibu Dr. Poedji Loekitowati H, M.Si** selaku pembimbing utama dan **Ibu Nova Yuliasari, M.Si** selaku pembimbing pendamping yang telah memberikan ilmu, bimbingan, dukungan, nasihat serta motivasi kepada penulis, semoga ibu berkah umur dan berkah sehatnya dan sukses selalu. Selain itu, penulis juga mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan nikmat-Nya yang begitu besar. Terima kasih atas segalanya.
2. Bapak Prof. Dr. Iskhaq Iskandar, M.Sc selaku Dekan FMIPA, 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 Dr. Bambang Yudono, M.Sc , bapak Drs. Almunadi T. Panagan, M.Si dan Ibu Dr. Ferlinahayati, M.Si, selaku pembahas skripsi. Terimakasih atas saran dan masukannya yang sangat membantu.
6. Ibu Nurlisa Hidayati, M. Si selaku pembimbing akademik yang telah memberikan bimbingan, semangat, motivasi serta dukungan kepada penulis.
7. Ibu Dr. Ferlinahayati, M.Si selaku Koordinator Seminar yang membantu dalam segala hal dalam pengurusan jadwal.

8. Dosen staf pengajar jurusan kimia yang telah banyak memberikan ilmu yang bermanfaat, analis kimia (Yuk Nur, Yuk Niar dan Bu Yanti) dan karyawan Jurusan Kimia FMIPA UNSRI, semoga sehat selalu.
9. Mbak Novi dan Kak Iin sebagai administrator di jurusan yang selalu memberikan pelayanan terbaik.
10. Kedua orangtuaku bapakku (Mihazul Adkia (Alm) dan mamakku (Sulastin) yang sangat saya sayangi. Terima kasih untuk ibuku atas doa yang tulus, dukungan moril dan materil, semangat, nasihat, didikan, serta kepercayaan yang sangat luar biasa untukku. Mamakku adalah pejuang yang sangat tangguh dan luar biasa, beliau menjadi ibu sekaligus ayah untuk anak-anaknya. Terima kasih telah mengajarkan penulis bagaimana harus berjuang mendapatkan sesuatu. Pencapaian ini semata-mata hanya untuk kebahagiaan keluargaku.
11. Saudaraku Mamas (M. Fuad Khasan, Eko Wahyudi) dan adikku (Nurul Laily) yang saya sayangi. Terima kasih telah hadir menjadi saudara-saudaraku, terima kasih untuk waktu yang kita lalui bersama, terima kasih untuk dukungan, nasihat, semangat, dan doa yang tulus. Mas Khasan yang tak henti-henti memberiku nasihat dan materil yang begitu luar biasa. Semoga kita selalu dalam kebahagiaan dan bisa membahagiakan serta membanggakan mamak.
12. S.Si halal (Geget, Ninun, Mira, Uswatun, Kiki, Anisa, Della, Yunita, Galuh, dan Aria), terima kasih telah menjadikan suasana kampus menjadi lebih berwarna. Kalian sahabat sekaligus keluarga di kampus yang telah ada dalam suka dan duka, mengingatkanku ke dalam kebaikan, mengajari pelajaran yang belum dimengerti. Semoga kita dipertemukan kembali, aku sayang kalian.
13. Analisa squad (Ninun, Mira, Uswatun, Kiki, Anisa, Aria), partner terbaik dalam penelitian. Walaupun beda pendapat, saling berebut dan salah paham itu semua kita jalani di laboratorium dengan baik. Maafkan diriku jika punya salah dan menyakiti kalian. Aku sayang kalian. Semangat mengejar cita-cita, terus berjuang dan jangan melupakanku yaaa,,,
14. Toa' Rombeng (Dilahtun, Bro Natly, Bro Nindi, Bro puspa, Sesek Sukaisi, Istiqomah) kalian luar biasa. Terima kasih sudah menjadi sahabat dan keluarga di tanah rantau Layo dalam suka dan duka. Walaupun kita beda suku, bahasa tapi kita tetap satu jua. Semoga kita tetap solid selamanya, dan dipertemukan



kembali di saat kita sukses. Jangan lupakan diriku, ingatlah dalam setiap doa kalian. Terus berjuang mengejar cita-cita kawan, aku sayang kalian.

15. The Kost (Dilahtun dan Bro Nat), terima kasih selama ini telah mewarnai hari-hariku dengan tawa kalian. Terima kasih juga dalam kebersamaan selama ini dalam suka dan duka. Maafkan bila ada kesalahpahaman. Bila kelak kita hidup dalam rumah yang berbeda, kunjungi aku sebagai teman yang baik yang pernah hidup seataap bersama kalian. Terus berjuang mengejar cita-cita kawan. Buat desi rom thanks sudah membawakan makanan setiap maen ke the kost. Love u
16. Sahabat MIKI 2014 (yuriska, yunita, wini, winda, vrysa, uswah, ulfa, tri, tirta, sari, Sandra, rio, rona, robi, riza, riska, retno, resta, ratih, putri A, putri ag, pika, yuni, ninu, najmatul, nafiul, mira, mia, mei, mika, maulid, marini, lulu, cia, lisana, lisa sri, lavini, leni, ikhsan, hensan, hengki, hani, getari, galuh, firda, faisal, musda, kiki, elda, eka, dwi, dewi, della, claudia k, claudia n, bella, ayu, ariyanti, aria, afeh, anisa dzul, anisa rahma, afifah, ade, aan) terima kasih atas kebersamaan kalian selama perkuliahan. *See you next time* guys,,,,,
17. Kakak–kakak MIKI 2012 dan 2013 yang selalu menginspirasi, membimbing kami tentang kehidupan kampus sejak pertama masuk UNSRI.
18. Adik-adik MIKI 2015, 2016, dan 2017 semangat terus dan semoga cepat menyusul. Aamiin.
19. Teman-teman SD sampai MA, semoga kalian sehat dan sukses selalu.
20. Semua pihak yang terlibat dalam penulisan skripsi ini, semoga kalian berada dalam lindunganNya. Aamiin.

Demikianlah skripsi ini penulis persembahkan, sebagai sebuah karya yang diharapkan dapat bermanfaat bagi kita semua. Penulis menyadari bahwa penyajian skripsi ini jauh dari sempurna, penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari pembaca sehingga skripsi ini menjadi lebih sempurna.

Indralaya, Juli 2018

Penulis

## SUMMARY

### **SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF HYDROXYAPATITE FROM CHICKEN EGG SHELL AND THE EFFECT OF ALUMINA (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) ADDITION ON HYDROXYAPATITE MECHANICAL PROPERTIES**

Scientific writing in the form of skripsi, Juli 2018  
xviii + 92 pages, 9 tables, 14 figures, 23 appendices

Khoirul Miyah : Supervised by Dr. Poedji Loekitowati H, M.Si and Nova Yuliasari, M.Si.

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

This research about synthesis and characterization of hydroxyapatite (HAp) from chicken egg shells and the effect of alumina addition (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) on hydroxyapatite mechanical properties has been done. This research aimed to determine the effect of temperature and calcination time on hydroxyapatite synthesis and the effect of alumina addition on the mechanical properties of hydroxyapatite. Synthesis of hydroxyapatite used sol gel method. The synthesis of hydroxyapatite was carried out with precursor 80% H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, 96% ethanol, and was composited with alumina and gelatin 10%. The precipitated HAp was calcined with varying on temperature 600°C, 700°C, 800°C, 900°C, dan 1000°C with calcination time 1, 2, 3, and 4 hours. The yield of HAp obtained from varying on temperature is 87.02%, 84.10%, 83.85%, 81.57%, 76.46% and calcination time is obtained 84.48%, 76.46%, 72.72%, dan 72.25%. Characterization of HAp crystalline structures was determined using XRD, characterization of HAp functional groups was determined using FTIR, characterization of mechanical properties for hardness was determined using microvickers hardness and compressive strength was determined using autograph. The XRD characterization results showed the optimum condition of HAp synthesis at 1000 °C for 2 hours. FTIR characterization results showed the functional groups OH<sup>-</sup> and PO<sub>4</sub><sup>2-</sup>. The result of characterization of mechanical properties showed that HAp-Alumina-Gelatin composite increased in hardness with the increasing of alumina concentration but decreased in compressive strength.

**Keywords** : Chicken Egg Shell, Hydroxyapatite, HAp-Alumina-Gelatin Composite, Mechanical Properties.

**Citations** : 85 (1961-2018)

## RINGKASAN

### **SINTESIS DAN KARAKTERISASI HIDROKSIAPATIT DARI CANGKANG TELUR AYAM DAN PENGARUH PENAMBAHAN ALUMINA (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) TERHADAP SIFAT MEKANIK HIDROKSIAPATIT**

Karya tulis ilmiah berupa skripsi, Juli 2018

xviii + 92 halaman, 9 tabel, 14 gambar, 23 lampiran

Khoirul Miyah: Dibimbing oleh Dr. Poedji Loekitowati H, M.Si dan Nova Yuliasari, M.Si.

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

Penelitian tentang sintesis dan karakterisasi hidroksiapatit (HAp) dari cangkang telur ayam dan pengaruh penambahan alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) terhadap sifat mekanik hidroksiapatit telah dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan pengaruh temperatur dan lama kalsinasi pada sintesis hidroksiapatit, dan menentukan pengaruh penambahan alumina terhadap sifat mekanik hidroksiapatit. Sintesis hidroksiapatit dilakukan dengan metode sol gel. Sintesis hidroksiapatit dilakukan dengan prekursor H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 80%, etanol 96%, dan dikompositkan dengan alumina dan gelatin 10%. Endapan HAp yang dihasilkan dikalsinasi dengan variasi temperatur 600°C, 700°C, 800°C, 900°C, dan 1000°C dengan waktu kalsinasi 1, 2, 3, dan 4 jam. Rendemen HAp yang di dapatkan dari variasi temperatur yaitu 87,02%, 84,10%, 83,85%, 81,57%, 76,46% dan waktu kalsinasi diperoleh 84,48%, 76,46%, 72,72%, dan 72,25%. Karakterisasi struktur kristal HAp menggunakan XRD, karakterisasi gugus fungsi HAp menggunakan FTIR, karakterisasi sifat mekanik untuk kekerasan menggunakan *microvickers hardness* dan kekuatan tekan ditentukan menggunakan *autograph*. Hasil karakterisasi XRD menunjukkan kondisi optimum sintesis HAp pada temperatur 1000°C selama 2 jam. Hasil karakterisasi FTIR pada HAp terdapat gugus fungsi yaitu OH<sup>-</sup> dan PO<sub>4</sub><sup>2-</sup>. Pada hasil karakterisasi sifat mekanik menunjukkan komposit HAp-Alumina-Gelatin mengalami peningkatan kekerasan dengan bertambahnya konsentrasi alumina namun terjadi penurunan pada kekuatan tekan.

**Kata Kunci** : Cangkang Telur Ayam, Hidroksiapatit, Komposit HAp-Alumina- Gelatin, Sifat Mekanik.

**Kutipan** : 85 (1961-2018)

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	iii
<b>PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH</b> .....	iv
<b>HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI</b> .....	v
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	vi
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vii
<b>SUMMARY</b> .....	x
<b>RINGKASAN</b> .....	xi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xv
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xvi
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xvii
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	3
1.3. Tujuan Penelitian .....	3
1.4. Manfaat Penelitian .....	3
<b>BAB II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1. Struktur Tulang .....	4
2.2. Senyawa Hidroksiapatit (HAp) .....	6
2.3. Kriteria dan Sifat Hidroksiapatit .....	8
2.4. Cangkang Telur .....	10
2.5. Sintesis Hidroksiapatit .....	11
2.6. Alumina .....	13
2.7. Komposit HAp-Alumina-Gelatin .....	14
2.8. Spektrofotometri Serapan Atom (AAS) .....	15
2.9. <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD) .....	17
2.10. <i>Fourier Transform Infrared (FTIR) Spectroscopy</i> .....	18

2.11. Metoda Pengujian Sifat Mekanik .....	19
2.11.1. Uji Kekerasan dan <i>Modulus Young</i> Menggunakan <i>Vickers Hardness</i> .....	19
2.11.2. Uji Kekuatan Tekan Menggunakan <i>Autograph</i> .....	21

### **BAB III. METODOLOGI PENELITIAN**

3.1. Waktu dan Tempat .....	22
3.2. Alat dan Bahan .....	22
3.2.1. Alat .....	22
3.2.2. Bahan .....	22
3.3. Prosedur Penelitian .....	22
3.3.1. Preparasi Cangkang Telur .....	22
3.3.2. Penentuan Kadar Kalsium dari Cangkang Telur .....	23
3.3.3. Pembuatan Larutan Standar Kalsium .....	23
3.3.3.1 Pembuatan Larutan Induk Kalsium (1000 ppm) .....	23
3.3.3.2 Pembuatan Larutan Baku Kalsium (100 ppm) .....	23
3.3.3.3 Pembuatan Larutan Baku Kalsium (50 ppm) .....	23
3.3.3.4 Pembuatan Larutan Standar Kalsium 0 - 5 ppm .....	23
3.3.4. Pembuatan Kurva Kalibrasi .....	24
3.3.5. Sintesis Hidroksiapatit .....	24
3.3.6. Variasi Temperatur Kalsinasi .....	24
3.3.7. Variasi Waktu Kalsinasi .....	24
3.3.8. Karakterisasi XRD .....	25
3.3.9. Karakterisasi dengan FTIR Spectroscopy .....	25
3.3.10. Sintesis Komposit Hidroksiapatit/Alumina (HAp/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) .....	25
3.3.11. Pengujian Sifat Mekanik .....	26
3.3.11.1. Uji Kekuatan Tekan ( <i>Compressive Strength</i> ) .....	26
3.3.11.2. Uji Kekerasan ( <i>Vickers Hardness</i> ) .....	26
3.4. Analisis Data .....	26

### **BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN**

4.1. Serbuk CaO pada Cangkang Telur Ayam .....	28
4.2. Hidroksiapatit [Ca <sub>10</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>6</sub> (OH) <sub>2</sub> ] Hasil Sintesis .....	30
4.2.1. Temperatur Kalsinasi .....	30

4.2.1.1. Rendemen Hidroksiapatit Variasi Temperatur Kalsinasi	30
4.2.1.2. Karakterisasi Hidroksiapatit menggunakan XRD pada Variasi Temperatur Kalsinasi.....	31
4.2.2. Lama Kalsinasi.....	33
4.2.2.1. Rendemen Hidroksiapatit Variasi Lama Kalsinasi .....	33
4.2.2.2. Karakterisasi Hidroksiapatit menggunakan XRD pada Variasi Lama Kalsinasi.....	34
4.3. Hasil Analisis Ukuran Kristal.....	35
4.4. Hasil Analisis FTIR Hidroksiapatit .....	37
4.5. Analisis Mekanik Komposit Hidroksiapatit-Alumina-Gelatin.....	38
4.5.1. Hasil Uji Kekerasan ( <i>microvickers Hardness</i> ) .....	39
4.5.2. Hasil Uji Kekuatan Tekan ( <i>Compressive Strength</i> ) .....	40
4.5.2. Hasil Uji <i>Modulus Young</i> .....	42
<b>BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1. Kesimpulan .....	43
5.2. Saran .....	43
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>44</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>52</b>
<b>DAFTAR RIWAYAT HIDUP .....</b>	<b>92</b>

## DAFTAR TABEL

	<b>Halaman</b>
Tabel 1. Karakteristik Biomekanik Tulang Sehat .....	5
Tabel 2. Sifat Mekanik Dentin dan Enamel.....	6
Tabel 3. Komposisi Nutrisi Cangkang Telur .....	10
Tabel 4. Hasil Rendemen Hidroksiapatit dari Variasi Temperatur Kalsinasi .....	31
Tabel 5. Puncak-Puncak Tertinggi dari Hasil Uji XRD Hidroksiapatit dengan Variasi Temperatur Kalsinasi .....	32
Tabel 6. Hasil rendemen Hidroksiapatit dari variasi lama kalsinasi .....	34
Tabel 7. Puncak-Puncak Tertinggi dari Hasil Uji XRD Hidroksiapatit dengan Variasi Lama Kalsinasi.....	35
Tabel 8. Perhitungan Ukuran Kristal HAp dari Hasil Uji XRD dengan Variasi Temperatur.....	36
Tabel 9. Perhitungan Ukuran Kristal HAp dari Hasil Uji XRD dengan Variasi Lama Kalsinasi .....	36

## DAFTAR GAMBAR

	<b>Halaman</b>
Gambar 1. Struktur Hidroksiapatit .....	7
Gambar 2. Struktur 3D Kristal Hidroksiapatit.....	8
Gambar 3. (a) Skema Uji Kekerasan (b) Bentuk indentor Vickers .....	20
Gambar 4. Skema Uji Kekuatan Tekan .....	21
Gambar 5. Serbuk (a) Cangkang Telur Ayam, (b) CaO .....	28
Gambar 6. Pola difraktogram serbuk CaO dari cangkang telur.....	29
Gambar 7. Serbuk Hidroksiapatit .....	30
Gambar 8. Difraktogram Hasil Uji XRD pada Temperatur Kalsinasi.....	32
Gambar 9. Difraktogram Hasil Uji XRD pada Lama Kalsinasi .....	34
Gambar 10. Spektrum FTIR Hidroksiapatit.....	38
Gambar 11. Komposit HAp-Alumina-Gelatin .....	38
Gambar 12. Grafik Hasil Uji Kekerasan Sampel.....	40
Gambar 13. Grafik Hasil Uji Kekuatan Tekan Sampel .....	41
Gambar 14. Grafik Hasil Uji <i>Modulus Young</i> .....	42



## DAFTAR LAMPIRAN

	<b>Halaman</b>
Lampiran 1. Skema Kerja Penelitian .....	53
Lampiran 2. Kurva Kalibrasi.....	54
Lampiran 3. Data Perhitungan Kadar Kalsium pada Serbuk CaO Cangkang Telur Ayam.....	56
Lampiran 4. Data Perhitungan Kadar Kalsium pada Serbuk Cangkang Telur Ayam .....	58
Lampiran 5. Data Perhitungan Pembuatan Reagen dalam Sintesis HAp .....	59
Lampiran 6. Perhitungan Stoikiometri Reaksi dalam Sintesis HAp Teori .....	60
Lampiran 7. Data <i>Joint Cristal Powder Diffraction Standard</i> (JCPDS) No.431- 01 Fasa CaO .....	62
Lampiran 8. Data spektra XRD CaO .....	63
Lampiran 9. Persen Rendemen Variasi Temperatur dan Lama Kalsinasi .....	64
Lampiran 10. JCPDS No. 09-0432 untuk Senyawa Hidroksiapatit (HAp) .....	66
Lampiran 11. Data Spektra XRD Hidroksiapatit (HAp) pada Temperatur 600°C .....	67
Lampiran 12. Data Spektra XRD Hidroksiapatit (HAp) pada Temperatur 700°C .....	68
Lampiran 13. Data Spektra XRD Hidroksiapatit (HAp) pada Temperatur 800°C .....	70
Lampiran 14. Data Spektra XRD Hidroksiapatit (HAp) pada Temperatur 900°C .....	72
Lampiran 15. Data Spektra XRD Hidroksiapatit (HAp) pada Temperatur 1000°C .....	74
Lampiran 16. Data Spektra XRD Hidroksiapatit (HAp) pada Lama Kalsinasi 1 Jam .....	76
Lampiran 17. Data Spektra XRD Hidroksiapatit (HAp) pada Lama Kalsinasi 2 Jam .....	78
Lampiran 18. Data Spektra XRD Hidroksiapatit (HAp) pada Lama Kalsinasi 3 Jam .....	80
Lampiran 19. Data Spektra XRD Hidroksiapatit (HAp) pada Lama Kalsinasi	

4 Jam.....	82
Lampiran 20. Data Perhitungan Ukuran Kristal Hidroksiapatit .....	84
Lampiran 21. Data Perhitungan Analisis Mekanik Hidroksiapatit dan Komposit Hidroksiapatit-Alumina-Gelatin .....	86
Lampiran 22. Data Spektrum FTIR Hidroksiapatit .....	90
Lampiran 23. Gambar Penelitian .....	91

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Biomaterial merupakan salah satu bidang yang paling banyak dikaji dan dikembangkan sekarang ini (Ruslan, 2015). Biomaterial tersebut dapat digunakan sebagai implant ke dalam sistem hidup sebagai pengganti fungsi dari jaringan hidup. Pada saat ini kebutuhan biomaterial sangat tinggi dan telah memberi dampak yang cukup besar terutama dalam bidang kedokteran, misalnya untuk pengobatan tulang, baik perbaikan pada tulang yang retak atau patah tulang (Putri, 2012).

Cangkang telur memiliki potensi yang cukup besar untuk dikembangkan sebagai bahan biomaterial (Ruslan, 2015). Menurut data Badan Pusat Statistik (2009) cangkang telur sangat melimpah di Indonesia yaitu  $\pm 86.000$  ton atau 10 % dari produksi telur per tahunnya. Cangkang telur hanya menjadi limbah apabila tidak dimanfaatkan, sedangkan cangkang telur merupakan salah satu sumber  $\text{CaCO}_3$  (*calcium carbonate*). Salah satu alternatif yang dapat dilakukan untuk mengatasi limbah kulit telur adalah dengan mengelola kulit telur tersebut menjadi serbuk hidroksiapatit atau senyawa kalsium sebagai pengganti tulang sintetik (Mahreni, 2012). Cangkang telur berpotensi sebagai hidroksiapatit karena berdasarkan penelitian Putri (2012) cangkang telur mempunyai kadar kalsium sebesar 70,89%.

Hidroksiapatit (HAp) merupakan senyawa mineral apatit dengan rumus kimia  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$  (Ningsih dkk., 2014). Kalsium merupakan penyusun utama unsur HAp, sehingga cangkang telur ayam dapat dimanfaatkan untuk bahan pembuatan HAp (Ghahremani *et al.*, 2012). HAp dipakai pada bidang biomedis yakni untuk perawatan rekonstruksi tulang, yaitu penggunaan tulang baru atau mengganti tulang yang rusak (Sunarintyas, 2012). Menurut Maachou *et al.* (2008), HAp memiliki sifat bioaktif, biokompatibel, dapat berikatan kuat dengan tulang, membentuk lapisan pada permukaan jaringan tulang, dan mempercepat pembentukan tulang pada permukaan yang diimplantasi.

Kualitas dari HAp yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh derajat kristalinitasnya (Suryadi, 2011). Derajat kristalinitas merupakan rasio antara jumlah struktur kristal dan amorf dalam suatu senyawa dan dihubungkan dengan

kestabilan suatu senyawa (Mozartha, 2015). Suryadi (2011) melakukan penelitian sintesis HAp menggunakan metode presipitasi dengan variasi temperatur pemanasan 500, 700, dan 900°C dengan waktu pemanasan pada masing-masing temperatur 4, 6 dan 8 jam. Hasil penelitian diperoleh bahwa derajat kristanilitas makin tinggi seiring dengan pertambahan temperatur pemanasan. Kelemahan dari metode ini pH dan temperatur pemanasan harus sangat diperhatikan karena akan mempengaruhi struktur HAp. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Tolouei *et al.* (2011), bahwa sintesis HAp dipengaruhi oleh temperatur. Pada penelitiannya, hidroksiapatit disintesis pada temperatur yang tinggi, semakin besar temperatur maka semakin rapat dan kuat struktur HAp. Akan tetapi, pada temperatur yang terlalu tinggi akan terjadi kerusakan stuktur HAp. Selain itu, semakin lama kalsinasi maka derajat kristalinitas yang dihasilkan juga akan semakin tinggi (Dahlan dan Dewi, 2013). Lama kalsinasi juga memberikan pengaruh pada sifat mekanik. Dengan semakin tingginya derajat kristalinitas HAp, maka semakin besar pula nilai kekerasan dari HAp (Septiani dkk., 2014). Mozartha (2015) menyatakan derajat kristanilitas yang tinggi menyebabkan HAp lebih stabil dan lebih sulit larut.

Pada penelitian ini disintesis HAp dari cangkang telur dengan metode sol gel. Kelebihan metode ini dilakukan pada temperatur rendah, kemurnian yang lebih baik, pembentukan kristal yang cepat dan relatif sederhana sehingga dapat diterapkan dalam industri. Variabel penelitian meliputi pengaruh temperatur kalsinasi 600°C, 700°C, 800°C, 900°C dan 1000°C, dan lama pemanasan 1, 2, 3, dan 4 jam. Hasil karakterisasi yang menunjukkan kristanilitas terbaik digunakan untuk mensintesis komposit. Menurut Darwis dan Warastuti (2008) HAp mempunyai kelemahan yaitu bersifat rapuh dan memiliki sifat mekanik yang rendah. HAp tidak memiliki kekuatan mekanik dan tidak tahan terhadap tekanan, sehingga perlu penambahan suatu material yang dapat mengatasi sifat tersebut. Material yang digunakan untuk sintesis komposit dalam penelitian yaitu alumina. Material alumina dapat digunakan sebagai matriks pendukung pada material komposit dalam meningkatkan sifat mekanik dari HAp (Krisnanti, 2016). Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan penambahan alumina dengan variasi perbandingan konsentrasi HAp/Alumina (80:10), (70:20), (60:30), (50:40), dan (40:50), dengan penambahan 10% gelatin pada masing-masing variasi komposit.

Fungsi dari gelatin tersebut sebagai pengelastis agar komposit yang dihasilkan tidak bersifat kaku. Untuk melihat perubahan sifat mekanik dari HAp setelah dikompositkan maka dilakukan uji kekerasan Vickers (*Vickers Hardness*), uji kekuatan tekan (*Compressive Strength*), dan *modulus Young*.

## 1.2. Rumusan Masalah

Limbah cangkang telur belum banyak dimanfaatkan, sementara cangkang telur memiliki kadar kalsium sekitar 70 %. Kalsium ini merupakan bahan utama dalam pembuatan hidroksiapatit (HAp) yang dapat digunakan untuk biomaterial tulang. Sintesis HAp dilakukan dengan metode sol-gel yang dilanjutkan dengan pemanasan pada temperatur tinggi. Struktur HAp yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh temperatur dan lama pemanasan. HAp tersebut bersifat rapuh sehingga perlu penambahan alumina guna meningkatkan sifat mekaniknya. Hasil sintesis hidroksiapatit yang terbaik dikompositkan dengan alumina dan gelatin untuk mengatasi sifat mekanik HAp yang rendah. Oleh sebab itu rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana pengaruh temperatur dan lama kalsinasi terhadap karakteristik HAp dan bagaimana pengaruh penambahan alumina terhadap sifat mekanik HAp dalam pembuatan komposit HAp/Alumina?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menentukan kadar kalsium cangkang telur ayam.
2. Menentukan temperatur dan lama kalsinasi terbaik pada sintesis HAp berdasarkan karakterisasi XRD (*X-Ray Diffraction*).
3. Menentukan pengaruh penambahan alumina terhadap sifat mekanik berupa kekerasan, kekuatan tekan dan *modulus young* dalam pembuatan komposit hidroksiapatit HAp/Alumina.

## 1.4 Manfaat Penelitian

Dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan alternatif mengenai pemanfaatan limbah cangkang telur ayam. Limbah ini apabila di kompositkan menjadi HAp/Alumina diharapkan dapat diaplikasikan sebagai biomaterial pada bidang kesehatan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Akram, M., Ahmed, R., Shakir, I., Wan-Aini., Wan-Ibrahim, and Hussain, R. 2013. Extracting Hydroxyapatite and Its Precursors from Natural Resources. *Journal of Material Science*. 49(4): 1461-1475.
- Al-Sokanee Z. N., Toabi A. A. H., Al-Assadi M. J., And Al-Assadi, E. A. 2009. The Drug Release Study of Ceftriaxone From Porous Hydroxyapatite Scaffolds. *AAPS Pharmacy Science Technology*. 10 (5): 772-779.
- Amrina, Q. H. 2008. Sintesa Hidroksiapatit dengan Memanfaatkan Limbah Cangkang Telur: Karakterisasi Difraksi Sinar-X dan Scanning Electron Microscopy (SEM). *Skripsi*. Bogor : Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor.
- Andika, R., Fadli, A., dan Irdoni. 2015. Pengaruh Kalsinasi dan Kecepatan Pengadukan pada Sintesis Hidroksiapatit dari Cangkang Telur dengan metode Presipitasi. *JOM FTEKNIK*. 2(1): 6.
- Aoki, H. 1991. *Science and Medical Application of Hydroxyapatite*. Tokyo: Medical and Dental University.
- Badan Standarisasi Nasional. 1992. *SNI 01-3158-1992*. Tepung Tulang untuk Bahan Baku Makanan Ternak.
- Badan Standarisasi Nasional. 1992. *SNI 06-6989.56-2005*. Air dan Air Limbah: Bagian 56: Cara Uji Kalsium (Ca) dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).
- Balgies. 2011. Sintesis dan Karakterisasi Hidroksiapatit dari Cangkang Kerang Ranga. *Skripsi*. Bogor: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor.
- Beer, F.P., Johnston, E., Ruussell., Dewolf, J., and Mazurek, D. 2009. *Mechanics of Materials*. McGraw Hill: hal 56. ISBN 978-0-07-015389-9.
- Bundela, H and Bajpai A. K. 2008. Design of Hydroxyapatite-Gelatin Based Porous Matrix As Bone Substitute: Correlation with Biocompatibility Aspects. *J express Polymer Letters*. 2(3): 201-213.
- Callister Jr, W. D. 2000. *Fundamentals of Materials Science and Engineering*. Interactive e Text, John Wiley & Sons, Fifth Edition.

- 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. 2011. *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.
- Dahlan, K., dan Dewi, S.U. 2013. Pengaruh Sintering dan Penambahan Senyawa Karbonat pada Sintesis Senyawa Kalsium Fosfat. *Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung*. IPB: BATAN.
- 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.
- Dawney, E. J. C. 1997. *Growth and Characterization of Semiconductor Nanoparticles in Porous Sol-Gel Film*. Departement of Elecrical and Electronic Engineering, Imperial College.
- 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.
- Farzadi, A., Soliati, H. M., Bakhshi, F., and Aminian. 2011 Synthesis and Characterization of Hydroxyapatite /  $\beta$ -Ricalcium Phosphate Nanocomposites Using Microwave Irradiation. *Jurnal Science Direct*. 37 (1): 65-71.
- Ficai, A., Andronescu, E., Voicu, G., and Ficai, D. 2011. *Advances in Composite Materials for Medicine and Nanotechnology*. Romania: Politehnica University of Bucharest Romania.

- Fifia, W. 2008. Spektroskopi Inframerah, Serapan Atomik, Serapan Sinar Tampak dan Ultraviolet Hidroksiapatit dari Cangkang Telur. *Skripsi*. Bogor: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor.
- 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.
- Handayani, A. S. 2018. Sintesis dan Karakterisasi Hidroksiapatit dari Tulang Ikan Kakap Merah (*Lutjanus Sp.*) dan Pengaruh Penambahan Kitosan Terhadap Sifat Mekanik Hidroksiapatit. *Skripsi*. Indralaya: Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya.
- Hastuti, W., Rauf, N., dan Dahlang, T. 2015. *Pembuatan dan Pengujian Sifat Mekanik Gigi Tiruan Berbahan Keramik dan Hidroksiapatit dari Cangkang Telur*. Makassar: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin Makassar
- Indrani, D. J., dan Adi, W. A. 2012. Preparasi Nanokristalin Hidroksiapatit untuk Scaffold Rekayasa Jaringan Tulang. *Jurnal Sains Materi Indonesia*. ISSN:1411-1098.
- 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.
- Kailasanathan, C., and N, Selvakumar. 2016. Influence of Alumina Reinforcement on Nano Hydroxyapatite/Bio-Polymer Composite for Biomedical Applications. *International Journal of Polymer Analysis and Characterization*. 1 (1): 1-19.
- Khopkar, S. M. 1990. Basic Concepts of Analytical Chemistry. Penerjemah A. Saptorahardjo. 2003. *Konsep Dasar Kimia Analitik*. Jakarta: UI Press.
- Kirandani, W. N. 2017. Pengaruh Temperatur dan Lama Kalsinasi Pada Pembuatan Hidroksiapatit dari Cangkang Kerang Darah (*Anadara granosa*). *Skripsi*. Inderalaya: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya.
- Kongsri, S., Janpradit K., Buapa., Techawongstien S., and Chanthai S. 2013. Nanocrystalline Hydroxyapatite from Fish Scale Waste: Preparation



Characterization and Application for Selenium Adsorption in Aqueous Solution. *Journal Chemical Engineering*. 215-216 (2013): 522-532.

Krisnanti, R., Yudyanto, dan Hartatik. 2016. Pengaruh Komposisi Alumina Terhadap Kekerasan Mikro dan Toksisitas Nanokomposit Hidroksiapatit-Alumina. *Seminar Nasional Jurusan Fisika Fmipa : Universitas Negeri Malang*.

Kumayasari, M. F., dan Sultoni, A. I. 2017. Studi Uji Kekerasan Rockwell Superficial Vs Micro Vickers. *Jurnal Teknologi Proses dan Inovasi Industri*. 2 (2): 85-89.

Maachou, H *et al.* 2008. Characterization and in Vitro Bioactivity of Chitosan/Hydroxyapatite Composite Membrane Prepared By Freeze-Gelation Method. *Trends Biomater Artif Org*. 22 (1): 16-27.

Mahreni, Sulistyowati, E., Sampe, S., dan Chandra, W. 2012. Pembuatan Hidroksi Apatit Dari Kulit Telur. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia*, ISSN : 1693-4393.

Manafi, S.A., and Joughehdoust, S. 2009. Synthesis of hydroxyapatite nanostructure by hydrothermal condition for biomedical application. *Iran J Pharm Res*. 5(2): 89-94.

Mathew, F. L., and Rawlings, R. D. 1994. *Composit Material: Engineering and Science*. London: Chapman and Hall.

Mondal, S., Mondal B., Dey. A., and Mukhopadhyay, S. S. 2012. Studies on Processing and Characterization Of Hydroxyapatite Biomaterials from Different Bio Wastes. *Journal of Minerals & Materials Characterization & Engineering* . 11(1):56-67.

Mozartha, M., Praziandithe, M., dan Sulistiawati. 2015. Pengaruh Penambahan Hidrosiapatit dari Cangkang Telur Terhadap Kekuatan *Tekas Glass Ionomer Cement*. *Jurnal B-Dent*. 3 (1): 75-81.

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 Alauddins Makassar.

Muntamah. 2011. Sintesis dan Karakterisasi HAp dari Limbah Cangkang Kerang Darah (*Annadara granosa, sp*). *Tesis*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.

- Narbat MK., Orang F., Hashtjin MS., and Goudarzi, A. 2006. Fabrication of Porous Hydroxyapatite-Gelatin Composite Scaffolds for Bone Tissue Engineering. *J Iran Biomed* 10 (4): 215-223.
- Narsito. 1992. *Dasar-dasar Kimia Instrumental*. Universitas Gajah Mada: Yogyakarta.
- Nazar, J. 2008. Tulang: Tinjauan dari Sudut Pandang Fisika. *Majalah Kedokteran Andalan*. 32(2): 127-134.
- Ningsih, R. P., Nelly, W., dan Lia, D. 2014. Sintesis Hidroksiapatit dari Cangkang Kerang Kepah (*Polymesoda erosa*) dengan Variasi Waktu Pengadukan. *JKK*. 3 (1): 22-26.
- Noerjannah, L.I., Hartatiek., dan Mufti, N. 2015. *Pengaruh Komposisi Terhadap Densitas dan Kekerasan Nanokomposit Hidroksiapatit-Polietilen Glikol*. Malang: Universitas Negeri Malang.
- Nurmawati, M. 2007. Analisis Derajat Kristalinitas, Ukuran Kristal dan Bentuk Partikel Mineral Tulang Manusia Berdasarkan Variasi Umur dan Jenis Tulang. *Skripsi*. Bogor : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor.
- Octavia, I. L. 2016. Sintesis Dan Karakterisasi Hidroksiapatit-Silika Pada Suhu Sintering 1200°C. *Skripsi*. Bandar Lampung: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.
- Ooi, C. Y., Hamdi, M., and Ramesh, S. 2007. Properties of Hydroxyapatite Produced by Annealing of Bovine Bone. *Ceramics International*. 33 (1) 1171-1177.
- Pattanayak, D. K., Divya, P., Upadhyay, S., Prasad, R.C., Rao, B.T. dan Mohan, T.R.R. 2005. Synthesis and Evaluation of Hydroxyapatite Ceramics. *Trends Biomater, Artif, Organs*. 18 (2): 87-92.
- Pinangsih, A. C., Wardhani, S., and Darjito. 2014. Sintesis Biokeramik Hidroksiapatit ( $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ ) dari Limbah Tulang Sapi Menggunakan Metode Sol-Gel. *Kimia Student journal*. 1 (2): 203-209.
- Piranika, S. 2017. Pengaruh Temperatur dan Lama Pemanasan Pada Pembuatan Hidroksiapatit dari Cangkang Keong Emas (*Pomacea Canaliculata L.*). *Skripsi*. Inderalaya: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya.

- Prabaningtyas, R. A.J. M. S. 2015. Karakterisasi Hidroksiapatit dari Kalsit (PT. Dwi Selo Giri Mas Sidoarjo) Sebagai *Bone Graft* Sintesis Menggunakan *X-Ray Diffractometer (XRD)* dan *Fourier Transform Infra Red*. *Skripsi*. Jember: Universitas Jember.
- Pramanik, S., Agarwal, A.K., Rai, K.N. 2005. Development of High Strenght Hydroxyapatite for Hard Tissue Replacement. *Trend Biomater. Artif Organs*. Vol 19(1): pp 46-51.
- Purwamargapratala, Y. 2010. Studi Awal Analisis Unsur Hidroksiapatit dengan Metode Analisis Neutron. *Prosiding Seminar Nasional*, ISSN: 285-2797.
- 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.
- Putri, A. A. M. 2012. Metode *Single Drop* pada Pembuatan Hidrosiapatit Berbasis Cangkang Telur. *Skripsi*. Bogor : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor.
- Rahmah, J., Hikmawati, D., dan Siswanto. 2013. *Pengaruh Variasi Lama Waktu Pengadukan Pada Komposit Gelatin-Hidroksiapatit Bergentamisin Sebagai Bahan Implan Tulang*. Surabaya: Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga.
- Ramlan, Ginting, M., Muljadi, dan Sebayang, P. 2007. Pembuatan Keramik Beta Alumina ( $NA_2-Al_2O_3$ ) Dengan Aditif MgO dan Karakterisasi Sifat Fisis Serta Struktur Kristalnya. *Jurnal Fisika*. 7 (1): 11.
- Riyanto, B., Maddu, A., dan Nurrahman. 2013. Material Biokeramik Berbasis Hidroksiapatit Tulang Ikan Tuna. *JPHPI*. 16 (2): 119-132.
- Romawarni, A. 2011. Sintesis Dan Uji *in Vitro* Hidroksiapatit Berporogen Kitosan Dengan Meode Sol Gel. *Skripsi*. Bogor : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor.
- Rudyardjo, D.I. 2012. *Pengukuran Compressive Strength Benda Padat*. Surabaya: Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga.
- Ruslan, R., Rauf, N., dan Tahir, D. 2015. Pengujian Struktur Kristal Biokeramik Untuk Bahan Gigi Tiruan. *Tesis*. Makassar : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin Makassar.

- 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.
- Saleha, Mutmainnah, H., Nuur, A., Sudirman, dan Subaer. 2015. Sintesis dan Karakterisasi Hidroksiapatit dari Nanopartikel Kalsium Oksida (CaO) Cangkang Telur Untuk Aplikasi Dental Implan. 2015. *Skripsi*. Makasar: Universitas Negeri Makasar.
- 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.
- Shallman, R.E. 2001. *Metalurgi Fidika Modern & Rakayasa Material*. Jakarta: Erlangga.
- Siswanto, J., Suparman, S., Sudirman, I., dan Sukoyo, M. 2004. Characteristic of Business System Requirement for Creative Industies SME's in Bandung. *Internasional Journal of Applied Engineering*. 9 (22): 17921-17927.
- Sitoesmi, I., P. 2013. Sintesis Hidroksiapatit Berpori Dari Cangkang Telur Ayam dan Porogen dari Kitosan. *Skripsi*. Bogor : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor.
- Sriwita, D., dan Astuti. 2014. Pembuatan dan Karakterisasi Sifat Mekanik Bahan Komposit Serat Daun Nenas-Polyester Ditinjau dari Fraksi Massa dan Orientasi Serat. *Jurnal Fisika Unand*. 3 (1): 30-36.
- Suchanek, W., and Yoshimura, M. 1998. Processing and Properties of Hydroxyapatite-Based Biomaterials for Use As Hard Tissue Replacement Implants. *Journal of Materials Research*. 13 (1): 94-117.
- Sunarintyas, S. D. 2011. Karakterisasi Toksisitas Hidroksiapatit yang Disintesis dari Kalsit Terhadap Ratitus Norvegicus. *Jurnal Teknosains*. 2(5). 1-70.
- Suryadi, 2011. Sintesis dan Karakteristik Biomaterial Hidrosiapatit dengan Proses Pengendapan Kimia Basah. *Tesis*. Depok : Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.
- Tolouei, R., Ramesh, S., Tan, C.Y., Amiriyani, 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.

- V'azquez, Gusm'an, C., Barba, C., Pi'na, and Mungu'ia N. 2005. Stoichiometric Hydroxyapatite Obtained by Precipitation and Sol Gel Processes. *Investigaci'on Revista Mexiana De F'isica*: 51 (3): 284-239.
- 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.
- Vogel. 1989. *Textbook of Macro and Semimicro Qualitative Inorganic Analysis*. London: Longaman Group Limited.
- Warastuti, Y., Abbas, B., dan Suryani, N. 2013. Pembuatan Komposit Polikaprolakton-Kitosan-Hidroksiapatit Iradiasi Untuk Aplikasi Biomaterial. *Majalah Metalurgi*, ISSN: 0216-3188/ hal 149-160.
- Warsy, Chadijah, S., dan Rustir, W. 2014. Optimalisasi Kalium Karbonat Cangkang Telur Untuk Produksi Pasta Komposit. *Jurnal Kimia* . 4 (2): 86-97.
- Widodo, S. 2010. Teknologi Sol Gel Pada Pembuatan Nano Kristalin Metal Oksida untuk Aplikasi Sensor Gas. *Seminar Rekayasa Kimia dan Proses*, ISSN: 1411- 4216.
- Wirakusumah, H. 2011. *Obstetri Fisiologi*. Jakarta: Buku Kedokteran EGC.
- Yessy, W., dan Basril, A. 2011. Sintesis dan Karakterisasi Pasta Injectable Bone Substitute Iradiasi Berbasis Hidrosiapatit. *Jurnal Ilmiah Aplikasi Isotop dan Radiasi*. ISSN 1907-0322.
- Yudiyanto, Rulita, K., dan Hartatik. 2016. Pengaruh Komposisi Alumina Terhadap Kekerasan Mikro dan Toksisitas Nanokomposit Hidroksiapatit-Alumina. *Seminar Nasional Jurusan Fisika Fmipa UM*, ISBN: 978-602-71729-19.