

**ANALISIS KANDUNGAN DAN STRUKTUR
HIDROKSIAPATIT DARI CANGKANG KERANG
DARAH (*Anandara granosa*) DAN CANGKANG
TELUR SEBAGAI BAHAN GIGI TIRUAN**

SKRIPSI

Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Syarat
Guna Memperoleh Gelar Sarjana Sains
dalam Ilmu Fisika



Oleh :
LAYYINATUS SIFAH
NIM. 1508026024

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO**

**SEMARANG
2020**

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Layyinatul Sifah

NIM : 1508026024

Program studi : Fisika

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul:

ANALISIS KANDUNGAN DAN STRUKTUR HIDROKSIAPATIT
DARI CANGKANG KERANG DARAH (*Anandara granosa*) DAN
CANGKANG TELUR SEBAGAI BAHAN GIGI TIRUAN

Secara keseluruhan adalah hasil penelitian atau karya sendiri,
kecuali bagian tertentu yang di rujuk sumbernya.

Semarang, 25 Maret 2020

Pembuat pernyataan,



Layyinatul Sifah

NIM. 1508026024



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

Alamat : Jl. Prof. Dr. Hamka (Kampus II) Ngaliyan Semarang

PENGESAHAN

Naskah skripsi berikut ini:

Judul : **Analisis Kandungan dan Struktur Hidroksiapatit dari Cangkang Kerang Darah (*Anandara Granosa*) dan Cangkang Telur sebagai Bahan Gigi Tiruan**

Nama : Layyinatuz Sifah

NIM : 1508026024

Jurusan : Fisika

Telah diujikan dalam sidang *munaqosah* oleh Dewan Penguji Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo dan dapat diterima sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana sains dalam ilmu fisika

Semarang, 14 April 2020

Penguji I,

Agus Sudarmanto, M.Si

NIP. 19970823 200912

Penguji II,

Muhammad Ardhi Khalif, M.Sc

NIP. 1821009 201101 1 010

Penguji III,

Dr. Hamdan Hadi K. M.Sc

NIP. 19711021 199703 1 002

Pembimbing I,

Dr. Hamdan Hadi K. M.Sc

NIP. 19711021 199703 1 002

Penguji IV,

Andi Fadlan, S.Si., M.Sc

NIP. 19800915 200501 1 006

Pembimbing II

Sheila Rully Anggita, M.Si

NIP. 19900505 201903 2 017

NOTA DINAS

Semarang, 20 Maret 2020

Kepada

Yth Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Walisongo Semarang

Di Semarang

Assalamu'alaikum wr. wb

Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arahan, dan koreksi naskah skripsi dengan:

Judul : Analisis Kandungan dan Struktur Hidroskiapatit dari Cangkang Kerang Darah (*Anandara Granosa*) dan Cangkang Telur sebagai Bahan Gigi Tiruan

Nama : Layyinatus Sifah

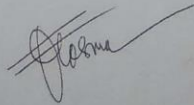
NIM : 1508026024

Program Studi : Fisika

Saya memandang bahwa naskah skripsi tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang untuk diajukan dalam sidang Munaqosah.

Wassalamu'alaikum wr.wb

Pembimbing I



Dr. Hamdan Hadi Kusuma, S.Pd, M.Sc

NIP. 19711021 199703 1 002

NOTA DINAS

Semarang, 20 Maret 2020

Kepada

Yth Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Walisongo Semarang

Di Semarang

Assalamu'alaikum wr. wb

Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arahan, dan koreksi naskah skripsi dengan:

Judul : Analisis Kandungan Dan Struktur Hidroskiapatit Dari Cangkang Kerang Darah (*Anandara Granosa*) Dan Cangkang Telur Sebagai Bahan Gigi Tiruan

Nama : Layyinatul Sifah

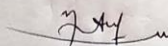
NIM : 1508026024

Program Studi : Fisika

Saya memandang bahwa naskah skripsi tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang untuk diajukan dalam sidang Munaqasah.

Wassalamu'alaikum wr.wb

Pembimbing II



Sheila Rully Anggita, M.Si
NIP. 19900505 201903 2 017

ABSTRAK

Hidroksiapatit sebagai bahan biokeramik yang telah banyak digunakan dalam bidang medis. Hidroksiapatit yang digunakan di bidang medis masih impor dari luar negeri dan mahal. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui struktur, morfologi dan kandungan hidroksiapatit dari cangkang kerang darah (*Anandara granosa*) dan cangkang telur sebagai bahan gigi tiruan. Hidroksiapatit dapat dihasilkan dengan mensintesis cangkang kerang darah (CK) dan cangkang telur (CT) sebagai sumber kalsium dan $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ sebagai sumber fosfat melalui metode hidrotermal dengan variasi komposisi (100% CK), (100% CT), (25%CK : 75%CT), (50%CK : 50%CT) dan (75%CK : 25%CT) yang dikalsinasi pada suhu 900°C dan dikarakterisasi XRD, SEM dan FTIR. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa diperoleh hidroksiapatit berstruktur heksagonal dengan paramter kisi $a = 9,404 \text{ \AA}$ dan $c = 6,675 \text{ \AA}$ serta ukuran kristal yang dihasilkan dari 10,19 nm hingga 57,29 nm. Morfologi sampel hidroksiapatit dari hasil SEM berbentuk gumpalan yang agglomerat dengan ukuran berbeda-beda dan terdapat pori diantara dua gumpalan dengan rata-rata ukuran pori 1,00 μm hingga 3,37 μm . Tingkat kekasaran permukaan sampel hidroksiapatit dari 194,4 nm hingga 275,7 nm. Hasil FTIR didapatkan gugus fungsi PO_4^{3-} , OH^- dan CO_3^{2-} yang merupakan gugus fungsi dari hidroksiapatit dan dapat digunakan sebagai bahan gigi tiruan.

Kata Kunci: Hidroksiapatit, XRD, SEM, FTIR, Gigi Tiruan

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah puji syukur kehadirat Allah SWT, yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang yang melimpahkan rahmat, hidayah serta inayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis kandungan dan struktur hidroskiapatit dari cangkang kerang darah (*Anandara granosa*) dan cangkang telur sebagai bahan gigi tiruan”. Shalawat serta salam tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW, dengan mengharapkan syafaatnya dihari kiamat nanti dan terlgolong sebagai umat-Nya.

Skripsi ini disusun guna memenuhi tugas dan menjadi syarat untuk memperoleh gelar sarjana Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang. Dalam penyusunan skripsi ini, tidak lepas dari bantuan, bimbingan, motivasi, do’a dan saran-saran dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Prof. Dr. Imam Taufiq, M.Ag selaku rektor UIN Walisongo Semarang.
2. Dr. H. Ismail, M.Ag selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang.
3. Agus Sudarmanto, M.Si selaku ketua jurusan Fisika UIN Walisongo Semarang sekaligus Wali dosen yang selalu

mengarahkan dan membimbing saya dalam proses belajar.

4. Dr. Hamdan Hadi Kusuma, S.Pd, M.Sc, selaku dosen pembimbing I dan Sheilla Rully Anggita, M.Si, selaku pembimbing II yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran serta sabar memberikan bimbingan dan pengarahan dalam penyusunan skripsi ini.
5. Widiyastuti, S.Pd selaku PLP Laboratorium Fisika dan Anita Kurnia Z., S.Si selaku PLP Laboratorium Kimia yang telah mengizinkan untuk melakukan riset di laboratorium fisika dan kimia UIN Walisongo Semarang.
6. Segenap dosen, pegawai, dan civitas akademika di lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang.
7. Orang tua penulis terkhusus Ibunda Mustamiroh yang telah mendidik dan membesarkan penulis dengan penuh kasih sayang, ketulusan, keikhlasan dan senantiasa memberikan semangat, materi dan do'a sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
8. Om Fahrur Rozi, S.Pd yang telah memberikan dukungan, semangat, motivasi dan membantu biaya perkuliahan penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.
9. Kakakku Muhammad Haidarullah dan Muhammad Mukhtar Alam Hudallah dan Adik saya Muhammad Ulil

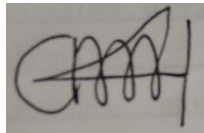
Albab, yang telah memberikan semangat dan mendoakan penulis.

10. Khoirul Wafa yang selama ini sudah memberikan semangat, dan motivasi, menemani penulis menyelesaikan skripsi.
11. Teman-teman Fisika 2015 dan Sahabat-sahabatku Siti Munawaroh, Luluk Nikmatul Hasanah, Rizqi Amaliah, Nur Hidayah, Ivvan Nuzulul Huda, Khoirul Umam dan Jazilatul Mumtahanah selalu memberikan dukungan, semangat kepada penulis.
12. Keluarga UKM Risalah, IMF (Ikatan Mahasiswa Fisika) dan keluarga Kos Al-Amiin atas dukungan dan semangat kepada penulis.
13. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini yang tidak dapat penulis sebut satu per satu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangannya dan jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik maupun saran yang membangun demi penyusunan karya yang lebih baik. Akhir kata penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya dan bagi pembaca pada umumnya.

Semarang, Maret 2020

Peneliti,

A square box containing a handwritten signature in black ink. The signature is stylized and appears to be 'Layyinatul Sifah'.

Layyinatul Sifah

NIM. 1508026024

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN	ii
PENGESAHAN	iii
NOTA DINAS	iv
ABSTRAK	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	7
C. Batasan Masalah.....	7
D. Tujuan Penelitian.....	8
E. Manfaat Penelitian	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	10
A. Kajian Teori	10
1. Biokeramik	10
2. Hidroksiapatit (HA).....	11
3. Metode Hidrotermal	17
4. Kerang Darah (<i>Anandara granosa</i>).....	18

5. Cangkang Telur Ayam	22
6. Gigi	25
7. XRD (<i>X-Ray Diffraction</i>).....	29
8. SEM (<i>Scanning Electron Microscopy</i>)	32
9. FTIR (<i>Fourier Transform Infra Red</i>).....	34
B. Kajian Pustaka.....	37
C. Kerangka Berpikir	42
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	44
A. Jenis dan Desain Peneliti	44
B. Tempat dan Waktu Penelitian	44
C. Variabel Penelitian.....	45
D. Alat dan Bahan	47
E. Prosedur Penelitian.....	49
F. Karakterisasi Sampel Hidroksiapatit	52
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	55
A. Proses kalsinasi dan sintesis Hidroksiapatit.....	55
B. Karakterisasi Sampel	58
BAB V PENUTUP	86
A. Kesimpulan	86
B. Saran.....	87
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN-LAMPIRAN	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Struktur (a) Heksagonal dan (b) Monoklinik.....	12
Gambar 2.2	Kerang Darah (<i>Anandara granosa</i>).....	18
Gambar 2.3	Lapisan Dalam Cangkang Kerang Darah.....	20
Gambar 2.4	Cangkang Telur	23
Gambar 2.5	Anatomi Gigi Manusia.....	25
Gambar 2.6	Difraksi Sinar X.....	30
Gambar 2.7	Pola XRD Hidroksiapatit.....	32
Gambar 2.8	Skema Mesim SEM.....	33
Gambar 2.9	Skema Instrumen FTIR.....	37
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian.....	46
Gambar 4.1	Hasil kalsinasi (a) cangkang kerang darah (b) cangkang telur.....	55
Gambar 4.2	Hasil Sintesis Hidroksiapatit Variasi Komposisi (a) (Cangkang kerang 100%), (b) (Cangkang telur 100%), (c) (25%:75%), (d) (50%:50%) dan (e) (75%:25%).....	57

Gambar 4.3 Pola Difraksi Sampel Hidroksiapatit	58
Gambar 4.4 Sudut 2θ sampel hidroksiapatit pada bidang [0 0 2]	62
Gambar 4.5 Morfologi Sampel hidroksiapatit A (Cangkang kerang darah 100%)	68
Gambar 4.6 Morfologi Sampel hidroksiapatit B (Cangkang Telur 100%)	69
Gambar 4.7 Morfologi Sampel hidroksiapatit C (25%:75%)	70
Gambar 4. 8 Morfologi Sampel hidroksiapatit D (50%:50%)	71
Gambar 4. 9 Morfologi Sampel hidroksiapatit E (75%:25%)	72
Gambar 4.10 Morfologi Sampel Hidroksiapatit (a) (Cangkang kerang 100%), (b) (Cangkang telur 100%), (c) (25%:75%), (d) (50%:50%) dan (e) (75%:25%)	78
Gambar 4.11 Spektrum FTIR Sampel Hidroksiapatit ...	79

DAFTAR TABEL

Tabel	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Sifat Mekanik Hidroksiapatit.....	14
Tabel 2.2	Kandungan Cangkang Kerang Darah	22
Tabel 2.3	Kandungan Cangkang Telur Ayam.....	24
Tabel 2.4	Bilangan Gelombang Gugus Hidroksiapatit....	36
Tabel 3.1	Variasi Komposisi pembuatan Hidroksiapatit	45
Tabel 4.1	Sudut Difraksi Sampel Hidroksiapatit dan JCPDS 09-432 Hidroksiapatit.....	60
Tabel 4.2	Parameter Kisi Kristal Sampel Hidroksiapatit	64
Tabel 4.3	Ukuran Kristal dan <i>d-spacing</i> Sampel Hidroksiapatit	67
Tabel 4.4	Ukuran Pori Hidroksiapatit Sampel A (cangkang kerang darah 100%).....	68
Tabel 4.5	Ukuran Pori Hidroksiapatit Sampel B	

(cangkang telur 100%).....	69
Tabel 4.6 Ukuran Pori Hidroksiapatit Sampel C	
(25%:75%)	70
Tabel 4.7 Ukuran Pori Hidroksiapatit Sampel D	
(50%:50%)	71
Tabel 4.8 Ukuran Pori Hidroksiapatit Sampel E	
(75%:25%)	72
Tabel 4.9 Ukuran Rata-rata Pori Sampel	
Hidroksiapatit	73
Tabel 4.10 Tingkat Kekasaran Permukaan	
Sampel Hidroksiapatit	77
Tabel 4.11 Bilangan Gelombang Gugus Fungsi	
Sampel Hidroksiapatit	80
Tabel 4.7 Vibrasi Gugus Fungsi PO_4^{-3}	
Sampel Hidroksiapatit.....	84

DAFTAR LAMPIRAAN

Lampiran	Judul
Lampiran 1	Hasil Uji XRD
Lampiran 2	Hasil Uji FTIR
Lampiran 3	Hasil SEM
Lampiran 4	Hasil Tingkat Kekasaran Permukaan Morfologi Hidroksiapatit
Lampiran 5	Database JCPDS Hidroksiapatit
Lampiran 6	Database JCPDS Apatit Karbonat Tipe A
Lampiran 7	Database JCPDS CaCO_3
Lampiran 8	Perhitungan Nilai d-spacing
Lampiran 9	Perhitungan Ukuran Kristal Hidroksiapatit
Lampiran 10	Perhitungan Parameter Kisi Hidroksiapatit
Lampiran 11	Perhitungan Ukuran pori
Lampiran 12	Perhitungan Tingkat Kekasaran Permukaan
Lampiran 13	Dokumentasi
Lampiran 14	Surat Penunjukan Pembimbing

Lampiran 15 Surat Izin Riset 1

Lampiran 16 Surat Izin Riset 2

Lampiran 17 Surat Izin Riset 3

Lampiran 18 Surat Keterangan Riset 1

Lampiran 19 Surat Keterangan Riset 2

Lampiran 20 Surat Keterangan Riset 3

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kesehatan gigi di Indonesia diperlukan penanganan yang serius. Penyakit karies gigi dan penyakit predontal dapat menyebabkan gigi berlubang atau kehilangan gigi. Hal ini disebabkan oleh pengetahuan tentang pemeliharaan dan kesadaran kebersihan gigi dan mulut yang minimum (Silfia *et al*, 2019) Menurut data Riset Dasar Kesehatan tahun (2013) jumlah penderita masalah gigi sebesar 29,7% sedangkan pada tahun 2017 menjadi sebesar 31.3% (Adiatama *et al*, 2018) dan pada tahun 2018 naik menjadi 57,6% (Napitupulu *et al*, 2019). Permasalahan gigi yang meningkat menimbulkan penggunaan gigi tiruan bertambah. Kerusakan gigi dapat diperbaiki dengan menambahkan atau mengganti jaringan (Ningsih *et al*, 2014).

Penggantian jaringan gigi yang berlubang dan gigi yang hilang dapat menggunakan resin akrilik. Sejak tahun 1940 resin akrilik digunakan untuk menambal gigi berlubang dan sebagai bahan utama pembuatan gigi tiruan (Ramlan, 2015). Resin akrilik berfungsi sebagai

bahan dasar basis gigi tiruan dalam proses rehabilitatif. Resin akrilik memiliki harga yang mahal dan harus di impor (Ismiyati, 2016). Keterbatasan bahan resin akrilik tersebut memicu perkembangan riset di bidang biomaterial terutama digunakan untuk bahan gigi tiruan. Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi mendorong penelitian untuk berinovasi menghasilkan bahan alternatif pengganti struktur jaringan gigi yang hilang tidak memberikan efek negatif (Abbas, 2011). Bahan alternatif lain yang dapat digunakan untuk menggantikan jaringan gigi yang hilang yaitu biomaterial. Kebutuhan biomaterial cenderung meningkat terutama dalam bidang kedokteran yaitu material biokeramik hidroksiapatit (Balgies, 2011).

Hidroksiapatit merupakan biokeramik yang sering digunakan dalam dunia medis pada bidang perbaikan jaringan tulang dan gigi (Audrya *et al*, 2018). Hidroksiapatit merupakan bahan gigi tiruan karena memiliki kesamaan kimia antara *engineering ceramic* (keramik dari bahan logam) dan gigi manusia (Pratiwi *et al*, 2015). Gigi manusia terdiri dari dua lapisan utama yaitu *email* dan *dentin*. *Email* tersusun dari hidroksiapatit, air, dan zat organik lainnya, sedangkan

dentin merupakan zat atar email atau semen dari gigi (Kencana, 2017).

Hidroksiapatit (HA) merupakan salah satu jenis biokeramik yang memiliki peranan penting dalam dunia medis khususnya pada pembuatan gigi tiruan (Muliati, 2016). Selama ini di Indonesia hidroksiapatit yang digunakan di bidang medis masih impor dari luar negeri. Hal ini berdampak pada mahalnya harga hidroksiapatit misal HA 200 Jepang yang banyak diimpor ke Indonesia dengan harga yang mencapai Rp 2.000.000/5 gram (Prabaningtyas, 2015). Pembuatan hidroksiapatit dapat dilakukan dengan menggunakan sumber-sumber kalsium dan sintetik. Senyawa hidroksiapatit dapat diperoleh dari bahan alam yang mengandung CaCO_3 (Kalsium karbonat) dapat diperoleh dari cangkang kerang darah (*Anandara granosa*), cangkang telur, tulang hewan sapi dan tulang ikan tuna (Pratiwi *et al*, 2015).

Penelitian sintesis senyawa hidroksiapatit dengan menggunakan sumber kalsium alam telah banyak dilakukan peneliti seperti bahan kulit telur (Grgely *et al*, 2009; Hui *et al*, (2010)), bahan batu kapur (Jamuran *et al*, 2009), bahan gipsum (Sedyono *et al*, 2008), bahan

coral laut (Bingo dan Durucan, 2012) dan bahan kulit kerang (Aziz *et al*, 2015a, 2015b; Muntamah, 2011). Cangkang kerang sebagai sumber kalsium karbonat mempunyai pori-pori yang mampu mengabsorpsi zat-zat lain kedalam pori-pori permukaannya. Komposisi cangkang kerang terdiri dari Ca, Mg, Na, P dan mineral lainnya (Rahayu *et al*, 2018). Jenis cangkang kerang darah memiliki komposisi kalsium karbonat sebesar 98% yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku alami untuk memproduksi hidroksiapatit (Muntamah, 2011).

Sintesis hidroksiapatit dari cangkang kerang telah dilakukan oleh Belgies *et al* (2011) dengan metode presipitasi yang menghasilkan fase kalsium berupa CaCO_3 dari kerang *ranga*, Arrafiqie *et al* (2016) mensintesis hidroksiapatit dari limbah kerang lokan (*Geloina expansa*) dengan metode hidrotermal yang menghasilkan rasio Ca/P sebesar 1,58, Muntamah (2011) telah sintesis hidroksiapatit dari cangkang kerang darah dengan metode basah dan reaksi kering yang menghasilkan rasio mol Ca/P 1,64 dan 1,84, Bharatham *et al* (2012) sintesis HA dari kerang darah menghasilkan kalsium karbonat (CaCO_3), Rusnah M *et al* (2014) mensintesis hidroksiapatit dari kerang darah sebagai biomaterial untuk Bone Graft dengan metode

presipitasi *sol gel* yang menghasilkan rasio Ca/P sebesar 1,67.

Hidroksiapatit dapat juga dihasilkan dari sintesis cangkang telur. Kandungan cangkang telur ayam tersusun dari senyawa kalsium karbonat (CaCO_3), kalsium fosfat (CaPO_4), magnesium karbonat (MgCO_3) dan magnesium fosfat (MgPO_4) (Cahyaningrum *et al*, 2017; Yahya *et al*, 2016).

Sintesis HA dari cangkang telur (cangkang telur ayam, bebek dan puyuh) telah dilakukan Putri (2012) diperoleh kandungan hidroksiapatit paling banyak adalah cangkang telur ayam. Tyas (2014) mensintesis cangkang telur ayam ras dan ayam kampung dengan menggunakan metode presipitasi *wase drop* yang menghasilkan rasio Ca/P dibawah 1,67. Arissaputra *et al*, (2018) sintesis HA dari PCC cangkang telur itik dengan metode presipitasi memvariasi rasio Ca/P dan kecepatan pengadukan. Sintesis hidroksiapatit dari cangkang telur ayam kampung dan ayam ras telah dilakukan oleh Cahyati (2014) dengan metode presipitasi *wise drop* diperoleh rasio Ca/P kisaran 1,5-1,62.

Sintesis HA dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa metode diantaranya yaitu metode basah, metode kering, presipitas (Mobasherpour, 2009), sol gel (Bezzi, 2002), *mechanochemical* (Rhee, 2002), dan hidrotermal (Sopyan, 2009) Perbedaan metode yang dipakai pada proses sintesis HA akan menghasilkan partikel HA dengan karakter yang berbeda-beda pula (Muhara *et al*, 2015).

Metode hidrotermal sebagai metode pembuatan material didalam air panas yang tekanan tinggi dan temperatur reaksi dapat dinaikkan diatas titik didih air (Yahya *et al*, 2016). Kelebihan dari metode hidrotermal yaitu proses yang sederhana, terjangkau, dapat dilakukan pada temperatur yang rendah dan perolehan hasil yang tinggi yaitu lebih dari 90% (Arrafiqie *et al*, 2016). Sintesis senyawa HA dengan metode hidrotermal diperoleh partikel dengan kristalinitas tinggi, memiliki kemurnian tinggi dan distribusi partikel yang homogen (Harahap *et al*, 2015).

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan maka peneliti melakukan penelitian dengan judul analisis kandungan dan struktur hidroksiapatit dari cangkang kerang darah (*Anandara granosa*) dan cangkang telur sebagai bahan gigi tiruan.

B. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini sebagai berikut :

1. Bagaimana struktur kristal yang terbentuk dalam hidroksiapatit yang berasal cangkang kerang darah dan cangkang telur ayam menggunakan XRD ?
2. Bagaimana morfologi hidroksiapatit dari cangkang kerang darah dan cangkang telur menggunakan karakterisasi SEM ?
3. Apakah terdapat kandungan hidroksiapatit dari cangkang kerang darah (*Anandara granosa*) dan cangkang telur ayam ?

C. Batasan Masalah

Penelitiann ini terdapat beberapa batasan masalah sebagai berikut :

1. Limbah yang digunakan sebagai bahan dasar biokeramik hidroksiapatit yaitu cangkang kerang darah (*Anandara granosa*) dan cangkang telur ayam.
2. Karakterisasi hasil sintesis hidroksiapatit dengan XRD, SEM dan FTIR.

3. Hasil sintesis hidroksiapatit dari cangkang kerang darah (*Anandara granosa*) dan cangkang telur ayam sebagai rekomendasi bahan gigi tiruan.

D. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui struktur dan ukuran kristal, morfologi dan kandungan hidroksiapatit yang dihasilkan dari memanfaatkan limbah cangkang kerang darah (*Anandara granosa*) dan cangkang telur ayam sebagai bahan gigi tiruan

E. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini yaitu sebagai berikut :

1. Sebagai salah satu alternatif lain untuk mengolah limbah dari cangkang kerang darah (*Anandara granosa*) dan cangkang telur ayam.
2. Sebagai bahan alternatif biokeramik yang ramah lingkungan dalam bidang kesehatan khususnya bahan pembuatan rehabilitasi jaringan tulang dan gigi manusia.
3. Sebagai sumber informasi dibidang medis mengenai senyawa hidroksiapatit dapat diperoleh dari cangkang kerang darah (*Anandara granosa*)

dan cangkang telur ayam dengan metode hidrotermal.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Kajian Teori

1. Biokeramik

Biokeramik adalah salah satu jenis material keramik lanjut sebagai produk keramik atau komponen yang digunakan dalam medical dan dental industry, terutama sebagai implant maupun organ pengganti. Biokeramik digunakan didalam tubuh tanpa adanya penolakan dari tubuh karena adanya sifat biokompatibilitas, chemical stability, kepadatan rendah, ketahanan aus yang tinggi dan memiliki komposisi yang sama dengan fasa mineral dari jaringan keras dalam tubuh manusia yaitu tulang dan gigi (Anggraini, 2016). Bahan biokeramik memiliki kontak yang baik dengan jaringan keras seperti tulang atau jaringan ikat lunak seperti tendon, ligamen, dan jaringan otot (Nurdina, 2016).

Macam-macam biokeramik antara lain biokeramik bionert, Biokeramik terserap ulang, biokeramik bioaktif dan biokeramik berpori. Biokeramik bionert merupakan biokeramik tebal yang permukaan tidak terkait, sehingga peletakan secara mekanis. Biokeramik terserap ulang berfungsi untuk resorpsi secara perlahan, sehingga

tergantikan oleh jaringan yang baru. Biokeramik bioaktif memiliki respon dan stabilitas yang tinggi dalam tubuh. Bioaktif berpori memiliki pori-pori di daerah permukaan, sehingga terjadi pertumbuhan dalam jaringan (Herdianto, 2011).

2. Hidroksiapatit (HA)

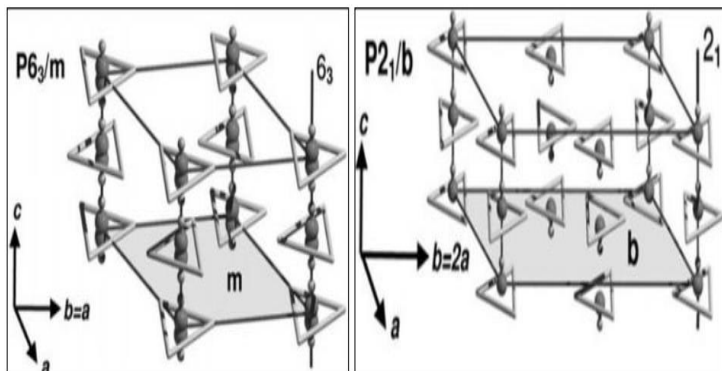
Hidroksiapatit merupakan senyawa yang termasuk dalam kelompok mineral apatit, mineral anorganik yang memiliki kandungan kalsium dan fosfat (Muntamah, 2011). Hidroksiapatit memiliki rumus kimia $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$, pada tahun 1970 telah disintesis dan menjadi biomaterial yang digunakan sekarang dalam pembuatan rehabilitasi jaringan tulang dan gigi (Prabaningtyas, 2015).

Sintesis serbuk hidroksiapatit dipengaruhi oleh kristalinitas dan ukuran kristal, morfologi, dan stoikiometri. Sintesis hidroksiapatit telah menggunakan berbagai sumber Ca dan P antara lain kalsium nitrat $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ dengan ammonium hidrogen fosfat $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ dan kalsium hidroksida $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dengan asam fosfat H_3PO_4 (Saleha *et al*, 2015).

Hidroksiapatit memiliki struktur kristal dua jenis yaitu monoklinik dan heksagonal. Struktur monoklinik

terjadi karena OH^- tersusun dengan urutan $\text{OH}^-\text{OH}^-\text{OH}^-\text{OH}^-$ sehingga parameter kisi b menjadi 2 kali. Struktur heksagonal memiliki struktur yang stabil diantara kalsium yang lain dan didapatkan pada kondisi stoikiometri, jika susunan OH^- tidak teratur (Muliati, 2016).

Struktur hidroksiapatit heksagonal memiliki parameter kisi $a = 9,4225 \text{ \AA}$, $c = 6,881 \text{ \AA}$ dan $\gamma = 120^\circ$ dan *space group* $p6_3/m$. Struktur monoklinik hidroksiapatit mempunyai parameter kisi $a = 9,421 \text{ \AA}$, $b = 2a$, $c = 6,881 \text{ \AA}$ dan $\gamma = 120^\circ$, monoklinik *space group* $P2_1/b$, Seperti yang terlihat pada pada Gambar 2.1 (Hardiyanti, 2016). Rasio Ca/P dari HA yang terbentuk adalah 1,67 dan densitasnya 3,19 g/ml (Suryadi, 2011).



