

**MODIFIKASI HIDROKSIAPATIT DARI TULANG IKAN
GABUS (*Channa striata*) DENGAN MFe_2O_4 (M= Fe, Cu, Mn, Ni,
dan Mg) PEG-4000 TERHADAP SIFAT KEMAGNETANNYA**

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh

Gelar Sarjana Bidang Studi Kimia



Oleh :

RIMA MELATI

08031181520005

JURUSAN KIMIA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2019

SUMMARY

MODIFICATION HYDROXYAPATITE FROM FISH BONE CORK (*Channa striata*) WITH MFe_2O_4 (M= Fe, Cu, Mn, Ni, and Mg) PEG-4000 TO ITS MAGNETIC PROPERTIES

Scientific writing in the form of skripsi, August 2018
xi+ 76 pages, 11 tables, 17 figures, 23 appendices

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

Research on the modification of hydroxyapatite (HAp) from cork fish bones (*Channa striata*) with MFe_2O_4 (M = Fe, Cu, Mn, Ni, and Mg) has been carried out. This study aims to determine the composition with the best magnetic properties. Hydroxyapatite synthesis was carried out by the precipitation method with precursors $(NH_4)_2HPO_4$ and CaO from cork fish bones. Hydroxyapatite-PEG- MFe_2O_4 composites were characterized by magnetic properties using VSM. The composite with the highest magnetic values were characterized using VSM, XRD, FTIR, SEM-EDS and pH_{pzc} . Hydroxyapatite-PEG- MFe_2O_4 composite which has the highest magnetic properties, namely the composition of hydroxyapatite-PEG- Fe_3O_4 with a saturation magnetic value of 28.32 emu/g. Composites with the highest magnetic value based on VSM results varied with hydroxyapatite: Fe_3O_4 ratio (1:1, 1:2, and 1:3). Hydroxyapatite-PEG- Fe_3O_4 composite with ratio of 1: 3 has the highest magnetic value with a saturation value of 34.87 emu/g. The XRD characterization obtained particle size at a ratio of 1:1, 1:2 and 1:3, at 66.02; 14,14 and 15,53 nm. respectively these show that nanomagnetic qualify as nanomaterials because they have a size <100nm. The composites in the ratio of 1:3 have a pH_{pzc} value at pH 8, the results of FTIR characterization on a hydroxyapatite-PEG- Fe_3O_4 composite ratio of 1: 3 show the existence of Fe-O vibrations of Fe_3O_4 at wavenumbers 574 cm^{-1} and 603.72 cm^{-1} , PO vibrations of PO_4^{3-} groups at wavenumbers 1033.85 cm^{-1} and OH vibrations at wave number 3408.22 cm^{-1} . SEM results show that the surface is granular with a small round shape.

Keywords : Fish bone, hydroxyapatite-PEG- Fe_3O_4 , composite, magnetic properties.

Citations : 82 (2002-2018)

Pembimbing I



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

Indralaya, 07 Oktober 2019

Pembimbing II



Dra. Fatma, M.S
NIP. 196207131991022001

Mengetahui,

Ketua Jurusan Kimia



Dr. Dedi Rohendi, M.T

NIP. 196704191993031001

RINGKASAN

MODIFIKASI HIDROKSIAPATIT DARI TULANG IKAN GABUS (*Channa striata*) DENGAN MFe_2O_4 (M= Fe, Cu, Mn, Ni, dan Mg) PEG-4000 TERHADAP SIFAT KEMAGNETANNYA

Karya tulis ilmiah berupa skripsi, Agustus 2019
xi + 76 halaman, 11 tabel, 17 gambar, 23 lampiran

Rima Melati: Dibimbing oleh Dr. Poedji Loekitowati H, M.Si dan Dra. Fatma, M.S.

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

Penelitian tentang modifikasi hidroksiapatit (HAp) dari tulang ikan gabus (*Channa striata*) dengan MFe_2O_4 (M= Fe, Cu, Mn, Ni, dan Mg) telah dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui komposisi dengan sifat magnetik terbaik. Sintesis hidroksiapatit dilakukan dengan metode presipitasi dengan prekursor $(NH_4)_2HPO_4$ dan CaO dari tulang ikan gabus. Komposit hidroksiapatit-PEG- MFe_2O_4 dikarakterisasi sifat magnetiknya menggunakan VSM. Komposit dengan nilai magnetik tertinggi dikarakterisasi menggunakan VSM, XRD, FTIR, SEM-EDS dan pH_{pzc} . Komposit hidroksiapatit-PEG- MFe_2O_4 yang memiliki sifat magnetik tertinggi yakni komposit hidroksiapatit-PEG- Fe_3O_4 dengan nilai magnetik saturasi sebesar 28,32 emu/g. Komposit dengan nilai magnetik tertinggi berdasarkan hasil VSM divariasi perbandingan hidroksiapatit : Fe_3O_4 dengan perbandingan (1:1, 1:2, dan 1:3). Komposit hidroksiapatit-PEG- Fe_3O_4 perbandingan 1:3 memiliki nilai magnetik tertinggi dengan nilai saturasi 34,87 emu/g. Hasil karakterisasi XRD didapatkan ukuran partikel pada perbandingan 1:1, 1:2 dan 1:3, masing-masing sebesar 66,02; 14,14 dan 15,53 nm. Hal ini menunjukkan bahwa nanomagnetik memenuhi syarat sebagai nanomaterial karena memiliki ukuran <100nm, dan hasil karakterisasi komposit dengan perbandingan 1:3 memiliki pH_{pzc} yang berada pada pH 8. Hasil karakterisasi FTIR pada komposit hidroksiapatit-PEG- Fe_3O_4 perbandingan 1:3 menunjukkan adanya vibrasi Fe-O dari Fe_3O_4 pada bilangan gelombang 574 cm^{-1} dan $603,72\text{ cm}^{-1}$, vibrasi P-O dari gugus PO_4^{3-} pada bilangan gelombang $1033,85\text{ cm}^{-1}$ dan vibrasi O-H pada bilangan gelombang $3408,22\text{ cm}^{-1}$. Hasil SEM menunjukkan bahwa permukaan yang berbentuk granular dengan bentuk bulatan kecil.

Kata Kunci : Tulang ikan gabus, hidroksiapatit-PEG- Fe_3O_4 , komposit, sifat magnetik.

Kutipan : 82 (2002-2018)

Pembimbing I



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

Indralaya, 07 Oktober 2019

Pembimbing II



Dra. Fatma, M.S
NIP. 196207131991022001

Mengetahui,

Ketua Jurusan Kimia



Dr. Dedi Rohendi, M.T

NIP. 196704191993031001

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
SUMMARY	x
RINGKASAN	xi
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Ikan Gabus.....	4
2.2 Senyawa Hidroksiapatit (HAp)	4
2.3 Sintesis Hidroksiapatit	6
2.4 Kemagnetan Unsur	7

2.5 Nanomagnetik	8
2.5.1 Fe ₃ O ₄ (Magnetit)	8
2.5.2 MnFe ₂ O ₄ (Mangan Ferit)	8
2.5.3 NiFe ₂ O ₄ (Nikel Ferit).....	8
2.5.4 MgFe ₂ O ₄ (Magnesium Ferit)	9
2.5.5 CuFe ₂ O ₄ (Tembaga Ferit)	9
2.6 <i>Polyethylene Glycol</i> (PEG).....	10
2.7 Sintesis Komposit Hidroksiapatit-Nanomagnetik-PEG.....	10
2.8 Karakteristik Komposit Hidroksiapatit dan Nanomagnetik.....	11
2.8.1 <i>Vibrating Sample Magnetometer</i> (VSM).....	11
2.8.2 <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	12
2.8.3 <i>Scanning Electron Microscope-Energy</i> <i>Dispersive Spectroscopy</i> (SEM-EDS).....	14
2.8.4 <i>Fourier Transform Infrared</i> (FTIR)	15

BAB III METODE 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 Prosedur Penelitian	17
3.3.1 Preparasi Tulang Ikan Gabus.....	17
3.3.2 Sintesis Hidroksiapatit.....	18
3.3.3 Sintesis Komposit Hidroksiapatit-PEG-MFe ₂ O ₄	18
3.3.4 Penentuan pH _{pzc} Hidroksiapatit-PEG/MFe ₂ O ₄	19
3.3.5 Karakterisasi dengan VSM	19

3.3.6 Sintesis hidroksiapatit-PEG-Fe ₃ O ₄ dengan perbandingan (1:1, 1:2, dan 1:3)	19
3.3.7 Karakterisasi dengan XRD.....	20
3.3.8 Karakterisasi dengan SEM-EDS	20
3.3.9 Karakterisasi dengan FTIR	20
3.3.10 Penentuan pH _{pzc} hidroksiapatit-PEG- MFe ₂ O ₄	20
3.3.11 Analisis Data.....	21
 BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Serbuk CaO Tulang Ikan Gabus (<i>Channa striata</i>)	23
4.2 Hidroksiapatit Hasil Sintesis.....	24
4.3 Komposit Hidroksiapatit-PEG-MFe ₂ O ₄ Hasil Sintesis.....	29
4.4 Sintesis Hidroksiapatit-PEG-Fe ₃ O ₄ dengan perbandingan (1:1, 1:2, 1:3).....	32
 BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	40
5.2 Saran	40
DAFTAR PUSTAKA	41
LAMPIRAN	49

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Struktur Hidroksiapatit	4
Gambar 2. Pemantulan sinar-X terhadap dua buah bidang permukaan kristal	13
Gambar 3. Serbuk (a) tulang ikan gabus, (b) CaO	23
Gambar 4. Difraktogram hasil uji XRD serbuk CaO tulang ikan Gabus	24
Gambar 5. Hidroksiapatit hasil sintesis	25
Gambar 6. Difraktogram hasil uji XRD hidroksiapatit.....	26
Gambar 7. Spektrum FTIR hidroksiapatit hasil sintesis.....	27
Gambar 8. SEM hidroksiapatit perbesaran (a) 5000x dan perbesaran (b) 20.000x.....	28
Gambar 9. Sintesis hasil komposit hidroksiapatit-PEG-MFe ₂ O ₄	30
Gambar 10. Grafik pH _{pzc} komposit hidroksiapatit-PEG-MFe ₂ O ₄	31
Gambar 11. Kurva histeresis komposit hidroksiapatit-PEG-MFe ₂ O ₄	31
Gambar 12. HAp-PEG-Fe ₃ O ₄ (a) 1:1, (b) 1:2, dan (c) 1:3.....	33
Gambar 13. Kurva histeresis komposit hidroksiapatit-PEG-Fe ₃ O ₄	34
Gambar 14. Grafik pH _{pzc} komposit hidroksiapatit-PEG-Fe ₃ O ₄	35
Gambar 15. Difraktogram Sinar-X Hidroksiapatit, Komposit hidroksiapatit-PEG-Fe ₃ O ₄ 1:1, 1:2, dan 1:3	36
Gambar 16. Hasil karakterisasi SEM komposit hidroksiapatit-PEG-Fe ₃ O ₄ (a) 1:1,(b) 1:2, dan (c) 1:3 perbesaran 20.000x	37
Gambar 17. Spektrum FTIR Komposit hidroksiapatit-PEG-Fe ₃ O ₄	39

