

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI *NANOMATERIAL*
HIDROKSIAPATIT (HAp) BERBAHAN BATU KAPUR
BUKIT JIMBARAN DENGAN METODE PRESIPITASI**



**OLEH:
GEDE ARYA AMERTA
NIM. 2113021015**

**PROGAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA
JURUSAN FISIKA DAN PENGAJARAN IPA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA
SINGARAJA
2025**



**SINTESIS DAN KARAKTERISASI *NANOMATERIAL*
HIDROKSIAPATIT (HAp) BERBAHAN BATU KAPUR
BUKIT JIMBARAN DENGAN METODE PRESIPITASI**

SKRIPSI



**Diajukan kepada
Universitas Pendidikan Ganesha
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam Menyelesaikan
Program Sarjana Pendidikan Fisika**

**Oleh:
Gede Arya Amerta
NIM. 2113021015**

**PROGAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA
JURUSAN FISIKA DAN PENGAJARAN IPA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA
SINGARAJA**

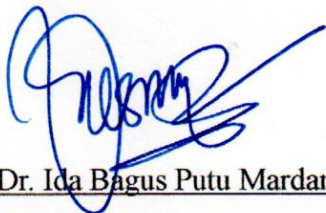
2025

SKRIPSI

**DIAJUKAN UNTUK MELENGKAPI TUGAS
DAN MEMENUHI SYARAT-SYARAT UNTUK
MENCAPAI GELAR SARJANA PENDIDIKAN FISIKA**

Menyetujui,

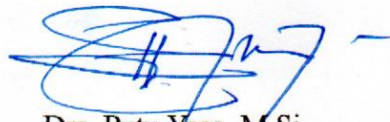
Pembimbing I,



Dr. Ida Bagus Putu Mardana, M.Si.

NIP. 196710131994031001

Pembimbing II,



Drs. Putu Yasa, M.Si.

NIP. 196111041987031002

Skripsi oleh Gede Arya Amerta ini
Telah dipertahankan di depan dewan penguji
Pada Jumat 12 Desember 2025

Dewan Penguji,



Dr. Luh Putu Budi Yasmini, S.Pd., M.Sc.

(Ketua)

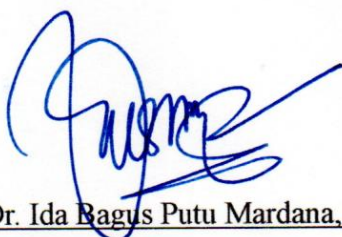
NIP. 198402222009122008



Putu Widiarini, S.Pd., M.Pd., M.Sc.

(Anggota)

NIP. 198903272019032020



Dr. Ida Bagus Putu Mardana, M.Si.

(Anggota)

NIP. 196710131994031001



Drs. Putu Yasa, M.Si.

(Anggota)

NIP. 196111041987031002

Diterima oleh Panitia Ujian Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Pendidikan Ganesha
Guna memenuhi syarat-syarat untuk mencapai gelar sarjana pendidikan fisika

Pada :

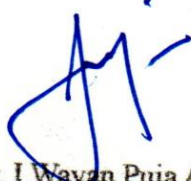
Hari : Jumat

Tanggal : 12 Desember 2025

Mengetahui,

Ketua Ujian,

Sekretaris Ujian,



Dr. I Wayan Puja Astawa, S.Pd., M.Stat., Sci.

NIP. 196901161994031001



Prof. Dr. Ni Ketut Rapi, M.Pd.

NIP. 196308301988032002

Mengesahkan,

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Dr. I Wayan Sukra Warpala, S.Pd., M.Sc.

NIP. 196710131994031001

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi yang berjudul "**Sintesis dan Karakterisasi *Nanomaterial Hidroksiapatit (HAp)* Berbahan Batu Kapur Bukit Jimbaran dengan Metode Presipitasi**" merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Saya menjamin bahwa dalam penyusunan karya ini, saya tidak melakukan plagiarisme maupun pengutipan yang melanggar etika akademik. Apabila di kemudian hari terbukti terdapat pelanggaran terhadap etika keilmuan atau terdapat klaim atas orisinalitas karya ini, saya bersedia menerima segala bentuk konsekuensi atau sanksi yang berlaku.

Singaraja, 12 Desember 2025

Yang membuat pernyataan,



Gede Arya Amerta

NIM.2113021015

PRAKATA

Om Swastiastu. Segala puji syukur penulis panjatkan ke hadapan Ida Sang Hyang Widhi Wasa karena atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, penulis berhasil menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Sintesis dan Karakterisasi *Nanomaterial Hidroksiapatit (HAp)* Berbahan Batu Kapur Bukit Jimbaran dengan Metode Presipitasi”** tepat waktu. Penyusunan skripsi ini dilakukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Pendidikan Fisika di Universitas Pendidikan Ganesha.

Dalam proses penyusunan skripsi ini, penulis memperoleh banyak dukungan, baik secara moral maupun material, dari berbagai pihak. Oleh karena itu, melalui kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. I Wayan Lasmawan, M.Pd., selaku Rektor Universitas Pendidikan Ganesha yang telah memberikan kesempatan untuk menempuh pendidikan tinggi di sini.
2. Bapak Dr. I Wayan Sukra Warpala, S.Pd., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam yang selalu ramah dan mempermudah dalam hal urusan akademik, terutamanya administrasi dan tanda tangan.
3. Ibu Prof. Dr. Ni Made Pujani, M.Si., selaku Ketua Jurusan Fisika dan Pengajaran IPA yang memberikan dukungan administratif dan moral selama berstudi di sini.
4. Ibu Prof. Dr. Ni Ketut Rapi, M.Pd., selaku Koordinator Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Pendidikan Ganesha, atas dukungannya dalam mengoordinasikan dan memfasilitasi pelaksanaan penelitian.
5. Bapak Dr. Ida Bagus Putu Mardana, M.Si., selaku pembimbing I yang telah memberikan arahan, motivasi, dan bimbingan substansial yang sangat bermanfaat selama proses penyusunan skripsi ini.
6. Bapak Drs. Putu Yasa, M.Si., selaku pembimbing akademik dan pembimbing II atas kesediaannya membimbing penyusunan KRS selama menempuh studi

di Prodi Pendidikan Fisika dan meluangkan waktu untuk memberikan pendampingan, motivasi, dan koreksi dalam aspek redaksional skripsi ini.

7. Bapak/Ibu Dosen di lingkungan Program Studi Pendidikan Fisika yang telah berbagi ilmu, wawasan, serta memberikan arahan sejak awal hingga selesainya penelitian ini.
8. Sahabat di lingkungan Program Studi Pendidikan Fisika yang telah berbagi pengetahuan, pengalaman, dan informasi selama perkuliahan.
9. Keluarga tercinta, terutama orang tua, atas doa, dukungan, dan kasih sayang yang tiada henti selama penulis menempuh pendidikan di Universitas Pendidikan Ganesha.
10. Kepada seseorang dengan NIM.2113071006 selaku orang terdekat penulis, terima kasih telah menjadi bagian dari proses perjalanan penyusunan skripsi.
11. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, namun telah berkontribusi dalam penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki berbagai kekurangan. Oleh karena itu, penulis sangat terbuka terhadap segala saran dan kritik yang membangun. Semoga karya ini dapat memberikan manfaat bagi para pembaca. Akhir kata, penulis mengucapkan terima kasih. Om Shanti Shanti Shanti Om.

Singaraja, 12 Desember 2025

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
PRAKATA	i
ABSTRAK	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Batasan Masalah	5
1.6 Definisi Operasional	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Batu Kapur (<i>Limestone</i>)	7
2.1.1 Klasifikasi Batu Kapur	8
2.1.2 Karakteristik Fisika Batu Kapur	11
2.2 <i>Nanomaterial Hidroksiapatit (HAp)</i>	14
2.2.1 Karakteristik <i>Nanomaterial Hidroksiapatit (HAp)</i>	16
2.2.2 Jenis <i>Nanomaterial Hidroksiapatit (HAp)</i>	18
2.3 Metode Presipitasi	19
2.4 <i>X-ray Fluorescence (XRF)</i>	19
2.5 <i>X-ray Diffraction (XRD)</i>	20
2.6 <i>Scanning Electron Microscope (SEM)</i>	22
2.7 FTIR (<i>Fourier Transform Infra Red</i>)	25
2.8 Kerangka Berpikir	26
BAB III METODE PENELITIAN	28
3.1 Jenis Penelitian	28

3.2	Waktu dan Tempat Penelitian	29
3.3	Alat dan Bahan	29
3.3.1	Alat Penelitian	29
3.3.2	Bahan Penelitian	30
3.4	Variabel Penelitian	31
3.4.1	Variabel Bebas	31
3.4.2	Variabel Terikat	31
3.4.3	Variabel Kontrol	31
3.5	Pentahapan Penelitian	31
3.5.1	Tahap Preparasi Batu Kapur Bukit Jimbaran	31
3.5.2	Tahap Analisis Awal Sampel	31
3.5.3	Tahap Kalsinasi Sampel	32
3.5.4	Tahap Sintesis <i>Nanomaterial Hidroksiapatit</i> ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$) ..	32
3.5.5	Tahap Karakterisasi <i>Nanomaterial Hidroksiapatit</i> (HAp)	33
3.6	Teknik Pengumpulan Data	34
3.7	Teknik Analisis Data	34
3.8	Diagram Alir Penelitian	35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		36
4.1	Hasil Sintesis <i>Nanomaterial Hidroksiapatit</i> ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$)	36
4.2	Karakterisasi XRF	37
4.3	Karakterisasi XRD	38
4.4	Karakterisasi SEM-EDX	41
4.5	Karakterisasi FTIR	43
BAB V PENUTUP		46
5.1	Kesimpulan	46
5.2	Saran	47
DAFTAR PUSTAKA		48

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Batu Kapur (<i>Limestone</i>) Bukit Jimbaran, Badung-Bali	7
Gambar 2.2 Struktur Kristal CaCO_3	8
Gambar 2.3 <i>Mudstone</i>	8
Gambar 2.4 <i>Wackestone</i>	9
Gambar 2.5 <i>Boundstone</i>	9
Gambar 2.6 <i>Framestone</i>	9
Gambar 2.7 <i>Bindstone</i>	10
Gambar 2.8 <i>Bafflestone</i>	10
Gambar 2.9 <i>Gainstone</i>	10
Gambar 2.10 <i>Packstone</i>	10
Gambar 2.11 <i>Kristalin Limestone</i>	11
Gambar 2.12 Pola Hasil Uji XRD HAp Sintesis (a) lokal (b) mancanegara	15
Gambar 2.13 Pola Hasil Uji FTIR HAp Sintesis (a) lokal (b) mancanegara	15
Gambar 2.14 Struktur Kimia <i>Nanomaterial Hidroksiapatit</i> (HAp)	16
Gambar 2.15 Struktur Kristal Heksagonal HAp	17
Gambar 2.16 Struktur Kristal Monoklinik HAp	17
Gambar 2.17 Komponen Instrumen <i>X-ray Fluorescence</i> (XRF)	20
Gambar 2.18 Ilustrasi difraksi sinar-X pada XRD	20
Gambar 2.19 Sistematika Kerja <i>X-ray Diffraction</i> (XRD)	22
Gambar 2.20 Sistematika Kerja <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM)	24
Gambar 2.21 Instrumen FTIR	26
Gambar 3.1 Desain Penelitian HAp Batu Kapur Jimbaran	28
Gambar 3.2 Instrumen XRF Merek <i>PANalytical Minipa 4</i>	33
Gambar 3.3 Instrumen XRD Merek <i>Bruker D6PHASER</i>	33
Gambar 3.4 Instrumen SEM Merek <i>Thermo Scientific Axia ChemiSEM</i>	33
Gambar 3.5 Instrumen FTIR Merek <i>Shimazu IR Prestige-21</i>	34
Gambar 3.6 Diagram Alir Penelitian HAp Batu Kapur Jimbaran	35
Gambar 4.1 Hasil Sintesis <i>Nanomaterial</i> $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$	36
Gambar 4.2 Hasil UJI XRF Sebaran Unsur Batu Kapur Jimbaran	37

Gambar 4.3 Pola Difraksi Sampel <i>Hidroksiapatit</i> Batu Kapur Jimbaran	38
Gambar 4.4 Morfologi dan Kandungan Unsur HAp Sintesis Batu Kapur Bukit Jimbaran Perbesaran 1.500x	42
Gambar 4.5 Spektrum FTIR HAp Batu Kapur Bukit Jimbaran	43



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Kandungan <i>Limestone</i> Dengan Uji XRF (Megawati et al., 2019)	7
Tabel 2.2 Spesifikasi Material <i>Limestone</i> (Natasya et al., 2024)	13
Tabel 3.1 Alat Penelitian	30
Tabel 3.2 Instrumen Penelitian	30
Tabel 3.3 Bahan Penelitian	30
Tabel 3.4 Teknik Pengumpulan Data	34
Tabel 3.5 Teknik Analisis Data	34
Tabel 4.1 Sudut Difraksi HAp Batu Kapur Jimbaran dan JCPDS-090432	38
Tabel 4.2 Sudut Difraksi CaCO_3 dan JCPDS-050453	39
Tabel 4.3 Sudut Difraksi AKA (Apatit Karbonat Tipe A) dan JCPDS-350108	39
Tabel 4.4 Parameter Kisi Kristal Produk HAp Batu Kapur Jimbaran	40
Tabel 4.5 Ukuran Kristal dan <i>d-spacing</i> HAp Batu Kapur Bukit Jimbaran	41
Tabel 4.6 Unsur <i>Nanomaterial</i> HAp Batu Kapur Bukit Jimbaran	42
Tabel 4.7 Bilangan Gelombang Gugus Fungsi HAp Batu Kapur Jimbaran	44

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Perhitungan Massa CaO dan Volume H ₃ PO ₄ 85% Sintesis HAp ...	53
Lampiran 2. Perhitungan Nilai <i>d-spacing</i>	54
Lampiran 3. Perhitungan Ukuran Kristal <i>Hidroksiapatit</i> Batu Kapur	56
Lampiran 4. Perhitungan Persentase Kristalinitas Ca ₁₀ (PO ₄) ₆ (OH) ₂	58
Lampiran 5. Perhitungan Parameter Kisi <i>Hidroksiapatit</i> Kristal Heksagonal	59
Lampiran 6. Database JCPDS-090432 <i>Hidroksiapatit</i> , JCPDS-050453 CaCO ₃ , dan JCPDS-350108 Apatit Karbonat Type A (Sirait & Aulia, 2021)	61
Lampiran 7. Hasil Uji XRF	64
Lampiran 8. Hasil Uji XRD	65
Lampiran 9. Hasil Uji SEM	66
Lampiran 10. Hasil Uji FTIR	69
Lampiran 11. Publikasi Artikel Jurnal <i>Indonesian Physical Review</i> (IPR)	70
Lampiran 12. Dokumentasi Pelaksanaan Penelitian	71