Gambar 2. 1 Struktur (a) Heksagonal dan (b) Monoklinik (Fatimah, 2016)

Hidroksiapatit dengan ukuran mikro memiliki luas permukaan kecil dan ikatan kristal yang kuat sehingga mudah diterima oleh tubuh, meningkatkan biostabilitas dan kekuatan sedangkan hidroksiapatit berstruktur nano memiliki kerapatan, kakuatan, dan sifat bioaktif yang baik (Prabaningtyas, 2015).

Hidroksiapatit aman sebagai bahan *implat*, regenerasi tulang karena bersifat non toxic, bioaktif, biokompatibilitas dengan jaringan sekitar, dan bersifat osteokonduktif yang sama dengan mineral alami, sehingga dapat digunakan pengganti jaringan keras (Affandi et al, 2015).

Hidroksiapatit memiliki sifat biokompatibel dan bioaktif. Biokompatibel adalah kemampuan material untuk menyesuaikan dengan kecocokan tubuh penerima, sedangkan bioaktif adalah kemampuan material bereaksi dengan jaringan dan menghasilkan ikatan imia yang baik (Purnama *et al*, 2006).

Hidroksiapatit memiliki sifat mekanik. Sifat mekanik dari hidroksiapatit dapat di lihat pada Tabel 2.1

Tabel 2. 1 Sifat Mekanik Hidroksiapatit (Hidaya, 2012)

<i>Properties</i>	<i>Value</i>
<i>Elastic modulus</i>	40-117 Gpa
<i>Compressive strength</i>	294 Mpa
<i>Bending strength</i>	146 Mpa
<i>Hardness (vickers)</i>	3,43 Gpa
<i>Poisson's ratio</i>	0,27
<i>Density</i>	3,16 g/cm ³

Faktor yang mempengaruhi sifat mekanik hidroksiapatit adalah bentuk serbuk, pori-pori dan besar butir. Menurut Smith (1996) pori-pori HA letaknya tidak teratur dan tidak saling berhubungan satu sama lain (tidak rekat) menyebabkan pori-pori menjadi faktor yang melemahkan kekuatan bahan HA. Ukuran butir juga menurunkan kekuatan bahan HA dengan mempengaruhi ikatan antar butir (Afrizal, 2016).

Hidroksiapatit sintetis dapat diperoleh tidak hanya melalui reaksi senyawa-senyawa sintetis (Dahlan, 2013). Hidroksiapatit diperoleh dengan mereaksikan senyawa kalsium dari alam sebagai bahan hidroksiapatit seperti memanfaatkan limbah cangkang kerang darah dan cangkang telur.

Sebagaimana Allah SWT senantiasa mengisyaratkan manusia untuk memanfaatkan, mengembangkan,

memperluas ilmu pengetahuan dan mencari apa yang telah Allah karuniakan karena sesungguhnya Allah menciptakan sesuatu dengan tidak sia-sia (dengan satu tujuan). Seperti Firman Allah dalam Surat Al-Qashasah (28) : 77

وَأَتَّبِعْ فِيمَا آتَاكَ اللَّهُ الدَّارَ الْآخِرَةَ وَلَا تَنْسَ نَصِيبَكَ مِنَ الدُّنْيَا وَأَحْسِنْ كَمَا
أَحْسَنَ اللَّهُ إِلَيْكَ وَلَا تَبْغِ الْفُسَادَ فِي الْأَرْضِ إِنَّ اللَّهَ لَا يُحِبُّ الْمُفْسِدِينَ ﴿٧٧﴾

Artinya : *“Dan carilah pada apa yang telah dianugerahkan Allah kepadamu (kebahagiaan) negeri akhirat, dan janganlah kamu melupakan bahagianmu dari (kenikmatan) duniawi dan berbuat baiklah (kepada orang lain) sebagaimana Allah telah berbuat baik, kepadamu, dan janganlah kamu berbuat kerusakan di (muka) bumi. Sesungguhnya Allah tidak menyukai orang-orang yang berbuat kerusakan”* (QS Al-Qashasah (28): 77)

Penjelasan QS Al-Qashasah (28) : 77 ayat tersebut terdapat kata أَحْسِنَ yang terambil dari kata *ahsana* yang berarti baik. Kata tersebut dalam ayat ini berbentuk perintah dan memerlukan objek, namun objeknya tidak disebutkan sehingga mencakup segalanya baik yang meliputi lingkungan, harta benda, tumbuhan, binatang, manusia (Tafsir Al-Misbah, 2002). Ayat ini menjelaskan

agar menjaga lingkungan dan tidak mencemari lingkungan seperti pencemaran yang disebabkan limbah cangkang kerang dan cangkang telur. Mengantisipasi pencemaran tersebut dapat dilakukan pengolahan cangkang kerang dan cangkang telur menjadi senyawa hidroksiapatit yang memiliki peran penting di dunia medis.

Sintesis HA dapat menggunakan berbagai metode yaitu :

- a. Metode basah adalah suatu metode yang menggunakan reaksi cairan (dari larutan menjadi padatan).
- b. Metode Kering adalah metode yang menggunakan reaksi padat (dari padat menjadi padatan) dan menghasilkan hidroksiapatit dengan butir halus dan derajat kristalinitas yang tinggi.
- c. Metode hidrotermal adalah suatu metode berasal dari larutan menjadi padatan dan menghasilkan hidroksiapatit dengan kristal tunggal.
- d. Metode alkoksida adalah metode dengan reaksi hidrolisa dari larutan menjadi padatan yang menghasilkan hidroksiapatit memiliki derajat kristalinitas tinggi.

- e. Metode fluks adalah metode dengan peleburan garam (lelehan menjadi padatan) dan menghasilkan hidroksiapatit berkrystal tunggal yang mengandung unsur lain seperti boron, apatit, flourapatit dan kloroa (Muntamah, 2011).

3. **Metode Hidrotermal**

Metode hidrotermal merupakan salah satu metode yang digunakan dalam sintesis hidroksiapatit. Metode hidrotermal adalah suatu metode yang memineralisasi dibawah tekanan dan temperatur tinggi yang dapat merubah larutan menjadi padatan (Herawaty, 2014). Metode ini berupa reaksi kimia yang bersifat homogen dan heterogen dengan melibatkan pelerut. Proses hidrotermal kristal tunggal berbentuk padatan, partikel yang dihasilkan murni (Fa'ida, 2014).

Kelebihan dari metode hidrotermal yaitu dapat mempercepat interaksi antara bahan padat dan cair, fasa yang terbentuk murni, homogen, daya larut yang meningkat, memiliki viskositas yang rendah (Hardiyanti, 2016). Selain itu kelebihan lain metode ini adalah serbuk yang dihasilkan memiliki kemurnian tinggi sehingga kristalnya tidak tercampur unsur lain dan efisiensi transformasi energi tinggi (Permada, 2013).

4. Kerang Darah (*Anandara granosa*)

Kerang darah banyak ditemukan dikawasan Asia Tenggara dan Asia Timur (Nagir, 2013), spesies kerang darah dapat hidup di laut daerah litoral pada pantai berpasir dengan kedalaman 10-30 m atau dalam lumpur (Akhmad, 2017). Kerang darah sebagai *cockle* yang mempunyai belahan cangkang melekat satu sama lain pada batas cangkang. Kerang darah berpigmen darah merah atau hemoglobin (*bloody cockles*) sehingga dapat hidup dalam kondisi kadar oksigen relatif rendah dan setelah dipanen masih hidup walaupun tanpa air (Anggraini, 2016). *Anandara granosa* juga banyak dimanfaatkan sebagai makanan pengganti lauk (Nagir, 2013). Kerang darah dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Kerang Darah (Dokumentasi pribadi)

Klasifikasi dari kerang darah (*Anandara granosa*) adalah sebagai berikut (Anggraini, 2016):

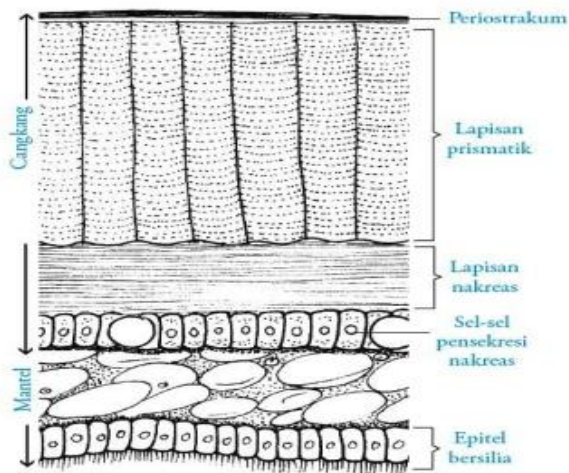
Kingdom	: <i>Animalia</i>
Filum	: <i>Mollusca</i>
Kelas	: <i>Bivalvia</i>
Subkelas	: <i>Lamellibranchia</i>
Ordo	: <i>Taxodonta</i>
Famili	: <i>Arcidae</i>
Genus	: <i>Anandara</i>
Spesies	: <i>Anandara Granosa L.</i>

Famili Arcidae memiliki bentuk cangkang segitiga, persegi panjang atau oval, memiliki rib-rib (penebalan permukaan cangkang) dari pusat umbo sampai tepi cangkang. *A.granosa* memiliki ciri-ciri antara lain tubuh kerang tebal dan menggembung, jumlah alur antara 18-20 buah dengan rusuk yang kokoh, kedua cangkang equilateral, umbo di tengah antara bagian posterior dan anterior. Panjang kerang darah berkisar (4-9) cm (Sari, 2018).

Kerang darah termasuk dalam filum *mollusca* dan kelas *pelecypoda/bivalvia*. Kelas *bivalvia* atau *pelecypoda* mempunyai karakteristik khas yaitu tubuh pipih lateral dan seluruh tubuhnya tertutup dua keping cangkang (Sari, 2018), sehingga cangkang kerang ini disebut

tangkup dua buah (valve) (Akhmad, 2017). Kedua cangkang tersebut menggabung pada bagian dorsal oleh *hinge ligament* yang berupa pita elastis yang terdiri dari bahan organik (Sari, 2018).

Keping ditautkan oleh otot adduktor posterior dan adduktor anterior sehingga dapat terbuka dengan adanya *ligament* dan tertutup karena kontraksi dari otot adduktor. Bagian lunak dari tubuh kerang darah tertutup oleh dua belahan yang disebut mantel yang terletak antara tubuh dan cangkang (Nagir, 2013).



Gambar 2. 3 Lapisan Dalam Cangkang Kerang Darah (Anggraini, 2016)

Lapisan cangkang kerang darah menurut Anggraini (2016) terdiri 3 lapisan yaitu periostrakum, prismatic, dan nakreas, seperti yang terlihat pada Gambar 2.3 :

- a. Periosmatik merupakan lapisan pada bagian terluar dari bahan kitin berfungsi sebagai pelindung.
- b. Primatik merupakan lapisan pada bagian tengah yang terbuat dari kalsium karbonat.
- c. Nakreas merupakan lapisan dalam yang terbuat dari kristal-kristal kalsium karbonat yang dihasilkan oleh seluruh permukaan mantel, sedangkan lapisan periostrakum dari lapisan prismatic dihasilkan oleh bagian tepi mantel. Lapisan ini disebut juga lapisan mutiara.

Cangkang kerang darah mengandung beberapa senyawa kimia penting yang dapat digunakan oleh manusia. Sebagaimana firman Allah dalam Al-Quran Surah Al-Sad (38) : 27

وَمَا خَلَقْنَا السَّمَاءَ وَالْأَرْضَ وَمَا بَيْنَهُمَا بَطْلًا ذَٰلِكَ ظَنُّ الَّذِينَ كَفَرُوا فَوَيْلٌ لِلَّذِينَ
كَفَرُوا مِنَ النَّارِ

Artinya : *“Dan kami tidak menciptakan langit dan bumi dan apa yang ada antara keduanya tanpa hikmah. Yang demikian itu adalah anggapan orang-orang kafir, Maka celakalah orang-orang kafir itu karena mereka masuk neraka”* (Q.S Al-Sad (38) : 27)

Berdasarkan ayat Q.S Al-Sad (38) : 27 menyatakan bahwa penciptaan Allah tidak ada yang sia-sia meskipun

itu kerang darah yang didalam cangkang mengandung CaCO_3 . Dari kandungan senyawa kimia tersebut maka cangkang kerang darah dapat dimanfaatkan sebagai sumber kalsium dalam sintesis hidroksiapatit.

Cangkang kerang darah memiliki senyawa kimia, dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Kandungan Cangkang kerang darah (Khoirudin *et al*, 2015)

Komponen	Kandungan (% Berat)
CaCo ₃	98,7
Na	0,9
P	0,02
Mg	0,05
Fe, Cu, Ni, B, Zn, Si	0,2

Kandungan kalsium karbonat dan karbon dari cangkang kerang lebih dari 98,7 % dari total kandungan mineral. Kalsium merupakan mineral penting untuk pertumbuhan tulang dan gigi dengan proses remineralisasi gigi.

5. Cangkang Telur Ayam

Cangkang telur (Gambar 2.4) merupakan lapisan terluar dari bagian telur yang berfungsi untuk melindungi semua bagian dari luka atau kerusakan.

Cangkang telur ayam memiliki berat 9-12% dari total berat telur. Warna cangkang telur ayam beraneka ragam yaitu mulai putih kekuningan sampai coklat. Perbedaan warna cangkang karena ketebalan dari cangkang, cangkang yang berwarna coklat lebih tebal daripada yang berwarna putih (Husna, 2014).



Gambar 2. 4 Cangkang Telur (Dokumentasi Pribadi)

Cangkang telur terdiri dari tiga lapisan yaitu lapisan kutikula, lapisan *sponge* (busa) dan lapisan lamellar :

- a. Lapisan kutikula pada permukaan cangkang terlapisi oleh protein transparan dan tidak ada pori-pori yang terbuka serta dapat dilalui gas sehingga uap dan gas CO² dapat keluar.
- b. Lapisan *sponge* (busa) membentuk matriks yang disusun oleh serat-serat protein yang mengikat

kristal kalsium karbonat (CaCO_3). Lapisan ini bagian terbesar dari cangkang telur yang terdiri dari kalsium karbonat, kalsium fosfat, magnesium karbonat dan magnesium fosfat.

- c. Lapisan lamellar (mamillary) terdiri dari lapisan yang berbentuk kerucut, tipis tersusun dari protein dan mineral. Lapisan lamellar pada bagian bawahnya terdapat lapisan membran (Membran shell) dalam dan membran luar yang mirip dinding sebagai penghalang bakteri tidak masuk dalam telur (Husna, 2014).

Komposisi utama dalam cangkang telur dapat dilihat pada Tabel 2.3

Tabel 2. 3 Kandungan Cangkang Telur Ayam (Saleha, 2015)

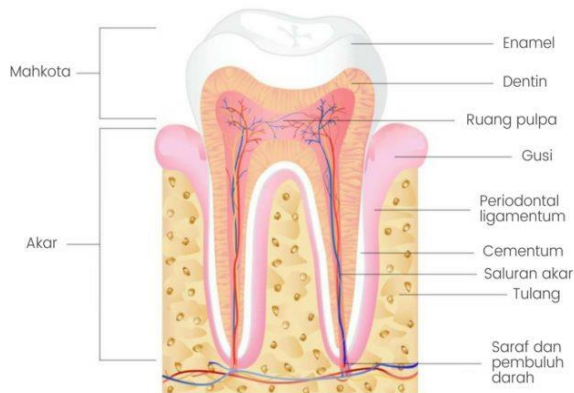
Komponen	Berat (%)
Kalsium karbonat (CaCO_3)	94
Magnesium Karbonat (MgO_3)	1
Kalsium Fosfat (CaPO_4)	1
Bahan Organik	4

Berdasarkan hasil penelitian cangkang telur ayam mengandung kalsium sebesar $401 \pm 7,2$ gram atau sekitar 39 % kalsium karbonat (Syam, 2016). Kandungan kalsium karbonat dari cangkang telur dapat

digunakan sebagai sumber kalsium yang efektif untuk metabolisme tulang dan gigi.

6. Gigi

Gigi adalah bagian keras yang terpadu didalam mulut serta sebagai alat pencernaan dalam proses pencernaan makanan. Fungsi utama gigi yaitu untuk merobek, menghancurkan dalam proses penngunyahan makanan(Fitriana, 2012).



Gambar 2. 5 Anatomi gigi manusia (Estini, 2017)

Secara mikroskopis struktur gigi manusia dapat dilihat pada Gambiae 2.5, yang terdiri dari:

- a. Jaringan keras adalah jaringan yang tersusun dari bahan kapur. Jaringan ini terdiri dari enamel, *dentin* dan sementum. Jaringan Email dan sementum

sebagai pelindung dentin. Jaringan dentin merupakan bentuk pokok dari gigi.

- b. Jaringan lunak adalah jaringan pulpa yang berada didalam rongga pulpa sampai foramen apikal yang mengandung bahan perekat, sel syaraf, jaringan limfe, jaringan ikat dan pembuluh darah arteri dan vena.
- c. Rongga pulpa gigi terdiri dari tanduk pulpa, ruang pulpa, saluran pulpa, foramen apikal (Fitriana, 2012).

Enamel adalah jaringan terkeras dan kuat yang mengalami mineralisasi tinggi di dalam tubuh. Enamel sebagai pelindung bagi gigi terhadap rangsangan saat proses pengunyahan makanan. Jaringan ini berasal dari sel ameloblast dari lapisan embrionik dikenal dengan lapisan ektoderm yang banyak mengandung kalsium (Sebon, 2016).

Kandungan enamel terdiri dari bahan anorganik 92% berupa garam hidroksiapatit dan 8% bahan organik yang terdiri dari karbonat (4%), sodium (0,6%), magnesium (1,2%), klorida (0,2%) dan flourida (0,01%) yang terdapat dipermukaan enamel (Kencana, 2017). Enamel tersusun dari prisma enamel yang saling berikatan dan tersusun dengan rapi yang berisikan

kristal hidroksiapatit. Hidroksiapatit pada enamel berbentuk seperti batang yang dinamakan prisma enamel sedangkan bagian luar enamel bentuk prisma lebih teratur dengan diameter (4-5) μm , dari dentin hingga permukaan enamel. Kristal hidroksiapatit berbentuk heksagonal (Fitriana, 2012).

Dentin adalah bagian tertebal dari jaringan gigi yang mempunyai sifat menyerupai tulang. Dentin bagian terluas dari struktur gigi dan sangat peka terhadap sentuhan dan stimulan. Dentin rentang mengalami kerusakan tetapi tetap berfungsi sebagai lapisan protektif/ pelindung dan penyokong mahkota gigi. Pipa dentin yang merupakan kanal berukuran kecil yang menyebar ke luar melalui dentin dari lubang pulpa pada batas semen luar (Sadewi, 2015).

Pulpa gigi merupakan jaringan lunak, berisikan syaraf dan pembuluh darah. Pulpa peka terhadap stimulasi zat kimia dan termis. Pulpa dibungkus oleh dinding yang keras oleh karena itu tidak terdapat ruang yang cukup untuk membengkak jika terjadi peradangan (Sihombing, 2009).

Cementum merupakan bagian gigi yang menyerupai tulang yang berfungsi sebagai perekat serabut ligament periodontal sehingga gigi untuk tetap

berhubungan dengan jaringan sekitarnya. *Cementum* terdiri dari matrik serat-serat kolagen, glikoprotein serta mukopoliskarida yang mengapur. Kandungan zat organik dalam cementum sekitar 45-50 % (Estini, 2017).

Tulang alveolar merupakan bagian dari tulang rahang atas dan rahang bawah yang fungsi sebagai penyangga dan tempat melekatnya soket gigi/alveoli. Tulang alveolar terbentuk ketika gigi erupsi sehingga menyediakan perekatan pada akar gigi (Sadewi, 2015).

Enamel gigi tidak bisa memperbaiki sendiri apabila mengalami kerusakan. Kerusakan enamel ditandai dengan karbonasi yang tinggi dan kandungan flour yang rendah serta pH dibawah 5,5. Semakin rendah pH maka ion hidrogen akan semakin meningkat sehingga merusak ikatan hidroksiapatit pada gigi dan menyebabkan kristal enamel larut (Akhmad, 2017). Kristal yang larut pada permukaan gigi dapat mengalami kehilangan mineral yang dinamakan demineralisasi. Hal ini terjadi melalui perpindahan molekul yang larut dari enamel ke saliva sehingga gigi kehilangan mineral anorganik penyusun hidroksiapatit. Hidroksiapatit dapat tersusun kembali dengan cara remineralisasi. Remineralisasi merupakan suatu proses pembentukan kembali zat-zat anorganik ke dalam kristal hidroksiapatit. Demineralisasi dan

remineralisasi proses alami dalam gigi yang bersifat ireversibel dan memiliki pengaruh pada kekerasan dan kekuatan dari gigi (Kencana, 2017).

7. **XRD (*X-Ray Diffraction*)**

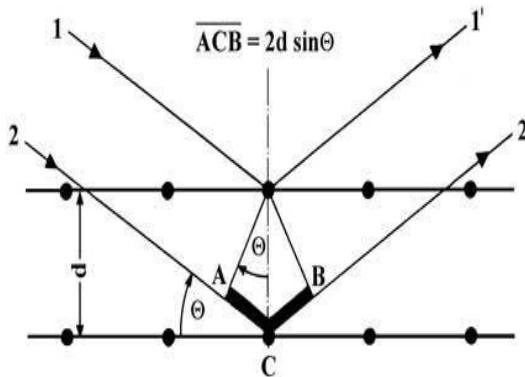
XRD (*X-Ray Diffraction*) merupakan metode analisis untuk mengidentifikasi suatu material kristal maupun non kristal yang terkandung pada suatu bahan dengan menggunakan sinar-X (Nurdina, 2016).

Prinsip kerja XRD adalah sinar-X dihasilkan dari tabung yang berisi katoda yang filamen dipanaskan, sehingga menghasilkan elektron. Perbedaan tegangan menyebabkan percepatan elektron akan menembaki objek. Ketika elektron memiliki energi tinggi dan menabrak elektron dalam objek sehingga dihasilkan pancaran sinar-X. Detektor merekam dan memproses sinyal sinar-X dan mengolahnya dalam bentuk grafik (Astuti, 2016).

Data yang didapatkan dari pengujian XRD berupa sudut hamburan (sudut *Bragg*). Sudut pola difraksi dipengaruhi lebar celah kisi sedangkan intensitas cahaya difraksi bergantung pada banyaknya kisi kristal yang mempunyai orientasi yang sama. XRD berfungsi untuk menentukan sistem kristal, parameter kisi, derajat

kristalinitas, dan fasa yang terbentuk pada sampel (Hardiyanti, 2016).

Hukum Bragg “ apabila seberkas sinar-X mengenai suatu bahan akan didifraksikan oleh atom pada kristal tersebut. Difraksi sinar-X dapat dilihat pada Gambar 2.6. Sudut difraksi bergantung pada panjang gelombang λ berkas sinar-X dan jarak antar bidang (d) (Ulfah, 2016).



Gambar 2. 6 Difraksi sinar X (Sandewi, 2017)

Difraksi sinar-X kisi kristal adalah persamaan hukum Bragg:

$$n \cdot \lambda = 2 \cdot d \cdot \sin \theta, \quad n = 1, 2, ..$$

Dengan :

n = Orde difraksi

λ = Panjang gelombang sinar X

d = Jarak antar bidang kisi

θ = Sudut difraksi

Berdasarkan persamaan Bragg, ketika seberkas sinar-X dijatuhkan pada sampel kristal maka bidang kristal tersebut akan membiaskan sinar-X dengan panjang gelombang sama dengan jarak antar kisi pada kristal tersebut. Sinar yang dibiaskan ditangkap oleh detektor dan diterjemahkan sebagai puncak difraksi (Sandewi, 2017).

Persamaan parameter kisi struktur kristal heksagonal (Suryanarayana, 1998):

$$\frac{1}{d^2} = \frac{4}{3} \left(\frac{h^2 + hk + k^2}{a^2} \right) + \frac{l^2}{c^2}$$

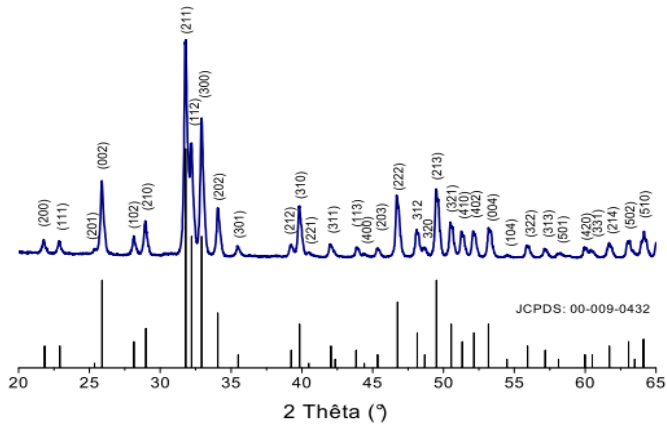
Keterangan :

d = Jarak antar bidang kisi

$h k l$ = Index Miller

a dan c = Parameter kisi

Hidroksiapatit merupakan material yang memiliki sistem kristal heksagonal. Berdasarkan data JCPDS 9-0432 menurut Park dan Kim (2008) hidroksiapatit memiliki nilai 2θ diantaranya yaitu: 25,9°; 29,0°; 31,8°; 32,2°; 32,9°; 34,0°; 46,7°; 49,5°; 50,5°; dan 53,1° (Ningsih, 2014). Fasa hidroksiapatit menurut Walendra (2012) puncak-puncak HA intensitas tertinggi berada pada sudut 2θ : 25,88°; 31,78° dan 32,94°. (Gambar 2.7).



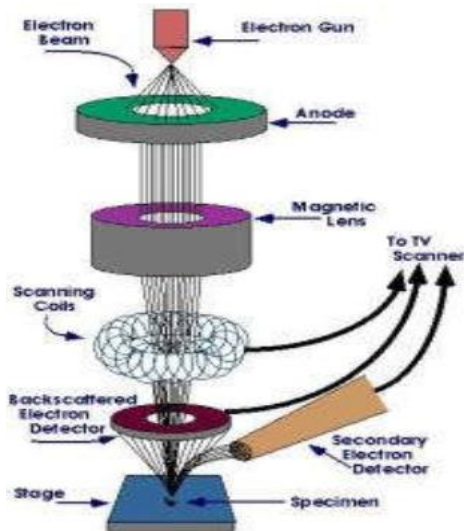
Gambar 2. 7 Pola XRD Hidroksiapatit (Fajrin, 2014)

8. SEM (*Scanning Electron Microscopy*)

SEM adalah salah satu jenis mikroskop elektron yang menghasilkan gambar permukaan sampel dengan resolusi tinggi (Sandewi, 2017). SEM menghasilkan citra permukaan tajam dengan syarat permukaan benda harus bersifat sebagai pemantul elektron atau elektron sekunder dapat dilepaskan ketika berkas elektron ditembak (mikrajuddin, 2010).

Gambar permukaan yang didapatkan berupa gambar topografi dengan tonjolan dan lekukan permukaan. Intensitas gambar SEM bergantung pada nomor atom unsur yang terdapat dipermukaan spesimen. Hal tersebut akan memperoleh gambar

dengan perbedaan unsur kimia. Warna lebih terang menandakan unsur kimia yang nomornya lebih tinggi (Kartikasari, 2014). Skema instrumen SEM dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2. 8 Skema Mesin SEM (Sandewi, 2017)

Prinsip kerja SEM yaitu elektron mengenai kesemua permukaan sampel titik demi titik sampai tidak ada yang terlewatkan dan membentuk garis demi garis. Tiap sapuan elektron ke permukaan menghasilkan elektron sekunder yang ditangkap oleh detektor diolah dan ditampilkan oleh layar CRT (Agus Setiabudi dkk, 2012).

Elektron yang berenergi tinggi menumbuk spesimen maka akan dihamburkan oleh atom dari

spesimen. Hamburan elektron mengakibatkan arah rambatan elektron berubah di bawah permukaan spesimen. Interaksi antara berkas elektron hanya terjadi pada volum tertentu dibawah permukaan spesimen, interaksi tersebut dihasilkan disebut *Secondary Electron* (SE) dan *Backscattered Electron* (BE) yang nantinya dipergunakan sebagai sumber sinyal untuk membentuk gambar (Suryadi,2011). Gambar SEM mempunyai bar skala dengan panjang yang telah ditentukan sehingga menjadi patokan dalam menentukan ukuran partikel (Mikrojuddin, 2010).

9. **FTIR (*Fourier Transform Infra Red*)**

Spektroskopy FTIR merupakan salah satu metode yang umum digunakan dalam menganalisis material dengan teknik absorpsi yang berdasarkan pada vibrasi molekul-molekul menyerap radiasi *infrared* (Astuti, 2016). Spektrofometri inframerah (IR) instrumen yang digunakan untuk menganalisis gugus fungsi suatu material. Spektra IR dapat dihasilkan dengan mengukur absorpsi radiasi, refleksi atau emisi di daerah IR (Nurdina, 2016).

FTIR menggunakan interferometer michelson sebagai pengganti monokromator yang terletak didepan

monokromator. Interferometer ini memberikan sinyal kepada detektor sesuai dengan frekuensi vibrasi molekul yang berupa interferogram (Ulfah, 2016). FTIR menggunakan sistem optik dengan laser sebagai sumber radiasi yang diinterferensikan oleh radiasi inframerah agar sinyal radiasi yang diterima oleh detektor memiliki kualitas yang baik dan bersifat utuh (Mutmainnah, 2016).

