

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI HIDROKSIAPATIT DARI
CANGKANG TELUR AYAM SERTA KOMPOSIT
HIDROKSIAPATIT-PEG-Fe₃O₄**

SKRIPSI

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



USWATUN KHASANAH

08031281419043

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

2018

HALAMAN PENGESAHAN

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI HIDROKSIAPATIT DARI
CANGKANG TELUR AYAM SERTA KOMPOSIT
HIDROKSIAPATIT-PEG-Fe₃O₄**

SKRIPSI

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

Oleh:

USWATUN KHASANAH

08031281419043

Indralaya, Mei 2018

Pembimbing I



Dr. Poedji Loekitowati H, M.Si

NIP. 196808271994022001

Pembimbing II

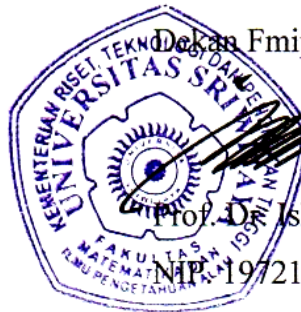


Dra. Fatma, M.S

NIP. 19720408200032001

Mengetahui,

Dekan Fmipa



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 Komposit Hidroksiapatit-PEG-Fe₃O₄” telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Ilmiah Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada tanggal 15 Mei 2018 dan telah diperbaiki, diperiksa, serta disetujui sesuai masukan yang diberikan.

Indralaya, Mei 2018

Ketua:

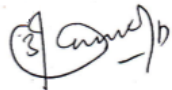
1. **Dr. Poedji Leokitowati H, M.Si**
NIP. 196808271994022001

()

Anggota:

2. **Dra. Fatma, M.S**
NIP.196207131991022001
3. **Dr. Eliza, M.Si**
NIP. 197402052000032001
4. **Zainal Fanani, M.Si**
NIP. 196708211995121001
5. **Dr. Muhammad Said, M.T**
NIP. 197407212001121001

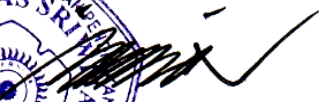
()


()

()

()

Mengetahui,

Dekan Fmipa

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

Ketua Jurusan Kimia

Dedi Rohendi, M.T
NIP. 196704191993031001

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Uswatun Khasanah
NIM : 08031281419043
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



Uswatun Khasanah

NIM 08031281419043

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

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

Nama : Uswatun Khasanah
NIM : 08031281419043
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 dan Pengaruh Penambahan Fe₃O₄ terhadap Sifat Magnetik 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



Uswatun Khasanah

NIM 08031281419043

HALAMAN PERSEMBAHAN

“Tidak ada yang sia-sia dari apa yang telah diperjuangkan, ”

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

Ilmu itu lebih baik daripada harta. Ilmu menjaga engkau dan engkau menjaga harta. Ilmu itu penghukum (hakim) dan harta terhukum. Harta itu berkurang apabila dibelanjakan tapi ilmu bertambah bila dibelanjakan (Ali bin Abi Thalib)

Ketahuilah bahwa sesungguhnya ilmu yang bisa melahirkan rasa takut kepada Allah adalah ilmu yang paling baik (Ibnu Athaillah as-Sakandari)

“Usaha, doa, dan tawakal adalah kunci menuju kesuksesan”

**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: Rohman Rokhim dan Nikhayatus Sholikhah
Keluarga Besarku
Pembimbing Akademik (Hermansyah, Ph.D)
Pembimbing TA (Dr. Poedji Loekitowati H, M.Si dan Dra. Fatma, M.S)
Seluruh dosen Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya
Sahabat-sahabatku tercinta
Almamaterku (Universitas Sriwijaya)**

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, berkat rahmat Allah Subhanallahu wata'ala sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Sintesis dan Karakterisasi Hidroksiapatit dari Cangkang Telur Ayam serta Pembuatan dan Karakterisasi Sifat Magnetik Komposit Hidroksiapatit-PEG-Fe₃O₄” 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 Hariani, M.Si. selaku pembimbing utama dan Dra. Fatma, M .S. selaku pembimbing pendamping yang telah memberikan ilmu, bimbingan, dukungan, nasihat serta motivasi kepada penulis, Semoga ibu sehat dan sukses selalu. 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 Hermansyah, Ph.D selaku pembimbing akademik yang telah memberikan bimbingan, semangat, motivasi serta dukungan kepada penulis.
4. Ibu Widia Purwaningrum, M.Si, bapak Zainal Fanani, M.Si, dan ibu Dr. Ferlinahayati, M.Si selaku pembahas skripsi. Terimakasih atas saran dan masukannya yang sangat membantu.
5. Kedua orangtuaku (Bapak Rohman Rokhim dan Ibu Nikhayatus Sholikhah) yang sangat saya sayangi. Terima kasih atas do'a yang sangat tulus, dukungan moril dan materil, semangat, nasihat, serta kepercayaan yang sangat luar biasa untukku. Semua pencapaianku semata-mata hanya untuk kebahagiaan kalian.
6. Sepupuku tersayang (mbak Ria dan mbak Dewi), serta keluarga besarku. Terima kasih atas do'a serta semangat yang selalu diberikan padaku.

Semoga kebaikan selalu menyertai kita.

7. Dosen staf pengajar jurusan kimia yang telah sangat banyak memberikan ilmu yang bermanfaat, analis kimia (Yuk Nur, Yuk Niar dan Bu Yanti) dan karyawan Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya, semoga sehat selalu.
8. Seluruh Dosen FMIPA KIMIA Unsri yang telah mendidik dan membimbing selama masa perkuliahan.
9. Mbak Novi dan Kak In sebagai administrator di jurusan yang selalu memberikan pelayanan terbaik, sukses selalu ya.
10. My best girl Nanik Hidayah, sahabat dari iyik-iyik yang zuper sweet dan semoga terus sampai nenek-nenek ya. Semangat terus ya say mengejar cita-citanya.
11. Sahabat sekaligus saudariku terkasih: Cece, Tante, Mama, Bibik, Mae, Mintek, Bagio, Retong, Chy, Deden, Raniiii dll terima kasih telah berada di jalan ini bersamaku, saling memberi nasihat dan semangat. Semoga persaudaraan kita terus menjadi ikatan yang baik dan sukses dunia akhirat.
12. Sahabat-sahabat baikku, para member “S.Si (halal)” (Aria, Della, Galuh, Geget, Kiki, Miyatun, Mirae, Ninu, Nisa, dan Yunita) terima kasih atas kebersamaan yang menyenangkan, dukungan serta semangat yang selalu diberikan. Tetap semangat dan sukses untuk kita semua.
13. Team Terbaikku “Analisa Squad” (Aria, Kiki, Miyatun, Mirae, Ninu, dan Nisa) terima kasih untuk dukungan, perjuangan kita yang mengesankan, canda tawa dan semangatnya. Sukses selalu dalam mengejar cita-cita.
14. Team kerja praktek (Aria Septry Handayani dan Khoirul Miyah). Terima kasih atas canda tawa, ilmu dan pengalaman. Semoga sukses selalu kedepannya Amiin.
15. Sahabat MIKI 2014 : Aan, Ade, Afifah, Annisya, Apeh, Aria, Ariyanti, Ayu, Bella, Cia, Claudia, Dia, Della, Dewi, Dwi, Eka, Helda, Faisal, Firda, Galuh, Geget, Hani, Hengki, Hensen, Ihsan, Ica, Kiki, Kopek, Lavini, Leni, Lidya, Lisa, Lisana, Lulu, Marini, Mei, Mia, Miatun, Mikha, Mirae, Musda, Nafi’ul, Ninu, Nisa, Nunik, Nyayu, Pika, Putri, Ratih, Resta, Retno, Riska, Riza, Robi, Rona, Ryo, Sandra, Sari, Tirta, Tri, Ulfa Nadia,

Ulfa Najmatul, Winda, Wini, Yunita, dan Yuriska. Terima kasih kepada kalian yang telah turut membantu hingga sekarang. Tetap semangat dan sukses selalu buat kita semua.

16. Adik-adikku Miki tetap semangat dan yang rajin ya kuliahnya.
17. Teman-teman SD hingga SMA, semoga kalian sehat dan sukses selalu.
18. Semua pihak yang telah membantu dalam penulisan skripsi ini, semoga Allah membalas setiap kebaikan yang dilakukan. Amin.

Demikianlah skripsi ini penulis persembahkan sebagai sebuah karya yang diharapkan dapat memberi manfaat bagi kita semua. Penulis menyadari bahwa skripsi ini jauh dari sempurna, untuk itu penulis berterima kasih apabila pembaca dapat memberikan saran dan kritik yang membangun.

Wassalamu'alaikum wr.wb

Indralaya, Mei 2018

Penulis

SUMMARY

SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF HYDROXYAPATITE FROM CHICKEN EGGS SHELLS AND HYDROXYAPATITE-Fe₃O₄ COMPOSITE

Scientific writing in the form of skripsi, Mei 2018
xvi + 63 pages, 5 tables, 15 figures, 16 appendices

Uswatun Khasanah: Supervised by Dr. Poedji Loekitowati H, M.Si and Dra. Fatma, M.S.
Chemistry Department, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Sriwijaya University.

Chicken egg shells contains calcium carbonate (CaCO₃). Calcium in the chicken egg shells can be used in hydroxyapatite synthesis. The aim of this research is to determine the magnetic properties with varying ratio of hydroxyapatite-Fe₃O₄ composite, and the effect of PEG-4000 addition to magnetic properties of hydroxyapatite-Fe₃O₄ composite. The synthesis of hydroxyapatite was performed by sol-gel method, with the phosphate precursor was H₃PO₄. The hydroxyapatite precipitate is heated at 900 °C for 2 hours to obtain the hydroxyapatite crystalline.

Hydroxyapatite characterized by XRD showed the highest peak at $2\theta = 31,856$ with an intensity value of 479. The FTIR spectrum of the hydroxyapatite characterization have identified P-O of PO₄³⁻ groups and O-H of OH⁻ groups, and no carbonat group is present. The surface morphology of hydroxyapatite results in the form of granular grains in uniform size. Hydroxyapatite was composed with Fe₃O₄ and PEG-4000 as templates with ratio variation 1: 1; 2: 1; 3: 1; 4: 1.

The magnetic properties of hydroxyapatite-Fe₃O₄ composite is characterized using VSM. The results show the hydroxyapatite-Fe₃O₄ 1:1 composite has the best magnetic properties with a Ms value of 78.76 emu/g; while and the hydroxyapatite-PEG- Fe₃O₄ 1:1 composite has a Ms value of 74.76 emu/g. The highest magnetic values of the VSM are then characterized using XRD and SEM-EDS. Addition of PEG-4000 increased Fe₃O₄ content in the composite material, decreasing particle size by preventing particle aggregation, and decreasing the magnetic properties of hydroxyapatite-Fe₃O₄ composite.

Keywords: Hydroxyapatite, hydroxyapatite-Fe₃O₄, chicken eggs shells, PEG-4000, Magnetic properties.

Citations : 72 (2001-2018)

RINGKASAN

SINTESIS DAN KARAKTERISASI HIDROKSIAPATIT DARI CANGKANG TELUR AYAM SERTA KOMPOSIT HIDROKSIAPATIT-PEG-Fe₃O₄

Karya tulis ilmiah berupa skripsi, Mei 2018
xvi + 63 halaman, 5 tabel, 15 gambar, 16 lampiran

Uswatun Khasanah: Dibimbing oleh Dr. Poedji Loekitowati H, M.Si dan Dra. Fatma, M.S.
Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya.

Cangkang telur ayam memiliki kandungan kalsium karbonat (CaCO₃). Kalsium pada cangkang telur ayam dapat digunakan dalam sintesis hidroksiapatit. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui komposisi komposit hidroksiapatit-Fe₃O₄ dengan sifat magnetik terbaik serta pengaruh penambahan PEG-4000 terhadap sifat magnetik komposit hidroksiapatit-Fe₃O₄. Sintesis hidroksiapatit ini dilakukan dengan metode sol-gel, dengan prekursor H₃PO₄. Endapan hidroksiapatit dipanaskan pada suhu 900°C selama 2 jam untuk mendapatkan kristal hidroksiapatit.

Hidroksiapatit dikarakterisasi dengan menggunakan XRD menunjukkan puncak tertinggi pada $2\theta = 31,856$ dengan intensitas sebesar 479. Hasil karakterisasi FTIR hidroksiapatit telah teridentifikasi adanya vibrasi P-O dari gugus PO₄³⁻ dan O-H dari gugus OH⁻, serta tidak ditemukan adanya gugus karbonat. Morfologi permukaan hidroksiapatit hasil SEM berupa butir-butir granular dengan ukuran merata.

Hidroksiapatit dikompositkan dengan Fe₃O₄ dan *template* PEG-4000 dengan variasi perbandingan 1:1; 2:1; 3:1; 4:1 dan dikarakterisasi sifat magnetiknya menggunakan VSM. Hasil karakterisasi VSM menunjukkan komposisi hidroksiapatit-Fe₃O₄ 1:1 memiliki sifat magnet terbaik dengan nilai magnetik saturasi sebesar 78,76 emu/g, dan komposit hidroksiapatit-PEG-Fe₃O₄ 1:1 memiliki nilai magnetik saturasi sebesar 74,76 emu/g. Nilai magnetik tertinggi dari VSM selanjutnya dikarakterisasi menggunakan XRD dan SEM-EDS. Penambahan PEG-4000 meningkatkan kandungan Fe₃O₄ dalam material komposit, menurunkan ukuran partikel dengan mencegah terjadinya agregasi partikel, serta menurunkan sifat magnetik dari komposit hidroksiapatit-Fe₃O₄.

Kata Kunci: Hidroksiapatit, hidroksiapatit-Fe₃O₄, cangkang telur ayam, PEG-4000, sifat magnetik.

Kutipan : 72 (2001-2018)

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
SUMMARY	iv
RINGKASAN	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1. Latar belakang	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Manfaat Penelitian	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Senyawa Hidrosiapatit.....	5
2.2. Cangkang Telur	6
2.3. Sintesis Hidroksiapatit	7
2.4. Magnetit (Fe ₃ O ₄)	9
2.5. Komposit Hidroksiapatit-Fe ₃ O ₄	10
2.6. Polietilen Glikol (PEG)	11
2.7. <i>X-Ray Diffraction (XRD)</i>	12
2.8. <i>Vibrating Sample Magnetometer (VSM)</i>	13
2.9. <i>Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive Spectroscopy (SEM-EDS)</i>	15
2.10. <i>Fourier Transform Infra-Red (FTIR)</i>	16
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN	
3.1. Waktu dan Tempat.....	17
3.2. Alat dan Bahan	17

3.2.1. Alat.....	17
3.2.2. Bahan	17
3.3.1. Preparasi Cangkang Telur Ayam Merah Petelur	17
3.3.2. Kalsinasi Serbuk Cangkang Telur Ayam Merah Petelur ..	18
3.3.3. Sintesis Hidroksiapatit	18
3.3.4. Sintesis Komposit Hidroksiapatit-Fe ₃ O ₄	18
3.3.5. Sintesis Komposit Hidroksiapatit-PEG-Fe ₃ O ₄	18
3.3.6. Karakterisasi dengan VSM	19
3.3.7. Karakterisasi XRD	19
3.3.8. Karakterisasi SEM-EDS	19
3.3.9. Karakterisasi FTIR	20
3.3.10. Analisis Data	20
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1. Hasil Sintesis dan Karakterisasi Hidroksiapatit [Ca ₁₀ (PO ₄) ₆ (OH) ₂].....	22
4.2. Hasil Sintesis dan Karakterisasi Komposit Hidroksiapatit- Fe ₃ O ₄	27
4.3. Hasil Sintesis dan Karakterisasi Komposit Hidroksiapatit-PEG- Fe ₃ O ₄	31
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1. Kesimpulan.....	36
5.2. Saran	36
DAFTAR PUSTAKA	37
LAMPIRAN.....	43
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	63

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Data Elemen-Elemen Penyusun Hidroksiapatit	26
Tabel 2. Nilai Magnetisasi Saturasi (Ms) untuk Komposit Hidroksiapatit-Fe ₃ O ₄	28
Tabel 3. Data Elemen-Elemen Penyusun Hidroksiapatit-Fe ₃ O ₄	30
Tabel 4. Nilai Magnetisasi Saturasi (Ms) untuk Komposit Hidroksiapatit-PEG-Fe ₃ O ₄	32
Tabel 5. Data Elemen-Elemen Penyusun Hidroksiapatit-PEG-Fe ₃ O ₄	35

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Struktur Kimia Hidroksiapatit.....	5
Gambar 2. Skema Alat VSM	13
Gambar 3. Serbuk (a) Cangkang telur ayam, (b) CaO.....	22
Gambar 4. Serbuk Hidroksiapatit.....	23
Gambar 5. Difraktogram Sinar-X (a) Hidroksiapatit Standar, (b) Hidroksiapatit Hasil Sintesis	24
Gambar 6. Spektrum FTIR Hidroksiapatit Hasil Sintesis.....	25
Gambar 7. Hasil Karakterisasi SEM Hidroksiapatit Perbesaran 20.000x	26
Gambar 8. Hasil Sintesis Komposit Hidroksiapatit-Fe ₃ O ₄	27
Gambar 9. Kurva Histeresis Komposit Hidroksiapatit-Fe ₃ O ₄	28
Gambar 10. Difraktogram Sinar-X Komposit Hidroksiapatit-Fe ₃ O ₄ 1:1 ..	29
Gambar 11. Hasil Karakterisasi SEM Hidroksiapatit-Fe ₃ O ₄ 1:1 Perbesaran 20.000x.....	30
Gambar 12. Hasil Sintesis Komposit Hidroksiapatit-PEG-Fe ₃ O ₄	31
Gambar 13. Kurva Histeresis Komposit Hidroksiapatit-PEG-Fe ₃ O ₄	32
Gambar 14. Difraktogram Sinar-X Komposit Hidroksiapatit-PEG- Fe ₃ O ₄ 1:1	33
Gambar 15. Hasil Karakterisasi SEM Hidroksiapatit-PEG-Fe ₃ O ₄ 1:1 Perbesaran 20.000x	34

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Skema Kerja Penelitian	44
Lampiran 2. Perhitungan % Rendemen CaO Hasil Kalsinasi	45
Lampiran 3. Perhitungan Pembuatan Reagen dalam Sintesis Hidroksiapatit	46
Lampiran 4. Perhitungan % Rendemen Hidroksiapatit	47
Lampiran 5. Spektrum FTIR Hidroksiapatit Hasil Sintesis	48
Lampiran 6. JCPDS No. 09-0432 untuk Senyawa Hidroksiapatit (HAp)	49
Lampiran 7. Data Spektra XRD Hidroksiapatit (HAp) Hasil Sintesis ...	50
Lampiran 8. Data Spektra XRD Hidroksiapatit Standar	52
Lampiran 9. Data Spetra XRD Komposit Hidroksiapatit-Fe ₃ O ₄	53
Lampiran 10. Data Spektra XRD Komposit Hidroksiapatit-PEG-Fe ₃ O ₄ .	54
Lampiran 11. Data Perhitungan Ukuran Kristal	55
Lampiran 12. Hasil Karakterisasi SEM-EDS Hidroksiapatit	56
Lampiran 13. Hasil Karakterisasi SEM-EDS Komposit Hidroksiapatit-Fe ₃ O ₄	58
Lampiran 14. Hasil Karakterisasi SEM-EDS Komposit Hidroksiapatit-PEG-Fe ₃ O ₄	59
Lampiran 15. Data Perhitungan Rasio Ca/P	57
Lampiran 16. Gambar Penelitian	60

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Cangkang telur adalah bagian terluar dari telur yang berfungsi memberi perlindungan bagi komponen-komponen isi telur dari kerusakan, baik secara fisik, kimia maupun mikrobiologis (Jamila, 2014). Syam, dkk (2014) dan Susanto, dkk (2017) melaporkan dalam penelitiannya cangkang telur ayam dapat digunakan sebagai pupuk organik untuk pertumbuhan tanaman dan adsorben logam berat. Penelitian oleh Yuliani (2018) menentukan kandungan kalsium pada cangkang telur ayam merah petelur diperoleh sebesar 87,8%. Kandungan kalsium pada cangkang telur ayam merah petelur ini cukup tinggi sehingga berpotensi baik untuk digunakan sebagai sumber kalsium dalam sintesis hidroksiapatit.

Kalsium dalam cangkang telur berada dalam bentuk kalsium karbonat. Kalsium karbonat yang terkandung dalam cangkang telur ayam dikalsinasi untuk menghilangkan komponen organik sehingga dapat menghasilkan senyawa kalsium oksida. Kalsium yang berasal dari kalsium oksida tersebut digunakan untuk mensintesis hidroksiapatit melalui reaksi dengan suatu prekursor fosfat melalui metode tertentu (Prabaningtyas, 2015). Metode yang dapat digunakan untuk sintesis hidroksiapatit diantaranya metode kering, metode basah, reaksi hidrotermal dan sol-gel (Khoirudin dkk, 2015). Pada penelitian ini memilih untuk menggunakan metode sol-gel dalam mensintesis hidroksiapatit dikarenakan dapat menghasilkan hidroksiapatit dengan kemurnian yang tinggi, reaksi relatif sederhana, temperatur rendah dan tingkat homogenitas tinggi (Widodo, 2010).

Prabakaran, dkk (2005) melakukan sintesis hidroksiapatit dari cangkang telur memperoleh hidroksiapatit dengan kristalinitas terbaik serta tidak ditemukan lagi ion karbonat pada temperatur pemanasan 900°C. Piranika (2017) mensintesis hidroksiapatit pada temperatur 900°C dengan memvariasikan waktu pemanasan dan mendapatkan kristalinitas hidroksiapatit terbaik pada waktu pemanasan 2 jam.

Hidroksiapatit dapat diaplikasikan sebagai adsorben logam-logam berat (Saleha dkk, 2015). Menurut Lokapuspita (2012) hidroksiapatit mengandung ion hidroksil yang memiliki kemampuan yang tinggi sebagai pertukaran ion dan

menyerap logam berat. Adsorben yang menggabungkan teknologi pemisahan magnetik dalam proses adsorpsi telah banyak digunakan. Teknologi pemisahan magnetik merupakan metode yang efisien, cepat dan ekonomis untuk memisahkan bahan magnetik. (Feng *et al*, 2010). Magnetit (Fe_3O_4) memiliki sifat magnet yang kuat sehingga pada penelitian ini hidroksiapatit dikompositkan dengan Fe_3O_4 untuk memperoleh suatu bahan komposit baru yang mampu merespon medan magnet luar yang memudahkan untuk mengambil partikel adsorben setelah menyerap ion logam dengan menggunakan batangan magnet sehingga tidak lagi diperlukan proses penyaringan. Penambahan Fe_3O_4 juga dapat meningkatkan kemampuan adsorpsi hidroksiapatit karena bertambahnya situs aktif dari Fe_3O_4 (Fisli dkk, 2012 & Imaniah, 2016). Dilaporkan oleh Langenati, dkk (2012) dalam penelitiannya mengenai pengaruh jenis adsorben terhadap penyerapan uranium menyatakan bahwa komposit karbon aktif-magnet (Fe_3O_4) efektif menyerap uranium. Hal ini disebabkan komposit karbon aktif-magnet (Fe_3O_4) memiliki luas permukaan bidang kontak yang lebih besar dibandingkan magnet dan karbon aktif.

Komposit hidroksiapatit- Fe_3O_4 disintesis dengan variasi perbandingan hidroksiapatit dan Fe_3O_4 untuk menentukan nilai magnetik terbaik.

Polietilen glikol (PEG) merupakan salah satu zat yang dapat digunakan untuk mengontrol ukuran dan struktur pori dari partikel. PEG menempel pada permukaan partikel dan dapat berfungsi membungkus partikel sehingga tidak terjadi proses agregasi lebih lanjut (Siswanto dan Suharyadi, 2014). Pada penelitian ini juga dilihat pengaruh penambahan PEG terhadap sifat kemagnetan partikel, sehingga dilakukan juga variasi sintesis komposit hidroksiapatit melalui penambahan PEG sebagai *template* antara hidroksiapatit dan Fe_3O_4 . PEG sebagai *template* memainkan peran penting dalam mengatur pertumbuhan kristal dan berperan dalam merekatkan hidroksiapatit dan Fe_3O_4 dengan mengimpregnasikan hidroksiapatit dan Fe_3O_4 ke dalam *template* (Jiao *et al*, 2007).

Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan pemanasan hidroksiapatit pada temperatur 900°C selama 2 jam. Hasil sintesis hidroksiapatit dikarakterisasi menggunakan XRD untuk menentukan kristalinitas, FTIR untuk menentukan

gugus fungsi, dan SEM-EDS untuk menentukan morfologi permukaan serta unsur-unsur penyusun hidroksiapatit.

Hasil sintesis komposit hidroksiapatit-Fe₃O₄ dengan dan tanpa penambahan PEG dikarakterisasi menggunakan *Vibrating Sample Magnetometer (VSM)* untuk mengetahui sifat magnetik bahan komposit. Komposit dengan sifat magnetik tertinggi dikarakterisasi dengan XRD (*X-Ray Diffraction*) untuk menentukan struktur kristalin dan *Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive Spectroscopy (SEM-EDS)* untuk menentukan struktur morfologi kristal.

Hartati, dkk (2014) memanfaatkan hidroksiapatit sebagai adsorben tungstat dengan cara memerangkap ion tungstat di dalam pori-pori permukaan hidroksiapatit. Menurut Corami *et al* (2006) melaporkan hidroksiapatit dapat menyerap logam berat seperti timbal, kobalt, nikel, tembaga, dan kadmium dengan efisien. Feng *et al* (2010) menghilangkan Cd²⁺ dan Zn²⁺ dari larutan berair menggunakan hidroksiapatit-magnetik.

1.2. Rumusan Masalah

Cangkang telur ayam mempunyai komposisi utama berupa kalsium dalam bentuk kalsium karbonat, sehingga cangkang telur ayam merupakan salah satu bahan pembuatan hidroksiapatit yang sangat potensial. Metode yang digunakan pada sintesis hidroksiapatit ini adalah metode sol-gel yang diharapkan dapat menghasilkan serbuk hidroksiapatit. Hasil sintesis hidroksiapatit ditambahkan dengan Fe₃O₄ membentuk komposit hidroksiapatit-Fe₃O₄ agar hidroksiapatit memiliki sifat magnetik. Pada penelitian ini dikaji bagaimana pengaruh penambahan Fe₃O₄ terhadap sifat magnetik hidroksiapatit dalam pembentukan komposit hidroksiapatit-Fe₃O₄, serta pengaruh penambahan PEG sebagai *template* antara hidroksiapatit terhadap Fe₃O₄.

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan Penelitian ini adalah :

1. Menentukan karakteristik hidroksiapatit yang disintesis dari cangkang telur ayam menggunakan XRD untuk menentukan kristalinitas, FTIR untuk

menentukan gugus fungsi, dan SEM-EDS untuk menentukan morfologi permukaan serta unsur-unsur penyusun hidroksiapatit.

2. Menentukan kekuatan magnetik dari berbagai variasi komposisi komposit hidroksiapatit dan Fe_3O_4 menggunakan VSM.
3. Menentukan kekuatan magnetik komposit hidroksiapatit- Fe_3O_4 setelah penambahan PEG sebagai *template* menggunakan VSM.
4. Menentukan karakteristik komposit hidroksiapatit- Fe_3O_4 dan hidroksiapatit-PEG- Fe_3O_4 dengan kekuatan magnetik tertinggi menggunakan XRD dan SEM-EDS.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini diharapkan dapat mengurangi limbah cangkang telur ayam dengan menggunakannya dalam pembuatan hidroksiapatit sehingga dapat meningkatkan nilai guna limbah cangkang telur ayam. Manfaat lainnya adalah dapat memberikan sifat magnetik pada hidroksiapatit melalui pembentukan komposit hidroksiapatit- Fe_3O_4 .

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M., dan Khairurrijal. 2009. Karakterisasi Nanomaterial. *Jurnal Nanosains & Nanoteknologi*. 2 (1): 1-9.
- Arisandi, D.M. 2007. Pengaruh Pemanasan dan Jenis Surfaktan Pada Sifat Megnetik Ferofluida Berbahan Dasar Pasir Besi. *Tugas Akhir*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya
- Astuti., dan Hasanah, A.P.I. 2015. Pengaruh Waktu Pemanasan terhadap Sintesis Nanopartikel Fe₃O₄. *Jurnal Ilmu Fisika*. 4 (1): 20-25.
- Astuti. 2016. Karakterisasi Material. (online). (<https://www.researchgate.net/publication/305703542>). Diakses pada tanggal 10 September 2017.
- Bahri, S. 2015. Sintesis dan Karakterisasi Zeolit X dari Abu Vulkanik Gunung Kelud dengan Variasi Rasio Molar Si/Al Menggunakan Metode Sol-Gel. *Skripsi*. Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim. Malang.
- Balamurugan, A., Michael, J., Faure, J., Benhayoune, H., Wortham, L., Sockalingum, G., Banchet, V., Bouthors, S., Laurent-Maquin, D., and Balossier, G. 2006. Synthesis and Structural Analysis of Sol Gel Derived Stoichiometric Monophasic Hydroxyapatite. *Ceramics-Silikaty*. 50(1): 27-31.
- Balgies., Setia, U. D., and Kiagus, D. 2011. Sintesis Dan Karakterisasi Hidroksiapatit Menggunakan Analisis *X-Ray Diffraction*. *Prosiding Seminar Nasional Hamburan Neutron dan Sinar-X Serpong*. IPB: BATAN.
- Bao, X., and Pang, Y.X. 2003. Influence of Temperature, Ripening Time and Calcination on the Morphology and Crystallinity of Hydroxyapatite Nanoparticles. *Journal of the European Ceramic Society*. 33: 1171-1177.
- 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.
- Costaa,A. C. F. M, dkk. 2003. Synthesis, Microstructure and Magnetic Properties Of Ni-Zn Ferrites. *Journal of Magenetism and Magnetic Materials*. 256: 174-182.

- Dahlan, K., Prasetyanti, F., dan Sari, Y. W. 2009. Sintesis Hidroksiapatit dari Cangkang Telur Menggunakan Dry Metode. *Jurnal Biofisika*. 5(2):71-78.
- Dahlan, K. 2013. Potensi Kerang Ranga sebagai Sumber Kalsium dalam Sintesis Biomaterial Substitusi Tulang. *Prosiding Semirata*. FMIPA Universitas Lampung.
- Delmifiana, B., dan Astuti. 2013. Pengaruh Sonifikasi terhadap Struktur dan Morfologi Nanopartikel Magnetik yang Disintesis dengan Metode Kopersipitasi. *Jurnal Fisika Unand*. 2 (3): 186-189.
- Deng, Y., Qi, D., Deng, C., Zhang, X., and Zhao, D., 2008. Superparamagnetic High-Magnetization Microspheres with an $\text{Fe}_3\text{O}_4 \cdot 2\text{SiO}_2$ and Perpendicularly Aligned Mesoporous SiO_2 Shell for Removal of Microcystins. *J. Am. Chem. Soc.* 130(1): 28-29.
- Dennymol, P.V., and Joseph, R. 2014. Morphological Diversity in Nanohydroxyapatite Synthesized from Waste Egg Shell: Verification and Optimization of Various Synthesis Parameters. *The Internasional Journal of Science and Technoledge*. 2(6): 179-185.
- Feng, Y., Gong, J. L., Zeng, G. M., Niu, Q. Y., Zhang, H. Y., Niu, C. G., Deng, J. H., and Yan, M. 2010. Adsorption of Cd (II) and Zn (II) from Aqueous Solution Using Magnetic Hydroxyapatite Nanoparticles as adsorbents. *Chemical Engineering Journal*. 162: 487-494.
- Fisli, A., Ariyani, A., Waridiyati, S., dan Yusuf S. 2012. Adsorben Magnetik Nanokomposit Fe_3O_4 -Karbon Aktif untuk Menyerap Thorium. *Jurnal Sains Materi Indonesia*. 13(3): 192-197.
- Hartati, E., Setiawan, D., dan Yuliyati, Y.B. 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
- Imaniah, N. 2016. Preparasi Komposit Mg/Al- NO_3 Hidrotalsit-Magnetit Kalsinasi dengan Metode Kopersipitasi dan Aplikasinya untuk Adsorben Zat Warna *Remazol Yellow FG*. *Skripsi*. Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Semarang. Semarang.
- Iwasaki, T., Nakatsuka, R., Murase, K., Takata, H., Nakamura, H., and Watano, S. 2013. Simple and Rapid Synthesis of Magnetite/Hydroxyapatite Compositea for Hyperthermia Treatments via a Mechanochemical Route. *Int. J. Mol. Sci.* 14: 9365-9378.

- Jamila. 2014. *Mata Kuliah Teknologi Pengolahan Limbah dan Sisa Hasil Ternak. Prodi Peternakan*. Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Jiao, J., Xu, Q., and Li, L. 2007. Porous TiO₂/SiO₂ Composite Prepared using PEG as Template Direction Reagen with Assistance of Supercritical CO₂. *Journal of Colloid and Interface Science*. 316: 593-603.
- Karakas, A.B., Yoruc, A.B.H., Erdogan, D.C., and Dogan, M. 2012. Effect of Different Calcium Precursors on Biomimetic Hydroxyapatite Powder Properties. *Acta Physica Polonica A*. 121(1): 236-239.
- Kehoe, S. 2008. Optimization of Hidroxyapatite (HAp) for Orthopaedic Application Via the Chemical Precipitation Technique. *Tesis*. Dublin (IE): Dublin City University.
- Kesuma, D. 2011. *Studi Karakterisasi Bahan Magnetik dengan Vibrasi Sampel Magnetometer (VSM)*. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Khoirudin, M., Yelmida., dan Zultiniar. 2015. Sintesis dan Karakterisasi HAp Hidroksiapatit dari Kulit Kerang Darah (*Anadara granosa*) dengan Proses Hidrotermal. *JOM FTeknik*. 2 (2): 1-8.
- Kumar, A.R., and Kalainathan, S. 2008. Growth and characterization of nanocrystalline hydroxyapatite at physiological conditions. *Journal Crystal Research and Technology*. 43(6): 640 – 644.
- Lokapuspita, G., Hayati, M., dan Purwanto. 2012. Pemanfaatan Limbah Ikan Nila sebagai Fishbone Hydroxyapatite pada Proses Adsorpsi Logam Berat Krom pada Limbah Cair. *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*. 1 (1): 379-388.
- Langenati, R., Mordiono, R.M., Mustika, D., Wasito, B., dan Ridwan. 2012. Pengaruh Jenis Adsorben dan Konsentrasi Uranium terhadap Pemungutan Uranium dari Larutan Uranil Nitrat. *Jurnal Teknik Bahan Nuklir*. 8(2): 67-122.
- Lih-Jiun, Y., Sahrim, A., Kong, I., Appadu, S., and Flaifel, M.H. 2012. Sifat Magnet, Mikrostruktur dan Morfologi Komposit Getah Asli Termoplastik Berpengisi Ferit NiZn/MwNT (Magnetic Properties, Microstructure and Morphology of Thermoplastic Natural Rubber Composite Reinforced with NiZn Ferrite/MwNT). *Sains Malaysiana*. 41(4): 453-458.

- Mahreni., Sulistyowati, E., Sampe, S., dan Chandra, W. 2012. Pembuatan Hidroksiapatit dari Kulit Telur. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia*. Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri. Yogyakarta.
- Muliati. 2016. Sintesis Dan Karakterisasi Hidroksiapatit Dari Tulang Ikan Tuna (*Thunus sp*) Dengan Metode Sol-Gel. *Skripsi*. Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Alauddin. Makassar.
- Muntamah. 2011. Sintesis dan Karakterisasi Hidroksiapatit dari Limbah Cangkang Kerang Darah (*Anadara granosa,sp*). *Thesis*. Sekolah Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Ningsih, D.W., Fajaroh, F., dan Wonorahardjo, S. 2013. Aplikasi Nanopartikel Fe_3O_4 (*Magnetite*) Hasil Sintesis secara Elektrokimia sebagai Adsorben Ion Kadmium (II). *Skripsi*. Jurusan Kimia Fakultas MIPA UNM. Malang.
- Norvisari, M. 2008. Pengaruh Kombinasi Basis Polietilen Glikol 400 dan Polietilen Glikol 6000 terhadap Sifat Fisik dan Pelepasan Asam Mefenamat pada Sediaan Supositoria. *Skripsi*. Fakultas Farmasi Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta.
- Nurlaela, A., Dewi, S.U., Dahlan, D.S., dan Soejoko. 2014. Pemanfaatan Limbah Cangkang Telur Ayam dan Bebek sebagai Sumber Kalsium untuk Sintesis Mineral Tulang. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*. 10: 81-85.
- Nuzully, S., Kato, T., Iwata, S., dan Suharyadi, E. 2013. Pengaruh Konsentrasi Polyethylene Glycol (PEG) pada Sifat Kemagnetan Nanopartikel Magnetik PEG-Coated Fe_3O_4 . *Jurnal Fisika Indonesia*. 51 (17): 35-40.
- Oktaviana, A.T.D. 2009. Teknologi Penginderaan Mikroskopi. *Makalah*. Universitas Sebelas Maret: Surakarta.
- Olea-Mejia, O., Contreras-Bulnes, R., Zamudio-Ortega, C.M., Morales-Lukie, R.A., Olea-Cardoso, O., and Lopez-Castanares, R. 2014. Scanning Electron Microscopy and Energy Dispersive Spectroscopy Microanalysis Applied to Human Dental Specimens under Laser Irradiation for Caries Prevention. *Microscopy: advances in scientific research and education*.
- Perdana, F.A., Baqiya, M.A., Mashuri., Triwikantoro., dan Darminto. 2013. Sintesis Nanopartikel Fe_3O_4 dengan *Template* PEG-1000 dan Karakterisasi Sifat Magnetiknya. *Jurnal Material dan Energi Indonesia*. 1 (1): 1-6.
- Piranika, S. 2017. Pengaruh Temperatur dan Lama Kalsinasi pada Pembuatan Hidroksiapatit dari Cangkang Keong Emas (*Pomacea canaliculata*

- Lamarck*). *Skripsi*. Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya. Inderalaya.
- Pistone, A., Lannazo, D., Panseri, S., Montesi, M., Tampieri, A., and Galvagno, S. 2014. Hydroxyapatite-Magnetite-MWCNT Nanocomposite as a Biocompatible Multifunctional Drug Delivery System for Bone Tissue Engineering. *Nanotechnology*. 25: 1-9.
- Prabakaran, K., Balamurugan, A., and Rajeswari, S. 2005. Development of Calcium Phosphate Based Apatite from Hen's Eggshell. *Bull. Mater. Sci* 2005:115-119
- Prabaningtyas, R.A.M.S. 2015. Karakterisasi Hidroksiapatit dari Kalsit (PT. Dwi Selo Giri Mas Sidoarjo) sebagai *Bone Graft* Sintetis Menggunakan *X-Ray Diffractometer (XRD)* dan *Fourier Transform Infra Red (FTIR)*. *Skripsi*. Kedokteran Gigi Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember. Jember.
- 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.
- Puryanti, D., dan Andani, D. 2015. Pengaruh PEG-2000 terhadap Pola Difraksi Sinar-X Partikel Fe_3O_4 yang Disintesis dengan Metode Kopresipitasi. *Prosiding Semirata Bidang MIPA BKS-PTN Barat*. Universitas Tanjungpura. Pontianak.
- Puspita, F.W., dan Cahyaningrum, S.E. 2017. Sintesis dan Karakterisasi Hidroksiapatit dari Cangkang Telur Ayam Ras (*Gallus gallus*) Menggunakan Metode Pengendapan Basah. *J of Chemistry*. 6 (2): 100-106.
- Rahman, R. 2008. Pengaruh Proses Pengeringan Anil dan Hidrotermal Terhadap Kristalinitas Nanopartikel TiO_2 Hasil Proses Sol-Gel. *Skripsi*. Universitas Indonesia. Jakarta.
- Rihayat, T., dan Suryani. 2013. Pembuatan Polimer Komposit Ramah Lingkungan untuk Aplikasi Industri Otomotif dan Elektronik. *Skripsi*. Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Lhokseumawe. Aceh.
- Road, V.M. 2001. *Introduction to Fourier Transform Infra-Red Spectrometry*. Thermo Nicolet. USA.

- Ruksudjarit, A., Pengpat, K., Rujijanagul, G., and Tunkasiri, T. 2008. Synthesis and Characterization of Nanocrystalline Hydroxyapatite from Natural Bovine Bone. *Current Applied Physic.* 8: 270-272.
- Saleha., Mutmainnah, H., Nuur, A., Sudirman., dan Subaer. 2015. 2015. Sintesis Dan Karakterisasi Hidroksiapatit dari Nanopartikel Kalsium Oksida (CaO) Cangkang Telur Untuk Aplikasi Dental Implan. *Prosiding Pertemuan Ilmiah XXIX HFI ISSN : 0853-0823*. Yogyakarta.
- Santoso, E., dan Juwono, H. 2009. Efek Polietilen Glikol (PEG) terhadap Kapasitas Adsorpsi dan Tetapan Laju Thomas dalam Proses Adsorpsi Ion Cu (II) dari Larutan Pada Komposit Selulosa-Khitosan Terikatsilang dengan Menggunakan Kolom secara Kontinu. *Seminar Nasional Kimia ISBN 978-979-95845-9-5*. Surabaya.
- Sari, R.A.I.F. 2014. Sintesis dan Karakterisasi Mikroskopik Nano-Komposit Hidroksiapatit/Kitosan (n-HA/CS) untuk Aplikasi Jaringan Tulang. *Skripsi*. Universitas Airlangga. Surabaya.
- Sasikumar, S., and Vijayaraghavan. 2006. Low Temperature Synthesis of Nanocrystalline Hydroxyapatite from Egg Shells by Combustion Method. *Trends Biomater Artif Organ.* 19(2): 70-73.
- Sholihah, L.K. 2010. Sintesis dan Karakteristik Partikel Nano Fe₃O₄ yang Berasal dari Pasir Besi dan Fe₃O₄ Bahan Komersial (*Aldrich*). *Skripsi*. Jurusan Fisika, Fakultas MIPA. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Simamora, P., dan Krisna. 2015. Sintesis dan Karakterisasi Sifat Magnetik Nanokomposit Fe₃O₄-Montmorilonit Berdasarkan Variasi Suhu. *Prosiding Seminar Nasional Fisika*. Universitas Negeri Medan. Medan.
- Siswanto, R.E., dan Suharyadi, E. 2014. Pengukuran Tetapan Suseptibilitas pada Polyethylene Glycol (PEG 4000) Coated-Nanopartikel Magnetik Cobalt Ferrite (CoFe₂O₄). *Jurnal Fisika Indonesia.* 53 (18): 50-54.
- 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.
- Sujatno, A., Salam, R., Bandriyana., and Dimiyati, A. 2015. Studi Scanning Electron Microscopy (SEM) untuk Karakterisasi Proses Oksidasi Paduan Zirkonium. *Jurnal Forum Nuklir (JFN).* 9(2): 44-50.

- Suryadi. 2011. Sintesis dan Karakterisasi Biomaterial Hidroksiapatit dengan Proses Pengendapan Kimia Basah. *Tesis*. Prodi Teknik Metalurgi dan Material Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Depok.
- Susanto, T.N., Atmono., dan Natalina. 2017. Pemanfaatan Limbah Cangkang Telur Ayam sebagai Media Adsorben dalam Penurunan Kadar Logam Kromium Heksavalen (Cr^{6+}) pada Limbah Cair Industri Electroplating. *Ecolab*. 11 (1): 1-52.
- Susilowati, E.N., Fajaroh, F., dan Wonorahardjo, S. 2012. *Sintesis Nanopartikel Magnetit (Fe_3O_4) secara Elektrokimia dan Aplikasinya sebagai Penyerap Pb (II)*. Jurusan Kimia Fakultas MIPA. UNM. Malang.
- Syam, Z.Z., Kasim, A., dan Nurdin M. 2014. Pengaruh Serbuk Cangkang Telur Ayam terhadap Tinggi Tanaman Kamboja Jepang (*Ademium obesum*). *E-Jipbiol*. 3: 9-15.
- Taib, S., dan Suharyadi, E. 2015. Sintesis Nanopartikel Magnetite (Fe_3O_4) dengan Template Silika (SiO_2) dan Karakterisasi Sifat Kemagnetannya. *Indonesian Journal of Applied Physics*. 5(1): 23-30.
- Teja, A.S., and Koh, P.Y. 2009. Synthesis, Properties, and Applications of Magnetic Iron Oxide Nanoparticles. *Progress in Crystal Growth and Characterization of Materials*. 55: 22-45.
- Thamaraiselvi, T.V., Prabakaran, K., and Rajeswari, S. 2006. Synthesis of Hydroxyapatite that Mimic Bone Mineralogy. *Trends Biomater, Artif Organ*. 19(2): 81-83.
- V'azquez., Guzm'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.
- Wahyuni, M.S., dan Hastuti, E. 2010. Karakterisasi Cangkang Kerang Menggunakan XRD dan X Ray Physics Basic Unit. *Jurnal Neutrino*. 3(1): 32-43.
- Wardani, N.S., Fadli, A., dan Irdoni. 2015. Sintesis Hidroksiapatit dari Cangkang Telur dengan Metode Presipitasi. *JOM Fteknik*. 2(1): 1-6.
- Widodo, S. 2010. Teknologi Sol Gel Pada Pembuatan Nano Kristalin Metal Oksida Untuk Aplikasi Sensor Gas. *Seminar Rekayasa Kimia Dan Proses*, ISSN : 1411- 421.

Yuliani, N.S. 2018. Sintesis dan Karakterisasi Hidroksiapatit dari Cangkang Telur Ayam serta Pengaruh Penambahan Alumina terhadap Sifat Mekanik Hidroksiapatit. *Skripsi*. Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya. Inderalaya.