

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI HIDROKSIAPATIT DARI LIMBAH CANGKANG
TELUR AYAM DENGAN PENAMBAHAN EKSTRAK DAUN SIRIH HIJAU (*Piper betle*)
UNTUK ADSORPSI ZAT WARNA METILEN BIRU**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu persyaratan guna memperoleh gelar

Sarjana Sains



NADILA SAFITRI

NIM/TM.20036059/2020

PROGRAM STUDI KIMIA

DEPARTEMEN KIMIA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS NEGERI PADANG

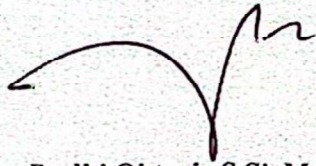
2024

PERSETUJUAN SKRIPSI

Judul : Sintesis dan Karakterisasi Hidroksiapatit dari Limbah Cangkang
Telur Ayam dengan Penambahan Ekstrak Daun Sirih Hijau (*Piper
betle*) untuk Adsorpsi Zat Warna Metilen Biru
Nama : Nadila Safitri
NIM : 20036059
Program Studi : Kimia
Departemen : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Mengetahui:

Ketua Departemen Kimia



Budhi Oktavia S.Si, M.Si, Ph.D
NIP. 19721024 199803 1 001

Padang, Agustus 2024

Disetujui Oleh:

Dosen Pembimbing



Romy Dwipa YA., S.Si., M.Eng., Ph.D
NIP. 19920518 202203 1 008

PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI



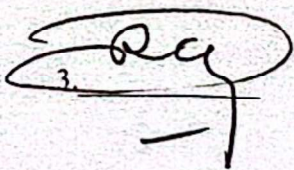
Nama : Nadila Safitri
NIM : 20036059
Program Studi : Kimia
Departemen : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

SINTESIS DAN KARAKTERISASI HIDROKSIAPATIT DARI LIMBAH CANGKANG TELUR AYAM DENGAN PENAMBAHAN EKSTRAK DAUN SIRIH HIJAU (*Piper betle*) UNTUK ADSORPSI ZAT WARNA METILEN BIRU

Dinyatakan Lulus setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi Departemen Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang

Padang, Agustus 2024

Tim Penguji:

No	Jabatan	Nama	Tanda Tangan
1	Ketua	Romy Dwipa Yamesa Away, S.Si., M.Eng., Ph.D	1. 
2	Anggota	Miftahul Khair, S.Si., M.Sc., Ph.D	2. 
3	Anggota	Dr. Riga, S. Pd., M.Si	3. 

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan dibawah ini

Nama : Nadila Safitri

NIM : 20036059

Tempat/Tanggal Lahir : Ampalu/ 25 Mei 2002

Program Studi : Kimia

Departemen : Kimia

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Judul Skripsi : Sintesis dan Karakterisasi Hidroksiapatit dari Limbah Cangkang Telur Ayam dengan Penambahan Ekstrak Daun Sirih Hijau (*Piper betle*) untuk Adsorpsi Zat Warna Metilen Biru

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Karya tulis/skripsi ini adalah hasil karya saya dan belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademik (sarjana) baik di UNP maupun perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri tanpa bantuan pihak lain kecuali tim pembimbing.
3. Pada karya tulis/skripsi ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain kecuali tertulis dengan jelas dicantumkan pada kepustakaan.
4. Karya tulis/skripsi ini sah apabila telah ditandatangani Asli oleh tim pembimbing dan tim penguji.

Pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran di dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima **Sanksi Akademik** berupa pencabutan gelar akademik yang telah diperoleh karena karya tulis/skripsi ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Padang, 26 Agustus 2024

Yang Menyatakan



Nadila Safitri
NIM. 20036059

**Sintesis dan Karakterisasi Hidroksiapatit dari Limbah Cangkang Telur
Ayam dengan Penambahan Ekstrak Daun Sirih Hijau (*Piper betle*)
untuk Adsorpsi Zat Warna Metilen Biru**

Nadila Safitri

ABSTRAK

Limbah cangkang telur ayam ras memiliki kandungan kalsium karbonat (CaCO_3), magnesium karbonat (MgCO_3), dan kalsium fosfat ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$). Cangkang telur seringkali hanya dianggap sebagai limbah dan dibuang begitu saja dalam industri pengolahan telur maupun rumah tangga. Kandungan kalsium karbonat yang tinggi menjadikan cangkang telur berpotensi sebagai sumber kalsium untuk pembuatan hidroksiapatit. Hidroksiapatit dapat disintesis menggunakan prekursor kalsium dan prekursor fosfat. Prekursor kalsium CaOH_2 sedangkan prekursor fosfat H_3PO_4 . Penelitian ini ditambahkan ekstrak daun sirih hijau sebagai *biotemplate* pada proses sintesis hidroksiapatit. Tujuan dari penelitian ini ialah untuk mensintesis hijau hidroksiapatit yang diaplikasikan sebagai adsorben zat warna metilen biru. Pada penelitian ini menggunakan metode presipitasi dengan variasi suhu kalsinasi dalam sintesis hidroksiapatit (500, 600, 700, 800, dan 900°C). Hasil penelitian menunjukkan bahwa hidroksiapatit yang dihasilkan memiliki kandungan gugus fungsi PO_4^{3-} , CO_3^{2-} , dan OH. Karakterisasi XRD menunjukkan bahwa hidroksiapatit suhu kalsinasi 400°C dan 500°C memiliki kristalinitas yang rendah ditandai dengan intensitas puncak yang lebar dan tidak tajam. Hidroksiapatit suhu 600°C dan 700°C terdekomposisi parsial menjadi *beta-tricalcium phosphate*, sedangkan suhu 900°C terdekomposisi sempurna menjadi *beta-tricalcium phosphate*. Daya serap hidroksiapatit terhadap zat warna metilen biru optimum pada hidroksiapatit suhu kalsinasi 800°C dengan kapasitas penyerapan 5,80 mg/g dan efisiensi serapan sebesar 87,613%.

Kata Kunci: Hidroksiapatit, Cangkang Telur, Daun Sirih Hijau, Adsorpsi, Metilen Biru

Synthesis and Characterization of Hydroxyapatite from Chicken Egg Shell Waste with the Addition of Green Betel Leaf Extract (*Piper betle*) for Adsorption of Methylene Blue Color Substance

Nadila Safitri

ABSTRACT

Waste broiler eggshells contain calcium carbonate (CaCO_3), magnesium carbonate (MgCO_3), and calcium phosphate ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$). Eggshells are often just considered as waste and thrown away in the egg processing industry and households. The high content of calcium carbonate content makes eggshells a potential source of calcium for the hydroxyapatite. Hydroxyapatite can be synthesized using precursors of calcium precursors and phosphate precursors. Calcium precursor CaOH_2 while phosphate precursor H_3PO_4 . This study added green betel leaf extract as a biotemplate in the hydroxyapatite synthesis process. The purpose of this research is to synthesize green hydroxyapatite which is applied as an adsorbent for dyes. applied as methylene blue dye adsorbent. In this research using the precipitation method with variations in calcination temperature in the synthesis of hydroxyapatite (500, 600, 700, 800, and 900°C). Research results showed that the hydroxyapatite produced has a functional group content of PO_4^{3-} , CO_3^{2-} , and OH. Characterization XRD showed that hydroxyapatite calcination temperature of 400°C and 500°C has low crystallinity characterized by a wide and not sharp peak intensity. Hydroxyapatite temperatures of 600°C and 700°C partially decomposed into beta-tricalcium phosphate, while the 900°C temperature is completely decomposed into beta-tricalcium phosphate. The adsorption capacity of hydroxyapatite against methylene blue dye is optimum at 800°C calcination temperature hydroxyapatite with an adsorption capacity of 5.80 mg/g and an absorption efficiency of 87.613%.

Keyword: Hydroxyapatite, Eggshell, Green Betel Leaf, Adsorption, Methylene Blue

KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT atas berkat rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul **“Sintesis dan Karakterisasi Hidroksiapatit dari Limbah Cangkang Telur Ayam dengan Penambahan Ekstrak Daun Sirih Hijau (*Piper betle*) untuk Adsorpsi Zat Warna Metilen Biru”**. Shalawat beserta salam untuk nabi tauladan kita, Nabi Muhammad SAW yang telah memberikan tauladan dalam setiap aktivitas yang kita lalui.

Skripsi ini diajukan untuk melengkapi dan memenuhi persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang. Selama menyelesaikan skripsi ini tidak terlepas dari arahan, bimbingan, dan masukan yang sangat berguna dari berbagai pihak. Untuk itu pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang tulus kepada:

1. Bapak Romy Dwipa Yamesa Away, S.Si., M. Eng., Ph.D. selaku pembimbing tugas akhir.
2. Bapak Miftahul Khair, S.Si., M. Sc., Ph.D. selaku penasehat akademik sekaligus dosen pembahas 1.
3. Bapak Dr. Riga, S.Pd., M.Si. selaku dosen pembahas 2.
4. Bapak Budhi Oktavia, S.Si., M.Si., Ph.D sebagai kepala Departemen Kimia dan koordinator Program Studi Kimia.
5. Bapak dan Ibu staf pengajar serta seluruh staf akademik dan non akademik di Departemen Kimia.

6. Ayahanda tercinta dan panutanku yaitu Apa Joniwar yang selalu menjadi tempat pulang ternyaman apabila penulis sedang merasakan betapa kejamnya kehidupan dunia ini. Beliau mampu mendidik, memotivasi, dan memberikan dukungan secara moril maupun materil sehingga penulis dapat menyelesaikan studi sampai sarjana.
7. Wanita cantik bidadari tak bersayap, Ama tersayang yang selalu memberikan hangat kasih sayangnya dan selalu melangitkan doa terbaiknya untuk penulis sehingga penulis akhirnya sampai di tahap ini.
8. Uni dan Mak Ti serta Alm. Pak Gaek yang sudah menjaga penulis dari kecil sampai saat ini. Tanpa kasih sayang mereka penulis mungkin tidak akan mampu sampai di titik ini.
9. Terimakasih kepada seseorang yang tak kalah penting kehadirannya, RR21 NIM 20036025. Terimakasih banyak sudah membersamai penulis dan menjadi bagian dari perjalanan hidup penulis. Telah menjadi teman tertawa, teman menangis, teman berantem, teman dalam segala hal, dan selalu memberikan dukungan kepada penulis baik tenaga, waktu, maupun materi. Semoga Allah selalu memberi keberkahan dalam segala hal yang kita lalui.
10. Teman-teman yang aku jumpai di awal semester dan sampai saat ini, Ami, Raisya, Ijol, Ikon, Ainun dan Icin. Walaupun sering berantem dan suka diaman-diaman tapi mereka tetap mendukung satu sama lain. Terimakasih banyak sayang-sayangku.
11. *Last but not least*, terimakasih untuk diriku sendiri, Nadila Safitri. Kamu telah mampu berusaha keras dan berdiri tegak di atas kakimu sendiri walaupun harus jatuh dan bangkit berulang kali.

Semoga rahmat dan kasih sayang Allah SWT selalu tercurahkan pada kita semua serta usaha dan kerja kita bernilai ibadah di hadapan Allah SWT, Aamiin yaa Rabbal'amin. Penulis berharap skripsi ini dapat menambah ilmu dan wawasan pembaca tentang topik penelitian ini serta ada penelitian lebih lanjut mengenai penelitian ini.

Padang, 14 Agustus 2024

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	x
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah.....	3
C. Batasan Masalah.....	3
D. Rumusan Masalah	4
E. Tujuan Penelitian	4
F. Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
A. Cangkang Telur.....	6
B. Hidroksiapatit.....	7
C. Daun Sirih Hijau	11
D. Metode Presipitasi.....	12
E. Adsorpsi	13
F. Metilen Biru	14
G. Karakterisasi.....	15
BAB III METODE PENELITIAN.....	21
A. Waktu dan Tempat Penelitian	21
B. Variabel Penelitian.....	21
C. Alat dan Bahan.....	22
D. Prosedur Penelitian.....	22

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	26
A. Preparasi Cangkang Telur	26
B. Analisa XRF	27
C. Sintesis Hidroksiapatit	28
D. Karakterisasi Hidroksiapatit.....	32
E. Adsorpsi Zat Warna Metilen Biru dengan Hidroksiapatit dari Cangkang Telur Menggunakan Sistem Batch	44
BAB V PENUTUP.....	46
A. Kesimpulan	46
B. Saran.....	46
DAFTAR PUSTAKA	48
LAMPIRAN.....	56

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Struktur Heksagonal Hidroksiapatit	8
Gambar 2. Struktur Monoklinik Hidroksiapatit	9
Gambar 3. Struktur Kimia Metilen Biru	15
Gambar 4. Skema Alat Spektroskopi FTIR	16
Gambar 5. Hasil XRD Hidroksiapatit dari Cangkang Telur Ayam	17
Gambar 6. Hasil SEM Hidroksiapatit dari Cangkang Telur Ayam Ras dengan Variasi (a) Ca/P = 1,67 dan (b) Ca/P = 1	19
Gambar 7. Serbuk Kalsium Oksida.....	26
Gambar 8. Reaksi Usulan Pembentukan Hidroksiapatit.....	29
Gambar 9. Hidroksiapatit suhu kalsinasi 500°C (a), 600°C (b), 700°C (c), 800°C (d), dan 900°C (e).....	31
Gambar 10. Spektrum FTIR Hidroksiapatit suhu kalsinasi 500°C (a), 600°C (b), 700°C (c), 800°C (d), dan 900°C (e).....	32
Gambar 11. Hasil Karakterisasi XRD Hidroksiapatit (A) dan Hidroksiapatit Standar (JCPDS:00-009-0432) (B)	37
Gambar 12. Hasil SEM Hidroksiapatit Suhu Kalsinasi 800°C	42
Gambar 13. Kapasitas Penyerapan (A) dan Efisiensi Serapan (B) Adsorben Hidroksiapatit terhadap Metilen Biru	44

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Hasil Kalsinasi CaO	27
Tabel 2. Hasil Analisa XRF Cangkang Telur	27
Tabel 3. Hasil Analisa XRF Kalsium Oksida	28
Tabel 4. Rendemen Hidroksiapatit.....	30
Tabel 5. Daerah Serapan Inframerah Hidroksiapatit Suhu Kalsinasi 500°C, 600°C, 700°C, 800°C, dan 900°C	33
Tabel 6. Vibrasi Gugus Fungsi PO ₄ ³⁻ Sampel Hidroksiapatit.....	36
Tabel 7. Puncak Khas Hidroksiapatit.....	39
Tabel 8. Parameter Kisi dan Ukuran Kristal Hidroksiapatit dari Hasil XRD	41

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Desain Penelitian	56
Lampiran 2. Preparasi Cangkang Telur	57
Lampiran 3. Pembuatan Ekstrak Daun Sirih Hijau	58
Lampiran 4. Sintesis Hidroksiapatit.....	59
Lampiran 5. Adsorpsi Zat Warna Metilen Biru Menggunakan Adsorben Hidroksiapatit dari Cangkang Telur.....	60
Lampiran 6. Perhitungan Pembuatan Reagen	61
Lampiran 7. Uji XRF Cangkang Telur Ayam.....	61
Lampiran 8. Spektrum FTIR Hidroksiapatit Suhu Kalsinasi 500, 600, 700, 800, dan 900°C.....	64
Lampiran 9. Data Pengujian XRD	70
Lampiran 10. Penentuan Ukuran Kristalit Hidroksiapatit dengan Menggunakan Persamaan <i>Debye-Scherrer</i>	79
Lampiran 11. Data Hasil Pengukuran Penyerapan Zat Warna Metilen Biru.....	82
Lampiran 12. Dokumentasi Penelitian.....	83

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Telur ayam merupakan salah satu makanan pokok bagi manusia yang tersebar luas di seluruh dunia terutama di Indonesia. Menurut data Badan Pusat Statistik (BPS), sepanjang 2022 produksi telur ayam ras di Indonesia mencapai 5,57 juta ton. Volume produksi tersebut meningkat 7,9% dibanding tahun 2021 (Nasrullah, 2023). Sekitar 10% dari telur utuh merupakan cangkangnya, sehingga dihasilkan sekitar 557.000 ton cangkang telur pertahunnya. Cangkang telur seringkali hanya dibuang dan menjadi limbah dalam industri pengolahan telur maupun rumah tangga (Tekege *et al.*, 2023). Cangkang telur terdiri dari kalsium karbonat (>95%) dan protein (Hidayat *et al.*, 2001). Kandungan ini dapat diekstraksi dan digunakan sebagai pengganti kalsium karbonat berbasis batu kapur. Kandungan kalsium karbonat yang tinggi menjadikan cangkang telur berpotensi sebagai sumber kalsium untuk pembuatan hidroksiapatit. Proses sintesis ini juga melibatkan penambahan gugus fosfat ke dalam kalsium oksida (Pai *et al.*, 2021).

Sintesis hidroksiapatit dari kalsium karbonat cangkang telur dapat dilakukan menggunakan berbagai metode fisikokimia dan biologi. Beberapa metode melibatkan radiasi UV (Sultana *et al.*, 2021), presipitasi (Suci & Ngapa, 2020), pengendapan kimia dengan kalsinasi (Mohd Pu'ad *et al.*, 2019), dan metode hidrotermal (Wu *et al.*, 2023). Metode presipitasi merupakan metode yang paling efektif digunakan karena pengerjaannya sederhana, ekonomis, dan menggunakan instrumen standar laboratorium. Pada metode presipitasi hanya dibutuhkan 2 prekursor, kalsium oksida dari cangkang telur sebagai prekursor kalsium dan asam

fosfat sebagai prekursor fosfat. Selain itu, beberapa penelitian juga mengeksplorasi penggunaan ekstrak tanaman seperti umbi *Curcuma longa* (Kumar *et al.*, 2018), daun sirih (Umesh *et al.*, 2021), dan *Melia dubia* (Mohemed Ali *et al.*, 2022) pada proses sintesis. Pada penelitian ini, peneliti memilih menambahkan ekstrak daun sirih hijau sebagai *biotemplate* dalam proses pembuatan hidroksiapatit. Aktivitas antioksidan dalam ekstrak daun sirih hijau dapat membantu melindungi material hidroksiapatit dari kerusakan oksidatif yang mungkin terjadi selama proses sintesis (Umesh *et al.*, 2021). Selain itu, daun sirih juga berpotensi sebagai adsorben karena mengandung senyawa fenolik yang dapat menyerap zat-zat tertentu dari lingkungannya dengan menyumbangkan atom hidrogen atau elektron dan membentuk zat antara yang stabil (Syahrir *et al.*, 2022). Penambahan ekstrak daun sirih hijau dalam sintesis hidroksiapatit memiliki keuntungan, antara lain proses sintesisnya lebih ramah lingkungan, waktu pengerjaan lebih sedikit, dan tidak membutuhkan persyaratan ataupun material yang sulit didapatkan.

Sebagian besar penggunaan hidroksiapatit terfokus pada aplikasi biomedis seperti pemberian obat, terapi berbasis gen, ortodontik, perbaikan jaringan keras, dan bahan sintesis tulang dan gigi (Arifiadi *et al.*, 2022). Namun saat ini, hidroksiapatit juga digunakan sebagai adsorben. Beberapa aspek yang mendasari hidroksiapatit dapat dijadikan adsorben antara lain sifat biokompatibilitas, stabilitas yang tinggi, luas permukaan yang besar, kemampuan penyerapan yang baik, dan daya larut yang rendah di dalam air (Pai *et al.*, 2020).

Berdasarkan penelitian sebelumnya, telah dilaporkan penggunaan nanopartikel hidroksiapatit sebagai adsorben untuk pewarna (Vinayagam *et al.*, 2023). Bahan pewarna banyak digunakan dalam industri tekstil sehingga menghasilkan limbah

yang mengandung komponen berbahaya. Salah satu zat warna yang biasa digunakan pada industri tekstil adalah metilen biru. Metilen biru berbahaya untuk kesehatan karena bersifat toksik dan mutagenik (Yu *et al.*, 2020). Berdasarkan latar belakang tersebut, peneliti tertarik untuk menggunakan hidroksiapatit sebagai adsorben dalam adsorpsi zat warna metilen biru.

B. Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah pada penelitian ini sebagai berikut :

1. Kurangnya pengelolaan dan pemanfaatan limbah cangkang telur ayam yang dihasilkan dari kegiatan industri besar maupun rumah tangga.
2. Limbah zat warna metilen biru merupakan salah satu sumber pencemaran lingkungan sehingga diperlukan upaya untuk mengatasinya.

C. Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini sebagai berikut :

1. Hidroksiapatit disintesis dengan bahan dasar dari cangkang telur ayam dengan penambahan ekstrak daun sirih hijau menggunakan metode presipitasi.
2. Suhu kalsinasi untuk sintesis hidroksiapatit dari cangkang telur ayam yaitu 500, 600, 700, 800, dan 900°C.
3. Hidroksiapatit yang dihasilkan dikarakterisasi menggunakan *Fourier Transform Infra-Red (FTIR)*, *X-Ray Diffraction (XRD)*, dan *Scanning Electron Microscopy (SEM)*.

4. Hidroksiapatit yang dihasilkan diadsorpsikan ke 25 mL larutan zat warna metilen biru konsentrasi 30 ppm dengan hidroksiapatit sebanyak 0,1 gram dan diaduk menggunakan *shaker* dengan kecepatan 200 rpm selama 45 menit.

D. Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh perbedaan suhu kalsinasi untuk sintesis hidroksiapatit dari cangkang telur ayam?
2. Bagaimana karakteristik hidroksiapatit hasil sintesis dari cangkang telur ayam dengan menggunakan *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR), *X-Ray Diffraction* (XRD), dan *Scanning Electron Microscopy* (SEM)?
3. Bagaimana daya serap hidroksiapatit hasil sintesis terhadap zat warna metilen biru?

E. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini sebagai berikut :

1. Mengetahui pengaruh suhu kalsinasi pada sintesis hidroksiapatit dari cangkang telur ayam.
2. Mengetahui karakteristik hidroksiapatit yang disintesis dari cangkang telur ayam dengan menggunakan *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR), *X-Ray Diffraction* (XRD), dan *Scanning Electron Microscopy* (SEM).
3. Mengetahui daya serap hidroksiapatit hasil sintesis terhadap zat warna metilen biru.

F. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini yaitu untuk memberikan informasi tentang pemanfaatan limbah cangkang telur ayam yang digunakan sebagai sumber kalsium dalam sintesis hidroksiapatit dan mengurangi pencemaran lingkungan oleh zat warna metilen biru menggunakan adsorben hidroksiapatit.