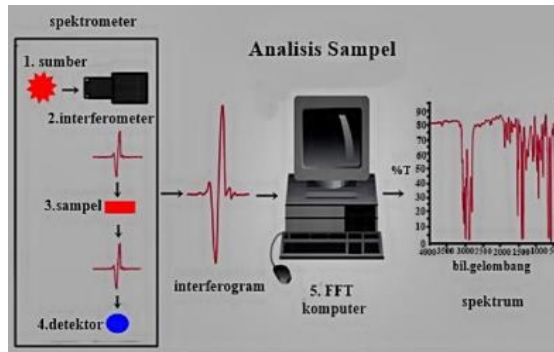
Prinsip kerja FTIR berupa *infrared* yang dilewatkan ke calah sampel untuk mengontrol jumlah energi sampai dalam sampel. Sebagian *infrared* diserap oleh sampel dan lainnya ditransmisikan melalui permukaan sampel sehingga sinar *infrared* lolos ke detektor dan sinyal yang terukur kemudian dikirim kekomputer (Nurdina, 2016). Analisis FTIR dengan melihat spektrum dengan puncak-puncak spesifik yang menandakan jenis gugus fungsional yang dimiliki oleh senyawa tersebut (Ulfah, 2016).

Bilangan gelombang pengukuran biasanya berada pada IR sedang ($400\text{-}4500\text{ cm}^{-1}$). Bilangan gelombang dari gugus fungsi hidroksiapatit dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2. 4 Bilangan Gelombang Gugus Hidroksiapatit (Mutmainnah, 2016).

Gugus	Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)
OH	3800 – 2700
PO ₄	1100 – 500
CO ₃	1700 – 1400

Gugus fungsi OH pada bilangan gelombang 3800-2700 cm⁻¹. Keberadaan OH ditandai dengan pita yang lebar. Gugus fungsi CO₃ terdapat pada bilangan gelombang 1545 cm⁻¹, 1450 cm⁻¹ dan 890 cm⁻¹ (Fa'ida, 2014). Spektrum PO₄ berada bilangan gelombang 1100-500 cm⁻¹. Gugus PO₄ mempunyai model vibrasi 4 jenis diantaranya yaitu vibrasi *stretching* (V₁) pada panjang gelombang kisaran 960 cm⁻¹, vibrasi *bending* (V₂) pada bilangan gelombang 363 cm⁻¹, vibrasi *asimetri stretching* (V₃) berada dibilangan gelombang 1030-1090 cm⁻¹, dan vibrasi *asimetri bending* (V₄) di bilangan gelombang 562-603 cm⁻¹ (Nurrohmah, 2013). Apatit karbonat tipe A pada bilangan gelombang 1545 cm⁻¹, 1450 cm⁻¹, 890 cm⁻¹ dan kristal apatit dengan tipe B memiliki bilangan gelombang sekitar 1456 cm⁻¹, 1412 cm⁻¹, dan 873 cm⁻¹ (Walendra, 2012). Skema instrumen FTIR dapat di lihat pada Gambar 2.9



Gambar 2. 9 Skema Instrumen FTIR (Hardiyanti, 2016)

B. Kajian Pustaka

Penelitian yang dilakukan oleh Khoirudin (2015) tentang sintesis dan karakterisasi hidroksiapatit dari kulit kerang darah (*Anandara granosa*) dengan proses hidrotermal. Hasil penelitian yang dilakukan terdapat gugus fungsi PO_4^{3-} dan OH^- dari ukuran partikel 200 mesh dengan lama reaksi 24 jam. Puncak pola difraksi hidroksiapatit pada sudut 2θ adalah 10.8322° , 21.7774° , 28.1308° , 34.1252° dengan standar JCPDS. Bentuk kristalnya heksagonal serta ukuran morfologi kisaran $10 \mu\text{m} - 100 \mu\text{m}$ dengan rasio Ca/P 1.99. Persamaan penelitian ini dengan penelitian yang akan dilakukan yaitu sama-sama memanfaatkan cangkang kerang darah sebagai sumber kalsium dalam sintesis hidroksiapatit, sedangkan perbedaan terdapat pada variasi dan bahan lain sumber kalsium dalam penelitian ini. Penelitian

tersebut memvariasi ukuran partikel (60,100, 200 mesh) dan lama waktu reaksi (16, 20, 24 jam), sedangkan penelitian ini memvariasi komposisi dan cangkang telur sebagai sumber kalsium.

Pembuatan hidroksiapatit berbasis cangkang telur dilakukan Putri, (2012) hasil penelitian menjelaskan diperoleh kadar kalsium paling banyak berasal dari cangkang telur ayam yaitu 70,84%, sedangkan kalsium cangkang telur puyuh 55,46%, dan cangkang telur bebek 53,60%. Hidroksiapatit yang disintesis mempunyai nilai parameter kisi yang mendekati data JCPDS, ukuran kristal terbesar pada kalsium cangkang telur pada bidang [0 0 2] sebesar 0,63 nm, dan bidang [3 0 0] sebesar 51,78 nm. Kandungan gugus yang ada dalam hidroksiapatit berupa OH⁻, PO₄⁻³, dan CO₃⁻². Munculnya gugus CO₃⁻² karena adanya apatit karbonat tipe-B pada sampel. Persamaan penelitian ini dengan penelitian yang akan dilakukan yaitu sama-sama menggunakan cangkang telur ayam dalam sintesis hidroksiapatit, sedangkan perbedaan pada metode yang digunakan. Penelitian tersebut menggunakan metode presipitasi *single drop* dan *wise drop*, sedangkan penelitian ini akan menggunakan metode hidrotermal.

Penelitian kulit kerang darah sebagai hidroksiapatit dengan metode hidrotermal suhu rendah telah dilakukan Muhara *et al* (2015) dengan hasil penelitian bahwa semakin tinggi suhu kalsinasi maka semakin puncak-puncak tertinggi hidroksiapatit akan terbentuk serta terdapat senyawa fosfat lainnya dan ukuran kristal akan semakin besar dari suhu (700 – 1000)°C adalah 52.87, 52.17, 51.32, 50.09 nm. Pada suhu 1000°C menunjukkan fasa hidroksiapatit dan senyawa fosfat yaitu trikalsium fosfat. Semakin tinggi suhu dan waktu kalsinasi maka kristal hidroksiapatit yang terbentuk akan semakin baik dan ukuran partikel semakin seragam. Persamaan penelitian ini yaitu sama-sama menggunakan cangkang kerang darah dalam sintesis hidroksiapatit, sedangkan perbedaannya pada variasi dalam penelitian. Penelitian tersebut memvariasi suhu kalsinasi (700 – 1000)°C, sedangkan penelitian ini peneliti akan menggunakan suhu kalsinasi 900°C.

Penelitian tentang karakterisasi nanohidroksiapatit dari cangkang telur menggunakan uji XRD dan SEM dilakukan Sandewi (2017) dengan menggunakan cangkang telur ayam dan cangkang telur bebek. Hasil dari penelitian ini yaitu diperoleh fasa hidroksiapatit dari cangkang telur ayam pada sudut 32,16°, 33,14°, dan

49,7076° dengan ukuran kristal yaitu 10,48 nm hingga 14,63 nm. Sedangkan fasa hidroksiapatit cangkang telur bebek terdapat pada sudut 32,1880°, 34,2403°, dan 49,6623° dengan ukuran kristal yaitu 11,408 nm - 16,7624 nm. Hidroksiapatit cangkang telur ayam memiliki presentase 77,5% sedangkan cangkang telur bebek memiliki presentase sebesar 87,5%. Hasil karakterisasi SEM pada cangkang telur ayam ukuran partikel 500 nm - 5 µm, sedangkan cangkang telur bebek 300 nm hingga 1 µm. Persamaan penelitian ini yaitu sama-sama menggunakan cangkang telur ayam dalam sintesis hidroksiapatit, sedangkan perbedaan dengan penelitian tersebut pada metode sintesis. Penelitian tersebut menggunakan metode presipitasi dan metode ultrasonikasi, sedangkan penelitian yang akan dilakukan menggunakan metode hidrotermal dalam sintesis hidroksiapatit.

Observasi morfologi dan komposisi hidroksiapatit telah dilakukan Cahyati (2014) yang berasal dari cangkang telur ayam kampung dan ayam ras. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh serbuk dari hasil kalsinasi menunjukkan adanya serbuk CaO, namun masih terdapat unsur C, Mg, dan P. Struktur morfologi berbentuk matrik seragam serta kandungan kalsium sampel cangkang ayam kampung dan ayam ras sebesar 64,73% dan 71,12%.

Gugus fungsi yang terdapat didalam hidroksiapatit ditunjukkan dengan adanya gugus OH^- , PO_4^{3-} . Struktur partikel kecil dan seragam dengan ukuran yang berbeda dengan panjang partikel 0,34-0,38 dan lebar partikel 0,13-0,17. Komposisi rasio Ca/P dari sampel hidroksiapatit didapatkan 1,5-1,62, hasil tersebut sudah mendekati rasio Ca/P hidroksiapatit. Persamaan penelitian ini terdapat pada sumber fosfat dari $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$, sedangkan perbedaan dengan penelitian tersebut pada sumber kalsium. Penelitian tersebut sumber kalsium dari cangkang telur ayam ras dan cangkang telur kampung.

Penelitian tentang pemanfaatan limbah cangkang kerang hijau untuk sintesis dan pencirian hidroksiapatit dengan metode kering dilakukan oleh Siswanto (2013). CaO dan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dipreparasi dengan suhu 900°C dan 1100°C selama 2 jam. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan Cangkang kerang hijau dilaksinasi dengan suhu 1100°C selama 18 jam diperoleh CaO dengan derajat kristalinitas sebesar 97,83%, CaO yang berkontak dengan udara 1 malam diperoleh $\text{Ca}(\text{OH})_2$ sebesar 85,45%. Terbentuk fase kalsium fosfat dan fase hidroksiapatit dengan ditunjukkan keberadaan gugus fungsi PO_4^{3-} dan OH^- serta analisis SEM ukuran butir seragam. Hal tersebut dapat diaplikasikan sebagai penambalan gigi berlubang.

Persamaan penelitian ini yaitu sama-sama mengkarakterisasi hidroksiapatit dengan XRD, SEM dan FTIR, sedangkan perbedaan dengan penelitian tersebut pada sumber kalsium. Penelitian tersebut sumber kalsium berasal dari cangkang kerang hijau, sedangkan penelitian yang akan dilakukan ini cangkang kerang darah dan cangkang telur sebagai sumber kalsium dalam sintesis.

C. Kerangka Berpikir

Penelitian ini, bahan penyusun utama spesimen yaitu bahan alam yang mengandung kalsium. Penggunaan kalsium dari alam sebagai bahan biokeramik karena memiliki fungsi untuk memperbaiki dan merekonstruksi bagian tubuh yang terkena penyakit atau cacat. Kalsium dari alam dapat diperoleh dari cangkang kerang, tulang sapi, tulang ikan, cangkang telur dan sebagainya. Gigi manusia memiliki kandungan hidroksiapatit yang bersifat biokompatibel dan bioaktif. Kalsium dari alam memiliki kelebihan yaitu aman terhadap lingkungan, mudah didapatkan, harganya relatif murah dan mudah didaur ulang.

Hidroksiapatit yang dibuat merupakan biokimia bioaktif, pemilihan tipe ini dengan tujuan untuk terbentuk ikatan antara jaringan dan bahan tersebut serta dasar

material yang menyerupai inorganik, dan dapat larut sehingga memberikan ikatan secara langsung. Hidroksiapatit penelitian ini berasal dari cangkang kerang darah dan cangkang telur ayam, yang memiliki kandungan CaCO_3 (*Calcium karbonat*).

Penelitian ini bervariasi komposisi dari cangkang kerang darah (CK) dan cangkang telur ayam (CT) terdiri dari variasi komposisi sampel A (CK 100%), sampel B (100% CT), sampel C (25% CK : 75% CT), sampel D (50% CK : 50% CT), dan sampel E (75% CK : 25% CT).

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Jenis Dan Desain Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen.

Rancangan eksperimen dari penelitian ini terdiri dari :

- a. Proses sintesis hidroksiapatit
- b. Karakterisasi SEM, XRD dan FTIR hidroksiapatit
- c. Analisis hasil karakterisasi SEM, XRD dan FTIR hidroksiapatit

B. Tempat Dan Waktu Penelitian

Pembuatan Hidroksiapatit dilaksanakan di Laboratorium Fisika Material dan Laboratorium Kimia UIN Walisongo Semarang pada tanggal 15 Oktober 2019 sampai 15 November 2019. Pengujian XRD, FTIR dan SEM dilakukan di Laboratorium Fisika FMIPA UNNES pada tanggal 28 Januari 2020.

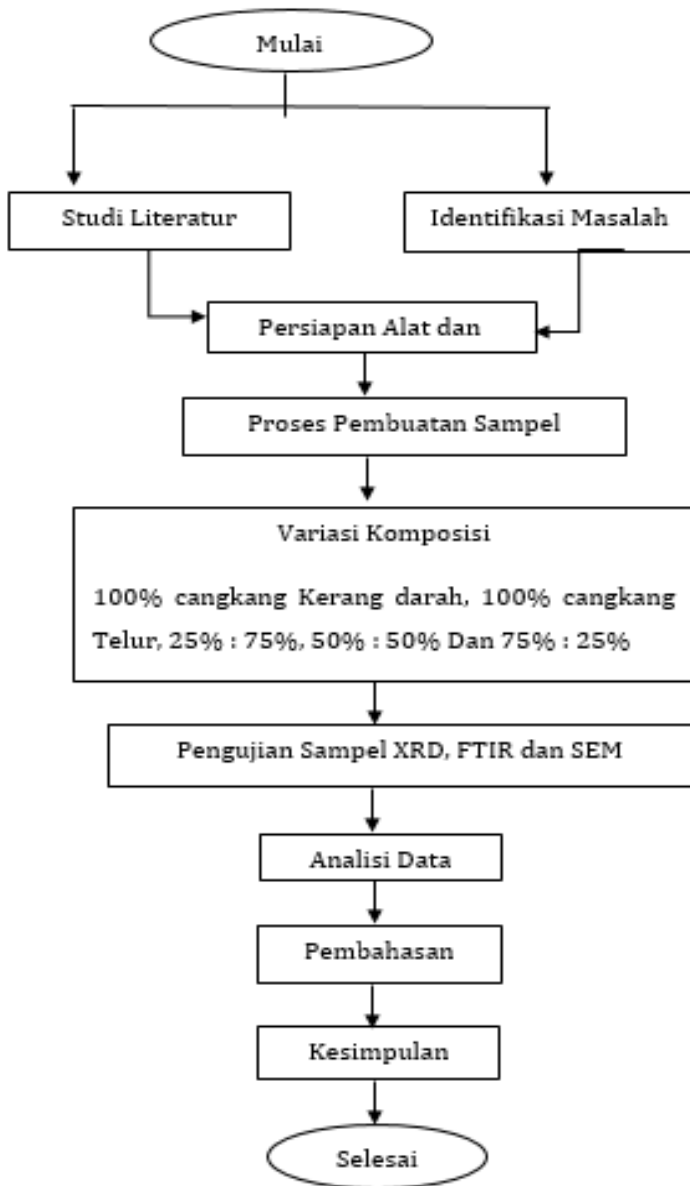
C. Variabel Penelitian

Komposisi serbuk cangkang kerang darah dan cangkang telur seperti pada Tabel 3.1

Tabel 3. 1 Variasi Komposisi Pembuatan Hidroksiapati

Sampel	Cangkang Kerang (CK)	Cangkang Telur (CT)
A	100%	-
B	-	100%
C	25%	75%
D	50%	50%
E	75%	25%

Secara umum diagram pelaksanaan penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1



Gambar 3. 1 Diagram Alir penelitian

D. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut :

a. Naraca Analitis.

Alat ini digunakan untuk mengukur massa bahan yang di gunakan. Naraca yang digunakan *Krisbow KW 0600378*

b. Gelas ukur.

Alat ini digunakan untuk mengukur volume aquadest

c. Spatula logam.

Spatula digunakan untuk mengambil bahan berbentuk padatan.

d. Pengaduk

Pengaduk digunakan untuk mengaduk campuran larutan sehingga menjadi larutan yang homogen.

e. Pipet.

Pipet digunakan untuk cairan dalam skala kecil.

f. Mortar dan Alu.

Mortar dan Alu digunakan untuk menghaluskan cangkang kerang darah dan cangkang telur menjadi bentuk serbuk.

g. Ayakan 60 *mesh*

Ayakan 60 mesh digunakan untuk menyaring serbuk menyaring serbuk cangkang kerang darah dan cangkang telur.

h. *Beaker glass*

Gelas beker ini digunakan sebagai wadah untuk mencampur dan mengaduk. Gelas beaker yang digunakan berukuran 50 ml, 250 ml dan 600 ml dengan merek Iwaki

i. Cawan porselen

Cawan porselen digunakan untuk tempat serbuk pada saat proses kalsinasi.

j. Oven

Oven digunakan untuk mengeringkan larutan hasil sintesis HA sehingga dapat mengeras.

k. *Furnace*.

Alat *furnace* ini digunakan untuk mengkalsinasi sampel. *Furnace* yang digunakan penelitian ini adalah *furnace Thermolyne*

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian hidroksiapatit sebagai berikut:

- a. Cangkang Kerang Darah
- b. Cangkang Telur ayam
- c. Ammonium dihidrogen fosfat $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$,
- d. Aquades

E. Prosedur Penelitian

1. Preparasi sampel cangkang kerang darah

Langkah-langkah yang dilakukan dalam preparasi bahan dalam penelitian ini sebagai berikut:

- a. Cangkang kerang di rendam dengan air selama 3 jam, untuk melunturkan kotoran yang menempel.
- b. Cangkang yang telah direndam di bersihkan kotoran makronya dengan cara menyikat kemudian dibilas dengan air bersih.
- c. Cangkang kerang dikeringkan di udara terbuka selama 24 jam.
- d. Cangkang kerang yang telah kering dihaluskan menggunakan alu dan mortar hingga menjadi serbuk.
- e. Serbuk cangkang kerang dikeringkan dengan oven selama 1 jam dengan suhu 150° .
- f. Serbuk cangkang kerang disaring dengan menggunakan ayakan berukuran 60 *mesh* (Muhara *et al*, 2015; Khoirudin *et al*, 2015)
- g. Serbuk cangkang kerang dikalsinasi dalam furnace dengan suhu 900°C selama 2 jam.

2. Preparasi sampel cangkang telur ayam

Langkah-langkah preparasi bahan dalam penelitian ini sebagai berikut :

- a. Cangkang telur direndam dengan air selama 2 jam.
- b. Cangkang telur yang telah direndam, dibersihkan kotoran makro yang menempel pada permukaan cangkang kemudian di bilas dengan air bersih.
- c. Cangkang telur direbus selama 30 menit (Hui, 2010; Wadu, 2017) untuk memudahkan pembersihan membran telur kemudian membran cangkang telur di eliminasi.
- d. Cangkang telur dikeringkan di udara terbuka selama 24 jam.
- e. Cangkang telur yang sudah kering dihaluskan hingga menjadi serbuk.
- f. Serbuk cangkang telur yang dikeringkan dalam oven dengan suhu 150° selama 1 jam
- g. Serbuk cangkang telur disaring menggunakan ayakan berukuran 60 *mesh*
- h. Serbuk cangkang telur dikalsinasi menggunakan alat *furnace* dengan suhu 900°C selama 2 jam

3. Sintesis Hidroksiapatit

Sintesis hidroksiapatit dilakukan dengan menggunakan metode hidrotermal yang merujuk pada penelitian Khoirudin *et al*, (2015) langkah-langkah sintesis hidroksiapatit sebagai berikut:

1. Serbuk cangkang kerang darah (CK) dan cangkang telur ayam (CT) sebagai sumber kalsium disiapkan dan ditimbang sesuai dengan variasi komposisi CK 100%, CT 100%, CK : CT (25%:75%), CK : CT (50%:50%), CK : CT (75%:25%), dengan massa total sebesar 5 gram.
2. $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ ditimbang massanya sebesar 3,04 gram kemudian dilarutkan dengan aquades sebanyak 15 ml.
3. Serbuk CaO ditambahkan dengan Larutan $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ kemudian diaduk hingga campuran keduanya homogen membentuk sebuah gel.
4. Hasil sintesis dikeringkan dalam oven dengan suhu 160° selama 5 jam, kemudian dihaluskan sampel hidroksiapatit membentuk serbuk.
5. Serbuk hidroksiapatit dikalsinasi menggunakan *furnace* selama 1 jam dengan suhu 900°C .

F. Karakterisasi Sampel Hidroksiapatit

Karakterisasi hidroksiapatit dari cangkang kerang darah (*Anandara granosa*) dan cangkang telur. Pengujian karakterisasi penelitian ini diantaranya sebagai berikut :

1. Uji Karakterisasi XRD (*X-ray Diffraction*)

Uji karakterisasi XRD dilakukan untuk mengetahui struktur dan ukuran kristal hidroksiapatit dari cangkang kerang darah dan cangkang telur ayam.

Analisis data hasil karakterisasi XRD dilakukan dengan menganalisis pola difraksi. Hasil karakterisasi XRD menghasilkan intensitas spektrum pada sudut 2θ tertentu. Spektrum yang dihasilkan di cocokkan dengan database Hidroksiapatit JCPDS (*Joint Committte on Powder Diffraction Standar*) sehingga dapat diidentifikasi sudut puncak-puncak difraksi dan dilakukan analisis pada puncak difraksi yang mendominasi.

Ukuran partikel dapat diperoleh dengan persamaan Scherer (Rahayu, 2018)

$$D = \frac{K \lambda}{B \cos \theta} \quad 3.1$$

Keterangan :

D = Ukuran kristal

k = Konstanta scherrer (0,9)

λ = Panjang gelombang sinar X (1,5406 Å)

B = Nilai FWHM

θ = Sudut difraksi

B merupakan FWHM (*Full width at half maximum*). Nilai B dapat didapatkan dari persamaan (Rahayu, 2018):

$$B = \frac{1}{2}(2\theta_2 - 2\theta_1) \quad 3.2$$

Parameter kisi struktur kristal heksagonal dari sampel hidroksiapatit dapat diperoleh dari persamaan berikut ini (Suryanarayana, 1998)

$$\frac{1}{d^2} = \frac{4}{3} \left(\frac{h^2 + hk + k^2}{a^2} \right) + \frac{l^2}{c^2} \quad 3.3$$

Keterangan :

d = Jarak antar bidang kisi

$h k l$ = Index Miller

a dan c = Parameter kisi

2. Uji Karakterisasi FTIR (*Fourier Transform Infra Red*)

Uji karakterisasi FTIR dilakukan untuk mengetahui gugus fungsi yang terkandung dalam hidroksiapatit. Uji dilakukan dengan menggunakan alat FTIR. Dan panjang gelombang yang digunakan $400-4000\text{ cm}^{-1}$

3. Uji Karakterisasi SEM (*Scanning Electron Microscope*)

Uji karakterisasi SEM dilakukan untuk mengetahui struktur morfologi dan ukuran pori-pori sampel hidroksiapatit dari cangkang kerang darah dan cangkang telur serta tingkat kekasaran permukaan sampel dengan software Gwyddion

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Proses Kalsinasi dan Sintesis Hidoksiapatit

Hasil kalsinasi serbuk cangkang kerang darah dan cangkang telur dapat dilihat pada gambar 4.1



(a)

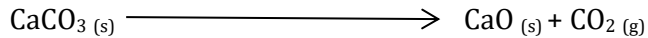
(b)

Gambar 4. 1 Hasil kalsinasi (a) cangkang kerang darah (b) cangkang telur

Gambar 4.1 hasil kalsinasi serbuk cangkang kerang darah dan cangkang telur. Warna serbuk cangkang telur kecoklatan setelah dikalsinasi berubah menjadi berwarna putih dan serbuk cangkang kerang darah sebelum dikalsinasi berwarna abu-abu setelah proses kalsinasi berubah menjadi berwarna putih. Perubahan warna putih pada serbuk cangkang kerang darah dan cangkang telur disebabkan suhu kalsinasi yang tinggi menyebabkan senyawa organik hilang. Menurut

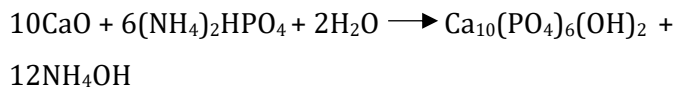
Riyanto (2013) hasil kalsinasi berwarna putih menunjukkan proses degradasi material organik sudah tidak terjadi kembali.

Proses kalsinasi seperti persamaan reaksi dibawah ini.

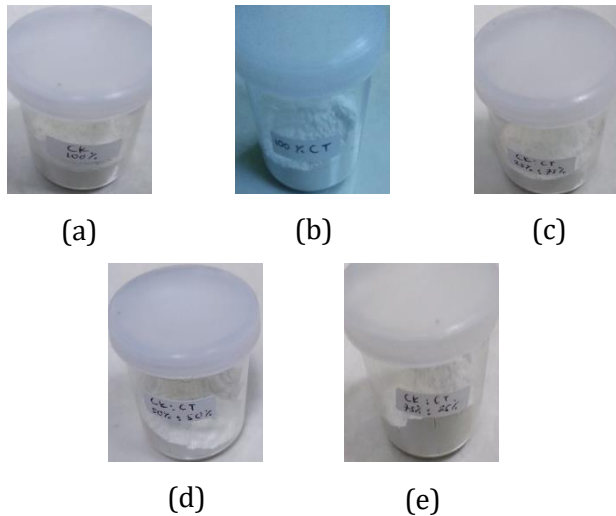


Proses kalsinasi serbuk cangkang kerang darah dan cangkang telur membuat komponen organik yang terkandung didalam cangkang tereliminasi pada saat proses kalsinasi berlangsung sehingga kalsium karbonat (CaCO_3) terdekomposisi menjadi kalsium oksida (CaO). Kalsium oksida (CaO) dari cangkang kerang darah dan cangkang telur digunakan sebagai sumber prekursor kalsium (Ca) dalam sintesis hidroksiapatit (Khoirudin, 2015).

Hidroksiapatit ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$) didapatkan dari sintesis menggunakan prekursor kalsium (Ca) dan prekursor fosfat dari *ammonium dihydrogen fosfat* $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$. Hidroksiapatit disintesis menggunakan metode hidrotermal. Adapun reaksi pembentukan hidroksiapatit seperti persamaan berikut :



Hasil sintesis hidroksiapatit dari cangkang kerang darah (CK) dan cangkang telur (CT) dihasilkan sampel hidroksiapatit yaitu : A (CK 100%), B (100% CT), C (25% CK : 75% CT), D (50% CK : 50% CT), dan E (75% CK : 25% CT) seperti yang terlihat pada Gambar 4.2.



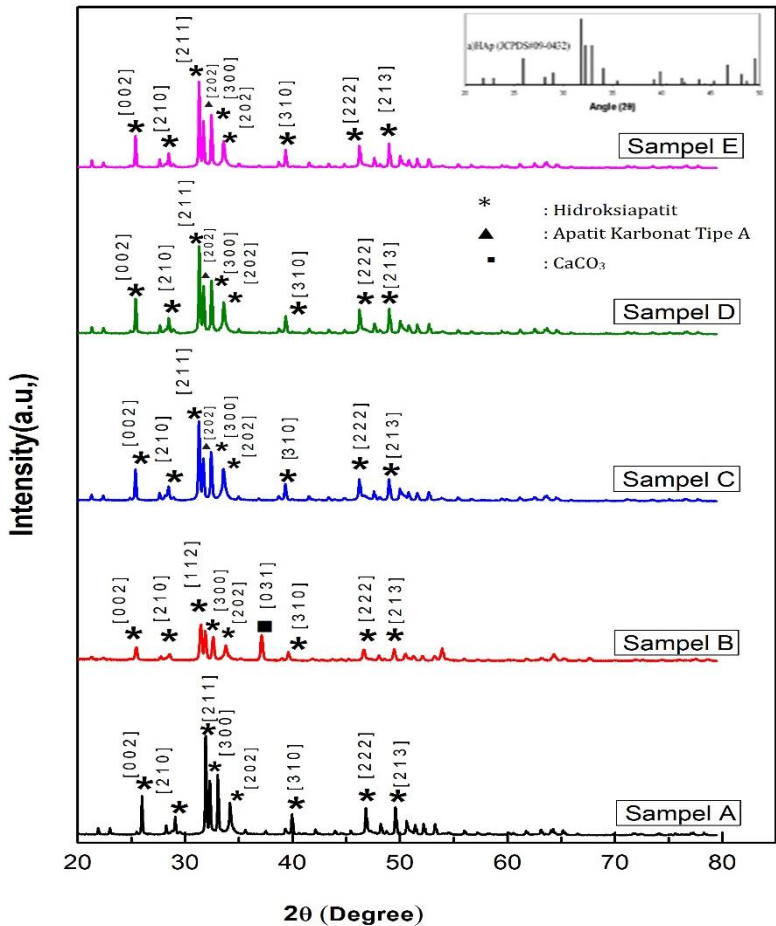
Gambar 4. 2 Hasil Sintesis Hidroksiapatit Variasi Komposisi (a) (CK 100%), (b) (CT 100%), (c) (25% CK:75% CT), (d) (50% CK:50% CT) dan (e) (75% CK:25% CT)

Warna putih pada sampel hidroksiapatit menandakan proses kalsinasi sampel hidroksiapatit pada suhu 900°C terjadi dengan sempurna (Muliati, 2016).

B. Karakterisasi Sampel

1. Uji XRD

Hasil uji XRD pada sampel hidroksiapatit dari cangkang kerang darah dan cangkang telur dengan variasi komposisi dapat dilihat pada Gambar 4.3



Gambar 4. 3 Pola Difraksi Sampel Hidroksiapatit

Pola difraksi pada Gambar 4.3 menunjukkan pola difraksi sampel hidroksiapatit yang muncul mirip pola difraksi JCPDS hidroksiapatit. Pola difraksi sampel hidroksiapatit terjadi pada sudut $20^\circ - 50^\circ$, dibandingkan dengan pola difraksi JCPDS (*Joint Committee on Powder Diffraction Standar*) untuk mengetahui struktur dan orientasi kristal, *d-spacing* dan ukuran kristal dari sampel hidroksiapatit. Berdasarkan Gambar 4.3 sudut difraksi sampel hidroksiapatit secara rinci dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Sudut Difraksi Sampel Hidroksiapatit dan JCPDS 09-432 Hidroksiapatit

Sampel	2θ	h k l	Fasa
JCPDS (09-432)	25,879	0 0 2	HA
	31,773	2 1 1	HA
	32,196	1 1 2	HA
	32,902	3 0 0	HA
	34,048	2 0 2	HA
A (100%)	25,996	0 0 2	HA
	31,932	2 1 1	HA
	34,209	2 0 2	HA
B (100%)	25,797	0 0 2	HA
	32,032	1 1 2	HA
	34,279	2 0 2	HA
	37,359	0 3 1	CaCO ₃
C (25%:75%)	25,897	0 0 2	HA
	31,813	2 1 1	HA
	32,221	2 0 2	AKA
	34,109	2 0 2	HA
D (50%:50%)	25,921	0 0 2	HA
	31,844	2 1 1	HA
	32,251	2 0 2	AKA
	34,129	2 0 2	HA
E (75%:25%)	25,906	0 0 2	HA
	31,836	2 1 1	HA
	32,236	2 0 2	AKA
	34,144	2 0 2	HA

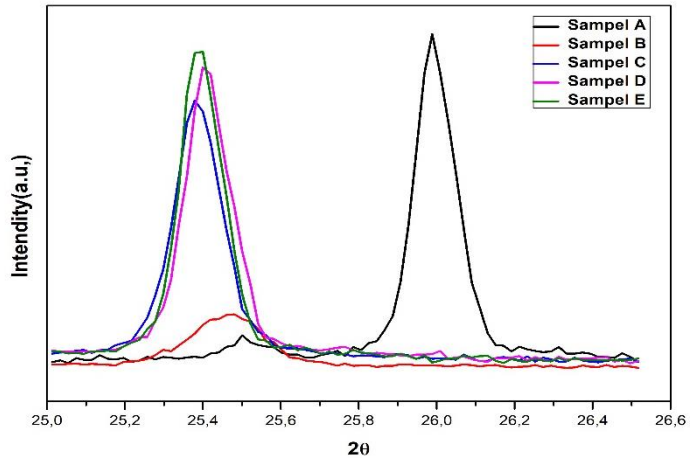
HA : Hidroksiapatit

CaCO₃ : Kalsium karbonat

AKA : Apatit Karbonat tipe A

Puncak difraksi sampel hidroksiapatit (A, B, C, D dan E) mengandung senyawa hidroksiapatit yang ditandai dengan tiga puncak utama yang mirip dengan data JCPDS 09-432 yang terlihat pada Tabel 4.1. Sampel hidroksiapatit (A, C, D dan E) hidroksiapatit terdapat pada bidang $[2\ 1\ 1]$ dan sampel B (cangkang telur 100%) hidroksiapatit terdapat pada bidang $[1\ 1\ 2]$ dengan sudut $32,032^\circ$. Yahya *et al*, (2016) hidroksiapatit dari cangkang telur ayam terdapat pada sudut $32,150^\circ$ pada bidang $[1\ 1\ 2]$. Hasil pola difraksi seluruh sampel hidroksiapatit (A, B, C, D dan E) terjadi pergeseran puncak difraksi (*Break Angel*) dari sudut $25^\circ - 35^\circ$. Pergeseran pola difraksi ditunjukkan pada puncak $[0\ 0\ 2]$. Sudut difraksi sampel hidroksiapatit (A, B, C, D dan E) terjadi pergeseran seperti yang terlihat pada Tabel 4.1. Pergeseran sudut 2θ disebabkan kisi kristal dari sampel hidroksiapatit mengalami regangan karena efek dari proses kalsinasi yang membentuk pori sehingga jarak antar kisi semakin besar (Celluty, 1956; Fadila *et al.*, 2019). Sampel A (100% CK) mengalami pergeseran paling besar. Hal ini menunjukkan bahwa pergeseran 2θ mengakibatkan regangan kisi semakin besar. Semakin besar regangan kisi menunjukkan ukuran kristal yang semakin besar.

Adanya tambahan baku lain mempengaruhi pergeseran sudut difraksi. Pergeseran sudut 2θ sampel hidroksiapatit seperti yang terlihat pada Gambar 4.4



Gambar 4. 4 Sudut 2θ sampel hidroksiapatit pada bidang $[0\ 0\ 2]$

Gambar 4.3 menunjukkan terdapat pola difraksi yang muncul selain hidroksiapatit yaitu senyawa kalsium karbonat (CaCO_3) dan apatit karbonat tipe A. Senyawa kalsium karbonat (CaCO_3) yang terdapat pada sampel B (cangkang telur 100%) pada sudut $37,359^\circ$ dan bidang kristal $[0\ 3\ 1]$, disebabkan proses kalsinasi yang tidak merata sehingga ada kalsium (CaO) yang tidak bereaksi pada proses pembentukan hidroksiapatit dan bereaksi CO_2

dari udara (Marist, 2011). Selanjutnya CO_2 bereaksi dengan CaO akan membentuk CaCO_3 . Senyawa CaCO_3 merupakan bahan organik yang terdapat pada cangkang telur. Sesuai hasil penelitian Khoirudin (2015) pada sintesis hidroksiapatit ditemukan CaCO_3 yang dapat menghambat pembentukan kristal hidroksiapatit. Keberadaan senyawa CaCO_3 mempengaruhi sudut difraksi hidroksiapatit dari sampel B sehingga bergeser. Pergeseran pada bidang $[2\ 1\ 1]$ ke sudut 2θ lebih besar disebabkan terdapat CaCO_3 di dalam sampel hidroksiapatit sehingga menyebabkan kisi kristal hidroksiapatit melebar (Fadila et al., 2019). Sampel hidroksiapatit (A, C, D dan E) senyawa CaCO_3 tidak terbentuk disebabkan senyawa CaCO_3 sudah terdekomposisi pada proses kalsinasi menjadi CaO yang sebagai kalsium pada pembentukan hidroksiapatit (Herdianto, 2011).

Senyawa apatit karbonat tipe A ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$) muncul pada sampel C ($32,221^\circ$), sampel D ($32,251^\circ$) dan sampel E ($32,236^\circ$) pada bidang $[2\ 0\ 2]$. Senyawa apatit karbonat tipe A muncul pada sampel hidroksiapatit (C, D dan E) disebabkan terdapat ion karbonat (CO_3^{2-}) yang menggantikan posisi ion hidroksil (OH^-) pada struktur hidroksiapatit dengan suhu kalsinasi 900°C .

Hal ini dikarenakan ion karbonat (CO_3^{2-}) menggantikan ion hidroksil (OH^-) dan tersubstitusi ke dalam hidroksiapatit (Dahlan, 2013; Herawaty, 2014). Menurut Balgies (2011) dari hasil penelitian hidroksiapatit dari kerang *ranga* terbentuk apatit karbonat tipe A di suhu 900°C dikarenakan gugus OH- pada struktur hidroksiapatit ditempati gugus karbonat. Penelitian Nurrohmah (2013) hidroksiapatit dari tulang ikan tuna senyawa apatit karbonat tipe A terbentuk pada suhu sintering 700°C , 800°C dan 900°C .

Struktur kristal dari sampel hidroksiapatit melalui perhitungan nilai parameter kisi kristal. Hasil perhitungan parameter kisi kristal sampel hidroksiapatit (Lampiran 10) dapat dilihat pada Tabel 4.2

Tabel 4. 2 Parameter Kisi Kristal Sampel Hidroksiapatit

Nama Sampel	Parameter	Kisi
	a = b (Å)	c (Å)
A	9,368	6,687
B	9,524	6,546
C	9,395	6,706
D	9,367	6,718
E	9,366	6,718
Rata-rata	9,404	6,675

Berdasarkan hasil perhitungan parameter kisi sampel hidroksiapatit pada Tabel 4.2, sampel hidroksiapatit berstruktur kristal heksagonal dengan nilai kisi $a = 9,404 \text{ \AA}$ dan $c = 6,675 \text{ \AA}$. Hasil perhitungan tersebut mendekati nilai parameter kisi hidroksiapatit $a = b = 9,4225 \text{ \AA}$ dan $c = 6,881 \text{ \AA}$. Sampel hidroksiapatit yang dihasilkan berstruktur heksagonal dikarenakan OH^- tersusun secara tidak teratur dan berada dalam keadaan stoikiometrik (Ningsih, 2014).

Pola difraksi sampel hidroksiapatit dapat menunjukkan ukuran kristal sampel. Ukuran kristal dari sampel hidroksiapatit dihitung dengan persamaan persamaan Scherrer (Rahayu, 2018). Ukuran kristal dan jarak antar bidang kristal (*d-spacing*) dari sampel hidroksiapatit (A, B,C, D, dan E) seperti yang terlihat pada Tabel 4.3. (Lampiran 8 dan Lampiran 9)

Ukuran kristal sampel A (cangkang kerang darah 100%) memiliki ukuran kristal terbesar sedangkan ukuran kristal terkecil hidroksiapatit dari sampel B (cangkang telur 100%) yang disebabkan cangkang kerang darah memang memiliki ukuran kristal besar serta dipengaruhi oleh nilai FWHM. Semakin besar nilai FWHM maka ukuran kristal

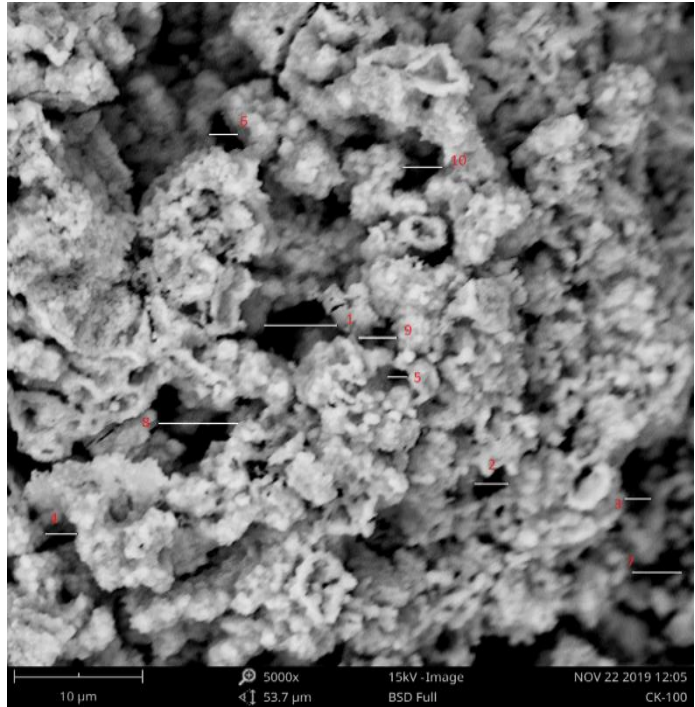
semakin kecil begitupun sebaliknya semakin kecil nilai FWHM maka semakin besar ukuran kristal (Permada, 2013). Ukuran kristal sampel hidroksiapatit (A, B, C, D dan E) mulai dari 10,10 nm – 57,30 nm mendekati hasil penelitian Suryadi (2011) yang ukuran kristal hidroksiapatit yaitu 15 nm – 50 nm. Menurut Affandi (2015) ukuran kristal hidroksiapatit dari kerang darah sebesar 40 nm dan ukuran kristal hidroksiapatit dari cangkang telur ayam menurut Sandewi (2017) yaitu dari 10 nm -14 nm.

Tabel 4. 3 Ukuran Kristal dan *d-spacing* Sampel Hidroksiapatit

Sampel	2 θ (°)	FWHM	<i>d-spacing</i>	D (nm)	D rata-rata
A (100%)	25,996	0,120	1,786	67,94	57,29
	31,932	0,140	1,490	59,02	
	34,209	0,185	1,406	44,92	
B (100%)	25,797	0,945	1,798	8,62	10,19
	32,032	0,945	1,486	8,74	
	34,279	0,630	1,404	13,20	
C (25%:75%)	25,897	0,140	1,792	58,22	47,89
	31,813	0,159	1,495	51,95	
	34,109	0,248	1,409	33,50	
D (50%:50%)	25,921	0,137	1,790	59,50	51,63
	31,844	0,147	1,494	56,19	
	34,129	0,212	1,409	39,19	
E (75%:25%)	25,906	0,126	1,791	64,69	55,44
	31,836	0,140	1,494	59	
	34,144	0,195	1,408	42,61	

2. Uji SEM

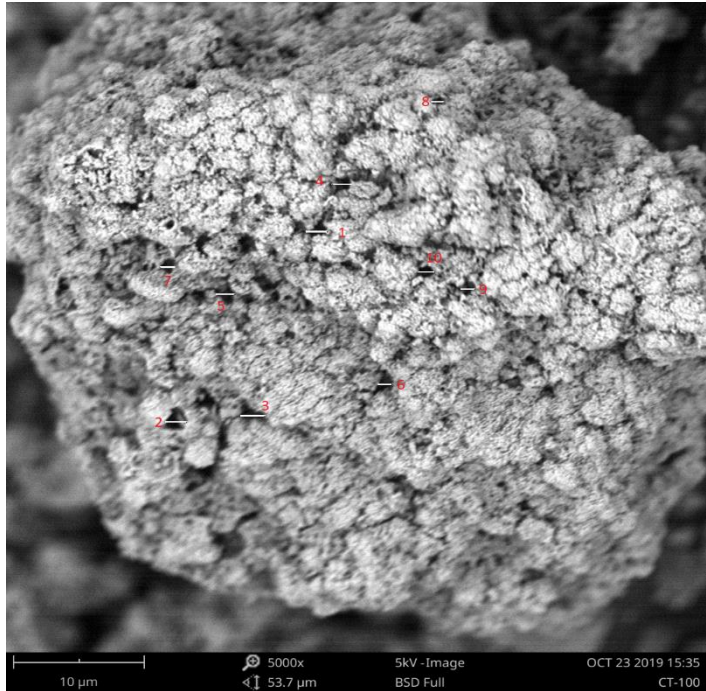
Hasil uji SEM sampel hidroksiapatit menggunakan perbesaran 5000 X dapat dilihat pada Gambar 4.5 – Gambar 4.9 dan ukuran pori dapat dilihat pada Tabel 4.4 – Tabel 4.8 (Lampiran 11)



Gambar 4. 5 Morfologi Sampel hidroksiapatit A
(Cangkang kerang darah 100%)

Tabel 4. 4 Ukuran Pori Hidroksiapatit Sampel A
(cangkang kerang darah 100%)

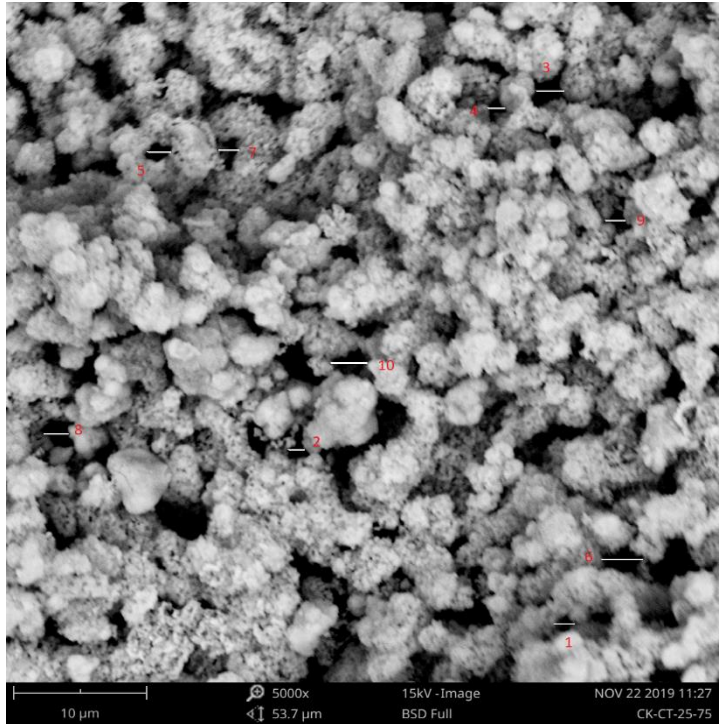
Titik	Pori (μm)	Titik	Pori (μm)
1	5,88	6	2,34
2	3,07	7	4,21
3	2,44	8	5,67
4	2,65	9	2,65
5	1,92	10	2,86



Gambar 4. 6 Morfologi Sampel hidroksiapatit B
(Cangkang Telur 100%)

Tabel 4. 5 Ukuran Pori Hidroksiapatit Sampel B
(cangkang Telur 100%)

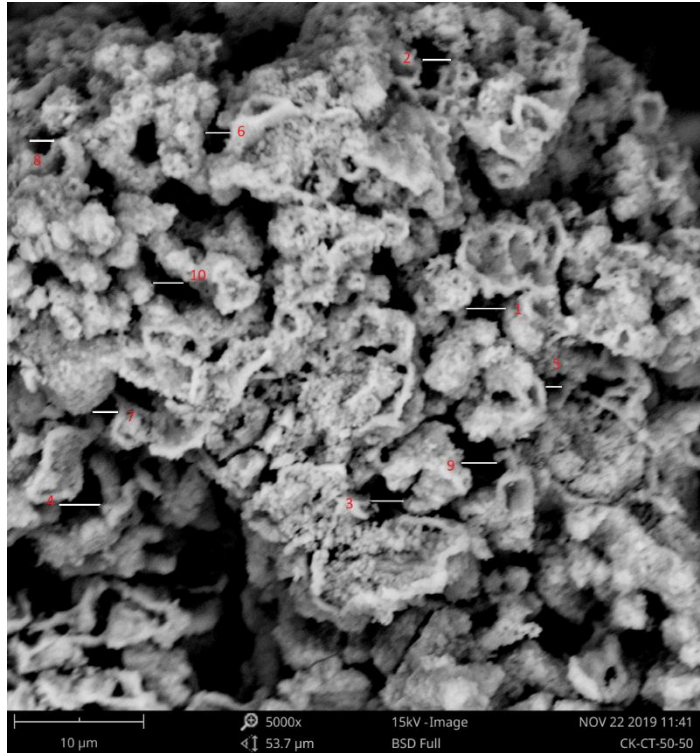
Titik	Pori (μm)	Titik	Pori (μm)
1	1,36	6	1,51
2	1,51	7	1,20
3	1,67	8	1,09
4	1,30	9	1,51
5	1,46	10	1,36



Gambar 4. 7 Morfologi Sampel hidroksiapatit C
(25% CK : 75% CT)

Tabel 4. 6 Ukuran Pori Hidroksiapatit Sampel C
(25%:75%)

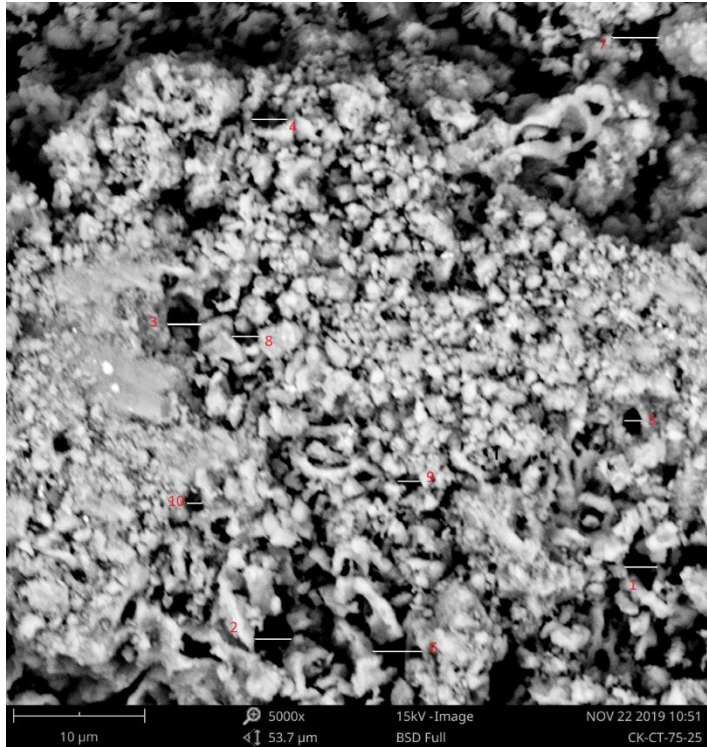
Titik	Pori (μm)	Titik	Pori (μm)
1	1,20	6	2,61
2	1,62	7	1,20
3	2,09	8	1,78
4	1,36	9	1,51
5	1,57	10	2,82



Gambar 4. 8 Morfologi Sampel hidroksiapatit D
(50% CK : 50% CT)

Tabel 4. 7 Ukuran Pori Hidroksiapatit Sampel D
(50%:50%)

Titik	Pori (μm)	Titik	Pori (μm)
1	3,03	6	2,14
2	2,19	7	1,93
3	2,67	8	1,78
4	3,08	9	2,77
5	1,51	10	2,35



Gambar 4. 9 Morfologi Sampel hidroksiapatit E
(75% CK : 25% CT)

Tabel 4. 8 Ukuran Pori Hidroksiapatit Sampel E
(75%:25%)

Titik	Pori (μm)	Titik	Pori (μm)
1	2,40	6	4,08
2	2,98	7	3,14
3	2,82	8	1,88
4	2,67	9	1,72
5	1,41	10	1,30

Tabel 4. 9 Ukuran Rata-rata Pori Sampel Hidroksiapatit

Nama Sampel	Rata-Rata Ukuran Pori (μm)
A	3,37
B	1,32
C	1,77
D	2,34
E	2,44

Hasil uji SEM sampel hidroksiapatit memiliki pori-pori yang terbentuk diantara dua gumpalan hidroksiapatit, seperti yang ditunjukkan Gambar 4.5 – Gambar 4.9 dan rata-rata ukuran pori-pori dari dua gumpalan hidroksiapatit dapat dilihat pada Tabel 4.9 (Lampiran 11).

Morfologi sampel hidroksiapatit B (cangkang telur 100%) memiliki ukuran pori terkecil sedangkan pori-pori terbesar dari sampel hidroksiapatit A (cangkang kerang darah 100%). Morfologi sampel hidroksiapatit ketika lebih banyak komposisi cangkang telur (25%:75%) memiliki ukuran pori kecil dan sampel hidroksiapatit yang lebih banyak komposisi cangkang kerang darah (75%:25%) ukuran pori besar. Pori-pori terbentuk disebabkan pengaruh proses pemanasan yang belum optimal,

dimana proses pemanasan membuat pori-pori partikel bahan hilang (Riyanto, 2013) serta terbentuk pori-pori disebabkan terdapat kekosongan ruangan efek dari proses kalsinasi sehingga membuat kisi kristal mengalami regangan (Fadila et al., 2019). Ukuran pori pada sampel hidroksiapatit (A, B, C, D dan E) juga dipengaruhi oleh ukuran kristal dari hidroksiapatit. Semakin kecil ukuran kristal maka ukuran pori semakin kecil dan semakin besar ukuran kristal maka semakin besar ukuran pori yang terbentuk (Tabel 4.3 dan Tabel 4.9).

Ukuran pori sampel hidroksiapatit (A, B, C, D dan E) masih dalam katagori pori makro. Menurut Walendra (2012) hidroksiapatit dari hasil sintesis memiliki pori mikro (pori yang terdapat dibutiran hidroksiapatit) sekitar (0-0,5) μm dan makro (pori yang terdapat antara 2 butiran hidroksiapatit) berukuran lebih dari 1,74 μm . Hidroksiapatit berpori dapat diaplikasikan pada bidang biomaterial sebagai tempat sirkulasi cairan tubuh dari seluruh lapisan (Cahyati, 2014). Hidroksiapatit berpori diaplikasikan sebagai gigi tiruan pori akan mempengaruhi kuat tekan dari gigi tiruan. Semakin banyak terdapat pori maka kuat tekan akan menurun (Ismawati et al., 2016).

Sampel hidroksiapatit memiliki bentuk morfologi yang beraneka ragam seperti pada Gambar 4.5 – Gambar 4.9 yang disebabkan pengaruh suhu 900°C yang digunakan pada proses kalsinasi (Ozawa & Suzuki, 2002) serta morfologi hidroksiapatit yang mengalami pemanasan membuat kristal tidak teratur dan ukuran kristal berbeda-beda (Pallela et al., 2011). Hal ini sesuai dengan hasil analisis pola difraksi sampel hidroksiapatit diperoleh ukuran kristal sampel hidroksiapatit (Tabel 4.3) yang berbeda-beda.

Morfologi dari sampel hidroksiapatit (Gambar 4.5 – Gambar 4.9) memiliki permukaan yang menggumpal atau aglomerat yang disebabkan proses kalsinasi membuat partikel-partikel menggabung (Riyanto, 2013). Menurut Suryadi (2011) mengatakan bahwa kristal hidroksiapatit cenderung berbentuk agglomerate sehingga sulit untuk melihat morfologi partikel hidroksiapatit tunggal. Hasil tersebut seperti hasil penelitian Audrya *et al* (2018), dimana hidroksiapatit dari cangkang telur ayam ras cenderung berbentuk aglomerat dan Anugrah (2019) dimana partikel hidroksiapatit dari cangkang telur itik teramati berupa aglomerat. Hasil penelitian Zhang et al, (2011) morfologi hidroksiapatit dari

cangkang telur berbentuk agglomerat yang menyerupai bunga.

Morfologi sampel hidroksiapatit (A, B, C, D dan E) dari hasil uji SEM dapat diketahui tingkat kekasaran permukaan sampel dengan menggunakan software Gwyddion seperti yang terlihat pada Gambar 4.10 (Lampiran 4). Berdasarkan Gambar 4.11 morfologi sampel hidroksiapatit terdapat warna putih yang menunjukkan tinggi permukaan dari sampel sedangkan warna hitam merupakan pori pada permukaan sampel hidroksiapatit. Berdasarkan Gambar 4.10 tinggi permukaan sampel B terlihat seragam, sedangkan sampel A tinggi permukaan hidroksiapatit tidak seragam, ada yang terlihat tinggi dan ada permukaan yang rendah. Semakin tinggi permukaan hidroksiapatit yang nampak menunjukkan bahwa permukaan tersebut kasar. Ukuran rata-rata Tingkat kekasaran permukaan sampel hidroksiapatit dapat dilihat pada Tabel 4.10 (Lampiran 12)

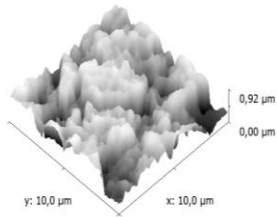
Kekasaran permukaan sampel hidroksiapatit yang terlihat pada Tabel 4.10 disebabkan efek dari kalsinasi pada serbuk hidroksiapatit, masih terdapat serbuk yang belum terkalsinasi dengan sempurna yang akhirnya serbuk mengalami regangan

mengakibatkan ukuran kristal berbeda-beda. Proses kalsinasi membuat partikel-partikel serbuk hidroksiapatit menjadi bergabung melalui peristiwa difusi. Proses kalsinasi membuat pori-pori bahan hilang serta terjadi penyusutan komponen yang menyebabkan pertumbuhan gumpalan (*grain*) serta ikatan antar partikel yang berdekatan meningkat sehingga partikel tersebut menjadi mampat atau kompak menjadi satu (Nurrohmah, 2013).

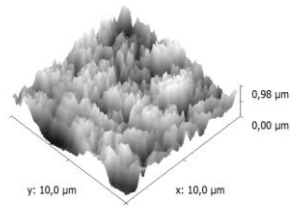
Tabel 4. 10 Tingkat Kekasaran Permukaan Sampel Hidroksiapatit

Nama Sampel	Rata-Rata Tingkat kekasaran Permukaan (nm)
A	275,7
B	194,4
C	218,4
D	226,3
E	233,5

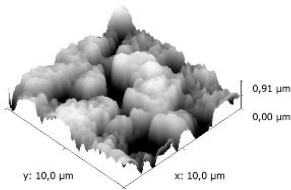
Variasi komposisi antara serbuk cangkang kerang darah dan cangkang telur dalam sintesis hidroksiapatit memiliki pengaruh yang besar terhadap tingkat kekasaran permukaan.



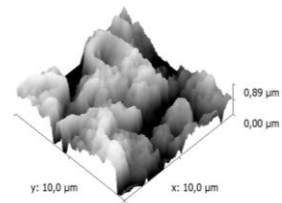
(a)



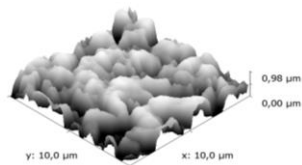
(b)



(c)



(d)

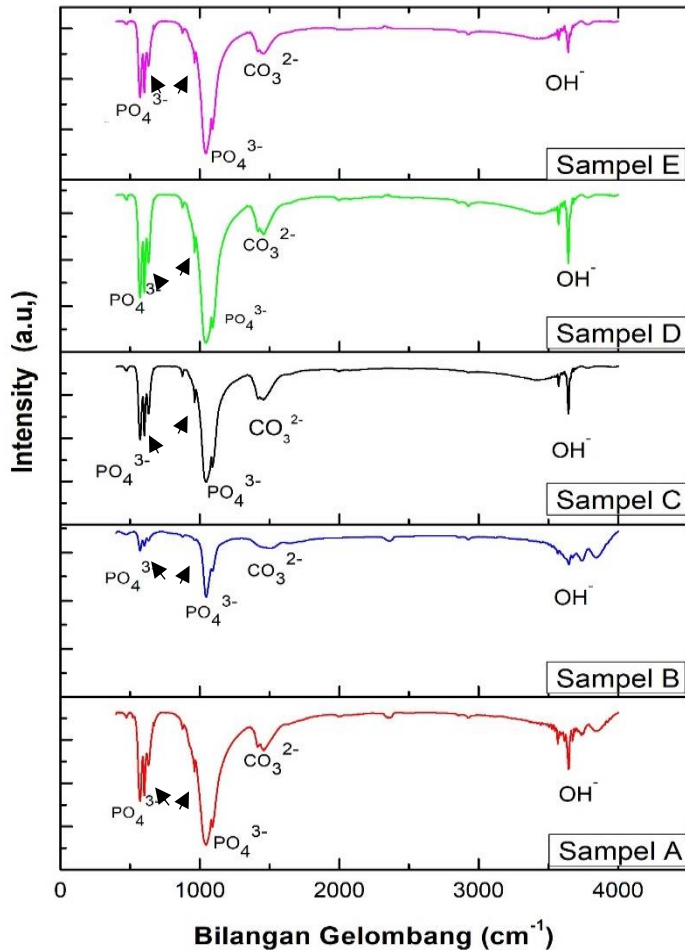


(e)

Gambar 4. 10 Morfologi Sampel Hidroksiapatit (a) (CK 100%), (b) (CT 100%), (c) (25% CK:75% CT), (d) (50% CK:50% CT) dan (e) (75% CK:25% CT)

3. Hasil Uji FTIR

Hasil uji FTIR sampel hidroksiapatit ini dapat dilihat pada Gambar 4.11



Gambar 4. 11 Spektrum FTIR Sampel Hidroksiapatit

Berdasarkan Gambar 4.12 bilangan gelombang gugus fungsi sampel hidroksiapatit dapat dilihat pada Tabel 4.11

Tabel 4. 11 Bilangan Gelombang Gugus Fungsi Sampel Hidroksiapatit

Sampel	Bilangan Gelombang (cm^{-1})		
	Gugus Fungsi		
	PO_4^{3-}	CO_3^{2-}	OH^-
A (100%)	571,33	1458,36	3645,89
	962,01	-	3736,05
	1043,76	-	-
	1089,59	-	-
B (100%)	571,13	1508,40	3647,17
	961,40	-	3739,42
	1045,24	-	-
	1091,00	-	-
C (25%:75%)	571,58	1445,59	3573,14
	962,87	-	3644,12
	1044,59	-	-
	1089,82	-	-
D (50%:50%)	571,51	1457,74	3572,80
	962,56	-	3642,95
	1043,85	-	-
	1089,94	-	-
E (75%:25%)	571,68	1457,82	3572,92
	962,43	-	3642,11
	1043,86	-	-
	1089,79	-	-

Berdasarkan Gambar 4.11 spektrum FTIR sampel hidroksiapatit (A, B, C, D dan E) menunjukkan keberadaan gugus fungsi PO_4^{3-} , CO_3^{2-} dan OH^- yang merupakan gugus fungsi penyusun hidroksiapatit. Spektrum FTIR sampel hidroksiapatit (A, B, C, D dan E), gugus fungsi PO_4^{3-} terbentuk bahu seperti yang ditunjukkan tanda panah (Gambar 4.11) pada bilangan gelombang 962 cm^{-1} , hal ini menandakan kristal mulai terbentuk. Bahu terlihat semakin jelas pada bilangan gelombang 571 cm^{-1} memiliki dua puncak. Semakin tinggi bahu menunjukkan sampel memiliki kristal yang bagus dan semakin kristal sehingga memperkuat terbentuk hidroksiapatit pada bilangan gelombang tersebut (Cahyati, 2014).

Gugus fungsi OH^- terdeteksi pada sampel hidroksiapatit yang dapat dilihat pada Gambar 4.11 dan ditunjukkan pada Tabel 4.11. Keberadaan gugus fungsi OH^- pada sampel hidroksiapatit menunjukkan terdapat kandungan H_2O didalam permukaan sampel. Gugus OH^- pada sampel hidroksiapatit (A, B, C, D dan E) puncak OH^- terlihat tidak tajam yang berarti kandungan H_2O di dalam sampel hidroksiapatit dalam jumlah sedikit (Cahyati, 2014).

Gugus fungsi PO_4^{3-} dan OH^- muncul dengan puncak yang tajam, hal ini menandakan hasil sintesis

hidroksiapatit memiliki kristal yang baik. Menurut Arrafiqie *et al* (2016) mensintesis hidroksiapatit dengan metode hidrotermal menunjukkan semakin tajam puncak gugus PO_4^{3-} dan OH^- maka kristal semakin baik, yang berarti hasil hidroksiapatit yang diperoleh semakin baik.

Gugus fungsi CO_3^{2-} sampel hidroksiapatit (A, B, C, D dan E) seperti yang terlihat pada Gambar 4.11 dan ditunjukkan Tabel 4.11, keberadaan CO_3^{2-} dalam senyawa hidroksiapatit menjadi inhibitor pertumbuhan kristal dalam sintesis hidroksiapatit. Spektrum FTIR sampel hidroksiapatit puncak gugus fungsi CO_3^{2-} tampak tumpul, hal ini berarti keberadaan unsur CO_3^{2-} di dalam sampel hidroksiapatit sedikit. Menurut Yahya *et al* (2016) dan Arrafiqie *et al* (2016) spektrum FTIR hidroksiapatit gugus fungsi CO_3^{2-} berpuncak tumpul. Keberadaan CO_3^{2-} tidak dapat dibilang buruk karena CO_3^{2-} merupakan substitusi PO_4^{3-} yang secara natural yang mengikuti persamaan $\text{Ca}_{10}(\text{CO}_3)_x(\text{PO}_4)_{6-(2/3)x}(\text{OH})_2$ atau disebut *Carbonated-Hydroxyapatite* (Muliati, 2016). Keberadaan gugus CO_3^{2-} pada sampel hidroksiapatit (A, B, C, D dan E) menunjukkan keberadaan senyawa apatit karbon tipe A. Hasil analisis spektrum FTIR sampel hidroksiapatit

(Gambar 4.11) seirama dengan hasil analisis XRD (Gambar 4.3) yang menunjukkan terdapat kandungan senyawa apatit karbonat tipe A dalam sampel hidroksiapatit (C, D, dan E). Menurut Fajrin (2014) dari hasil penelitian hidroksiapatit keberadaan apatit karbonat tipe A atau B dengan jumlah yang kecil tidak membahayakan tubuh karena apatit karbonat termasuk bagian dari tubuh.

Spektrum FTIR gugus fungsi PO_4^{3-} pada sampel hidroksiapatit (A, B, C, D dan E) muncul dengan puncak yang tajam (1000 cm^{-1}). Puncak gugus fungsi PO_4^{3-} pada sampel A (cangkang kerang darah 100%) lebih tajam dibandingkan puncak PO_4^{3-} dari sampel B (cangkang telur 100%) sedangkan puncak PO_4^{3-} pada campuran antara cangkang kerang darah dan cangkang telur (sampel C, D dan E), sampel D (50%:50%) memiliki puncak PO_4^{3-} lebih tajam dibandingkan dengan sampel hidroksiapatit dari C dan E. Hal ini berarti puncak gugus PO_4^{3-} semakin tajam seiring dengan banyak komposisi serbuk cangkang kerang darah dalam sintesis hidroksiapatit. Variasi komposisi sampel E (75%:25%) ketajaman puncak PO_4^{3-} mengalami naik ke atas. Hal tersebut berarti perbandingan komposisi antara cangkang kerang darah dengan cangkang telur (50%:50%)

merupakan perbandingan komposisi yang optimum dalam sintesis hidroksiapatit, karena menjadi batas maksimum perbandingan komposisi dalam sintesis.

Gugus fungsi PO_4^{3-} dari sampel hidroksiapatit (A, B, C, D dan E) mengalami vibrasi yang dapat dilihat pada Tabel 4.12.

Tabel 4. 12 Vibrasi Gugus Fungsi PO_4^{3-} Sampel Hidroksiapatit

Nama Sampel	Gugus Fungsi PO_4^{3-} (cm^{-1})			
	Vibrasi <i>stretching</i> (v_1)	Vibrasi <i>asimetri stretching</i> (v_3)	Vibrasi <i>asimetri bending</i> (v_4)	Vibrasi <i>bending</i> (v_2)
A (100%)	962,01 -	1043,76 1089,59	571,33 -	- -
B (100%)	961,4 -	1045,24 1091,00	571,13 -	- -
C (25%:75%)	962,87 -	1044,59 1089,82	571,58 -	- -
D (50%:50%)	962,56 -	1043,85 1089,94	571,51 -	- -
E (75%:25%)	962,43 -	1043,86 1089,79	571,68 -	- -

Vibrasi gugus fungsi PO_4^{3-} dari sampel hidroksiapatit (A, B, C, D dan E) terdiri dari vibrasi *stretching*, vibrasi *asimetri stretching* dan vibrasi *asimetri bending*. Vibrasi gugus PO_4^{3-} dari sampel hidroksiapatit bersifat tidak simetri, sehingga

menunjukkan bahwa sampel hidroksiapatit hasil sintesis berbentuk kristal (Nurrohmah, 2013). Hasil penelitian Riyanto *et al* (2013) menyebutkan pembetulan hidroksiapatit berada di bilangan gelombang 1.000 cm^{-1} hingga 1.100 cm^{-1} gugus PO_4^{3-} mengalami vibrasi asimetri stretching dan mengalami vibrasi *asimetris bending* pada bilangan gelombang $576,30\text{ cm}^{-1}$.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- a. Hasil analisis XRD puncak-puncak difraksi menunjukkan pola difraksi sampel hidroksiapatit yang mendekati *database* hidroksiapatit JCPDS 9-0432 dan memiliki struktur kristal heksagonal dengan parameter kisi $a = b 9,404 \text{ \AA}$ $c = 6,675 \text{ \AA}$.
- b. Hasil uji SEM dari sampel hidroksiapatit menunjukkan morfologi sampel hidroksiapatit berbentuk gumpalan-gumpalan dengan ukuran berbeda-beda dan terdapat pori diantara dua gumpalan dengan rata-rata ukuran pori $1,00 \text{ \mu m}$ – $3,37 \text{ \mu m}$. Tingkat kekasaran dari permukaan sampel hidroksiapatit yaitu dari $194,4 \text{ nm}$ – $275,7 \text{ nm}$.
- c. Hasil spektrum FTIR, pada setiap sampel hidroksiapatit terdapat gugus fungsi PO_4^{3-} , OH^- dan CO_3^{2-} yang merupakan gugus fungsi dari hidroksiapatit

B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian, saran yang dapat diberikan antara lain :

- a. Hidroksiapatit dari cangkang kerang darah dan cangkang telur memiliki pori makro jika diaplikasikan sebagai gigi tiruan akan mempengaruhi kuat tekan gigi sehingga belum memenuhi ukuran pori pada gigi. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan mengendalikan ukuran pori dengan menambahkan bahan seperti kitosan, galatin, sehingga pori sesuai dengan keperluan gigi tiruan dan menggunakan ayakan yang ukuran *mesh* besar, agar tingkat kekasaran permukaan hidroksiapatit tidak besar serta ukuran pori sesuai dengan keperluan gigi tiruan.
- b. Pembuatan hidroksiapatit perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan memvariasi komposisi yang berbeda dan pengujian karakterisasi yang lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbas, Y. W. dan B. 2011. Sintesis dan Karakterisasi Pasta *Injectable Bone Substitute* Iradiasi Berbasis Hidroksiapatit. *Jurnal Ilmiah Ap Likasi Isotop Dan Radias.* 7(2) : 73–82
- Adiatama, P. 2018. Pemberdayaan Masyarakat Desa Panjanglejo Bantul Yogyakarta Sebagai Upaya Mewujudkan Desa Sehat Gigi Dan Mulut 2030. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat.* 3(2) : 184–191
- Affandi et al. 2015. Sintesis Hiroksiapatit dari Cangkang Kerang Darah (*Anandara granosa*) dengan Proses Hidrotermal Variasi Rasio Mol Ca/P dan Suhu Sintesis. *Jom FTEKNIK.* 2(2) : 1–8
- Afrizal, G. 2016. Analisa Struktur Mikro Material Substitusi Hidroksiapatit Cangkang Kerang Darah dan Resin Akrilik Bahan Pembuat Gigi untuk Aplikasi Gigi Tiruan. *SURYA TEKNIKA.* 1(4) : 1–9
- Agus Setiabudi, Rifan Hardian, A. mudzakir. 2012. *Karakterisasi Material.* UPI PRESS
- Aida silfia, et al. 2019. Hubungan Tingkat Pengetahuan Dengan Perilaku Pemeliharaan Kesehatan Gigi Dan Mulut Murid Sekolah Dasar. *Jurnal Kesehatan Gigi.* 6 : 45–50

- Akhmad, L. H. 2017. *Gambaran Morfologi Permukaan Gigi Yang Telah Diaplikasi Pasta Cangkang Kerang Darah (Anadara Granosa)*. Skripsi. Makasar. Universitas Hasanuddin
- Anggraini, A. S. 2016. *Preparasi Dan Karakterisasi Limbah Biomaterial Cangkang Kerang Darah (Anadara Granosa) Dari Pantai Muara Gading Mas Sebagai Bahan Dasar Biokeramik*. Skripsi. Bandar Lampung. Universitas Lampung
- Anugrah, M *et al.* 2019. Sintesis Hidroksiapatit Dari *Precipitated Calcium Carbonate* (PCC) Cangkang Telur Itik Melalui Proses Hidrotermal Dengan Variasi Ph Dan Waktu Reaksi. *Jom FTEKNIK*. 6 (1 Januari s/d Juni) : 1–7
- Arissaputra, T *et al.* 2018. Sintesis Hidroksiapatit dari *Precipitated Calcium Carbonate* (PCC) Cangkang Telur Itik Melalui Proses Pengendapan dengan Variasi Rasio Ca/P dan Kecepatan Pengadukan. *Jom FTEKNIK*. 5(1 jauari s/d juni) : 1–6
- Arrafiqie *et al.* 2016. Sintesis Hidroksiapatit dari Limbah Kulit Kerang Lokan (*Geloina expansa*) Dengan Metode Hidrotherma. *Jom FTEKNIK*. 3(1) : 1–8
- Astuti, A. 2016. *Bab IV Karakterisasi Material* (Issue July, pp. 1–12). Universitas Diponegoro. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1589.6567>

Audrya, H., Azis, Y., Akbar, F., Binawidya, K., Hr, J., & Km, S. 2018. Sintesis Hidroksiapatit dari *Precipitated Calcium Carbonate* (PCC) Cangkang Telur Ayam Ras Melalui Proses Sol Gel dengan Variasi Waktu Reaksi dan Waktu Aging. *Jom FTEKNIK*. 5 (1 Januari s/d Juni) : 1–5

Balgies *et al.* 2011. *Sintesis Dan Karakterisasi Hidroksiapatit Menggunakan Analisis X - Ray Diffraction*. Prosiding Seminar Nasional Hamburan Neutron Dan Sinar-X Ke 8. Serpong, 14 Oktober 2011.

Cahyaningrum, S. E, *et al.* (2017). *Sintesis Hidroksiapatit Dari Cangkang Telur Menggunakan Metode Pengendapan Basah*. Prosiding Seminar Nasional Kimia UNY. Yogyakarta 17 Oktober 2017.

Cahyati, C. 2014. *Observasi morfologi dan komposisi hidroksiapatit yang terbuat dari cangkang telur ayam kampung dan ayam ras*. Skripsi. Bogor. Institut Pertanian Bogor.

Dahlan, K. 2013. *Potensi Kerang Ranga sebagai Sumber Kalsium dalam Sintesis Biomaterial Substitusi Tulang*. Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung 2013 : 147–151.

Estini, S. 2017. *Pengaruh Metode Simulasi Menggosok Gigi Menggunakan Teknik Bass Terhadap Keterampilan Dan Kebersihan Gigi dan Mulut*. Skripsi. Jombang. Sekolah

Tinggi Ilmu Kesehatan Insan Cendikia Medika.

Fadila, R., Fadli, A., & Yenti, S. R. 2019. Sintesis Hidroksiapatit Menggunakan Metode Wet Mechanochemical dengan Variasi Waktu Reaksi dan Rasio Bola Penggiling. *Jom FTEKNIK*, 6 (1) Januari s/d Juni 2019) : 1–6.

Fa'ida, N. Y. 2014. *Kajian Komposisi Hidroksiapatit Yang Disintesis Dengan Metode Hidrotermal*. Skripsi. Bogor. Institut Pertanian Bogor.

Fajrin, F. R. 2014. *Pembuatan Dan Karakterisasi Komposit Biomedis Hidroksiapatit-Biopolimer*. Skripsi. Bogor. Institut Pertanian Bogor

Fatimah, D. A. 2016. *Sintesis Dan Karakterisasi Hidroksiapatit Sebagai Fase Diamkolomkromatografi Untuk Pemurnian Fikobiliprotein Oscillatoria Sp*. Skripsi. Bandar Lampung. Universitas Lampung.

Fitriana. 2012. *Analisis Tingkat Kekerasan Gigi Pada Simulasi Karies Gigi Dengan Inhibisi Ekstrak Daun Sirih (Piper betle L.)*. Skripsi. Jember. Universitas Jember.

Hardiyanti. 2016. *Sintesis Dan Karakterisasi Hidroksiapatit Dari Limbah Tulang Ikan (Thunnus albacores) Dengan Metode Hidrotermal*. Skripsi. Makassar. UIN Alauddin.

Harahap, A. W. 2015. Sintesis Hidroksiapatit melalui

Precipitated Calcium Carbonate (PCC) Cangkang Kerang Darah dengan Metode Hidrotermal pada Variasi pH dan Waktu Reaksi. Jom FTEKNIK, 2(2) : 1–8.

Herawaty, L. 2014. *Sintesis Nano Hidroksiapatit Dari Cangkang Tutut (Bellamyja javanica) Dengan Metode Presipitasi Dan Hidrotermal*. Tesis. Bogor. Institut Pertanian Bogor.

Herdianto, N. 2011. *Studi Bioresorbabilitas Biokeramik Biphasic Calcium Phosphate (Bcp) Sebagai Material Pengganti Tulang*. Tesis. Jakarta. Universitas Indonesia.

Herliansyah, M. K., Hamdi, M., Ide-ektessabi, A., Wildan, M. W., & Toque, J. A. (2009). The influence of sintering temperature on the properties of compacted bovine hydroxyapatite. *Materials Science & Engineering C, 29(5): 1674–1680.*

<https://doi.org/10.1016/j.msec.2009.01.007>

Hidayat, N. N. 2012. *Sintesis dan Karakterisasi sifat Makroskopik Nano-Komposit Hidroksiapatit/Kitosan (n-HAp/CS) untuk Aplikasi Implan Tulang (pp. 6–17)*. Skripsi. Surabaya. Universitas Airlangga.

Hui, P. 2010. Synthesis of Hydroxyapatite Bio-Ceramic Powder by Hydrothermal Method. *Journal of Minerals & Materials Characterization & Engineering, 9(8) : 683–692.*

- Husna, S. 2014. *Analisis Kandungan Kalsium Dan Daya Terima Pada Modifikasi Cookies Dengan Tepung Cangkang Telur Ayam* (pp. 8–34). Skripsi. Medan. Universitas Sumatera Utara.
- Ismiyati, T. 2016. Uji Sitoksisitas Campuran Resin Akrilik Dengan Kitosan Sebagai Bahan Gigi Tiruan Anti Jamur. *JURNAL TEKNOSAINS*, 5(2) : 97–103.
- Kartikasari, N. D. 2014. *Sintesis Dan Karakterisasi Hidroksiapatit Dari Cangkang Keong Sawah (Pila ampullacea) Dengan Porogen Lilin Sarang Lebah Sebagai Aplikasi Scaffold*. Skripsi. Surabaya. Universitas Airlangga.
- Kencana, P. P. 2017. *Perbedaan kekerasan email gigi yang direndam air perasan nanas dan air perasan jeruk siam secara In Vitro*. Skripsi. Padang. Universitas Andalas.
- Khoirudin, M. 2015. Sintesis Dan Karakterisasi Hidroksiapatit (HAp) Dari Kulit Kerang Darah (Anandara Granosa) Dengan Proses Hidrotermal. *Jom FTEKNIK*, 2(2) : 1–8.
- Marist, A. I. 2011. *Pelapisan Komposit Hidroksiapatit-Kitosan Pada Logam Stainless Steel 316 Untuk Meningkatkan Ketahanan Korosi*. Skripsi. Bogor. Institut Pertanian Bogor.
- Mikrojuddin, A. 2010. Karakterisasi nanomaterial teori,

penerapan, dan pengolahan data. Bandung : CV Rezeki Putra

Muhara, I. 2015. Sintesis Hidroksiapatit Dari Kulit Kerang Darah Dengan Metode Hidrotermal Suhu Rendah. *Jom FTEKNIK*, 2(1) :1-5.

Muliati. 2016. *Sintesis Dan Karakterisasi Hidroksiapatit Dari Tulang Ikan Tuna (Thunus sp) Dengan Metode Sol-Gel*. Skripsi. Makassar. UIN Alauddin.

Muntamah. 2011. *Sintesis dan karakterisasi hidroksiapatit dari limbah cangkang kerang darah (Anadara granosa, sp)*. Tesis. Bogor. Institut Pertanian Bogor.

Mutmainnah. 2016. *Sintesis Dan Karakterisasi Hidroksiapatit Dari Tulang Ikan Tuna Sirip Kuning (Thunnus albacores) Dengan Metode Presipitasi*. Skripsi. Makassar. UIN Alauddin.

Nagir, M. T. 2013. *Morfometri Kerang Darah Anadara Granosa L Pada Beberapa Pasar Rakyat Makassar Sulawesi Selatan*. Skripsi. Makassar. Universitas Hasanuddin.

Napitupulu, R. L. Y. R. A. I. E. 2019. Hubungan Perilaku Menyikat Gigi, Keasaman Air, Pelayanan Kesehatan Kesehatan Gigi Terhadap Karies Di Man 2 Batola. *Jurnal Kedokteran Gigi*, III (1) : 17-22

- Ningsih, R. P. 2014. Sintesis Hidroksiapatit Dari Cangkang Kerang Kepah (*Polymesoda erosa*) Dengan Variasi Waktu Pengadukan. *JKK*, 3(1) : 22–26.
- Nurdina, A. 2016. *Preparasi Dan Karakterisasi Limbah Biomaterial Cangkang Kerang Sipping (Amusium pleuronectes) Dari Daerah Teluk Lampung Sebagai Bahan Dasar Biokeramik*. SKripsi. Bandar Lampung. Universitas Lampung.
- Nurrohmah. 2013. *Material Biokeramik Berbasis Hidroksiapatit Tulang Ikan Tuna*. Skripsi. Bogor. Institut Pertanian Bogor.
- Ozawa, M., & Suzuki, S. (2002). Microstructural Development of Natural Hydroxyapatite Originated from Fish-Bone Waste through Heat Treatment. *J.Communications of the American Ceramic Society*, 85(5), 1315–1317.
- Permada, B. 2013. *Kajian Struktur Dan Morfologi Hidroksiapatit Yang Disintesis Menggunakan Metode Hidrotermal*. Skripsi. Bogor. Institut Pertanian Bogor.
- Pallela, R., Venkatesan, J., & Kwon, S. (2011). Polymer aAssisted Isolation of Hydroxyapatite from Thunnus obesus bone. *Journal Ceramics International*, 37(8), 3489–3497. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2011.06.004>

- 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. Jember. Universitas Jember.
- Pratiwi, D. I et al. 2015. Pengaruh Suhu Reaksi dan Kecepatan Pengadukan pada Sintesa Hidroksiapatit dari Kulit Kerang Darah (*Anadara Granosa*) dengan Metode Hidrotermal Suhu Rendah. *Jom FTEKNIK*, 2(2) : 1–10.
- Purnama, F. 2006. Pengaruh Suhu Reaksi Terhadap Derajat Kristalinitas Dan Komposisi Hidroksiapatit Dibuat Dengan Mediaair Dan Cairan Tubuh Buatan (*Synthetic Body Fluid*). *Jurnal Sains Materi Indonesia*, ISSN: 1411, 154–159.
- Putri, A. A. M. 2012. *Metode Single Drop Pada Pembuatan Hidroksiapatit Berbasis Cangkang Telur*. Skripsi. Bogor. Institut Pertanian Bogor.
- Rahayu, S et al. 2018. Pemanfaatan Limbah Cangkang Kerang Mutiara (*Pinctada maxima*) Sebagai Sumber Hidroksiapatit. *Jurnal Pendidikan Fisika Dan Teknologi*, 4(2) : 226–231.
- Ramlan, J. Z. 2015. *Pengaruh Pemanasan Berulang Terhadap Kekerasan Basis Gigi tiruan Akrilik*. Skripsi. Makassar.

Universitas Hasanuddin.

Riyanto, B. 2013. Material Biokeramik Berbasis Hidroksiapatit Tulang Ikan Tuna. *JPHPI*, 16(2) : 119–132.

Rusnah M, R. M. dan Y. A. 2014. Hydroxyapatite From Cockle Shell As A Potential Biomaterial For Bone Graft. *Regenerative Research*, 3(1) : 52–55.

Sadewi, B. P. 2015. *Pengaruh Penambahan Aditif Polistiren pada Karakteristik Semen Gigi Zinc Oxide Eugenol Secara In Vivo*. Skripsi. Surabaya. Universitas Airlangga.

Saleha. 2015. Sintesis Dan Karakterisasi Hidroksiapatit dari Nanopartikel Kalsium Oksida (CaO) Cangkang Telur Untuk Aplikasi Dental Implan. *Prosiding Pertemuan Ilmiah XXIX HFI Jateng & DIY, Yogyakarta, April* pp :124–127.

Sandewi, N. 2017. *Karakterisasi nanohidroksiapatit dari cangkang telur menggunakan uji sem dan xrd*. Skripsi. Makassar. UIN Alauddin.

Sari, E. D. R. 2018. *Pengaruh Penambahan Kitosan Cangkang Kerang Darah (Anandara granosa) Dengan Lama Penyimpanan Berbeda Terhadap Jumlah Koloni Bakteri Dan Sifat Organoleptik Bakso Daging Sapi Sebagai Sumber Belajar Biologi* (pp. 10–30). Skripsi. Malang. Universitas

Muhammadiyah Malang.

Sebon, A. 2016. *Pengaruh Penggunaan Pasta Cangkang Telur Ayam Ras (Gallus sp.) Terhadap Kekerasan Mikro Enamel Gigi Setelah Setelah Aplikasi Bahan Bleaching Eksternal (Uji In Vitro)*. Skripsi. Makassar. Universitas Hasanuddin.

Setiabudi Agus, dkk. 2012. *Karakterisasi Material*. Bandung : UPI PRESS

Sihombing, J. 2009. *Karakteristik Penderita Karies Gigi Yang Berobat Di Rumah Sakit Umum Dr.Pirngadi Medan*. Skripsi. Medan. Universitas Sumatera Utara.

Shihab, M Quraish. 2002. Tafsir Al-Misbah pesan, kesan dan keserasian Al-qur'an. Volume 10. Jakarta. Lentara Hati.

Siswanto, C. H. 2013. *Sintesis Dan Pencirian Hidroksiapatit Dari Limbah Cangkang Kerang Hijau Dengan Metode Kering*. Skripsi. Bogor. Institut Pertanian Bogor.

Sopyan, A. S. F. & I. 2009. Low temperature hydrothermal synthesis of calcium phosphate ceramics : Effect of excess Ca precursor on phase behaviour. *Journal of Chemistry*, 48(November) pp :1492–1500.

Suryadi. 2011. *Sintesis dan Karakterisasi Biomaterial Hidroksiapatit dengan Proses Pengendapan Kimia Basah*. Tesis. Jakarta. Universitas Indonesia.

- Suryanarayana, C. 1998. EXPERIMENTAL MODULE 2 Crystal Structure Determination. II: Hexagonal Structures. In *X-Ray Diffraction* (pp. 125–126). Springe Science+Business Media.
- Syam, W. M. 2016. *Optimalisasi kalsium karbonat dari cangkang telur untuk produksi pasta komposit*. Skripsi. Makassar. UIN Alauddin.
- Tyas, R. widyaning. 2014. *Studi karakteristik hidroksiapatit dari cangkang telur ayam ras dan ayam kampung*. Skripsi. Bogor. Institut Pertanian Bogor.
- Ulfah, U. 2016. *Preparasi Dan Karakterisasi Limbah Biomaterial Cangkang Kerang Hijau (Perna viridis) Dari Pantai Labuhan Maringgai Sebagai Bahan Dasar Biokeramik*. Skripsi. Bandar Lampung. Universitas Lampung.
- Wadu, I. 2017. *Sintesa Dan Karakterisasi Biokeramik Hidroksiapatit (Hap) Dari Kerabang Telur Ayam Sebagai Agen Antibakteri Karies Gigi (Lactobacillus acidophilus)*. Skripsi. Salatiga. Universitas Kristen Satya Wacana.
- Walendra, Y. 2012. *Sintesis Dan Karakterisasi Hidroksiapatit Berpori Dari Cangkang Kerang Darah (Anandara granosa) Dengan Porogen Lilin Lebah*. Skripsi. Bogor. Institut Pertanian Bogor.

- Wardani, N. S. 2015. Presipitasi, Sintesis Hidroksiapatit dari Cangkang Telur dengan Metode Presipitasi. *Jom FTEKNIK*, 3(1) pp : 1–6.
- Yahya, M *et al.* 2016. Sintesis Hidroksiapatit dari Precipitated Calcium Carbonate (PCC) Kulit Telur Ayam Melalui Proses Hidrotermal Muhammad. *Jom FTEKNIK*, 3(1) :1–8.
- Zhang, Y., Liu, Y., Ji, X., Banks, C. E., & Song, J. 2011. Flower-like Agglomerates of Hydroxyapatite Crystals Formed on an Egg-Shell Membrane. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 82 (2), pp : 490–496.
<https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2010.10.006>

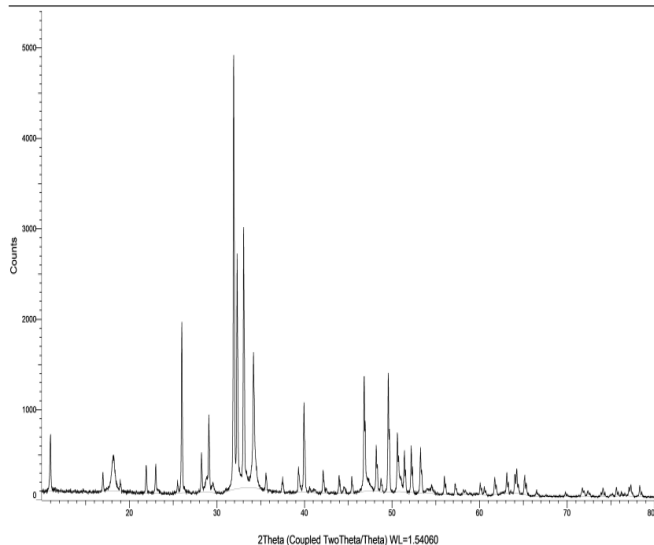
LAMPIRAN - LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil uji XRD

1. Hasil Uji Sampel A

3367-1 CK 100%.raw, 1/3/2020 8:10:15 AM

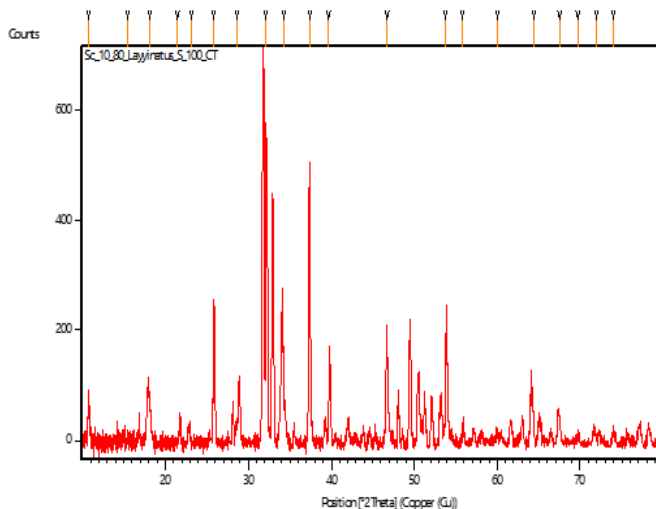
(Coupled TwoTheta/Theta)



FWHM	Chord Mid.	I. Breadth	Gravity C.	d (Gravity C.)	Raw Area	Net Area
0.121	10.972 °	0.131	10.971 °	8.05814 Å	1.987	1.182
0.120	25.996 °	0.128	25.996 °	3.42480 Å	4.416	3.528
0.127	29.098 °	0.124	29.099 °	3.06625 Å	2.247	1.325
0.140	31.932 °	0.140	31.927 °	2.80079 Å	12.28	9.721
0.137	32.328 °	0.133	32.329 °	2.76693 Å	6.981	4.630
0.142	33.073 °	0.144	33.072 °	2.70645 Å	8.035	5.894
0.185	34.209 °	0.228	34.224 °	2.61794 Å	7.902	4.744
0.170	39.980 °	0.159	39.976 °	2.25350 Å	3.234	2.301
0.086	46.812 °	0.085	46.810 °	1.93919 Å	2.502	1.005
0.078	49.571 °	0.085	49.567 °	1.83759 Å	2.609	1.131

2. Hasil Uji Sampel B

Main Graphics, Analyze View: (Bookmark 2)



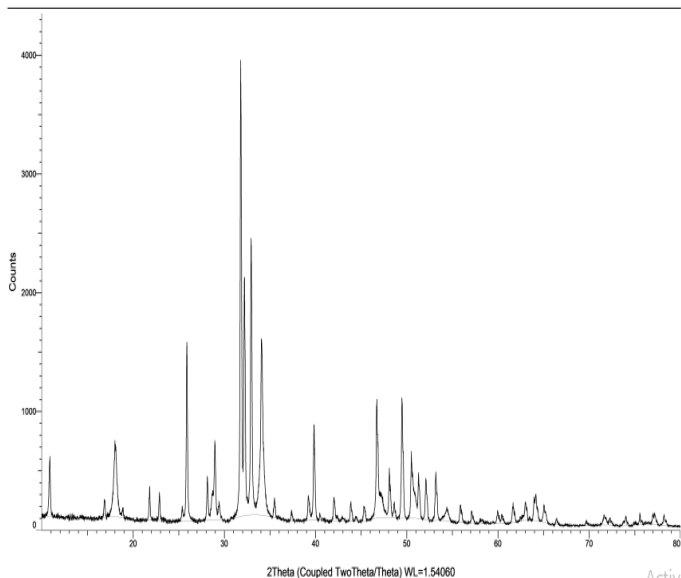
Peak List: (Bookmark 3)

Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM Left [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
10,7009	31,34	0,9446	8,26769	8,07
15,4969	1,71	0,6298	5,71809	0,44
18,1246	71,47	0,6298	4,89457	18,40
21,4740	3,63	0,6298	4,13812	0,94
23,1364	2,62	0,6298	3,84442	0,67
25,7976	80,36	0,9446	3,45356	20,69
28,6302	31,80	0,9446	3,11799	8,19
32,0352	388,38	0,9446	2,79393	100,00
34,2793	112,06	0,6298	2,61599	28,85
37,3591	187,97	0,9446	2,40711	48,40
39,6597	47,87	0,9446	2,27262	12,33
46,7677	101,57	0,6298	1,94245	26,15
53,7332	90,65	0,9446	1,70593	23,34
55,7964	8,47	0,6298	1,64765	2,18
59,9912	12,60	0,6298	1,54208	3,24
64,4408	21,05	0,9446	1,44593	5,42
67,4678	26,64	0,9446	1,38823	6,86
69,6753	2,56	0,9446	1,34955	0,66
71,9243	8,87	0,9446	1,31279	2,28
73,9793	6,63	0,6298	1,28133	1,71

3. Hasil Uji Sampel C

3367-2 CK_CT 25%_75%.raw, 1/3/2020 9:35:11 AM

(Coupled TwoTheta/Theta)



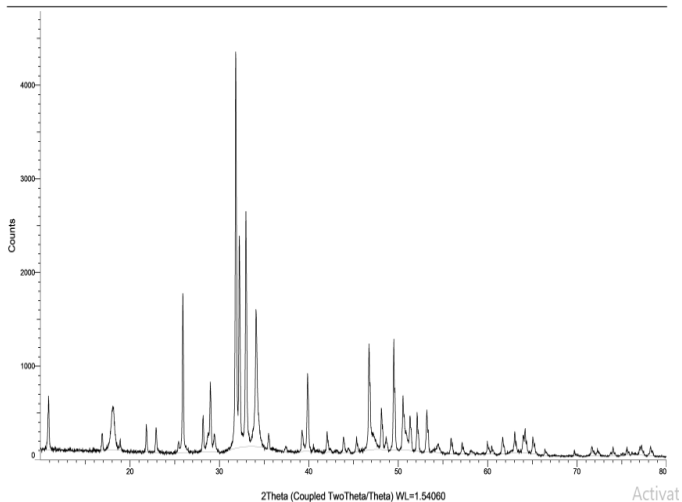
Activat

d (Obs. Max)	Gross Int.	Net Height	FWHM	Chord Mid.	I. Breadth	Gravity C.
8.13946 Å	9.29	6.80	0.157	10.851 °	0.156	10.854 °
4.90999 Å	11.2	8.96	0.356	18.036 °	0.401	18.038 °
3.43801 Å	24.0	22.0	0.140	25.897 °	0.157	25.897 °
2.81124 Å	59.9	53.3	0.159	31.813 °	0.165	31.811 °
2.77703 Å	32.4	25.7	0.151	32.221 °	0.157	32.222 °
2.71678 Å	37.3	33.4	0.167	32.952 °	0.181	32.956 °
2.62763 Å	24.6	21.4	0.248	34.109 °	0.335	34.120 °
2.26124 Å	13.5	11.7	0.178	39.852 °	0.190	39.857 °
1.94293 Å	16.7	14.3	0.222	46.757 °	0.287	46.848 °
1.84036 Å	16.8	15.1	0.227	49.525 °	0.221	49.517 °

4. Hasil Uji Sampel D

3367-3 CK_CT 50%_50% (1).raw, 1/3/2020 9:43:40 AM

(Coupled TwoTheta/Theta)

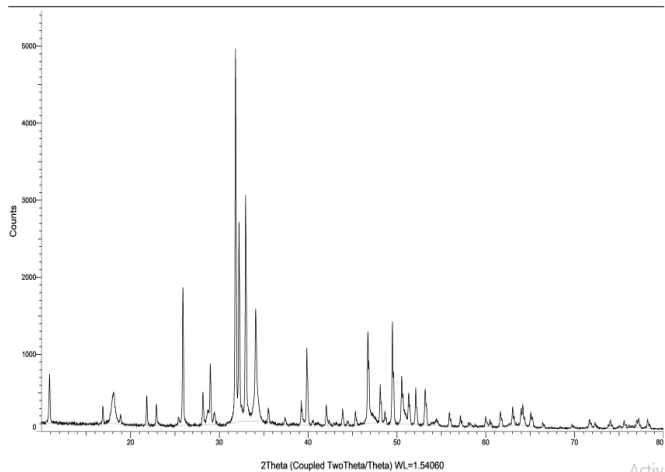


d (Obs. Max)	Gross Int.	Net Height	FWHM	Chord Mid.	I. Breadth	Gravity C.
8.11460 Å	10.3	8.28	0.146	10.880 °	0.155	10.875 °
3.43506 Å	26.9	24.8	0.137	25.921 °	0.148	25.920 °
3.07693 Å	12.4	10.0	0.155	29.000 °	0.210	28.938 °
2.80843 Å	65.9	59.3	0.147	31.844 °	0.157	31.843 °
2.77475 Å	36.4	29.5	0.150	32.251 °	0.149	32.251 °
2.71414 Å	40.0	35.4	0.161	32.986 °	0.170	32.987 °
2.62573 Å	24.2	20.2	0.212	34.129 °	0.268	34.141 °
2.25926 Å	13.9	12.0	0.188	39.889 °	0.196	39.889 °
1.94191 Å	18.7	15.7	0.200	46.778 °	0.195	46.773 °
1.83959 Å	19.3	17.6	0.200	49.544 °	0.198	49.541 °

5. Hasil Uji Sampel E

3367-4_CK_CT_75%_raw, 1/3/2020 9:49:04 AM

(Coupled TwoTheta/Theta)



d (Obs. Max)	Gross Int.	Net Height	FWHM	Chord Mid.	I. Breadth
8.12267 Å	11.2	9.17	0.126	10.881 °	0.144
3.43726 Å	28.5	26.2	0.126	25.906 °	0.136
3.07805 Å	13.2	9.93	0.135	29.001 °	0.134
2.80990 Å	75.3	69.2	0.140	31.836 °	0.142
2.77599 Å	41.1	34.7	0.137	32.236 °	0.135
2.71495 Å	46.1	41.7	0.148	32.979 °	0.154
2.62742 Å	24.0	20.4	0.195	34.114 °	0.253
2.25995 Å	16.3	14.2	0.169	39.886 °	0.164
1.94226 Å	19.8	10.0	0.089	46.723 °	0.088
1.84018 Å	21.5	13.0	0.078	49.487 °	0.084

Lampiran 2 Hasil Uji FTIR

1. Hasil Uji Sampel A

PerkinElmer Spectrum Version 10.03.06
Monday, November 25, 2019 11:15 PM

Report

Filename Layinatus Sifah CF 100_1
Analyst Administrator
Description Sample CF 100 By Administrator Date Monday, November 25 2019

Sample Details

Creation Date 11/25/2019 11:14:25 PM
X-Axis Units cm-1
X-Axis start value 4000
X-Axis end value 400
Data interval -1
Number of points 3601
Y-Axis Units %T

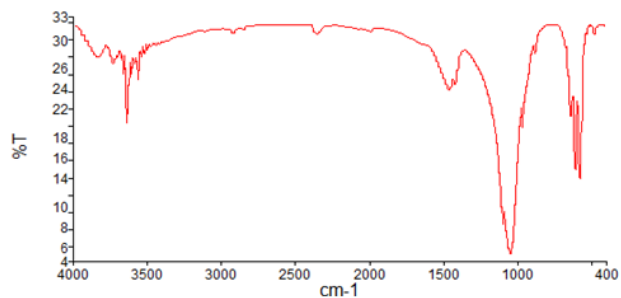
Instrument

Instrument Model Frontier FT-IR
Instrument Serial Number 96681
Software Revision CPU32 Main 00.09.9951 07-September-2011 11:49:41
Number of Scans 3
Resolution 4

History

Who	What	When	Parameters	Comment
Administrator	Created as New Dataset	11/25/2019 11:14:25 PM		Sample CF 100 By Administrator Date Monday, November 25 2019
Administrator	Atmospheric Correction	11/25/2019 11:14:25 PM		
Administrator	DataTuneUp	11/25/2019 11:14:30 PM	"Layinatus Sifah CF 100", "AutoSmooth", "AutoFlat2", "4000", "400"	

Spectrum Graph



Name	Description
Layinatus Sifah CF 100_1	Sample CF 100 By Administrator Date Monday, November 25 2019

Peak Table Results

SpectrumName
Layinatus Sifah CF 100_1

PeakName	X	Y
23	472.97	30.85
22	571.33	13.92
21	601.43	15.06
20	631.33	21.21
19	669.79	29.2
18	874.65	28.61
17	962.01	19.96
16	1043.76	5.06
15	1089.59	8.65
14	1412.9	24.96
13	1458.36	24.18
12	2360.27	30.85
11	3504.47	29
10	3526.19	28.55
9	3547.33	28.18
8	3568.45	25.61
7	3589.07	27.37
6	3616.42	26.18
5	3645.89	20.44
4	3673.05	26.18
3	3690.92	28
2	3736.62	27.39
1	3840.09	28.15

2. Hasil Uji Sampel B

PerkinElmer Spectrum Version 10.03.06
Thursday, October 31, 2019 11:12 PM

Report

Filename Layyinatust Sifah Sampel 01 1
Analyst Administrator
Description Sample 01 By Administrator Date Thursday, October 31 2019

Sample Details

Creation Date 10/31/2019 11:11:45 PM
X-Axis Units cm-1
X-Axis start value 4000
X-Axis end value 400
Data interval -1
Number of points 3801
Y-Axis Units %T

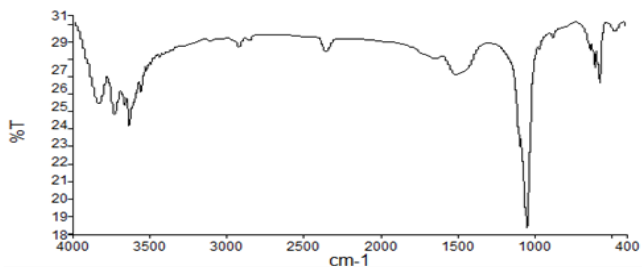
Instrument

Instrument Model Frontier FT-IR
Instrument Serial Number 96681
Software Revision CPU32 Main 00.09.9951 07-September-2011 11:49:41
Number of Scans 3
Resolution 4

History

Who	What	When	Parameters	Comment
Administrator	Created as New Dataset	10/31/2019 11:11:45 PM		Sample 01 By Administrator Date Thursday, October 31 2019
Administrator	Atmospheric Correction	10/31/2019 11:11:46 PM		
Administrator	DataTuneUp	10/31/2019 11:11:51 PM	"Layyinatust Sifah Sampel 01", "AutoSmooth", "AutoFlat2", "4000", "400"	
Administrator	Smooth	10/31/2019 11:12:03 PM	"Layyinatust Sifah Sampel 01_1", 35.00, 1, "Result.sp"	

Spectrum Graph

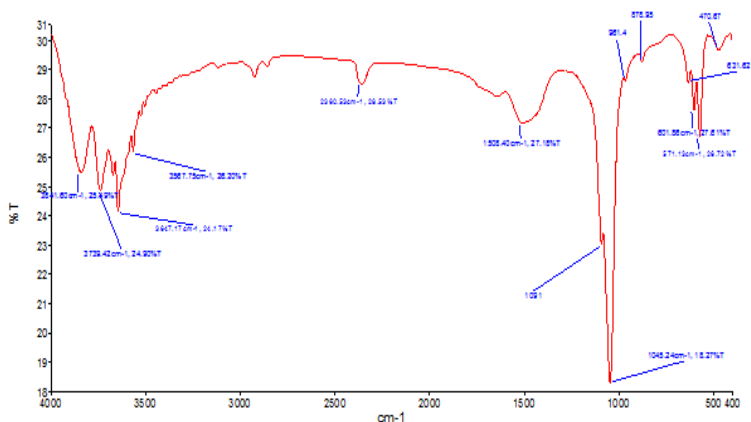


Name	Description
Layyinatus Sifah Sampel 01_1	Sample 01 By Administrator Date Thursday, October 31 2019

Peak Table Results

SpectrumName
Layyinatus Sifah Sampel 01_1

PeakName	X	Y
9	571.13	26.72
8	601.86	27.61
7	1045.24	18.27
6	1508.4	27.18
5	2360.53	28.53
4	3567.75	26.2
3	3647.17	24.17
2	3739.42	24.9
1	3841.6	25.49



— Layyinatus Sifah Sampel 01_1 Sample 01 By Administrator Date Thursday, October 31 2019

3. Hasil Uji Sampel C

PerkinElmer Spectrum Version 10.03.06
Monday, November 25, 2019 11:15 PM

Report

Filename Layinatus sifah CF CT 25 75 1
Analyst Administrator
Description Sample CF:CT=25%:75% By Administrator Date Monday, November 25 2019

Sample Details

Creation Date 11/25/2019 10:22:00 PM
X-Axis Units cm-1
X-Axis start value 4000
X-Axis end value 400
Data interval -1
Number of points 3801
Y-Axis Units %T

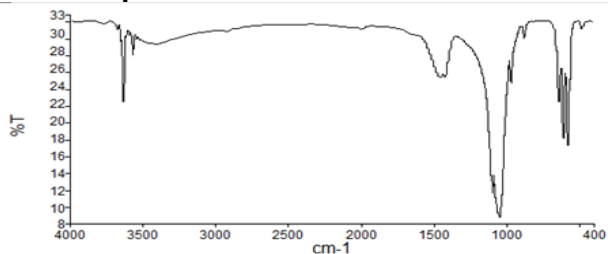
Instrument

Instrument Model Frontier FT-IR
Instrument Serial Number 98881
Software Revision CPU32 Main 00.09.9951 07-September-2011 11:49:41
Number of Scans 3
Resolution 4

History

Who	What	When	Parameters	Comment
Administrator	Created as New Dataset	11/25/2019 10:22:00 PM		Sample CF:CT=25%:75% By Administrator Date Monday, November 25 2019
Administrator	Atmospheric Correction	11/25/2019 10:22:00 PM		
Administrator	DataTuneUp	11/25/2019 10:22:07 PM	"Layinatus sifah CF_CT_25_75", "AutoSmooth", "AutoFlat2", "4000", "400"	

Spectrum Graph

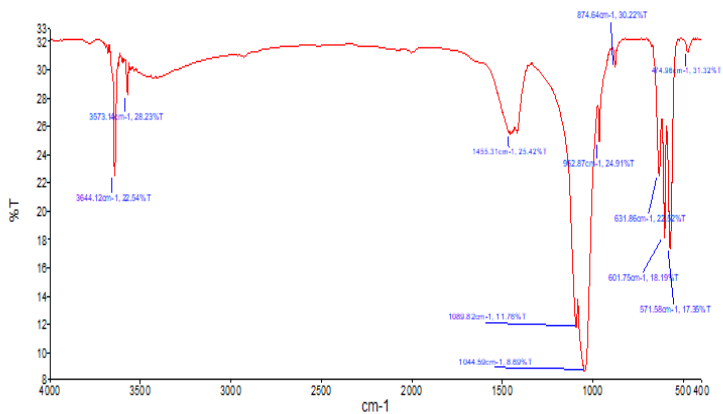


Name	Description
Layinatus sifah CF_CT_25_76_1	Sample CF:CT=25%:75% By Administrator Date Monday, November 25 2019

Peak Table Results

SpectrumName
Layinatus sifah CF_CT_25_76_1

PeakName	X	Y
13	474.96	31.32
12	571.58	17.35
11	601.75	18.19
10	631.86	22.52
9	874.64	30.22
8	962.87	24.91
7	1044.59	8.69
6	1089.82	11.76
5	1455.31	25.42
4	3435.46	29.46
3	3573.14	28.23
2	3644.12	22.54
1	3680.18	31.18



4. Hasil uji Sampel D

PerkinElmer Spectrum Version 10.03.06
Monday, November 25, 2019 11:15 PM

Report

Filename Layinatus Sifah CF_CT_50_50_1
Analyst Administrator
Description Sample CF : CT = 50%:50% By Administrator Date Monday, November 25 2019

Sample Details

Creation Date 11/25/2019 10:35:09 PM
X-Axis Units cm-1
X-Axis start value 4000
X-Axis end value 400
Data interval -1
Number of points 3601
Y-Axis Units %T

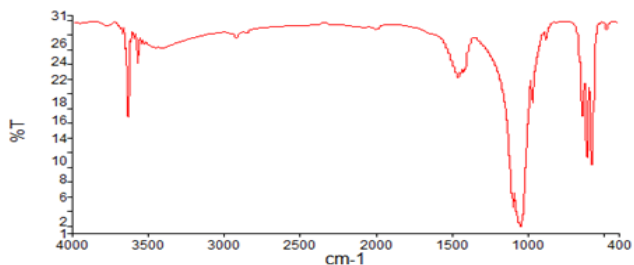
Instrument

Instrument Model Frontier FT-IR
Instrument Serial Number 98881
Software Revision CPU32 Main 00.09.9951 07-September-2011 11:49:41
Number of Scans 3
Resolution 4

History

Who	What	When	Parameters	Comment
Administrator	Created as New Dataset	11/25/2019 10:35:09 PM		Sample CF : CT = 50%:50% By Administrator Date Monday, November 25 2019
Administrator	Atmospheric Correction	11/25/2019 10:35:09 PM		
Administrator	DataTuneUp	11/25/2019 10:37:30 PM	"Layinatus Sifah CF_CT_50_50", "AutoSmooth", "AutoFlat2", "4000", "400"	

Spectrum Graph

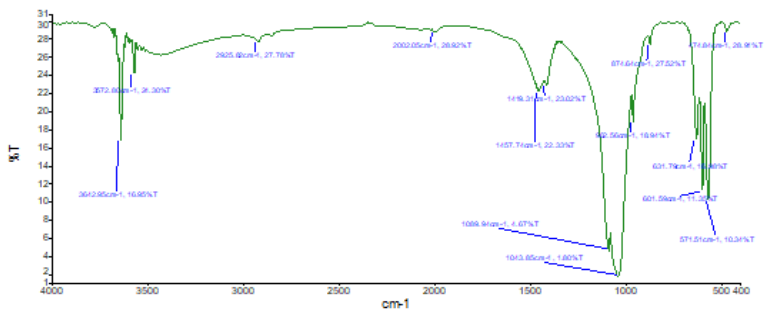


Name	Description
Layinatus Sifah CF_CT_50_50_1	Sample CF : CT = 50%:50% By Administrator Date Monday, November 25 2019

Peak Table Results

SpectrumName
Layinatus Sifah CF_CT_50_50_1

PeakName	X	Y
17	474.84	28.91
16	571.51	10.34
15	601.59	11.35
14	631.79	16.98
13	874.64	27.52
12	982.56	18.94
11	1043.85	1.8
10	1089.94	4.67
9	1419.31	23.02
8	1457.74	22.33
7	2002.05	28.92
6	2925.82	27.78
5	3435.75	26.33
4	3572.8	24.3
3	3601.91	27.67
2	3642.95	16.95
1	3680.12	28.29



5. Hasil uji Sampel E

PerkinElmer Spectrum Version 10.03.06
Monday, November 25, 2019 11:15 PM

Report

Filename Layinatus Sifah CF_CT_75_25_1
Analyst Administrator
Description Sample CF:CT=75%:25% By Administrator Date Monday, November 25 2019

Sample Details

Creation Date 11/25/2019 10:49:43 PM
X-Axis Units cm-1
X-Axis start value 4000
X-Axis end value 400
Data interval -1
Number of points 3601
Y-Axis Units %T

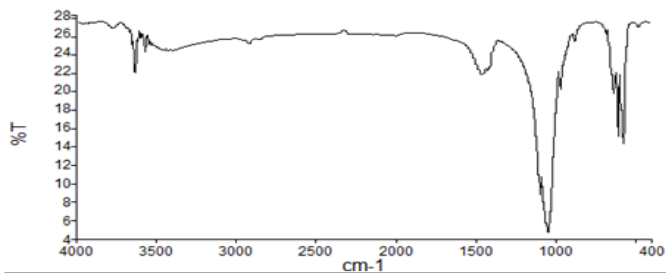
Instrument

Instrument Model Frontier FT-IR
Instrument Serial Number 96681
Software Revision CPU32 Main 00.09.9951 07-September-2011 11:49:41
Number of Scans 3
Resolution 4

History

Who	What	When	Parameters	Comment
Administrator	Created as New Dataset	11/25/2019 10:49:43 PM		Sample CF:CT=75%:25% By Administrator Date Monday, November 25 2019
Administrator	Atmospheric Correction	11/25/2019 10:49:43 PM		
Administrator	DataTuneUp	11/25/2019 11:04:23 PM	"Layinatus Sifah CF_CT_75_25", "AutoSmooth", "AutoFlat2", "4000", "400"	

Spectrum Graph

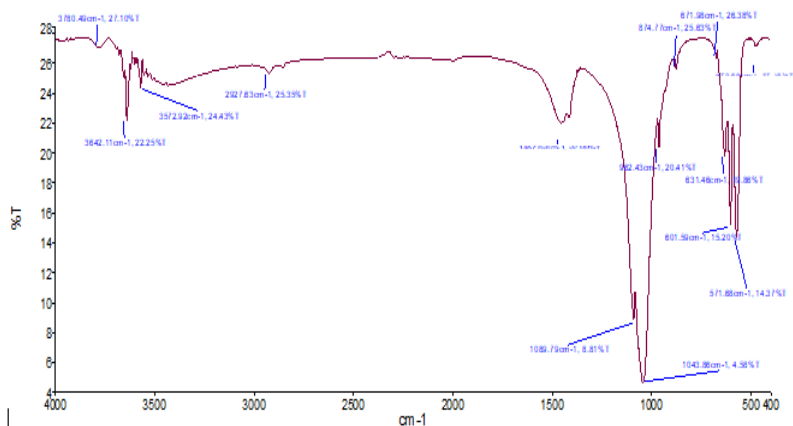


Name	Description
Layinatus Sifah CF_CT_75_25_1	Sample CF:CT=75%:25% By Administrator Date Monday, November 25 2019

Peak Table Results

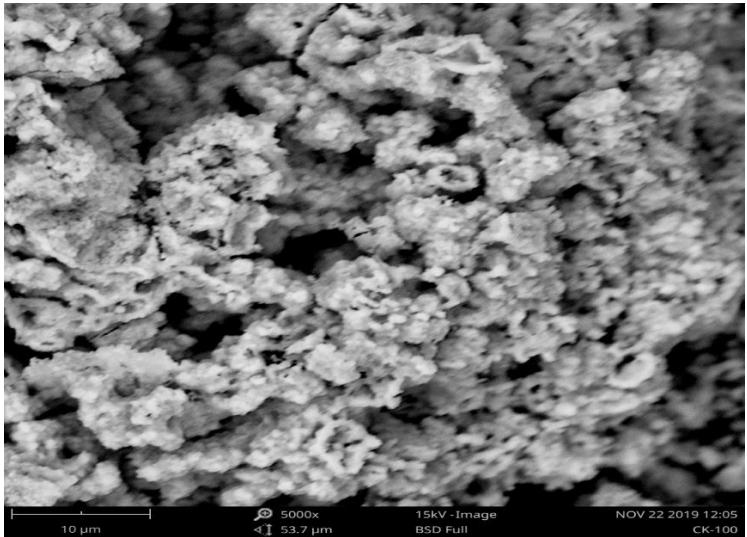
SpectrumName
Layinatus Sifah CF_CT_75_25_1

PeakName	X	Y
16	475.68	27.18
15	571.68	14.37
14	601.59	15.2
13	631.48	19.86
12	671.98	26.38
11	874.77	25.63
10	962.43	20.41
9	1043.86	4.58
8	1089.79	8.81
7	1457.82	22
6	2927.63	25.35
5	3438.28	24.57
4	3572.92	24.43
3	3642.11	22.25
2	3655.62	25.04
1	3780.49	27.1

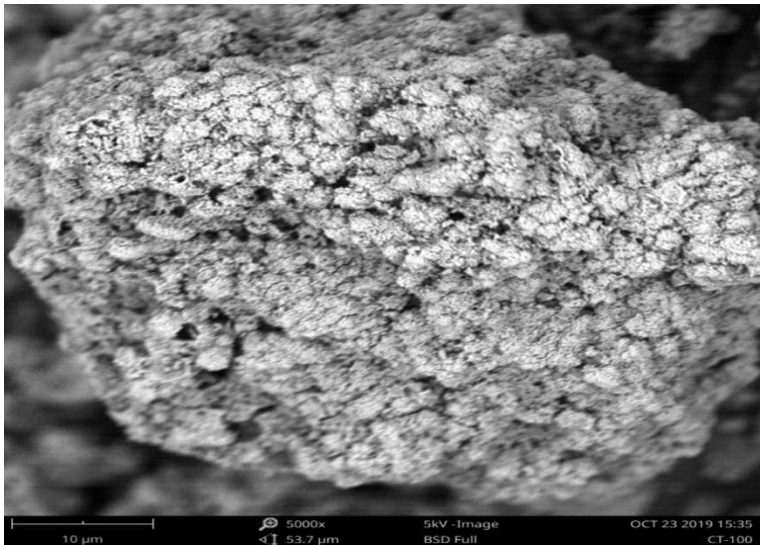


Lampiran 3 Hasil Uji SEM

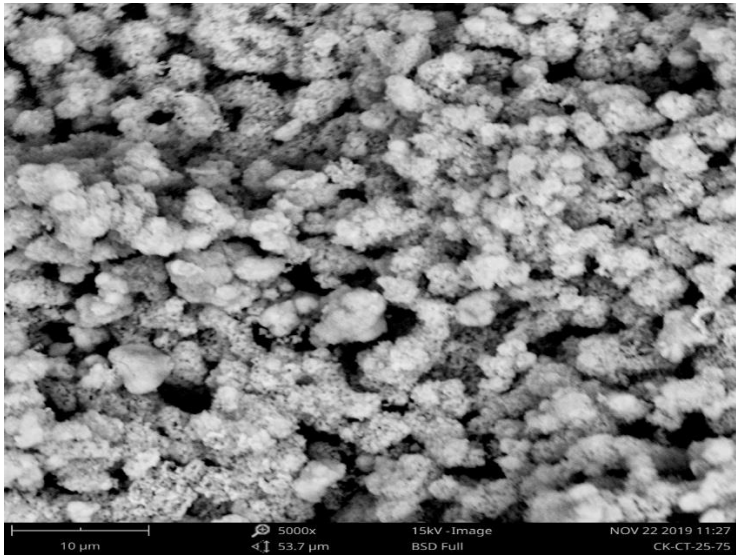
1. Hasil Uji SEM Sampel A



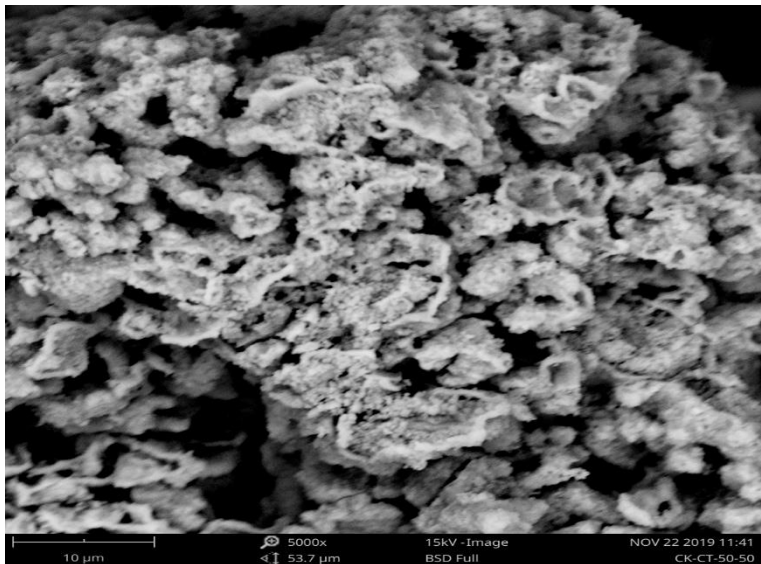
2. Hasil Uji SEM Sampel B



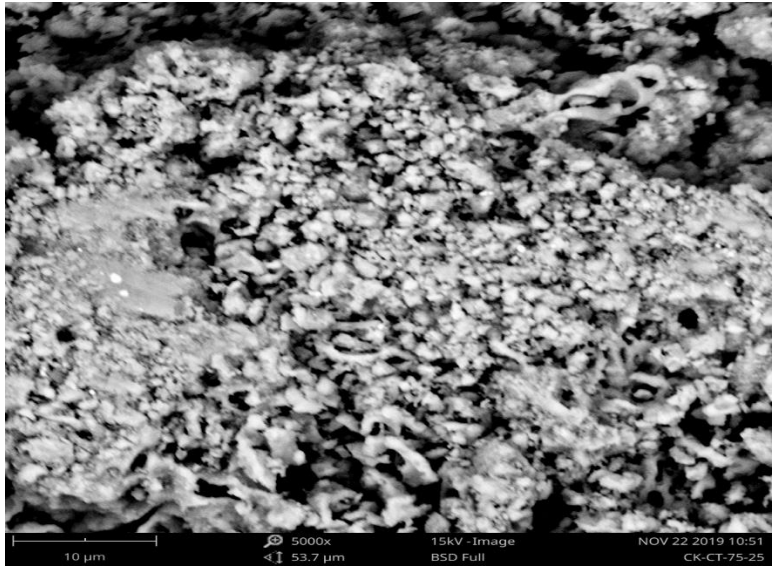
3. Hasil Uji SEM Sempel C



4. Hasil Uji SEM Sampel D



5. Hasil Uji SEM Sampel E



Lampiran 4 Hasil Tingkat Kekakasaran Permukaan Morfologi Hidroksiapatit

1. Sampel A

a. Titik 1

```
Statistical Quantities
File: F:\Bismilah wisuda\data penelitian\DATA SEM\analysis
SEM\CK-1.tif
Data channel: Value (max)

Selected area: 197 x 197 at (0, 0) px
10,00 x 10,00 at (0,00, 0,00) µm
Mask in use: No

Average value: 575,2 nm
Minimum: 0,0 nm
Maximum: 992,2 nm
Median: 631,4 nm
Ra: 213,4 nm
Rms: 259,9 nm
Skew: -0,703
Kurtosis: -0,431
Surface area: 177,544 µm^2
Projected area: 100,000 µm^2
Inclination θ: 0,9 deg
Inclination φ: -13,6 deg
```

b. Titik 2

```
Statistical Quantities
File: F:\Bismilah wisuda\data penelitian\DATA SEM\analysis SEM\CK-2.tif
Data channel: Value (max)

Selected area: 197 x 197 at (0, 0) px
10,00 x 10,00 at (0,00, 0,00) µm
Mask in use: No

Average value: 538,9 nm
Minimum: 0,0 nm
Maximum: 972,5 nm
Median: 607,8 nm
Ra: 225,1 nm
Rms: 270,2 nm
Skew: -0,658
Kurtosis: -0,65
Surface area: 164,604 µm^2
Projected area: 100,000 µm^2
Inclination θ: 1,2 deg
Inclination φ: 0,2 deg
```

c. Titik 3

Statistical Quantities

File: F:\Bismilah wisuda\data penelitian\DATA SEM\analysis
SEM\CK-3.tif
Data channel: Value (max)

Selected area: 197 × 197 at (0, 0) px
10,00 × 10,00 at (0,00, 0,00) μm

Mask in use: No

Average value: 419,1 nm
Minimum: 0,0 nm
Maximum: 968,6 nm
Median: 451,0 nm
Ra: 260,0 nm
Rms: 297,1 nm
Skew: -0,0883
Kurtosis: -1,31
Surface area: 160,715 μm²
Projected area: 100,000 μm²
Inclination θ: 1,0 deg
Inclination φ: -15,4 deg

2. Sampel B

a. Titik 1

Statistical Quantities

File: F:\HASIL SEM\new ct 1.tif
Data channel: Value (max)

Selected area: 197 × 197 at (0, 0) px
10,00 × 10,00 at (0,00, 0,00) μm

Mask in use: No

Average value: 574,8 nm
Minimum: 0,0 nm
Maximum: 952,9 nm
Median: 596,1 nm
Ra: 139,3 nm
Rms: 173,2 nm
Skew: -0,47
Kurtosis: -0,185
Surface area: 172,314 μm²
Projected area: 100,000 μm²
Inclination θ: 0,7 deg
Inclination φ: 41,1 deg

b. Titik 2

Statistical Quantities

File: F:\HASIL SEM\new ct 2.tif
Data channel: Value (max)

Selected area: 197 × 197 at (0, 0) px
10,00 × 10,00 at (0,00, 0,00) μm

Mask in use: No

Average value: 556,5 nm
Minimum: 0,0 nm
Maximum: 976,5 nm
Median: 576,5 nm
Ra: 153,1 nm
Rms: 188,9 nm
Skew: -0,39
Kurtosis: -0,365
Surface area: 163,441 μm²
Projected area: 100,000 μm²
Inclination θ: 0,9 deg
Inclination φ: -149,0 deg

c. Titik 3

Statistical Quantities

File: F:\HASIL SEM\new ct 3.tif
Data channel: Value (max)

Selected area: 197 × 197 at (0, 0) px
10,00 × 10,00 at (0,00, 0,00) μm

Mask in use: No

Average value: 562,5 nm
Minimum: 0,0 nm
Maximum: 996,1 nm
Median: 576,5 nm
Ra: 181,6 nm
Rms: 221,3 nm
Skew: -0,206
Kurtosis: -0,623
Surface area: 193,096 μm²
Projected area: 100,000 μm²
Inclination θ: 0,5 deg
Inclination φ: 131,5 deg

3. Sampel C

a. Titik 1

Statistical Quantities

File: F:\Bismilah wisuda\data penelitian\DATA SEM\analysis
SEM\25-1.tif
Data channel: Value (max)

Selected area: 197 × 197 at (0, 0) px
10,00 × 10,00 at (0,00, 0,00) μm

Mask in use: No

Average value: 534,1 nm
Minimum: 0,0 nm
Maximum: 917,6 nm
Median: 576,5 nm
Ra: 193,5 nm
Rms: 232,5 nm
Skew: -0,589
Kurtosis: -0,584
Surface area: 128,546 μm²
Projected area: 100,000 μm²
Inclination θ: 0,7 deg
Inclination φ: -75,6 deg

b. Titik 2

Statistical Quantities

File: F:\Bismilah wisuda\data penelitian\DATA SEM\analysis
SEM\25-2.tif
Data channel: Value (max)

Selected area: 197 × 197 at (0, 0) px
10,00 × 10,00 at (0,00, 0,00) μm

Mask in use: No

Average value: 513,7 nm
Minimum: 0,0 nm
Maximum: 905,9 nm
Median: 545,1 nm
Ra: 171,5 nm
Rms: 212,4 nm
Skew: -0,594
Kurtosis: -0,198
Surface area: 132,897 μm²
Projected area: 100,000 μm²
Inclination θ: 0,5 deg
Inclination φ: 61,6 deg

c. Titik 3

```
Statistical Quantities

File: F:\Bismilah wisuda\data penelitian\DATA SEM\analysis
SEM\25-3.tif
Data channel: Value (max)

Selected area: 197 × 197 at (0, 0) px
               10,00 × 10,00 at (0,00, 0,00) μm
Mask in use: No

Average value: 569,9 nm
Minimum: 0,0 nm
Maximum: 921,6 nm
Median: 615,7 nm
Ra: 174,7 nm
Rms: 210,4 nm
Skew: -0,653
Kurtosis: -0,44
Surface area: 134,846 μm^2
Projected area: 100,000 μm^2
Inclination θ: 0,2 deg
Inclination φ: -54,0 deg
```

4. Sampel D

a. Titik 1

```
Statistical Quantities

File: F:\Bismilah wisuda\data penelitian\DATA SEM\analysis
SEM\50-1.tif
Data channel: Value (max)

Selected area: 197 × 197 at (0, 0) px
               10,00 × 10,00 at (0,00, 0,00) μm
Mask in use: No

Average value: 478,0 nm
Minimum: 0,0 nm
Maximum: 909,8 nm
Median: 525,5 nm
Ra: 191,3 nm
Rms: 233,9 nm
Skew: -0,618
Kurtosis: -0,547
Surface area: 146,665 μm^2
Projected area: 100,000 μm^2
Inclination θ: 1,9 deg
Inclination φ: -56,7 deg
```

b. Titik 2

Statistical Quantities

File: F:\Bismilah wisuda\data penelitian\DATA SEM\analysis
SEM\50-2.tif
Data channel: Value (max)

Selected area: 197 × 197 at (0, 0) px
10,00 × 10,00 at (0,00, 0,00) μm

Mask in use: No

Average value: 582,4 nm
Minimum: 0,0 nm
Maximum: 933,3 nm
Median: 654,9 nm
Ra: 189,9 nm
Rms: 239,2 nm
Skew: -1,06
Kurtosis: 0,23
Surface area: 141,318 μm²
Projected area: 100,000 μm²
Inclination θ: 0,4 deg
Inclination φ: 62,9 deg

c. Titik 3

Statistical Quantities

File: F:\Bismilah wisuda\data penelitian\DATA SEM\analysis
SEM\50-3.tif
Data channel: Value (max)

Selected area: 197 × 197 at (0, 0) px
10,00 × 10,00 at (0,00, 0,00) μm

Mask in use: No

Average value: 604,8 nm
Minimum: 0,0 nm
Maximum: 929,4 nm
Median: 647,1 nm
Ra: 165,2 nm
Rms: 206,0 nm
Skew: -0,896
Kurtosis: 0,346
Surface area: 143,184 μm²
Projected area: 100,000 μm²
Inclination θ: 0,6 deg
Inclination φ: -19,5 deg

5. Sampel E

a. Titik 1

Statistical Quantities

File: F:\Bismilah wisuda\data penelitian\DATA SEM\analysis
SEM\75-1.tif
Data channel: Value (max)

Selected area: 197 × 197 at (0, 0) px
10,00 × 10,00 at (0,00, 0,00) μm

Mask in use: No

Average value: 360,8 nm
Minimum: 0,0 nm
Maximum: 847,1 nm
Median: 352,9 nm
Ra: 175,0 nm
Rms: 211,6 nm
Skew: 0,072
Kurtosis: -0,832
Surface area: 126,561 μm²
Projected area: 100,000 μm²
Inclination θ: 1,4 deg
Inclination φ: -40,5 deg

b. Titik 2

Statistical Quantities

File: F:\Bismilah wisuda\data penelitian\DATA SEM\analysis
SEM\75-2.tif
Data channel: Value (max)

Selected area: 197 × 197 at (0, 0) px
10,00 × 10,00 at (0,00, 0,00) μm

Mask in use: No

Average value: 300,0 nm
Minimum: 0,0 nm
Maximum: 862,7 nm
Median: 305,9 nm
Ra: 196,8 nm
Rms: 227,3 nm
Skew: 0,122
Kurtosis: -1,13
Surface area: 129,095 μm²
Projected area: 100,000 μm²
Inclination θ: 1,1 deg
Inclination φ: 95,0 deg

c. Titik 3

Statistical Quantities

File: F:\Bismilah wisuda\data penelitian\DATA SEM\analysis
SEM\75-3.tif
Data channel: Value (max)

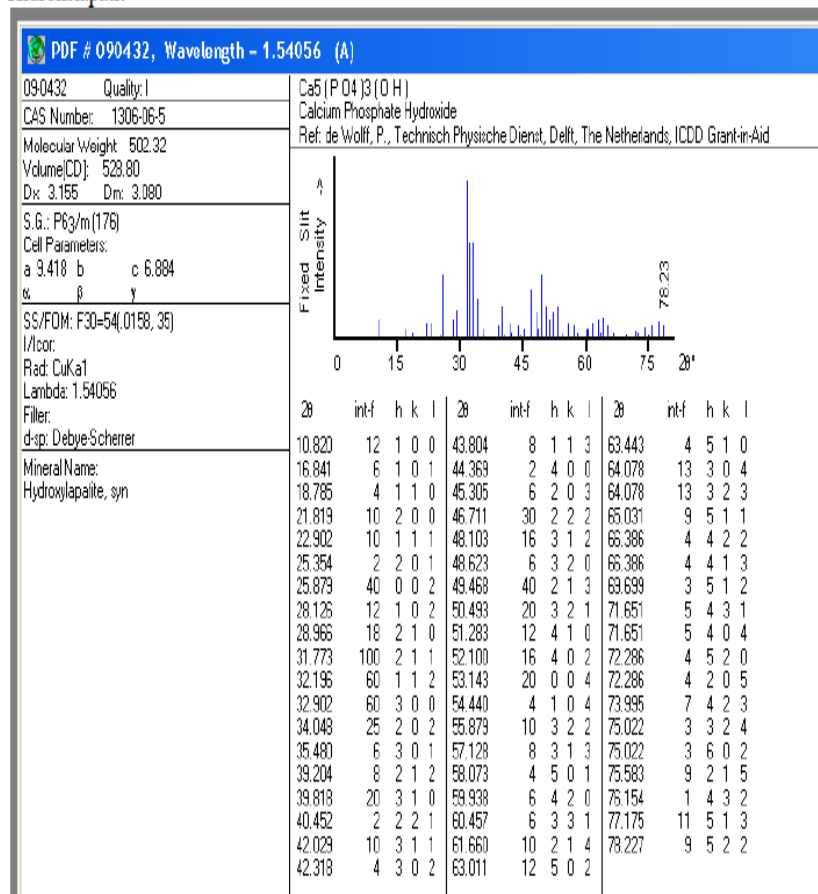
Selected area: 197 × 197 at (0, 0) px
10,00 × 10,00 at (0,00, 0,00) μm

Mask in use: No

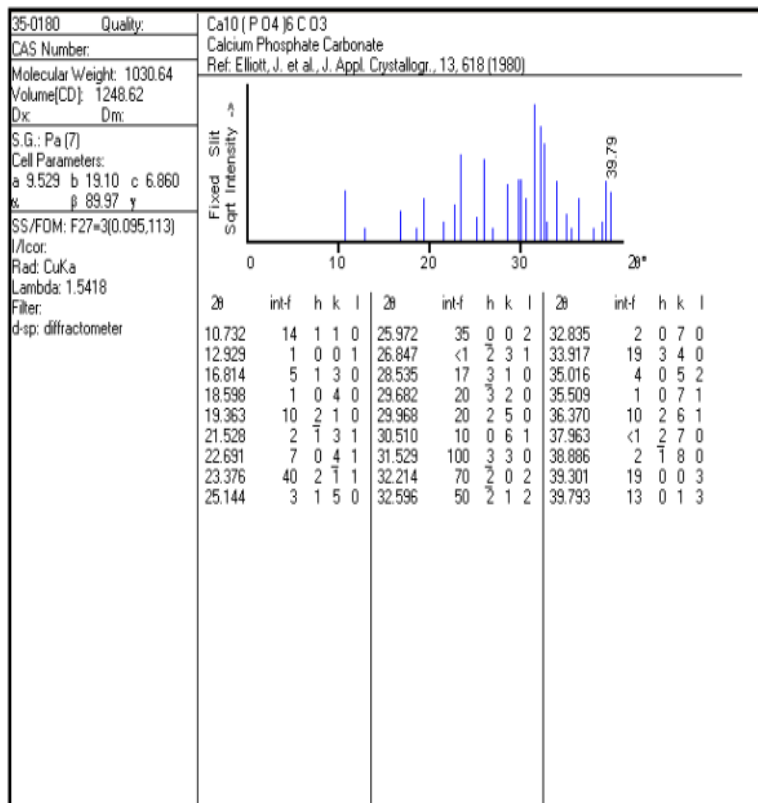
Average value: 518,2 nm
Minimum: 0,0 nm
Maximum: 882,4 nm
Median: 592,2 nm
Ra: 219,2 nm
Rms: 261,8 nm
Skew: -0,741
Kurtosis: -0,676
Surface area: 136,775 μm²
Projected area: 100,000 μm²
Inclination θ: 0,6 deg
Inclination φ: -74,9 deg

Lampiran 5 Database JCPDS Hidroksiapatit

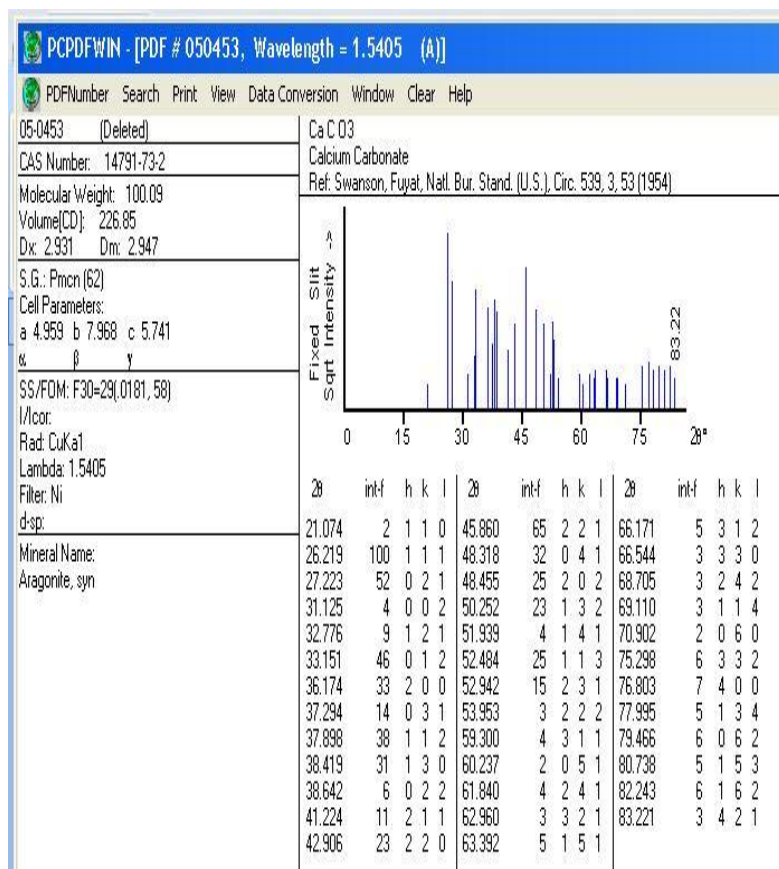
Hidroksiapatit



Lampiran 6 Database JCPDS Apatit Karbonat Tipe A (AKA)



Lampiran 7 Database CaCO₃ (Kalsium Karbonat)



Lampiran 8 Perhitungan Nilai d-spacing

Rumus :

$$d_{spacing} = \frac{n \lambda}{2 \sin \theta}$$

$$\lambda = 1,5406 \text{ \AA}$$

$$n = 1$$

Sampel	2 theta	Theta	d_{spacing}
A	25,996	12,998	1,7855
	31,932	15,966	1,4902
	34,209	17,1045	1,4060
B	25,7976	12,8988	1,7979
	32,0325	16,0162	1,4862
	34,2793	17,1396	1,4036
C	25,879	12,9485	1,7917
	31,813	15,9065	1,4950
	34,109	14,0545	1,4094
D	25,921	12,9605	1,7902
	31,844	15,922	1,4937
	34,129	17,0645	1,4088
E	25,906	12,953	1,7911
	32,836	15,018	1,4940
	34,144	17,072	1,4082

1. Sampel A

Peak 1

$$d_{spacing} = \frac{n \lambda}{2 \sin \theta} = \frac{1,5406}{2 \sin 0,2249} = 1,7855 \text{ \AA}$$

Peak 2

$$d_{spacing} = \frac{n \lambda}{2 \sin \theta} = \frac{1,5406}{2 \sin 0,2750} = 1,4902 \text{ \AA}$$

Peak 3

$$d_{spacing} = \frac{n \lambda}{2 \sin \theta} = \frac{1,5406}{2 \sin 0,2941} = 1,4060 \text{ \AA}$$

2. Sampel B

Peak 1

$$d_{spacing} = \frac{n \lambda}{2 \sin \theta} = \frac{1,5406}{2 \sin 0,2232} = 1,7979 \text{ \AA}$$

Peak 2

$$d_{spacing} = \frac{n \lambda}{2 \sin \theta} = \frac{1,5406}{2 \sin 0,2759} = 1,4862 \text{ \AA}$$

Peak 3

$$d_{spacing} = \frac{n \lambda}{2 \sin \theta} = \frac{1,5406}{2 \sin 0,2947} = 1,4036 \text{ \AA}$$

3. Sampel C

Peak 1

$$d_{spacing} = \frac{n \lambda}{2 \sin \theta} = \frac{1,5406}{2 \sin 0,22407} = 1,7917 \text{ \AA}$$

Peak 2

$$d_{spacing} = \frac{n \lambda}{2 \sin \theta} = \frac{1,5406}{2 \sin 0,27406} = 1,4950 \text{ \AA}$$

Peak 3

$$d_{spacing} = \frac{n \lambda}{2 \sin \theta} = \frac{1,5406}{2 \sin 0,29328} = 1,4094 \text{ \AA}$$

4. Sampel D

Peak 1

$$d_{spacing} = \frac{n \lambda}{2 \sin \theta} = \frac{1,5406}{2 \sin 0,2242} = 1,7902 \text{ \AA}$$

Peak 2

$$d_{spacing} = \frac{n \lambda}{2 \sin \theta} = \frac{1,5406}{2 \sin 0,2743} = 1,4937 \text{ \AA}$$

Peak 3

$$d_{spacing} = \frac{n \lambda}{2 \sin \theta} = \frac{1,5406}{2 \sin 0,2934} = 1,4088 \text{ \AA}$$

5. Sampel E

Peak 1

$$d_{spacing} = \frac{n \lambda}{2 \sin \theta} = \frac{1,5406}{2 \sin 0,2241} = 1,7911 \text{ \AA}$$

Peak 2

$$d_{spacing} = \frac{n \lambda}{2 \sin \theta} = \frac{1,5406}{2 \sin 0,2742} = 1,4940 \text{ \AA}$$

Peak 3

$$d_{spacing} = \frac{n \lambda}{2 \sin \theta} = \frac{1,5406}{2 \sin 0,2935} = 1,4082 \text{ \AA}$$

Lampiran 9 Perhitungan Ukuran Kristal Hidroksiapatit

Rumus :

$$D = K \frac{\lambda}{\beta \cos \theta}$$

Keterangan :

$$K = 0,9$$

$$\lambda = 1,5406 \text{ \AA}$$

$$\beta = \text{FWHM (rad)}$$

1. Sampel A

hkl	2θ ($^{\circ}$)	θ (rad)	B (rad)	D (nm)
002	25,996	0,2268	0,00209	67,9432
211	31,932	0,2786	0,00244	59,0216
202	34,209	0,2985	0,00322	44,9293

Peak 1

$$D = 0,9 \frac{1,5406}{0,00209 \cos 0,2268} = 679,432 \text{ \AA} = 67,9432 \text{ nm}$$

Peak 2

$$D = 0,9 \frac{1,5406}{0,00244 \cos 0,2786} = 590,216 \text{ \AA} = 59,0216 \text{ nm}$$

Peak 3

$$D = 0,9 \frac{1,5406}{0,00322 \cos 0,2985} = 449,293 \text{ \AA} = 44,9293 \text{ nm}$$

2. Sampel B

hkl	2θ (°)	θ (rad)	B (rad)	D (nm)
002	25,797	0,2251	0,016486	8,6279
112	32,032	0,2795	0,016486	8,7498
202	34,279	0,2991	0,010992	13,2002

Peak 1

$$D = 0,9 \frac{1,5406}{0,016486 \cos 0,2251} = 86,279 \text{ \AA} = 8,6279 \text{ nm}$$

Peak 2

$$D = 0,9 \frac{1,5406}{0,016486 \cos 0,2795} = 87,498 \text{ \AA} = 8,7498 \text{ nm}$$

Peak 3

$$D = 0,9 \frac{1,5406}{0,010992 \cos 0,2991} = 132,002 \text{ \AA} = 13,2002 \text{ nm}$$

3. Sampel C

hkl	2θ (°)	θ (rad)	B (rad)	D (nm)
002	25,897	0,2259	0,00244	58,2254
211	31,813	0,2776	0,00277	51,9533
202	34,109	0,2976	0,00432	33,5068

Peak 1

$$D = 0,9 \frac{1,5406}{0,00244 \cos 0,2259} = 582,254 = 58,2254 \text{ nm}$$

Peak 2

$$D = 0,9 \frac{1,5406}{0,00277 \cos 0,2776} = 519,533 \text{ \AA} = 51,9533 \text{ nm}$$

Peak 3

$$D = 0,9 \frac{1,5406}{0,00432 \cos 0,2976} = 335,068 \text{ \AA} = 33,5068 \text{ nm}$$

4. Sampel D

hkl	2θ ($^{\circ}$)	θ (rad)	B (rad)	D (nm)
002	25,921	0,2262	0,00239	59,5033
211	31,844	0,2778	0,00256	56,1987
202	34,129	0,2978	0,0037	39,1987

Peak 1

$$D = 0,9 \frac{1,5406}{0,00239 \cos 0,2262} = 595,033 \text{ \AA} = 59,5033 \text{ nm}$$

Peak 2

$$D = 0,9 \frac{1,5406}{0,00256 \cos 0,2778} = 561,987 \text{ \AA} = 56,1987 \text{ nm}$$

Peak 3

$$D = 0,9 \frac{1,5406}{0,0037 \cos 0,2978} = 391,987 \text{ \AA} = 39,1987 \text{ nm}$$

5. Sampel E

hkl	2θ ($^{\circ}$)	θ (rad)	B (rad)	D (nm)
002	25,906	0,2260	0,00219	64,6961
211	31,836	0,2778	0,00244	59,0075
202	34,144	0,2979	0,00340	42,6178

Peak 1

$$D = 0,9 \frac{1,5406}{0,00219 \cos 0,2260} = 646,961 \text{ \AA} = 64,6961 \text{ nm}$$

Peak 2

$$D = 0,9 \frac{1,5406}{0,00244 \cos 0,2778} = 590,075 \text{ \AA} = 59,0075 \text{ nm}$$

Peak 3

$$D = 0,9 \frac{1,5406}{0,00340 \cos 0,2979} = 426,178 \text{ \AA} = 42,6178 \text{ nm}$$

Lampiran 10 Perhitungan Parameter Kisi Hidroksiapatit

Perhitungan Konstanta Kisi Kristal (Heksagonal) Hidroksiapatit

$$\sin^2\theta = \frac{\lambda^2}{3} \frac{h^2+hk+k^2}{a^2} + \frac{\lambda^2}{4c^2} l^2$$

$$\lambda = 1,5406 \text{ \AA}$$

1. Sampel A

2θ (°)	θ (°)	h k l	θ(rad)	Sin² θ
10,972	5,486	1 0 0	0,09574876	0,009167697
25,996	12,998	0 0 2	0,2268579	0,05144179
29,098	14,549	1 0 2	0,25392795	0,064434735
31,932	15,966	2 1 1	0,27865927	0,077572976
33,073	16,5365	3 0 0	0,28861637	0,083203111
34,209	17,1045	2 0 2	0,29852984	0,089002142
39,98	19,99	3 1 0	0,34889132	0,121424774
46,812	23,406	2 2 2	0,40851176	0,166108342
49,571	24,7855	2 1 3	0,43258858	0,1860426

a. Nilai a

$$\sin^2\theta = \frac{\lambda^2}{3} \frac{h^2+hk+k^2}{a^2} + \frac{\lambda^2}{4c^2} l^2$$

$$0,0091677 = \frac{(1,5406 \cdot 10^{-10})^2}{3} \frac{1^2+1+0^2}{a^2} + \frac{(1,5406 \cdot 10^{-10})^2}{4c^2} 0^2$$

$$0,0091677 = \frac{2,373 \cdot 10^{-20}}{3a^2}$$

$$a^2 = 87,778 \cdot 10^{-20}$$

$$a = 9,3689 \cdot 10^{-10} = 9,3689 \text{ \AA}$$

b. Nilai c

$$\sin^2\theta = \frac{\lambda^2}{3} \frac{h^2+hk+k^2}{a^2} + \frac{\lambda^2}{4c^2} l^2$$

$$0,089 = \frac{(1,5406 \cdot 10^{-10})^2}{3} \frac{2^2+2+0^2}{(9,3689 \cdot 10^{-10})^2} + \frac{(1,5406 \cdot 10^{-10})^2}{4c^2} 2^2$$

$$0,089 = \frac{9,48 \cdot 10^{-20}}{263,328 \cdot 10^{-20}} + \frac{9,48 \cdot 10^{-20}}{4c^2}$$

$$c^2 = 44,716 \cdot 10^{-20}$$

$$c = 6,687 \cdot 10^{-10} = 6,687 \text{ \AA}$$

2. Sampel B

2θ (°)	θ (°)	h k l	θ (rad)	$\text{Sin}^2 \theta$
10,7009	5,35045	1 0 0	0,09338297	0,008720268
15,4969	7,74845	0 0 2	0,13523596	0,018287747
18,1246	9,0623	1 0 2	0,15816697	0,025014182
21,474	10,737	2 1 1	0,187396	0,035110044
23,1364	11,5682	3 0 0	0,20190318	0,040753604
25,7976	12,8988	2 0 2	0,22512653	0,05066026
28,6302	14,3151	3 1 0	0,24984563	0,062382306
32,0352	16,0176	2 2 2	0,27955986	0,078074178
34,2793	17,13965	2 1 3	0,29914333	0,089367344
46,7677	23,38385	2 2 2	0,40812517	0,165797016
53,7332	26,8666	0 0 4	0,46891063	0,21810976

a. Nilai a

$$\text{Sin}^2\theta = \frac{\lambda^2}{3} \frac{h^2+hk+k^2}{a^2} + \frac{\lambda^2}{4c^2} l^2$$

$$0,00872 = \frac{(1,5406 \cdot 10^{-10})^2}{3} \frac{1^2+1.0+0^2}{a^2} + \frac{(1,5406 \cdot 10^{-10})^2}{4c^2} 0^2$$

$$0,00872 = \frac{2,373 \cdot 10^{-20}}{3a^2}$$

$$a^2 = 90,711 \cdot 10^{-20}$$

$$a = 9,5242 \cdot 10^{-10}$$

$$a = 9,5242 \text{ \AA}$$

b. Nilai c

$$\text{Sin}^2\theta = \frac{\lambda^2}{3} \frac{h^2+hk+k^2}{a^2} + \frac{\lambda^2}{4c^2} l^2$$

$$0,0893 = \frac{(1,5406 \cdot 10^{-10})^2}{3} \frac{2^2+2.0+0^2}{(9,5242 \cdot 10^{-10})^2} + \frac{(1,5406 \cdot 10^{-10})^2}{4c^2} 2^2$$

$$0,0893 = \frac{9,48 \cdot 10^{-20}}{263,328 \cdot 10^{-20}} + \frac{9,48 \cdot 10^{-20}}{4c^2}$$

$$c^2 = 42,875 \cdot 10^{-20}$$

$$c = 6,546 \cdot 10^{-10} = 6,546 \text{ \AA}$$

3. Sampel C

2θ (°)	θ (°)	h k l	θ (rad)	$\text{Sin}^2 \theta$
10,851	5,4255	1 0 0	0,094692839	0,008966614
18,036	9,018	0 0 2	0,157393792	0,024770272
25,897	12,9485	1 0 2	0,225993958	0,051051068
31,813	15,9065	2 1 1	0,277620797	0,076997023
32,221	16,1105	3 0 0	0,281181269	0,078980562
34,109	17,0545	2 0 2	0,297657177	0,088483924
39,852	19,926	3 1 0	0,347774307	0,120652312
46,757	23,3785	2 2 2	0,408031799	0,165721861
49,525	24,7625	2 1 3	0,432187156	0,185701506

a. Nilai a

$$\text{Sin}^2\theta = \frac{\lambda^2}{3} \frac{h^2+hk+k^2}{a^2} + \frac{\lambda^2}{4c^2} l^2$$

$$0,00896 = \frac{(1,5406 \cdot 10^{-10})^2}{3} \frac{1^2+1.0+0^2}{a^2} + \frac{(1,5406 \cdot 10^{-10})^2}{4c^2} 0^2$$

$$0,00896 = \frac{2,373 \cdot 10^{-20}}{3a^2}$$

$$a^2 = 88,281 \cdot 10^{-20}$$

$$a = 9,3958 \cdot 10^{-10}$$

$$a = 9,3958 \text{ \AA}$$

b. Nilai c

$$\text{Sin}^2\theta = \frac{\lambda^2}{3} \frac{h^2+hk+k^2}{a^2} + \frac{\lambda^2}{4c^2} l^2$$

$$0,0884 = \frac{(1,5406 \cdot 10^{-10})^2}{3} \frac{2^2+2.0+0^2}{(9,3958 \cdot 10^{-10})^2} + \frac{(1,5406 \cdot 10^{-10})^2}{4c^2} 2^2$$

$$0,0893 = \frac{9,48 \cdot 10^{-20}}{264,843 \cdot 10^{-20}} + \frac{9,48 \cdot 10^{-20}}{4c^2}$$

$$c^2 = 44,971 \cdot 10^{-20}$$

$$c = 6,706 \cdot 10^{-10}$$

$$c = 6,706 \text{ \AA}$$

4. Sampel D

2θ (°)	θ (°)	h k l	θ (rad)	$\text{Sin}^2 \theta$
10,88	5,44	1 0 0	0,094945911	0,009014604
25,921	12,9605	0 0 2	0,226203398	0,051145652
29	14,5	1 0 2	0,253072742	0,064002037
31,844	15,922	2 1 1	0,277891324	0,077146857
32,251	16,1255	3 0 0	0,281443069	0,079127396
32,986	16,493	2 0 2	0,287857154	0,082766951
34,129	17,0645	3 1 0	0,29783171	0,088587448
39,889	19,9445	2 2 2	0,348097193	0,120875355
46,778	23,389	2 1 3	0,408215059	0,165869376

a. Nilai a

$$\text{Sin}^2\theta = \frac{\lambda^2}{3} \frac{h^2+hk+k^2}{a^2} + \frac{\lambda^2}{4c^2}l^2$$

$$0,009015 = \frac{(1,5406 \cdot 10^{-10})^2}{3} \frac{1^2+1.0+0^2}{a^2} + \frac{(1,5406 \cdot 10^{-10})^2}{4c^2} 0^2$$

$$0,009015 = \frac{2,373 \cdot 10^{-20}}{3a^2}$$

$$a^2 = 87,742 \cdot 10^{-20}$$

$$a = 9,367 \cdot 10^{-10}$$

$$a = 9,367 \text{ \AA}$$

b. Nilai c

$$\text{Sin}^2\theta = \frac{\lambda^2}{3} \frac{h^2+hk+k^2}{a^2} + \frac{\lambda^2}{4c^2}l^2$$

$$0,0885 = \frac{(1,5406 \cdot 10^{-10})^2}{3} \frac{2^2+2.0+0^2}{(9,367 \cdot 10^{-10})^2} + \frac{(1,5406 \cdot 10^{-10})^2}{4c^2} 2^2$$

$$0,0885 = \frac{9,48 \cdot 10^{-20}}{263,222 \cdot 10^{-20}} + \frac{9,48 \cdot 10^{-20}}{4c^2}$$

$$c^2 = 45,142 \cdot 10^{-20}$$

$$c = 6,718 \cdot 10^{-10}$$

$$c = 6,718 \text{ \AA}$$

5. Sampel E

2θ (°)	θ (°)	h k l	θ (rad)	$\text{Sin}^2 \theta$
10,881	5,4405	1 0 0	0,09495464	0,009016261
25,906	12,953	0 0 2	0,2260725	0,051086527
29,001	14,5005	1 0 2	0,25308147	0,064006445
31,836	15,918	2 1 1	0,27782151	0,077108176
32,236	16,118	3 0 0	0,28131217	0,079053962
32,979	16,4895	2 0 2	0,28779607	0,082731907
34,114	17,057	3 1 0	0,29770081	0,088509799
39,886	19,943	2 2 2	0,34807101	0,120857263
46,723	23,3615	2 1 3	0,40773509	0,16548316

a. Nilai a

$$\text{Sin}^2\theta = \frac{\lambda^2}{3} \frac{h^2+hk+k^2}{a^2} + \frac{\lambda^2}{4c^2} l^2$$

$$0,009016 = \frac{(1,5406 \cdot 10^{-10})^2}{3} \frac{1^2+1.0+0^2}{a^2} + \frac{(1,5406 \cdot 10^{-10})^2}{4c^2} 0^2$$

$$0,009016 = \frac{2,373 \cdot 10^{-20}}{3a^2}$$

$$a^2 = 87,732 \cdot 10^{-20}$$

$$a = 9,366 \cdot 10^{-10}$$

$$a = 9,366 \text{ \AA}$$

b. Nilai c

$$\text{Sin}^2\theta = \frac{\lambda^2}{3} \frac{h^2+hk+k^2}{a^2} + \frac{\lambda^2}{4c^2} l^2$$

$$0,08851 = \frac{(1,5406 \cdot 10^{-10})^2}{3} \frac{2^2+2.0+0^2}{(9,366 \cdot 10^{-10})^2} + \frac{(1,5406 \cdot 10^{-10})^2}{4c^2} 2^2$$

$$0,08851 = \frac{9,48 \cdot 10^{-20}}{262,997 \cdot 10^{-20}} + \frac{9,48 \cdot 10^{-20}}{4c^2}$$

$$c^2 = 45,134 \cdot 10^{-20}$$

$$c = 6,718 \cdot 10^{-10}$$

$$c = 6,718 \text{ \AA}$$

Lampiran 11 Perhitungan Ukuran Pori

1. Sampel A

10 μm	= 192 px
1 μm	= $\frac{10}{192}$ px
a. Pori 1	= $113 \times \frac{10}{192} = 5,88 \mu\text{m}$
b. Pori 2	= $59 \times \frac{10}{192} = 3,07 \mu\text{m}$
c. Pori 3	= $47 \times \frac{10}{192} = 2,447 \mu\text{m}$
d. Pori 4	= $51 \times \frac{10}{192} = 2,656 \mu\text{m}$
e. Pori 5	= $37 \times \frac{10}{192} = 1,92 \mu\text{m}$
f. Pori 6	= $45 \times \frac{10}{192} = 2,34 \mu\text{m}$
g. Pori 7	= $81 \times \frac{10}{192} = 4,218 \mu\text{m}$
h. Pori 8	= $109 \times \frac{10}{192} = 5,677 \mu\text{m}$
i. Pori 9	= $51 \times \frac{10}{192} = 2,656 \mu\text{m}$
j. Pori 10	= $55 \times \frac{10}{192} = 2,864 \mu\text{m}$

Rata-Rata Ukuran Pori

$$\Sigma = \frac{5,88+3,07+2,447+2,656+1,92+2,34+4,218+5,677+2,656+2,864}{10}$$

$$= 3,37 \mu\text{m}$$

2. Sampel B

	$10 \mu\text{m}$	$= 191 \text{ px}$
	$1 \mu\text{m}$	$= \frac{10}{191} \text{ px}$
a.	Pori 1	$= 26 \times \frac{10}{191} = 1,36 \mu\text{m}$
b.	Pori 2	$= 29 \times \frac{10}{191} = 1,518 \mu\text{m}$
c.	Pori 3	$= 32 \times \frac{10}{191} = 1,675 \mu\text{m}$
d.	Pori 4	$= 25 \times \frac{10}{191} = 1,308 \mu\text{m}$
e.	Pori 5	$= 28 \times \frac{10}{191} = 1,465 \mu\text{m}$
f.	Pori 6	$= 22 \times \frac{10}{191} = 1,151 \mu\text{m}$
g.	Pori 7	$= 23 \times \frac{10}{191} = 1,204 \mu\text{m}$
h.	Pori 8	$= 21 \times \frac{10}{191} = 1,099 \mu\text{m}$
i.	Pori 9	$= 22 \times \frac{10}{191} = 1,151 \mu\text{m}$
j.	Pori 10	$= 26 \times \frac{10}{191} = 1,36 \mu\text{m}$

Rata-Rata Ukuran Pori

$$\Sigma = \frac{1,36 + 1,518 + 1,675 + 1,308 + 1,465 + 1,151 + 1,204 + 1,099 + 1,151 + 1,36}{10}$$

$$= 1,32 \mu\text{m}$$

3. Sampel C

$$\begin{aligned} 10 \mu\text{m} &= 191 \text{ px} \\ 1 \mu\text{m} &= \frac{10}{191} \text{ px} \\ \text{a. Pori 1} &= 23 \times \frac{10}{191} = 1,20 \mu\text{m} \\ \text{b. Pori 2} &= 31 \times \frac{10}{191} = 1,62 \mu\text{m} \\ \text{c. Pori 3} &= 40 \times \frac{10}{191} = 2,09 \mu\text{m} \\ \text{d. Pori 4} &= 26 \times \frac{10}{191} = 1,36 \mu\text{m} \\ \text{e. Pori 5} &= 30 \times \frac{10}{191} = 1,57 \mu\text{m} \\ \text{f. Pori 6} &= 50 \times \frac{10}{191} = 2,617 \mu\text{m} \\ \text{g. Pori 7} &= 23 \times \frac{10}{191} = 1,20 \mu\text{m} \\ \text{h. Pori 8} &= 34 \times \frac{10}{191} = 1,78 \mu\text{m} \\ \text{i. Pori 9} &= 29 \times \frac{10}{191} = 1,518 \mu\text{m} \\ \text{j. Pori 10} &= 54 \times \frac{10}{191} = 2,827 \mu\text{m} \end{aligned}$$

Rata-Rata Ukuran Pori

$$\Sigma = \frac{1,20+1,62+2,09+1,36+1,57+2,617+1,20+1,78+1,518+2,827}{10}$$

$$= 1,77 \mu\text{m}$$

4. Sampel D

$10 \mu\text{m}$	$= 191 \text{ px}$
$1 \mu\text{m}$	$= \frac{10}{191} \text{ px}$
a. Pori 1	$= 58 \times \frac{10}{191} = 3,036 \mu\text{m}$
b. Pori 2	$= 42 \times \frac{10}{191} = 2,19 \mu\text{m}$
c. Pori 3	$= 51 \times \frac{10}{191} = 2,67 \mu\text{m}$
d. Pori 4	$= 59 \times \frac{10}{191} = 3,08 \mu\text{m}$
e. Pori 5	$= 29 \times \frac{10}{191} = 1,518 \mu\text{m}$
f. Pori 6	$= 41 \times \frac{10}{191} = 2,14 \mu\text{m}$
g. Pori 7	$= 37 \times \frac{10}{191} = 1,93 \mu\text{m}$
h. Pori 8	$= 34 \times \frac{10}{191} = 1,78 \mu\text{m}$
i. Pori 9	$= 53 \times \frac{10}{191} = 2,77 \mu\text{m}$
j. Pori 10	$= 45 \times \frac{10}{191} = 2,35 \mu\text{m}$

Rata-Rata Ukuran Pori

$$\Sigma = \frac{3,036+2,19+2,67+3,08+1,518+2,14+1,93+1,78+2,77+2,35}{10}$$

$$= 2,34 \mu\text{m}$$

5. Sampel E

	$10 \mu\text{m}$	$= 191 \text{ px}$
	$1 \mu\text{m}$	$= \frac{10}{191} \text{ px}$
a.	Pori 1	$= 46 \times \frac{10}{191} = 2,408 \mu\text{m}$
b.	Pori 2	$= 57 \times \frac{10}{191} = 2,98 \mu\text{m}$
c.	Pori 3	$= 54 \times \frac{10}{191} = 2,82 \mu\text{m}$
d.	Pori 4	$= 51 \times \frac{10}{191} = 2,67 \mu\text{m}$
e.	Pori 5	$= 27 \times \frac{10}{191} = 1,41 \mu\text{m}$
f.	Pori 6	$= 78 \times \frac{10}{191} = 4,08 \mu\text{m}$
g.	Pori 7	$= 60 \times \frac{10}{191} = 3,14 \mu\text{m}$
h.	Pori 8	$= 36 \times \frac{10}{191} = 1,88 \mu\text{m}$
i.	Pori 9	$= 33 \times \frac{10}{191} = 1,72 \mu\text{m}$
j.	Pori 10	$= 25 \times \frac{10}{191} = 1,308 \mu\text{m}$

Rata-Rata Ukuran Pori

$$\Sigma = \frac{2,408+2,98+2,82+2,67+1,41+4,08+3,14+1,88+1,72+1,308}{10}$$

$$= 2,44 \mu\text{m}$$

Lampiran 12 Tingkat Kekasaran Permukaan

1. Sampel A

a. Titik 1

$$197 \text{ px} \times 197 \text{ px} = 259,9 \text{ nm}$$

b. Titik 2

$$197 \text{ px} \times 197 \text{ px} = 270,2 \text{ nm}$$

c. Titik 3

$$197 \text{ px} \times 197 \text{ px} = 297,1 \text{ nm}$$

Rata-Rata Tingkat Kekasaran Permukaan

$$\begin{aligned}\Sigma &= \frac{291,3+270,2+297,1}{3} \\ &= 275,7 \text{ nm}\end{aligned}$$

2. Sampel B

a. Titik 1

$$197 \text{ px} \times 197 \text{ px} = 173,2 \text{ nm}$$

b. Titik 2

$$197 \text{ px} \times 197 \text{ px} = 188,9 \text{ nm}$$

c. Titik 3

$$197 \text{ px} \times 197 \text{ px} = 221,3 \text{ nm}$$

Rata-Rata Tingkat Kekasaran Permukaan

$$\begin{aligned}\Sigma &= \frac{173,2+188,9+221,3}{3} \\ &= 194,4 \text{ nm}\end{aligned}$$

3. Sampel C

a. Titik 1

$$197 \text{ px} \times 197 \text{ px} = 232,5 \text{ nm}$$

b. Titik 2

$$197 \text{ px} \times 197 \text{ px} = 212,4 \text{ nm}$$

c. Titik 3

$$197 \text{ px} \times 197 \text{ px} = 210,4 \text{ nm}$$

Rata-Rata Tingkat Kekasaran Permukaan

$$\begin{aligned} \Sigma &= \frac{232,5 + 212,4 + 210,4}{3} \\ &= 218,4 \text{ nm} \end{aligned}$$

4. Sampel D

a. Titik 1

$$197 \text{ px} \times 197 \text{ px} = 233,9 \text{ nm}$$

b. Titik 2

$$197 \text{ px} \times 197 \text{ px} = 239,2 \text{ nm}$$

c. Titik 3

$$197 \text{ px} \times 197 \text{ px} = 206 \text{ nm}$$

Rata-Rata Tingkat Kekasaran Permukaan

$$\begin{aligned} \Sigma &= \frac{233,9 + 239,2 + 206}{3} \\ &= 226,4 \text{ nm} \end{aligned}$$

5. Sampel E

a. Titik 1

$$197 \text{ px} \times 197 \text{ px} = 211,6 \text{ nm}$$

b. Titik 2

$$197 \text{ px} \times 197 \text{ px} = 227,3 \text{ nm}$$

c. Titik 3

$$197 \text{ px} \times 197 \text{ px} = 261,8 \text{ nm}$$

Rata-Rata Tingkat Kekasaran permukaan

$$\Sigma = \frac{211,6+227,3+261,8}{3}$$

$$= 233,6 \text{ nm}$$

Lampiran 13 Dokumentasi

Dokumentasi Penelitian

1. Pembuatan Sebuk cangkang kerang darah dan cangkang telur ayam



Pembersihan cangkang kerang darah



Pengeringan cangkang kerang darah



Pembersihan cangkang telur ayam



Perebusan cangkang telur ayam



Pengeringan cangkang telur ayam



Penghalusan cangkang kerang darah dan telur ayam



Pegeringan serbuk cangkang menggunakan oven suhu 150°C



Penyaringan dengan ayakan ukuran 60 mesh



Proses kalsinasi dengan
furnace



Serbuk cangkang kerang
darah hasil kalsinasi



Serbuk cangkang telur ayam
setelah kalsinasi

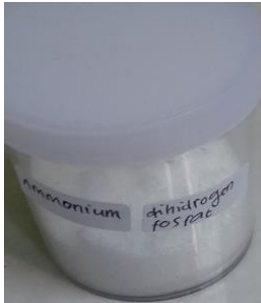
2. Pembuatan Hidroksiapatit



Serbuk
kerang darah



Serbuk cangkang telur
ayam



$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$



Aquadest



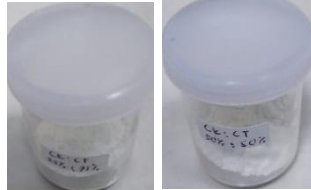
Pencampuran serbuk dan
Kalsium $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$



Pengeringan hidroksiapatit selama
5jam



Proses kalsinasi hasil sintesis hidroksiapatit



Serbuk Hidroksiapatit

Lampiran 14

Surat Penunjukkan Pembimbing



**KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

Jl. Prof. DR. Hamka Km.01 Ngaliyan-Semarang 50181 Telp./Fax (024)76433366

NO : B-4896/Un.108/J2/pp.00.9/11/2019 Semarang 28 November 2019

Lamp : -

Hal : Penunjukkan Pembimbing Skripsi

Yth,

1. Dr. Hamdan Hadi Kusuma, S.Pd, M.Sc
2. Sheilla Rully Anggita, M.Si

Assalamu'alaikum Wr. Wb

Berdasarkan hasil pembahasan usul judul penelitian pada Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi, Maka disetujui judul skripsi mahasiswa :

Nama : Layyiantus Sifah

NIM : 1508026024

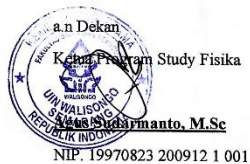
Judul : **Analisis Kandungan Dan Struktur Hidroksiapatit Dari Cangkang Kerang Darah (*Anandara Granosa*) Dan Cangkang Telur Sebagai Bahan Gigi Tiruan**

Dan menunjuk :

1. Dr. Hamdan Hadi Kusuma, S.Pd, M.Sc sebagai Pembimbing I
2. Sheilla Rully Anggita, M.Si sebagai Pembimbing II

Demikian penunjukan pembimbing skripsi ini di sampaikan atas perhatian yang diberikan kami ucapkan terimakasih

Wassalamu'alaikum Wr. Wb





Tembusan :

1. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo (sebagai laporan)
2. Mahasiswa yang bersangkutan
3. Arsip

Lampiran 15

Surat Izin Riset 1

	KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO SEMARANG FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI Alamat: Jl.Prof. Dr. Hamka Km. 1 Semarang Telp. 024 76433366 Semarang 50185	
Nomor	: B. 3838/Un.10.8/D1/TL.00/10/2019	Semarang, 3 Oktober 2019
Lamp	: Proposal Skripsi	
Hal	: Permohonan Izin Riset	
Kepada Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang di Semarang		
Assalamu'alaikum Wr. Wb.		
Diberitahukan dengan hormat dalam rangka penulisan skripsi, bersama ini kami sampaikan bahwa mahasiswa di bawah ini :		
Nama	: Layyinatus Sifah	
NIM	: 1508026024	
Fakultas/Jurusan	: Sains dan Teknologi / Fisika	
Judul Sekripsi	: "Analisis Kandungan dan Struktur Morfologi Hidroksiapatit Dari Cangkang Kerang Darah (anandara granosa) Cangkang Telur Untuk Aplikasi Bahan Gigi "	
Pembimbing	: 1. Dr. Hamdan Hadi Kusuma, S.Pd., M.Sc. 2. Sheilla Rully Anggita, M.Sc.	
Mahasiswa tersebut membutuhkan data-data dengan tema/judul skripsi yang sedang disusun, oleh karena itu kami mohon mahasiswa tersebut di ijinakan melaksanakan Riset pada tanggal 15 Oktober 2019 di Instansi yang Bapak/Ibu Pimpin.		
Demikian atas perhatian dan kerjasamanya disampaikan terima kasih.		
Wassalamu'alaikum Wr. Wb.		
 a.n. Dekan Wakil Dekan Bidang Akademik dan Kelembagaan Dr. Saminanto, M.Sc. NIP. 197206042003121002 4		
Tembusan Yth. 1. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo (sebagai laporan) 2. Arsip		

Lampiran 16

Surat Izin Riset 2



KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO SEMARANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

Alamat: Jl.Prof. Dr. Hamka Km. 1 Semarang Telp. 024 76433366 Semarang 50185

Nomor : B. 5127/Un.10.8/D1/TL.00/12/2019 Semarang, 13 Desember 2019
Lamp : Proposal Skripsi
Hal : Permohonan Izin Riset

Kepada Yth.
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Walisongo Semarang
di Semarang

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Diberitahukan dengan hormat dalam rangka penulisan skripsi, bersama ini kami sampaikan bahwa mahasiswa di bawah ini :

Nama : Layyinatul Sifah
NIM : 1508026024
Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi / Fisika
Judul Skripsi : "Analisis Kandungan dan Struktur Hidroksiapatit Dari Cangkang Kerang Darah (*Anardora Granosa*) dan Cangkang Telur Sebagai bahan Gigi Tiruan"
Pembimbing : 1. Dr. Hamdan Hadi Kusuma, S.Pd., M.Sc.
2. Sheila Rully Anggita, M.Si.

Mahasiswa tersebut membutuhkan data-data dengan tema/judul skripsi yang sedang disusun, oleh karena itu kami mohon mahasiswa tersebut di ijinkan melaksanakan Riset di Laboratorium Kimia pada tanggal 16 Desember 2019.

Demikian atas perhatian dan kerjasamanya disampaikan terima kasih.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.



Tembusan Yth.

1. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo (sebagai laporan)
2. Arsip

Lampiran 17

Surat Izin Riset 3



KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

Alamat: Jl. Prof. Dr. Hamka Km. 1 Semarang Telp. 024 76433366 Semarang 50185

Nomor : B.95/Un.10.8/D1/TL.00/01/2020
Lamp : Proposal Skripsi
Hal : Permohonan Izin Riset

Semarang, 9 Januari 2020

Kepada Yth.

Dekan Fakultas Matematika dan
Ilmu Pengetahuan Alama
Universitas Negeri Semarang
di Semarang.

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Diberitahukan dengan hormat dalam rangka tugas akhir / penulisan skripsi,
bersama ini kami sampaikan bahwa mahasiswa di bawah ini :

Nama : **Layinatus Sifah**
NIM : 1508026024
Fakultas : Sains dan Teknologi
Jurusan : Fisika
Semester/tahun : Genap 2019/2020

Judul Skripsi : "Analisi Kandungan Dan Struktur Hidroksiapatit Dari
Cangkang Kerang Darah (*Anandara granosa*) Dan Cangkang Telur Sebagai
Bahan Tiruan.

Dosen Pembimbing : 1. Dr. Hamdan Hadi Kusuma, S.Pd., M.Sc.
2. