

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI HIDROKSIAPATIT DARI  
CANGKANG TELUR AYAM SERTA PENGARUH PENAMBAHAN  
KITOSAN TERHADAP SIFAT MEKANIK HIDROKSIAPATIT**

**SKRIPSI**

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



**NINU SRI YULIANI  
08031181419003**

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

**2018**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI HIDROKSIAPATIT DARI  
CANGKANG TELUR AYAM SERTA PENGARUH PENAMBAHAN  
KITOSAN TERHADAP SIFAT MEKANIK HIDROKSIAPATIT**

**SKRIPSI**

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

Oleh:

**NINU SRI YULIANI**

**08031181419003**

Indralaya, Mei 2018

**Pembimbing I**



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

**NIP. 196808271994022001**

**Pembimbing II**



**Dra. Fatma, M.S**

**NIP. 19720408200032001**

**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 serta Pengaruh Penambahan Kitosan Terhadap Sifat Mekanik Hidroksiapatit” telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Sidang Sarjana Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada tanggal 15 Mei 2018 dan telah diperbaiki, diperiksa, serta disetujui sesuai masukan yang diberikan.




Pembimbing:

1. Dr. Poedji Leokitowati H, M.Si  
NIP. 196808271994022001
2. Dra. Fatma, M .S.  
NIP.196207131991022001

(  )  
(  )

Penguji:

1. Dr. Suheryanto, M.Si.  
NIP. 196006251989031006
2. Drs. Dasril Basir, M.Si.  
NIP. 195810091986031005
3. Fahma Riyanti, M.Si.  
NIP. 197204082000032001

(  )  
(  )  
(  )

Indralaya, Mei 2018

Mengetahui,



## PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Ninu Sri Yuliani  
NIM : 08031181419003  
Fakultas/Jurusan : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam/Kimia

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

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



Ninu Sri Yuliani

NIM 08031181419003

**HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK  
KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademik Universitas Sriwijaya, yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ninu Sri Yuliani  
NIM : 08031181419003  
Fakultas/Jurusan : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam/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 serta Pengaruh Penambahan Kitosan Terhadap Sifat Mekanik Hidroksiapatit” beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). 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 penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya.

Inderalaya, Mei 2018

Yang Menyatakan



Ninu Sri Yuliani

NIM 08031181419003

## HALAMAN PERSEMBAHAN

*“Siapa yang bersungguh-sungguh akan berhasil (Man Jadda Wajada)”*

*“ Percayalah kepada Allah ketika segala sesuatu tidak berjalan seperti yang kamu harapkan. Allah memiliki rencana yang baik untuk dirimu”*

*“Aku percaya, takdir Allah pastilah yang terbaik untukku”*

*“Ketika kamu lelah, mintalah kekuatan pada Allah. Ketika kamu tiada kata, bicaralah pada Allah. Dan ketika kamu kesepian, ada Allah selalu menemanimu”*

*“Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Maka apabila engkau telah selesai (dari sesuatu urusan), tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain)  
“(QS. 94 : 6-7)*

**Skripsi ini sebagai tanda syukurku kepada :**

**Allah Subhanallahu wata’ala**

**Nabi Muhammad Shalallahu ‘alaihi wasallam**

**Dengan rasa bahagia skripsi ini kupersembahkan untuk :**

**Kedua Orang Tuaku: Alm. Syaipul dan Nilawati**

**Oma Opa dan Keluarga Besarku**

**Pembimbing TA (Dr. Poedji Loekitowati H, M.Si dan Dra. Fatma, M.S)**

**Pembimbing Akademik (Dr. Bambang Yudhono, M. Sc)**

**Seluruh dosen Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya**

**Sahabat-sahabatku tercinta**

**Almamaterku (Universitas Sriwijaya)**

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, Puji syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT yang telah memberikan nikmat dan rahmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Sintesis dan Karakterisasi Hidroksiapatit dari Cangkang Telur Ayam serta Pengaruh Penambahan Kitosan Terhadap Sifat Mekanik Hidroksiapatit” sebagai persyaratan untuk mendapatkan gelar Sarjana Sains pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Jurusan Kimia Universitas Sriwijaya.

Dalam penyusunan skripsi ini penulis banyak mendapat bantuan, dukungan serta bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada **Ibu Dr. Poedji Loekitowati H, M.Si** selaku pembimbing utama dan **Ibu Dra. Fatma M.S** selaku pembimbing pendamping yang telah memberikan ilmu, bimbingan, dukungan, nasihat serta motivasi kepada penulis, semoga ibu sehat dan sukses selalu. Selain itu, penulis juga mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Iskhaq Iskandar, M.Sc selaku Dekan FMIPA, Universitas Sriwijaya.
2. Bapak Dr. Dedi Rohendi, M.T selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA, Universitas Sriwijaya.
3. Bapak Dr. Bambang Yudono, M. Sc selaku pembimbing akademik yang telah memberikan bimbingan, semangat, motivasi serta dukungan kepada penulis.
4. Bapak Dr. Suheryanto, M.Si, bapak Drs. Dasril Basir, M.Si, dan Ibu Fahma Riyanti, M.Si, selaku pembahas skripsi. Terimakasih atas saran dan masukannya yang sangat membantu.
5. Dosen staf pengajar jurusan kimia yang telah sangat banyak memberikan ilmu yang bermanfaat, analisis kimia (Yuk Nur, Yuk Niar dan Bu Yanti) dan karyawan Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya, semoga sehat selalu.
6. Mbak Novi dan Kak Iin sebagai administrator di jurusan yang selalu memberikan pelayanan terbaik.
7. Kedua orang tua ku (Ayahku Syaiful dan ibuku Nilawati) yang sangat saya cintai. Terima kasih atas doa yang tulus, dukungan moril dan materil,

semangat, nasihat, didikan, serta kepercayaan yang sangat luar biasa untukku. Terima kasih telah mengajarkan penulis bagaimana harus berjuang untuk mendapatkn sesutau. Pencapaian ini semata-mata hanya untuk kebahagiaan kalian.

8. Saudaraku (Winda Novika Sari, Nina Sri Yuliana, dan M. Shafwan Najmin) 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. Semoga kita selalu dalam kebahagiaan dan bisa membahagiakan serta membanggakan Ibu dan Ayah.
9. Oma dan Opa (Oma Emawati dan Opa Jumi'in) yang sangat saya cintai. Terima kasih atas doa yang tulus, dukungan moril dan materil, semangat, nasihat, didikan, serta kepercayaan yang sangat luar biasa untukku. Terima kasih telah menggantikan posisi ayah untuk menjaga kami. Sesungguhnya penulis hanya bisa berterima kasih yang sebesar-besarnya dan hanya berharap Allah bisa membalas apa yang oma opa lakukan untuk kami. Semoga oma dan opa selalu diberi kesehatan dan panjang umur selalu. Maafkan ani yang selama ini belum bisa membahagiakan oma dan opa. Oma opa doakan ani menjadi manusia yang berguna yang bisa membahagiakan serta membanggakan oma opa, karena sesungguhnya ani hanya ingin melihat oma opa tertawa menikmati masa tua kalian.
10. Tante dan Oom ku (Tante Eni, Om Ucok, Tante Desi, Om pepen, Tante Kiki, dan Om Moko) yang saya sayangi. Terima kasih atas doa yang tulus, dukungan moril dan materil, semangat, nasihat, didikan, serta kepercayaan yang sangat luar biasa untukku. Terima kasih karena telah meluangkan waktu nya hanya untuk membuat penulis bahagia. Semoga tante dan oom selalu diberi kemurahan rezeki, selalu diberi kesehatan, dan panjang umur selalu.
11. Sepupuku (Rezi, Bella, Salwa, Sanya, Sasi, dll) terima kasih karena selalu mendampingi penulis dimanapun dan kapanpun, serta selalu membuat penulis bahagia.
12. My bestie (Nadine dan Yuni) yang selalu sabar mendengar keluh kesah penulis, terima kasih atas doa, dukungan, nasihat, dan semangat yang diberikan kepada penulis.



13. My Kosim Girl's Squad (Deli, Mawar, Febi, Nina, Citra, Dian, dan Yuqo) yang selalu sabar mendengar keluh kesah penulis, berbagi kegilaan, dan waktu yang kalian luangkan untuk penulis. Love you guys .
14. My Analisa Squad (Nisa, Kiki, Miyah, Aria, Uswa, dan Mira) yang selalu berbagi suka dan duka dalam penelitian dan kuliah. Semangat terus guys.
15. Ssi halal (Geget, Miyah, Mira, Uswa, Kiki, Nisa, Della, Yunita, Galuh, dan Aria) terima kasih telah mewarnai masa-masa perkuliahanku, semoga kita tetap solid dan dipertemukan kembali suatu saat nanti disaat kita sukses. I love you guys.
16. MSY, terima kasih karena telah membuat penulis semangat untuk kuliah hahaha.
17. Sahabat MIKI 2014, terima kasih karena telah hadir dan mewarnai masa perkuliahan penulis. Sukses selalu.
18. Senior 2011, 2012, dan 2013 yang telah memberikan bantuan serta bimbingannya.
19. Junior 2015, 2016, dan 2017 terima kasih bantuannya. Semoga cepat menyusul.

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.

Wassalamu'alaikum wr.wb

Indralaya, April 2018

Penulis

## SUMMARY

### **SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF HYDROXYAPATITE FROM CHICKEN EGG SHELL AND THE EFFECT OF CHITOSAN ADDITION ON HYDROXYAPATITE MECHANICAL PROPERTIES**

Scientific writing in the form of skripsi, April 2018  
xii + 100 pages, 16 tables, 22 figures, 28 appendices

Ninu Sri Yuliani: Supervised by Dr. Poedji Loekitowati H, M.Si and Dra. Fatma, M.S.

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

This research about synthesis and characterization of hydroxyapatite from chicken egg shell and the effect of chitosan addition on hydroxyapatite mechanical properties has been done successfully. This research aimed to acknowledge the effect of temperature and calcination duration on hydroxyapatite synthesis, to acknowledge the morphology of hydroxyapatite, to know the elements which contained on hydroxyapatite, and to acknowledge 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 is calcined with variations in temperature and calcination duration. Characterization of HAp crystalline structures using XRD, HAp morphologies characterization using SEM-EDS, and characterization of mechanical properties for hardness using vickers hardness and for compressive strength using autograph.

The result was shown that calcium concentration on chicken egg shell as 87.80%. The sharp diffraction peak of hydroxyapatite at  $2\theta = 31.82$  was gained from temperature at  $1000^\circ\text{C}$  during 2 hours. SEM describes that particles morphologies from HAp form agglomeration and pores. EDS describes that Ca/P ratio of 1.713. The addition of chitosan to composites tends to decrease the hardness (63,56%), However, increases the composite compressive strength (64,71%) and elasticity composite (71,16%)

**Keywords** : Chicken egg shell, Hydroxyapatite, Composite HAp-Chitosan, Mechanical properties

Citation : 79 (1961-2017)

## RINGKASAN

### SINTESIS DAN KARAKTERISASI HIDROKSIAPATIT DARI CANGKANG TELUR AYAM SERTA PENGARUH PENAMBAHAN KITOSAN TERHADAP SIFAT MEKANIK HIDROKSIAPATIT

Karya tulis ilmiah berupa skripsi, April 2018

xii + 100 halaman, 16 tabel, 22 gambar, 28 lampiran

Ninu Sri Yuliani: Dibimbing oleh Dr. Poedji Loekitowati H, M.Si dan Dra. Fatma, M.S.

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

Telah dilakukan penelitian tentang sintesis dan karakterisasi Hidroksiapatit (HAp) dari cangkang telur ayam serta pengaruh penambahan kitosan terhadap sifat mekanik hidroksiapatit. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kandungan kalsium pada cangkang telur ayam, menentukan temperatur dan waktu kalsinasi terbaik pada sintesis HAp berdasarkan karakterisasi XRD (*X-Ray Diffraction*).

Sintesis Hidroksiapatit dilakukan dengan prekursor  $\text{Ca(OH)}_2$  dan  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$  serta dikompositkan dengan kitosan. Karakterisasi struktur kristal HAp menggunakan XRD, karakterisasi morfologi HAp menggunakan SEM-EDS, karakterisasi sifat mekanik untuk kekerasan menggunakan *vickers hardness*, dan untuk kekuatan tekan menggunakan *autograph*.

Hasil penelitian menunjukkan kandungan kalsium pada cangkang telur ayam sebesar 87.80%. Hasil karakterisasi XRD menunjukkan puncak pembentukan HAp yang tajam pada  $2\theta = 31.82$  diperoleh pada temperatur  $1000^\circ\text{C}$  selama 2 jam. Morfologi partikel hasil SEM membentuk aglomerasi dan pori. Uji EDS menunjukkan rasio Ca/P sebesar 1.713. Penambahan kitosan pada komposit cenderung menurunkan kekerasan (63,56%), namun meningkatkan kekuatan tekan (64,71%) dan elastisitas komposit (71,16%).

**Kata kunci** : Cangkang telur ayam, Hidroksiapatit, komposit hidroksiapatit-kitosan, sifat mekanik

Kutipan : 79 (1961-2017)

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH</b> .....	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS</b> .....	<b>v</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	<b>vi</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>x</b>
<b>RINGKASAN</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> . .....	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xv</b>
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1.Latar Belakang .....	1
1.2.Rumusan Masalah .....	3
1.3.Tujuan Penelitian .....	3
1.4.Manfaat Penelitian .....	4
<b>BAB II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>5</b>
2.1. Cangkang Telur.....	5
2.2. Senyawa Hidroksiapatit.....	5
2.3. Sintesis Hidroksiapatit.....	8
2.4. Kitosan.....	9
2.4.1. Sifat-sifat Kimia dan Biologi Kitosan.....	10
2.5. Komposit HAp-kitosan .....	11
2.6. Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) .....	13
2.7. <i>X-Ray Diffraction</i> .....	14
2.8. SEM - EDS ( <i>Scanning Electron Microscopy - Energy         Dispersive Spectroscopy</i> ) .....	15
.....	

2.9. Kekerasan (Hardness) .....	16
2.10. Kekuatan Tekan (Compressive Strength) .....	19
<b>BAB III. METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>20</b>
3.1. Waktu dan Tempat .....	20
3.2. Alat dan Bahan .....	20
3.2.1. Alat .....	20
3.2.2. Bahan .....	20
3.3. Prosedur Penelitian.....	20
3.3.1. Preparasi Cangkang Telur .....	20
3.3.2. Karakterisasi CaO .....	21
3.3.3. Pembuatan Larutan Standar .....	21
3.3.4.1. Pembuatan Larutan Induk Kalsium (1000 ppm) .....	21
3.3.4.2. Pembuatan Larutan Standar (100 ppm) .....	21
3.3.4.3. Pembuatan Larutan Standar (50 ppm) .....	21
3.3.4.4. Pembuatan Larutan Standar 0,1,2,3,4,5 ppm .....	21
3.3.4. Penentuan Kadar Kalsium dari .....	21
3.3.5. Pembuatan Kurva Kalibrasi.....	22
3.3.6. Sintesis Hidroksiapatit .....	23
3.3.7. Menentukan Pengaruh Temperatur Kalsinasi .....	23
3.3.8. Menentukan Pengaruh Lama Kalsinasi .....	23
3.3.9. Karakterisasi XRD .....	23
3.3.10. Karakterisasi SEM-EDS .....	24
3.3.11. Sintesis HAp-Kitosan .....	24
3.3.12. Uji Sifat Mekanik Komposit .....	24
3.3.12.1. Uji Kekerasan ( <i>Vickers Hardness</i> ) .....	24
3.3.12.2. Uji Kekuatan Tekan ( <i>Compressive Strength</i> ).....	25
3.4. Analisis Data .....	25
<b>BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>27</b>
4.1. Kalsium pada Cangkang Telur Ayam .....	27
4.1.1. Karakterisasi Kalsium Oksida (CaO) pada Cangkang Telur Ayam .....	27
4.1.2. Kadar Kalsium (Ca) pada Cangkang Telur Ayam .....	28

4.2. Hidroksiapatit [ $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ ] Hasil Sintesis .....	28
4.2.1. Pengaruh Temperatur dalam Pembentukan HAp .....	29
4.2.1.1. Rendemen Hidroksiapatit (HAp) .....	29
4.2.1.2. Karakterisasi Hidroksiapatit Menggunakan XRD .....	30
4.2.1.3. Ukuran Kristal .....	32
4.2.2. Pengaruh Waktu Kontak dalam Pembentukan HAp .....	33
4.2.2.1. Rendemen Hidroksiapatit .....	33
4.2.2.2. Karakterisasi Hidroksiapatit Menggunakan XRD .....	34
4.2.2.3. Ukuran Kristal .....	36
4.3. Karakterisasi Hidroksiapatit Menggunakan SEM-EDS .....	37
4.4. Komposit Hidroksiapatit-kitosan Hasil Sintesis .....	38
4.4.1. Hasil Uji Kekerasan (Hardness).....	40
4.4.2. Hasil Uji Kekuatan Tekan (Compressive Strength).....	41
4.4.3. Hasil Uji Modulus Young .....	42
<b>BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>44</b>
5.1. Kesimpulan .....	44
5.2. Saran .....	44
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>45</b>

## DAFTAR TABEL

	<b>Halaman</b>
Tabel 1. Hasil rendemen dari variasi temperatur.....	29
Tabel 2. Puncak-puncak dari hasil uji XRD sampel hidroksiapatit dengan variasi lama kalsinasi.....	31
Tabel 3. Ukuran kristal dari hasil uji XRD sampel hidroksiapatit dengan variasi temperatur kalsinasi.....	32
Tabel 4. Hasil rendemen dari variasi waktu kalsinasi .....	33
Tabel 5. Puncak-puncak dari hasil uji XRD smapel hidroksiapatit dengan variasi lama kalsinasi .....	36
Tabel 6. Ukuran kristal dari hasil uji XRD sampel hidroksiapatit dengan variasi lama kalsinasi .....	36
Tabel 7. Data elemen-elemen penyusun hidroksiapatit .....	38
Tabel 8. Hasil karakterisasi sifat mekanik hidroksiapatit dan komposit HAp-kitosan.....	40
Tabel 9. Absorbansi larutan standar kalsium .....	55
Tabel 10. Spesifikasi AAS Shimadzu 7000 .....	56
Tabel 11. Massa hasil dengan variasi temperatur kalsinasi .....	60
Tabel 12. Massa hasil dengan variasi lama kalsinasi.....	60
Tabel 13. Hasi pengukuran kekerasan .....	87
Tabel 14. Hasil pengukuran modulus young.....	90
Tabel 15. Hasil pengukuran kekuatan tekan .....	93
Tabel 16. Elemen-elemen penyusun hidroksiapatit.....	98

## DAFTAR GAMBAR

	<b>Halaman</b>
Gambar 1. Cangkang telur ayam .....	5
Gambar 2. Struktur kristal heksagonal hidroksiapatit .....	6
Gambar 3. Struktur kristal hidroksiapatit.....	7
Gambar 4. Spektra HAp berdasarkan JCPDS No. 09-432 .....	8
Gambar 5. Struktur kitin dan kitosan .....	10
Gambar 6. Mekanisme terjadinya pori .....	12
Gambar 7. Skema uji <i>Vickers Hardness</i> .....	18
Gambar 8. Skema uji kekuatan tekan .....	19
Gambar 9. Serbuk (a) cangkang telur ayam (b) CaO .....	27
Gambar 10. Difraktogram hasil uji XRD serbuk CaO cangkang telur ayam .....	28
Gambar 11. Serbuk hidroksiapatit [ $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ ] .....	29
Gambar 12. Difraktogram hasil uji XRD pada temperatur kalsinasi (a)600°C,(b)700°C,(c)800°C,(d)900°C,dan (e)1000°C.....	30
Gambar 13. Difraktogram hasil uji XRD pada waktu kalsinasi (a) 1 jam, (b) 2 jam, (c) 3 jam, dan (d) 4 jam.....	35
Gambar 14. Hasil karakterisasi SEM Hidroksiapatit (a) 5000x dan (b) 20000x .....	37
Gambar 15. Komposit HAp-kitosan .....	39
Gambar 16. Grafik kekerasan variasi berat komposisi HAp- kitosan .....	40
Gambar 17. Grafik kekuatan tekan variasi berat komposisi HAp- kitosan.....	41
Gambar 18. Grafik modulus young berat komposisi HAp- kitosan.....	42
Gambar 19. JCPDS $\text{CaCO}_3$ .....	43
Gambar 20. JCPDS CaO .....	44
Gambar 21. JCPDS Hidroksiapatit .....	44
Gambar 22. JCPDS Kitosan .....	45



## DAFTAR LAMPIRAN

	<b>Halaman</b>
Lampiran 1. Skema kerja penelitian .....	54
Lampiran 2. Data spektra XRD kalsium oksida (CaO) .....	55
Lampiran3. Perhitungan rendemen kalsium oksida (CaO) dalam cangkang telur ayam .....	56
Lampiran 4. Kurva kalibrasi.....	57
Lampiran 5. Data perhitungan kadar kalsium pada cangkang telur ayam .	59
Lampiran 6. Data massa sebelum dan sesudah sintesis terhadap variasi temperatur dan lama kalsinasi.....	61
Lampiran 7. Data perhitungan % rendemen berdasarkan variasi temperatur .....	62
Lampiran 8. Data perhitungan % rendemen berdasarkan variasi waktu kalsinas .....	64
Lampiran 9. JCPDS No. 37-1497 untuk senyawa kalsium oksida (CaO)..	66
Lampiran 10. JCPDS No. 09-432 untuk senyawa hidroksiapatit (HAp) .....	67
Lampiran 11. Data spektra XRD hidroksiapatit (HAp) pada temperatur 600°C.....	68
Lampiran 12. Data spektra XRD hidroksiapatit (HAp) pada temperatur 700°C .....	69
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 waktu kalsinasi 1 Jam .....	76
Lampiran 17. Data spektra XRD hidroksiapatit (HAp) pada waktu kalsinasi 2 Jam.....	78
Lampiran 18. Data spektra XRD hidroksiapatit (HAp) pada waktu	

kalsinasi 3 Jam.....	80
Lampiran 19. Data spektra XRD hidroksiapatit (HAp) pada waktu kalsinasi 4 Jam.....	82
Lampiran 20. Perhitungan ukuran kristal untuk temperatur kalsinasi berdasarkan hasil XRD.....	84
Lampiran 21. Perhitungan ukuran kristal untuk waktu kalsinasi berdasarkan hasil XRD.....	85
Lampiran 22. Perhitungan nilai kekerasan pada hidroksiapatit dan komposit HAp-kitosan .....	86
Lampiran 23. Perhitungan nilai modulus young pada hidroksiapatit dan komposit HAp-kitosan .....	88
Lampiran 24. Perhitungan nilai kekuatan tekan pada hidroksiapatit dan komposit HAp-kitosan .....	90
Lampiran 25. Hasil karakterisasi SEM-EDS hidroksiapatit .....	92
Lampiran 26. Perhitungan rasio Ca/P hidroksiapatit .....	93
Lampiran 27. Sertifikat untuk senyawa kitosan .....	94
Lampiran 28. Gambar penelitian .....	95

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Konsumsi telur di provinsi Sumatera Selatan setiap tahunnya selalu mengalami peningkatan dapat mencapai angka 200 ribu per hari atau setara dengan 300 ribu ton per tahun (Direktorat jenderal peternakan, 2017). Cangkang telur ayam merupakan limbah dari telur ayam merupakan salah satu sumber  $\text{CaCO}_3$  (*Calcium Carbonate*) yang besar dengan kadar mencapai 94% (Hadi, 2005). Hidroksiapatit dapat disintesis dari semua bahan yang mengandung banyak kalsium, diantaranya cangkang kerang, tulang ikan, tulang sapi, dan cangkang telur. Dengan kandungan kalsium karbonat yang tinggi dari cangkang telur ayam maka cangkang telur ayam dapat dijadikan sumber kalsium dalam pembuatan hidroksiapatit. Selain karena kandungan kalsium yang tinggi, pada dasarnya cangkang telur ayam mengandung hidroksiapatit berupa fasa amorf, sehingga agar dapat diaplikasikan dalam implan tulang hidroksiapatit tersebut harus dikalsinasi pada temperatur yang tinggi agar fasanya berubah menjadi fasa kristal yang lebih stabil

Hidroksiapatit (HAp) merupakan senyawa mineral apatit yang mempunyai struktur heksagonal dan memiliki fase kristal kalsium fosfat yang paling stabil dengan rumus kimia  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$  (Ghahremani *et al*, 2012). HAp banyak digunakan pada kehidupan sehari-hari, menurut Saleha, dkk (2015) selain berfungsi menyerap logam berat, hidroksiapatit bersifat biokompatibel dan dapat diterima jaringan tubuh menjadikan material ini dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan biomaterial. Menurut Nayak (2010) HAp memiliki beberapa karakteristik yaitu bioaktif, biokompatibel, osteokonduktif, tidak toksik, dan tidak imunogenik. Namun HAp memiliki beberapa kekurangan yaitu rapuh dan tahanannya yang rendah. HAp tidak memiliki kekuatan mekanik dan tidak tahan terhadap tekanan. Oleh karena itu dilakukan modifikasi untuk mengatasi kekurangan tersebut. Untuk mengatasi hal tersebut maka HAp dibuat menjadi komposit dengan material alam seperti kitosan untuk mengatasi sifat rapuhnya. Kitosan dapat digabungkan dengan hidroksiapatit dimana kitosan bersifat

osteoinduktif karena mengandung *growth factor* dan hidroksiapatit bersifat osteokonduktif yang menyediakan pertumbuhan bagi sel osteoblast sehingga penambahan kitosan dapat memperbaiki sifat mekanik dan kekuatan dari hidroksiapatit (Feng *et al.*, 2010). Sebagai *growth factor*, kitosan dapat mempercepat pembentukan tulang baru karena strukturnya sama dengan glycosamino glycans dan hyaluronic acid yang terdapat pada tulang kartilago (Suh *et al.*, 2000; Seo *et al.*, 2004; Di *et al.*, 2005).

Sintesis HAp sangat dipengaruhi oleh temperatur kalsinasi dan waktu kalsinasi berdasarkan karakteristik kristalinitas HAp. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Solechan (2015) dengan variabel temperatur kalsinasi yang dipakai dalam sintesis HAp yaitu 900°C, 1000°C, dan 1100°C, didapatkan bahwa temperatur kalsinasi optimal HAp adalah 900°C. Waktu kalsinasi pada sintesis HAp juga mempengaruhi derajat kristalinitas dari HAp yang terbentuk. Pada penelitian yang dilakukan oleh Permada (2013) dilakukan variasi waktu kalsinasi 1, 3, dan 5 jam dalam sintesis HAp, didapatkan hasil bahwa HAp yang terbentuk dengan waktu kalsinasi 3 jam menunjukkan hasil HAp yang optimum yang ditunjukkan dengan derajat kristalinitas yang tinggi. Pada penelitian yang dilakukan oleh Piranika (2017) mengenai pembuatan HAp dari cangkang keong emas dengan menggunakan metode hidrotermal dengan variabel temperatur kalsinasi 600°C, 700°C, 800°C dan 900°C serta dengan variabel waktu kalsinasi 1, 2, 3, 4, dan 5 jam, didapatkan hasil bahwa temperatur dan waktu kalsinasi terbaik dalam pembentukan HAp adalah pada suhu 900°C dengan waktu kalsinasi 2 jam. Hasil karakterisasi yang menunjukkan kondisi terbaik kemudian digunakan untuk mensintesis komposit HAp-Kitosan. Penambahan kitosan diharapkan dapat mengatasi sifat mekanik HAp tersebut. Menurut hasil penelitian Istifarah (2012) komposit HAp-Kitosan dengan variasi HAp : kitosan = (80 : 20), (75 : 25), (70 : 30), dan (65 : 35) didapatkan bahwa komposit HAp : kitosan sebesar (80 : 20) menunjukkan hasil yang terbaik terhadap uji kekerasan dan uji kekuatan tekan yang ditunjukkan dengan besarnya nilai kekerasan (VHN) yang didapat pada uji kekerasan dan uji kekuatan tekan.

Pada penelitian ini dipelajari sintesis HAp dari cangkang telur ayam dengan menggunakan metode presipitasi. Metode presipitasi telah banyak

diterapkan untuk mensintesis HAp karena sederhana, ekonomis, serta mudah dilakukan. HAp hasil sintesis dengan menggunakan metode presipitasi kemudian dikarakterisasi dengan Spektrometer XRD (*X-Ray Diffraction*) untuk menentukan kristalinitas dan SEM-EDS (*Scanning Electron Microscope – Energy Dispersive Spectrometer*) untuk mengetahui morfologi dan komposisi elemen dari HAp hasil sintesis. Variabel penelitian ini meliputi temperatur kalsinasi 600°C, 700°C, 800°C, 900°C dan 1000°C, waktu kalsinasi pada 1, 2, 3, dan 4 jam, dan komposisi HAp-Kitosan = (50 : 50), (60 : 40), (70 : 30), (80 : 20), dan (90 : 10). Untuk mengetahui komposisi komposit terbaik, dilakukan uji kekerasan dan elastisitas dengan menggunakan *Vickers Hardness*, serta uji kekuatan tekan dengan menggunakan *autograph*.

## 1.2. Rumusan Masalah

Cangkang telur ayam mengandung kalsium yang cukup tinggi, dimana kalsium merupakan bahan utama pembuatan HAp. Sintesis HAp dapat dilakukan dengan metode presipitasi dan dilanjutkan dengan kalsinasi pada temperatur yang tinggi. Struktur HAp yang diperoleh sangat dipengaruhi oleh temperatur dan waktu kalsinasi, serta penambahan kitosan untuk memperbaiki sifat mekanik HAp. Oleh sebab itu, rumusan masalah dari penelitian ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh temperatur dan waktu kalsinasi pada sintesis hidroksiapatit terhadap kristalinitas hidroksiapatit yang diperoleh berdasarkan karakterisasi XRD (*X-Ray Diffraction*)?
2. Bagaimana morfologi dari hidroksiapatit yang diperoleh dan elemen apa saja yang terkandung didalam HAp berdasarkan karakterisasi SEM-EDS?
3. Bagaimana pengaruh penambahan kitosan terhadap sifat mekanik HAp dalam pembentukan komposit HAp-kitosan.

## 1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah :

1. Menentukan pengaruh temperatur dan waktu kalsinasi pada sintesis HAp berdasarkan karakterisasi XRD.

2. Menentukan morfologi dari HAp yang diperoleh dan mengetahui elemen yang terkandung didalam HAp berdasarkan karakterisasi SEM-EDS.
3. Mengetahui pengaruh penambahan kitosan terhadap sifat mekanik HAp dalam pembentukan komposit HAp-kitosan, yang dilanjutkan dengan uji kekerasan menggunakan *Vickers Hardness* dan uji kekuatan tekan menggunakan *Autograph*.

#### **1.4. Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan dapat mengurangi limbah cangkang telur ayam dan memberikan informasi tentang pembuatan HAp dari cangkang telur ayam, karena HAp dapat digunakan sebagai adsorben limbah cair dan juga dapat digunakan dalam bidang biomedis/biokeramik untuk merekonstruksi tulang atau pergantian tulang yang rusak dan meningkatkan nilai ekonomis terhadap limbah cangkang telur ayam.

## 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.
- 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.
- Al-Sokanee, Z.N, A.A.H. Toabi, M.J. AlAssadi, and E.A. Al-Assadi. 2009. The drug releasestudy of cefi riaxone from porous hydroxyapatite scaff olds. *AAPS pharmacy Science Tech*, 10(5): 772-779.
- Andika, R., Fadli, A., dan Irdoni, HS. 2015. Pengaruh Waktu Ageing dan Kecepatan Pengadukan Pada Sintesis Hidroksiapatit dari Cangkang Telur dengan Metode Presipitasi. *JOM FTEKNIK*. Vol 2(1): 1-8.
- Anggraeni, N. D. 2008. Analisa SEM (*Scanning Electron Microscopy*) dalam Pemantuan Proses Oksidasi Magnetic Menjadi Hematit. *Skripsi*. FTI Institut Teknologi Nasional : Bandung.
- Anshori, J.A. 2005. *Spektrometri Serapan Atom*. Bandung: Universitas Padjadjaran.
- 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)*.
- Balgies., Setia, U. D., Kiagus, D. 2011. Sintesis Dan Karakterisasi Hidroksiapatit Menggunakan Analisis *X-Ray Diffraction*. *Prosiding Seminar Nasional Hamburan Neutron dan Sinar-X Serpong*. IPB: BATAN.
- Beer, F.P., Johnston, E., Ruussel., Dewolf, J., Mazure, D. 2009 *Mechanics of Material*. McGraw Hil: hal 56. ISBN 978-0-07-015389-9.
- 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.

- Cullity, B. D., Stock, S. R. 2001. *Element of X-Ray Diffraction* 3<sup>rd</sup> Edition. *Adison-Wesley Publishing Company Inc.* USA.
- 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. 2013. Potensi Kerang Ranga sebagai Sumber Kalsium dalam Sintesis Biomaterial Substitusi Tulang. *Semirita 2013 FMIPA UNILA.* Vol 1(1): 147-151.
- Di, Ma., Sihiger, M., and Risbud, M.V. 2005. Aversatile biopolymer for orthopaedic tissue engineering. *Biomaterials.* 26: 5983-5990.
- 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.
- Direktorat Jenderal Peternakan. 2017. *Produksi Telur Ayam Ras Petelur Menurut Provinsi.*
- Feng, H.Ko, Sfeir, C., and Kumta, P.N.2010. Novel Synthesis Strategies for Natural Polymer and Composite Biomaterials as Potential Scaffolds for Tissue Engineering. *Philos Trans A Math Phys Eng Sci.* 368(1917): 1981-1997.
- 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., dan 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.
- Hadi, Wisnu. S. 2005. Sifat Fisik Dan Organoleptik Minuman Instan Madu Bubuk Dengan Penambahan Efek Effervescent Dari Tepung Kerabang Telur. *Skripsi.* Institut Pertanian Bogor.
- Hadiati, S., Ramelan, AH., Variani, VI., dkk. 2013. Kajian Variasi Suhu Annealing dan Holding Time Pada Penumbuhan Lapisan Tipis BaZr<sub>0,15</sub>Ti<sub>0,85</sub>O<sub>3</sub> dengan Metode Sol Gel. *Jurnal MIPA.* Vol 36(1): 20-27.



- Hanura, A. B., Trilaksani, W., dan Suptijah, P. 2017. Karakterisasi Nanohidroksiapatit Tulang Tuna *Thunnus sp* Sebagai Sediaan Biomaterial. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*. 9(2): 619-629.
- Hartati, E., Duyeh, S dan Yati, B, Y. 2014. Sintesis dan Karakterisasi Hidroksiapatit (Hap) untuk Bahan Pengikat Tungstat dalam Sistem Generator  $^{188}\text{W}/^{188}\text{Re}$ . *Jurnal Sains dan Teknologi Nuklir Indonesia*. 15 (2): 55-68.
- Hideki, A. 1991. *Science and Medical Application of Hydroxyapatite*. JASS: Tokyo, Japan.
- Hui, P., Meena, S. L., Singh, G., Agarawal, R dan Prakash, S. 2010. Synthesis of Hydroxyapatite Bio-Ceramic Powder by Hydrothermal Method. *JMMCE*. 9(8): 683-692.
- Istifarah. 2012. Sintesis dan Karakterisasi Komposit Hidroksiapatit dari Tulang Sotong (*Sepia sp*)-Kitosan Untuk Kandidat Aplikasi *Bone Filler*. *Skripsi*. Surabaya: Universitas Airlangga.
- Jamarun, N., Azharman, Z., Zilfa., Septiani, U. 2016. Effect of Firing for Synthesis of Hydroxiapatite by Precipitation Method. *Oriental Journal of Chemistry*. 32(4): 2095-2099.
- Kumar, M.N.V.R. 2000. A Review of Chitin and Chitosan Application. *Reactive & Functional Polymers*. 46 (1): 27.
- Kumar, M.N., Muzzarelli, R.A., Muzzareli, C., Sashiwa, H., and Domb, A.J. 2004. Chitosan Chemistry and Pharmaceutical Perspective. *Chem Kev*. 104(12): 6017-6084.
- Kousalya G.N., M.R.G., C. Sairam Sundaram, S., Meenakshi. 2010. Synthesis of nano-hydroxyapatite chitin/chitosan hybrid biocomposites for the removal of Fe(III). *Carbohydrate Polymers*. 82, 594-599.
- Kurniasih, M., Kartika, D. 2011. Sintesis dan Karakterisasi Fisika-Kimia Kitosan. *Jurnal Inovasi*. 5(1): 1-2.
- Kusnanto, M. 2012. Fabrikasi dan Karakterisasi XRD (X-Ray Diffractometer). *Skripsi*. Jurusan Fisika FMIPA Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Mohadi, R., Anggraini, K., Lesbani, A., dan Riyanti, F. 2016. Preparation Calcium Oxide (CaO) from Chicken Eggshells. *Sriwijaya Journal of Environment*. 1(2): 1-4.
- Mu'minah. 2008. Aplikasi Kitosan Sebagai Koagulan Untuk Penjernihan Air Keruh. *Tesis*. Program Pascasarjana ITB Bandung.

- 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.
- 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.
- Ooi, C. Y., Hamdi, M., and Ramesh S. 2007. Properties of hydroxyapatite produced by annealing of bovine bone. *Ceramic Internasional. Ceramics International*. Vol. 33, pp. 1171-1177.
- Pang, Y.X and Bao, X. 2003. Influence of Temperature, Ripening Time and Calcination on The Morphology and Crystallinity of Hydroxiapatite Nanoparticles. *Journal of The European Ceramic Society*. 23(2003): 1697-1704.
- Permada, B. 2013. Kajian Struktur dan Morfologi Hidroksiapatit yang Disintesis Menggunakan Metode Hidrotermal. *Skripsi*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam IPB. Bogor.
- Piranika, S. 2017. Pengaruh Temperatur dan Lama Pemanasan Pada Pembuatan Hidroksiapatit Dari Cangkang Keong Emas (*Pomacea canaliculata L.*). *Skripsi*. Indralaya: Universitas Sriwijaya.
- Pramanik, S., Agarwal, A.K., Rai, K.N. 2005. Development of High Strength Hydroxyapatite for Hard Tissue Replacement. *Trend Biomater. Artif Organs*. Vol 19(1): pp 46-51.
- Prasasti, R.W., Hartatiek, dan Nasikhudin. 2017. The Influence of Chitosan Concentration on Hydroxyapatite Scaffold-Sponge on Crystallinity and Pore Size. *Jurnal FMIPA*. 1(1): 1-7.
- Purwasmita, B. S dan Gultom R. S. 2008. Sintesis dan karakterisasi serbuk hidroksiapatit skala sub-mikron menggunakan metode presipitasi. *Jurnal Bionatura*. 2 (10) : 155-167.
- Putri, P., Fadli, A., dan Akbar, F. 2015. Pengaruh Rasio Ca/P dan pH pada Sintesis Hidroksiapatit dari Kulit Kerang Darah dengan Metode Hidrotermal Suhu Rendah. *Jom Fteknik*. 2(2): 1-2.
- Rachmania, A. P. 2012. Preparasi Hidroksiapatit dari Tulang Sapi dengan Metode Kombinasi Ultrasonik dan Spray Drying. *Tesis*. Fakultas Teknik Kimia. Depok.

- 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.
- Rismana, 2006. Serat Kitosan Mengikat Lemak. <http://www.kompas.com>. Diakses tanggal 5 Agustus 2017 pukul 20.00 WIB.
- Rivera, E. M., et al. 1999. Synthesis of Hidroxyapatite from Eggshells. *Materials Letters* 4: 128–134.
- 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.
- Saleha., Mutmainnah, H., Nur, A., Sudirman., Subaer. 2015. Sintesis Dan Karakterisasi Hidroksiapatit dari Nanopartikel Kalsium Oksida (CaO) Cangkang Telur Untuk Aplikasi Dental Implan. 2015. *Skripsi*. Makasar: Universitas Negeri Makasar.
- Sari, N.K. 2010. *Analisa Instrumentasi*. Surabaya: Yayasan Humaniora.
- Schaafsma, G. 2000. The Protein Digestibility-Corrected Amino Acid Score. *J. Nutr.* 130(7): 1-5.
- Siswanto, J., Suparman, S., Sudirman, I., Sukoyo, M. 2004. Characteristic of Business System Requirement for Creative Industries SME's in Bandung. *Internasional Journal of Applied Engineering*. 9(22). 17921-17927.
- Seo, Yj., Lee, Jy., Park, Yj., Lee, Ym., Yong, K., Rhyu, Ic., And Han, SB. 2004. Chitosan sponges as tissue engineering scaffolds of bone formation. *Biotechnol Lett*. 26: 1037-1041
- Solechan dan Anwar, S.A. 2014. Karakterisasi Scaffold Bovine Hydroxyapatite Dari Tulang Sapi Limbah Bakso Balungan Untuk Aplikasi Implan Tulang Mandibula menggunakan metode kalsinasi. *Jurnal SNATIF*. Vol 1(1). 129-136.
- Solechan. 2015. Pembuatan Material Sintesis Nano Hydroxyapatite Untuk Aplikasi Scaffolds Tulang Mandibula Dari Tulang Cumi Sontong Menggunakan Metode Kalsinasi. *Jurnal Gardan*. 5(1): 1-12.
- Sugita, P., Wukirsari, T., Sjahriza, A., Wahyono, D. 2009. *Kitosan Sumber Biomaterial Masa Depan*. Bogor: IPB Press.
- Suh, J.K., And Matthew, H.W. 2000. Application of chitosan based polysaccharide

- biomaterials incartilage tissue engineering : areview. *Biomaterials*. 21: 2589-2598.
- Suryadi. 2011. Sintesis dan Karakterisasi Biomaterial Hidroksiapatit dengan Proses Pengendapan Basah. *Tesis*. Depok: 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.
- 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.
- Wardani, N. S., Fadli, A., dan Irdoni. 2015. Sintesis Hidroksiapatit dari Cangkang Telur dengan Metode Presipitasi. *JOM Fteknik*. 2(1): 1-6.
- 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 Diponegoro.
- Wirakusumah, H. 2011. *Obstetri Fisiologi*. Jakarta: Buku Kedokteran EGC.
- Xu, C., He, D., Zeng, L., & Luo, S. 2009. A study of adsorption behavior of human serum albumin and ovalbumin on hydroxyapatite/chitosan composite. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 73, 360-364.
- Yoruc ABH, K. Y. 2009. Double Step Stirring: A Novel Method For Precipitation of Nano-Sized Hydroxyapatite Powder. *Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures*. 4(1): 73-81.