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Data <i>joint committee on powder diffraction standards</i> (JCPDS) nanomagnetik dan hidroksiapatit.....	14
Tabel 2. FTIR Serapan Ferrit.....	16
Tabel 3. Perbandingan senyawa penyusun hidroksiapatit-PEG MFe ₂ O ₄	19
Tabel 4. Perbandingan Senyawa hidroksiapatit-PEG-Fe ₃ O ₄	19
Tabel 5. Pita serapan hidroksiapatit.....	27
Tabel 6. Data unsur-unsur penyusun hidroksiapatit	29
Tabel 7. Nilai magnetisasi saturasi (Ms) untuk komposit hidroksiapatit-PEG-MFe ₂ O ₄	32
Tabel 8. Nilai magnetisasi saturasi (Ms) untuk komposit hidroksiapatit-PEG-Fe ₃ O ₄	34
Tabel 9. Ukuran kristal komposit hidroksiapatit-PEG-Fe ₃ O ₄	36
Tabel 10. Data unsur-unsur penyusun komposit hidroksiapatit PEG-Fe ₃ O ₄	38
Tabel 11. Pita serapan komposit hidroksiapatit-PEG-Fe ₃ O ₄	39

DAFTAR LAMPIRAN

		Halaman
Lampiran 1.	Diagram Alir Prosedur Penelitian	50
Lampiran 2.	Perhitungan komposisi Hidroksiapatit-PEG/MFe ₂ O ₄	51
Lampiran 3.	Perhitungan % Rendemen Hidroksiapatit	54
Lampiran 4.	JCPDS No. 37-1497 untuk Kalsium Oksida (CaO).....	55
Lampiran 5.	Data spektra XRD CaO dari tulang ikan gabus (<i>Channa striata</i>).....	57
Lampiran 6.	JCPDS No. 09-0432 untuk senyawa Hidroksiapatit (HAp)	58
Lampiran 7.	Data spektra XRD hidroksiapatit (HAp).....	59
Lampiran 8.	Hasil Karakterisasi SEM-EDS Hidroksiapatit	60
Lampiran 9.	Data Spektra FTIR Hidroksiapatit (HAp) Hasil Sintesis.....	61
Lampiran 10.	Data spektra XRD komposit Hidroksiapatit-PEG-Fe ₃ O ₄ (1:1).....	62
Lampiran 11.	Data spektra XRD komposit Hidroksiapatit-PEG-Fe ₃ O ₄ (1:2).....	63
Lampiran 12.	Data spektra XRD komposit Hidroksiapatit-PEG-Fe ₃ O ₄ (1:3).....	64
Lampiran 13.	Data Perhitungan Ukuran Kristal	65
Lampiran 14.	Data Perhitungan % Kristanilitas	66
Lampiran 15.	Data pH _{pzc} komposit hidroksiapatit-PEG-MFe ₂ O ₄	68
Lampiran 16.	Hasil Karakterisasi SEM-EDS komposit Hidroksiapatit-PEG Fe ₃ O ₄ (1:1).....	71

Lampiran 17.	Hasil Karakterisasi SEM-EDS komposit Hidroksiapatit-PEG Fe ₃ O ₄ (1:2).....	72
Lampiran 18.	Hasil Karakterisasi SEM-EDS komposit Hidroksiapatit-PEG Fe ₃ O ₄ (1:3).....	73
Lampiran 19.	Data Perhitungan Rasio Ca/P	74
Lampiran 20.	Data Spektra FTIR komposit Hidroksiapatit-PEG-Fe ₃ O ₄ (1:1).....	75
Lampiran 21.	Data Spektra FTIR komposit Hidroksiapatit-PEG-Fe ₃ O ₄ (1:2).....	76
Lampiran 22.	Data Spektra FTIR komposit Hidroksiapatit-PEG-Fe ₃ O ₄ (1:3).....	77
Lampiran 23.	Gambar Penelitian	78

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Ikan gabus (*Channa striata*) merupakan salah satu komoditas air tawar yang mempunyai nilai ekonomis tinggi yang dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan protein hewani (Saputra dkk, 2015). Selain dagingnya, limbah dari ikan gabus dapat dimanfaatkan, limbah yang dihasilkan berupa tulang. Tulang ikan memiliki kandungan kalsium terbanyak dalam tubuh ikan (Putra dkk, 2015). Tulang mengandung unsur seperti kalsium dan fosfor. Kalsium yang terkandung dalam tulang sebanyak 7,07% CaCO_3 , 1,96% CaF_2 , dan 58,30% $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$. Adapun kandungan fosfor dalam tulang adalah 2,09% $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$ dan 58,30% $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ (Amalia dkk, 2017). Berdasarkan hasil analisis dan pengukuran yang telah dilakukan oleh Riski (2014) diperoleh kadar kalsium dalam serbuk tulang ikan gabus sebesar 8,89% dan kadar kalsium dalam serbuk CaO tulang ikan gabus sebesar 17,80%. Kalsium dan fosfor merupakan unsur utama pembentuk hidroksiapatit sehingga tulang ikan dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku dalam sintesis hidroksiapatit.

Hidroksiapatit adalah senyawa kimia berbasis kalsium fosfat dengan rumus kimia $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ dan merupakan komponen mineral utama pada tulang dan gigi (Chew *et al.*, 2015). Hidroksiapatit dapat diaplikasikan sebagai adsorben logam-logam berat (Saleha dkk, 2015), sebagai inplan tulang dan deteksi kanker. Beberapa penelitian telah melaporkan penggunaan tulang hewan sebagai adsorben, diantaranya penggunaan arang tulang hewan sebagai adsorben logam $\text{Cr}(\text{VI})$ (Agarwal & Gupta, 2015) dan penghilangan logam $\text{Zn}(\text{II})$ dengan menggunakan serbuk tulang ikan. Pada penelitian Katundi *et al.*, (2019) menjelaskan bahwa komposit yang mengandung nanomagnetik dapat diaplikasikan dalam biomedis terutama dalam pengobatan penyakit tulang, hal ini menunjukkan nanomagnetik dapat merangsang pertumbuhan protein morfogenetik tulang, meningkatkan integrasi osteon, mempercepat pertumbuhan tulang, serta meningkatkan kandungan kalsium sehingga meningkatkan kepadatan tulang dan mempercepat penyembuhan tulang. Kemampuan hidroksiapatit dapat ditingkatkan dengan menambahkan material yang bersifat nanomagnetik.

Senyawa ferit adalah jenis logam yang bersifat magnetik. Penggabungan antara hidroksiapatit dengan senyawa ferit (nanomagnetik) dapat membentuk komposit dan menghasilkan material baru yang bersifat magnetik. Senyawa ferit (MFe_2O_4) dapat disintesis dari beberapa ion logam diantaranya Fe, Cu, Mn, Ni dan Mg. Logam tersebut digunakan karena logam-logam dalam bentuk oksida bersifat magnet terutama Fe dan dalam bentuk logam bebas juga bersifat magnet tetapi mudah teroksidasi. Kegunaan hidroksiapatit dapat dimanfaatkan sebagai adsorben, inplan tulang dan deteksi kanker. Baik sebagai adsorben, inplan tulang atau sebagai deteksi kanker komposit hidroksiapatit harus memiliki sifat magnet yang tinggi dan ukuran partikel dalam skala nano. Keunggulan material bersifat magnet yakni setelah menyerap dapat dipisahkan dari larutan menggunakan magnet eksternal.

Senyawa ferit dan hidroksiapatit *dicoating* dengan PEG. Polietilen glikol (PEG) merupakan salah satu zat yang dapat digunakan untuk mengontrol ukuran dan struktur pori dari partikel. PEG dapat berfungsi membungkus partikel sehingga tidak terbentuk agregat lebih lanjut, dikarenakan PEG menempel pada permukaan partikel yang bersangkutan untuk bergabung dan membesar, sehingga pada akhirnya akan diperoleh partikel dengan bentuk bulatan yang seragam (Siswanto dan Suharyadi, 2014).

Berdasarkan uraian tersebut pada penelitian ini disintesis hidroksiapatit dari tulang ikan gabus. Selanjutnya hidroksiapatit dikompositkan dengan nanomagnetik. PEG digunakan sebagai plastiziser untuk merekatkan nanomagnetik agar tidak terlepas dari hidroksiapatit. Senyawa ferit yang digunakan adalah Fe_3O_4 , $MnFe_2O_4$, $CuFe_2O_4$, $NiFe_2O_4$, dan $MgFe_2O_4$. Komposit yang terbentuk selanjutnya dianalisis sifat magnetiknya menggunakan *Vibrating Sample Magnetometer* (VSM). Komposit dengan sifat magnetik terbaik selanjutnya divariasikan perbandingan komposisi yaitu hidroksiapatit: nanomagnetik (1;1: 2;1 dan 3;1). Karakterisasi terhadap material yang dihasilkan ini meliputi sifat magnet menggunakan *Vibrating Sample Magnetometer* (VSM), XRD (*X-Ray Diffractio*) untuk menentukan struktur kristalin, ukuran partikel dan *Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive Spectroscopy* (SEM-EDS) untuk menentukan morfologi kristal dan penentuan elemen penyusun komposit

serta *Fourier Transform Infrared* (FTIR) untuk mengetahui gugus fungsi yang terbentuk pada sampel dengan melihat bentuk dari spektra FTIR serta kedudukan pita-pita serapan yang dinyatakan sebagai bilangan gelombang dalam satuan cm^{-1} .

1.2 Rumusan Masalah

Tulang ikan gabus merupakan sumber kalsium yang memiliki potensi sebagai bahan utama pembuatan hidroksiapatit. Sintesis hidroksiapatit dapat dilakukan dengan metode presipitasi dan dilanjutkan dengan pemanasan pada temperatur yang tinggi. Pada penelitian ini hidroksiapatit disintesis dengan nanomagnetik membentuk komposit, hidroksiapatit disintesis dengan nanomagnetik PEG/MFe₂O₄ (M= Fe, Cu, Mn, Ni, dan Mg) untuk dikaji bagaimana pengaruh penambahan berbagai jenis logam tersebut dan komposit mana yang memiliki sifat magnetik tertinggi.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mensintesis dan mengkarakterisasi HAp/MFe₂O₄ (M= Fe, Cu, Mn, Ni, dan Mg) yang di *coating* dengan PEG, sifat magnet diukur dengan *Vibrating Sample Magnetometer* (VSM) untuk menentukan sifat magnetik.
2. Menentukan perbandingan komposisi komposit terbaik antara hidroksiapatit dan nanomagnetik (1:1: 1:2 dan 1:3) berdasarkan sifat magnetik, ukuran partikel, gugus fungsi dan morfologi kristal dan penentuan elemen penyusun komposit.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini yaitu diharapkan dapat memberikan informasi cara pembentukan sintesis dan karakterisasi komposit HAP-PEG-MFe₂O₄ yang selanjutnya dapat dimanfaatkan untuk menyerap polutan pada limbah cair, sebagai inplan tulang atau deteksi kanker.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M., dan Khairurrijal. 2009. Karakterisasi Nanomaterial. *Jurnal Nanosains & Nanoteknologi*. 2 (1): 1-9.
- Allaedini, G and Muhammad, A. 2013. Study of Influential Factors in Synthesis and Characterization of Cobalt Oxide Nanoparticles. *Journal of Nanostructure in chemistry*. 77(3): 1-16.
- Amalia, V., Hadisantoso, E. P., Hidayat, D., Diba, R. F., Dermawan, M. F dan Tsaniyah, S. W. 2017. Isolasi dan Karakterisasi Hidroksiapatit Dari Limbah Tukang Hewan. *Journal Of Chemistry*. 5(4): 144-199.
- 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.
- Budiman dan Asmi, D. 2013. Sintesis Keramik Kalsium Silikat Menggunakan Kalsium Karbonat (CaCO_3) dan Silika Dioksida (SiO_2) dengan Teknik Reaksi Padatan pada Suhu Sintering 1200°C . *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*. 1(1): 1-5.
- Binnaz, A and Koca, Y. 2009. Double Step Stiring a Novel Method for Precipitation of Nano-Sized Hydroxyapatite Powder. *J Nanomat Biostruc*. 4(1): 73-81.
- Cahyana, A., Marzuki, A dan Cari. 2014. Analisa SEM (*Scanning Electron Microscope*) pada Kaca Tzn Yang Dikristalkan Sebagian. *Prosiding Mathematics and Sciences Forum*. Jawa Tengah: Universitas Sebelas Maret.
- Cahyanto, A., Kosasih, E., Aripin, D and Hasratiningsih, Z. 2016. Fabrication of Hydroxyapatite from Fish Bones Waste Using Reflux Method. *Material Science and Engineering*. 172(2017): 1-5.
- Chew, W. J. K., Niakan, A., Nawawi, N. A., Bang, L. T and Ramesh, S. 2015. Influence of Powder Morphology and Sintering Temperature on the Properties of Hydroxyapatite. *International Journal of Automotive and Mechanical Engineering (IJME)*. 12(1): 3089-3096.
- 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.

- Deraz, N. M and Elkader, H. A. 2013. Effects of Magnesia Content on Spinel Magnesium Ferrite Formation. *International Journal Of Electrochemical Science*. 8(1): 8632-8644.
- Dong, L., Zhu, Z., Qiu, Y and Zhao, J. 2010. Removal of Lead From Aqueous Solution by Hydroxyapatite/Magnetite Composite Adsorbent. *Chemical Engineering Journal*. 165(1): 827-832.
- Doyan, A., Halik, I dan Susilawati. 2015. Pengaruh Variasi Temperatur Kalsinasi Terhadap Barium M-Heksaferit Didoping Zn Menggunakan Fourier Transform Infra Red. *Jurnal Pijar MIPA*. 10(1): 7-13.
- Dukomalamo, I., Sangi, M. S dan Rorong, J. A. 2016. Analisis Senyawa Toksik Tepung Pelepah Batang Aren (*Arenga pinnata*) dengan Spektroskopi UV-Vis dan Inframerah. *Jurnal MIPA Unsrat*. 5(1): 54-59.
- Easwari, M and Jesurani, S. 2017. Synthesis and Magnetic Properties of Magnesium Ferrite ($MgFe_2O_4$) Nanoparticles Via Sol Gel Method. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*. 4(9): 110-114.
- Fadhilah, R., Kurniawan, R. A dan Icha, M. M. 2015. Sintesis Hidroksiapatit dari Cangkang Kerang Ale-Ale (*Meretrix Spp*) sebagai Material Graft Tulang. *Majalah Ilmiah Al Ribaath*. 12(1): 44-60.
- Fathurrahmi. 2013. Identification of Natural Clay's Type Using X-Ray Diffraction. *Journal Natural*. 2(21): 49-53
- Foroughi, F., Tabrizi, S. A. H., Amighian, J and Teluri, A. S. 2015. A Designed Magnetic $CoFe_2O_4$ -Hydroxyapatite Core-Shell Nanocomposite for Zn(II) Removal with High Efficiency. *Ceramic Internationa*. 41(1): 6844-6850.
- Hariyanto, Y. A., Taufiq, A dan Sunaryono, S. 2018. Sintesis, Karakterisasi Struktur dan Sifat Optik Nanopartikel Hidroksiapatit/Magnetit. *Journal of Physical Science and Engineering*. 3(1): 16-24.
- Hui, P., Meena, S.L., Singh, G., Agarawal, R.D., and Prakash, S. 2010. Synthesis of Hydroxyapatite Bio-Ceramic Powder by Hydrothermal Method. *Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering*. 9(8): 683-692.
- Istifarah. 2012. Sintesis dan Karakterisasi Komposit Hidroksiapatit dari Tulang Sotong (*Sepia Sp.*)-Kitosan untuk Kandidat Aplikasi *Bone Filler*. *Skripsi*. Surabaya: Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga.
- Iwasaki, T., Nakatsuka, R., Murase, K., Takata, H., Nakamura, H., and Watano, S. 2013. Simple and Rapid Synthesis of Magnetite/Hydroxyapatite Composite

- for Hyperthermia Treatments via a Mechanochemical Route. *Int. J. Mol. Sci.* 14: 9365-9378.
- Jacintha, A. M., Umapathy, V., Neeraja, P and Rajkumar, S. R. J. 2017. Synthesis and Comparative Studies of $MnFe_2O_4$ Nanoparticles with Different Natural Polymers by Sol-Gel Method: Structural, Morphological, Optical, Magnetic, Catalytic and Biological Activities. *Journal of Nanostructure In Chemistry.* 7(1): 375-387.
- Jamarun, N., Elfina, S., Arief, S., Djamaan, A and Mufitra. 2016. Hydroxyapatite Material: Synthesis by Using Precipitation Method from Limestone. *Der Pharma Chemica.* 8(13): 302-306.
- Lesbani, A., Sitompul, S.O.C., Mohadi, R., and Hidayati, N. 2016. Characterization and Utilization of Calcium Oxide (CaO) Thermally Decomposed from Fish Bones as a Catalyst in the Production of Biodiesel from Waste Cooking Oil. *Makara Journal Technology.* 20(3): 121:126.
- Li, Z., Gondal, M. A and Yamani, Z. H. 2014. Preparation of Magnetic Separable $CoFe_2O_4/PAC$ Composite and the Adsorption of Bisphenol A from Aqueous Solution. *Journal of Saudi Chemical Society.* 18(1): 208-213.
- 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.
- Listyanto, N dan Andriyanto, S. 2009. Ikan Gabus (*Channa Striata*) Manfaat Pengembangan dan Alternatif Teknik Budidayanya. *Media Akualutur.* 4(1): 1-8.
- Mairoza, A dan Astuti. 2016. Sintesis Nanopartikel Fe_3O_4 dari Batuan Besi Menggunakan Asam Laurat sebagai Zat Aditif. *Jurnal Fisika Unand.* 5(3): 283-286.
- Maensiri, S and Sangmanee, M. 2009. Magnesium Ferrite ($MgFe_2O_4$) Nanostructures Fabricated by Electrospinning. *Nanoscale Res.* 2(1): 221-228.
- Mejia, O. O., Bulnes, O. C., C.M. Z., Ortega, C.M. Z., Luckie, R. A. M., Cardoso, O. O and Castanarez, R. L. 2014. Scanning Electron Microscopy and Energy Dispersive Spectroscopy Microanalysis Applied to Human Details Secimens Under Laser Irradiation for Caries Prevention. *Microscopy: Advances in Scientific Research and Education.*
- Michalak, I., Marycz, K., Basinska, K and Chojnacka, K. 2014. Using SEM-EDX and ICP-OES to Investigate the Elemental Composition of Green Macroalga *Vaucheria sessilis*. *The ScientificWorld Journal.* 1(1): 1-9.

- Muflihatun., Shifah, S dan Suharyadi, E. 2015. Sintesis Nanopartikel *Nickel Ferrite* (NiFe_2O_4) dengan Metode Kopresipitasi dan Karakterisasi Sifat Kemagnetannya. *jurnal fisika indonesia*. 55(19):20-25.
- Muliati. 2016. sintesis dan Karakterisasi Hidroksiapatit dari Tulang Ikan Tuna (*Thunus Sp*) dengan Metode Sol-Gel. *Thesis*. Universitas Islam Negeri Alauddin. Makassar.
- Mujamilah., Ridwan, M., Muslich, M. R., Purwanto, S dan Febri, M. I. M. 2000. Vibrating Sample Magnetometer (Vsm) Tipe Oxford Vsm1.2H. *Prosiding Seminar Nasional Bahan Magnet I Serpong*. IPB: BATAN.
- Muntamah. 2011. Sintesis dan Karakterisasi Hidroksiapatit dari Limbah Cangkang Kerang Darah (*Anadara granosa,sp*). *Thesis*. Sekolah Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Ningsih, R. P., Wahyuni, N dan Destiarti, L. 2014. Sintesis Hidroksiapatit dari Cangkang Kerang Kepah (*Polymesoda Erosa*) dengan Variasi Waktu Pengadukan. *JKK*. 3(1): 22-26.
- Nuzzuly, 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*. 18(51): 35-40.
- Nayak, A. K. 2010. Hydroxyapatite Synthesis Methodologies: An Overview. *International Journal of ChemTech Research*. 2(2): 2010.
- 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.
- Pandharipande, S. L and Sondawale, S. S. 2016. Review on Synthesis of Hydroxyapatite and its Bio-composites. *International Journal of Scientific Engineering and Technology Research*. 5(17): 3410-3416.
- Pauzan, M., Kato, T., Iwata, S dan Suryadi, E. 2013. Pengaruh Ukuran Butir dan Struktur Kristal Terhadap Sifat Kemagnetan pada Nanopartikel Magnetit (Fe_3O_4). *Prosiding Pertemuan Ilmiah XXVII Hfi*.
- 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.
- 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.

- Pui, A., Gherca, D and Caria, G. 2011. Characterization and Magnetic Properties of Capped CoFe_2O_4 Nanoparticles Ferrite Prepared in Carboxymethylcellulose Solution. *Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures*. 6(4): 1783-1791.
- 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.
- Purwasasmita., Bambang, S., Gultom dan Ramous, S. 2008. Sintesis dan Karakterisasi Serbuk Hidroksiapatit Skala Sub Mikron Menggunakan Metode Presipitasi. *Jurnal Bionatura*. 10(2): 155-160.
- Putra, M. R. A., Nopianti, R dan Herpandi. 2015. Fortifikasi Tepung Tulang Ikan Gabus (*Channa Striata*) pada Kerupuk sebagai Sumber Kalsium. *Jurnal Teknologi Hasil Perikanan*. 4(2): 128-139.
- Rani, B. J., Saravanakumar, B., Ravi, G., Ganesh, V., Ravichandram and Yuvakkumar, R. 2018. Structural, Optical and Magnetic Properties of CuFe_2O_4 Nanoparticles. *J Mater Sci*. 29(1): 1975-1984.
- Rahmawati, P., Suharyana dan Purnama, B. 2015. Studi Pendahuluan Sintesis Nano-Partikel Cobalt-Ferrite Hasil Ko-presipitasi. *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*. 11(2): 68-70.
- Rocha, J. H. G., A. F. Lemos, S. Kannan, S. Agathopoulos, J. M. F Ferreira, P., Valerio and F. N. Oktar. 2005. Scaffolds for Bone Restoration from Cuttlefish Bone 37, 850-857.
- Sagadevan, S., Chowdhury, Z. Z and Rafique, R. F. 2018. Preparation and Characterization of Nickel ferrite Nanoparticles via Co-precipitation Method. *Material Research*. 21(2): 1-5.
- Shan, D., Cheng, Z., Tan, A. L. K., Tao, Y., Ting, K. E and Yin, X. 2012. Synthesis and Characterization of Iron Oxide Nanoparticles and Applications in the Removal of Heavy Metal from Industrial Wastewater. *International Journal of Photoenergy*. 2012: 1-5.
- Sam, S and Nesaraj, A. S. 2011. Preparation of MnFe_2O_4 Nanoceramic Particles by Soft Chemical Routes. *International Journal of Applied Science and Engineering*. 9(4): 223-239.
- Saputra, A., Muslim dan Fitriani, M. Pemijahan Ikan Gabus (*Channa Striata*) dengan Rangsangan Hormon Gonadotropin Sintetik Dosis Berbeda. *Jurnal Akuakultur Rawa Indonesia*. 3(1): 1-9.

- Saragi, T., Permana, B., Saputri, M., Safriani, L., Rahayu, I dan Risdiana. 2018. Karakterisasi Optik dan Kristal Nanopartikel Magnetit. *Jurnal Ilmu dan Inovasi Fisika*. 2(1): 53-56.
- Setiadi, E. A., Shabrina, N., Utami, H. R. B., Fahmi, N. F., Kato, T., Iwata, S dan Suharyadi, E. 2013. Sintesis Nanopartikel Cobalt Ferrite (CoFe_2O_4) dengan Metode Kopresipitasi dan Karakterisasi Sifat Kemagnetannya. *Indonesian Journal of Applied Physics*. 3(1): 55-62.
- Shepap, A. M and Akil, D. S. 2016. Structural and Optical Properties of TiO_2 Nanoparticles/PVA for Different Composites thin Films. *International Journal Nanoelectron Mater*. 9(1): 1-6.
- Sholihah, L.K. 2010. Sintesis dan Karakteristik Partikel Nano Fe_3O_4 yang Berasal dari Pasir Besi dan Fe_3O_4 Bahan Komersial (*Aldrich*). *Skripsi*. Jurusan Fisika, Fakultas MIPA. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Siswanto, R. E dan Suharyadi, E. 2014. Pengukuran Tetapan Suseptibilitas pada *Polyethylene Glycol* (PEG-4000) coated-Nanopartikel Magnetik Cobalt Ferrite (CoFe_2O_4). *Jurnal Fisika Indonesia*. 53(18): 50-54.
- Subramanian, A., Marschilok, A., Lee, C., Takeuchi, K. J and Takeuchi, E. S. 2011. Carbon Nanotube Substrate Electrodes for Light-Weight. Long-Life Rechargeable Batteries. *Energy Environ Sci*. 2943-2951.
- Sudjana, E., Abdurachman, M dan Yuliasari, Y. 2002. Karakterisasi Senyawa Kompleks Logam Transisi Cr, Mn, dan Ag dengan Glisin Melalui Spektrofotometri Ultraungu dan Sinar Tampak. *Jurnal Bonatura*. 4(2): 69-86.
- Sulistiyani, M dan Huda, N. 2017. Optimasi Pengukuran Spektrum Vibrasi Sampel Protein Menggunakan Spektrofotometer *Fourier Transform Infrared* (FT-IR). *Indonesian Journal of Chemical Science*. 6(2). 1-8.
- Sulistiyono, D. H. 2017. Dampak Ukuran Butir Nanopartikel Copper Ferrite (CuFe_2O_4) Terhadap Sifat Dielektrik. *Jurnal Mekanikal*. 8(2): 777-783.
- Sumarni, S. 2014. Karakteristik Struktur Kristal Nanopartikel Magnetit (Fe_3O_4) Berbasis Pasir Alam dengan Penambahan Variasi *Polyethylen Glycol* (PEG). *Skripsi*. Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga.
- Suryadi. 2011, *Sintesis dan Karakterisasi Biomaterial Hidroksipatit dengan Proses Pengendapan Kimia Basah*. Depok: Universitas Indonesia.
- Susanto dan Prasdiantika, R. 2017. Sintesis Nanomaterial Magnetit-Sitrat dan Pengujian Aplikasinya sebagai Adsorben Emas (III). *Jurnal Tekno SAINS*. 6(2): 59-138.

- 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.
- Tan, J., Zhang, W and Xia, A. L. 2013. Facile Synthesis of Inverse Spinel NiFe_2O_4 Nanocrystals and their Superparamagnetic Properties. *Material Research*. 16(1): 237-241.
- Tawainella, R. D., Riana, Y., Fatayati, R., Amelliya., Kato, T., Iwata, S dan Suharyadi, E. 2014. Sintesis Nanopartikel Manganese Ferrite (MnFe_2O_4) dengan Metode Koprspitasi dan Karakterisasi Sifat Kemagnetannya. *Jurnal Fisika Indonesia*. 52(18): 1-7.
- Tiandho, Y. 2017. Analisis Kuantitatif Pori Berdasarkan Pengolahan Citra Menggunakan Wolfram Mathematica. *Jurnal Ilmu Komputer*. 4(1): 15-23.
- Thompson, Z., Rahman, S., Yarmolenko, S., Sankar, J., Kumar, D and Bhattarai, N. 2017. Fabrication and Characterization of Magnesium Ferrite-Based PCL/Aloe Vera Nanofibers. *Journal Materials*. 10(1): 1-12.
- Tutu, R., Subaer dan Usman. 2015. Studi Analisis Karakterisasi dan Mikrostruktur Mineral Sedimen Sumber Air Panas Sulili di Kabupaten Pinrang. *Jurnal Sains dan Pendidikan Fisika*. 11(2): 192-201.
- Uswatun, H. 2018. Sintesis dan Karakterisasi Hidroksiapatit dari Cangkang Telur Ayam serta Komposit Hidroksiapatit-PEG- Fe_3O_4 . Indralaya: Universitas Sriwijaya
- 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.
- Windarti, T. 2017. *Studi Kemungkinan Penggunaan Hidroksiapatit Hasil Metode Presipitasi Kimia Sebagai Material Implan Tulang*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Yuliana, R., Rahim, E.A., dan Hardi, J. 2017. Sintesis Hidroksiapatit dari Tulang Sapi dengan Metode Basah pada Berbagai Waktu Pengadukan dan Suhu Sintering. *Jurnal Kovalen*. 3(3): 201-210.
- Yuliani., Marwati., Wardana, H., Emmawati, A dan Candra, K. P. 2018. Karakteristik Kerupuk Ikan dengan Substitusi Tepung Tulang Ikan Gabus (*Channa Striata*) sebagai Fortifikan Kalsium. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 21(2): 259-266.
- Zahro, I dan Maharani, D. K. 2013. Kajian Karakterisasi Spektrofotometri Infra Merah dan Difraksi Sinar X Katalis Oksida Logam $\text{Cu/Cr}/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$. *UNESA Journal of Chemistry*. 2(3): 105-108.

- Zanotto, R., Matassa, M. L., Saladino, M., Berrettoni, M., Giorgetti, S., Zamponi and Caponetti, E. 2010. Cobalt Hexacyanoferrate-Poly (Methyl Methacrylate) Composite: Synthesis and Characterization. *Materials Chemistry and Physics*. 120(1): 118-122.
- Zipare, K., Dhumai, J., Bandgar, S., Mathe, V and Shahane, G. 2015. Superparamagnetic Manganese Ferrite Nanoparticles: Synthesis and Magnetic Properties. *Journal of Nanoscience and Nanoengineering*. 1(3): 178-182.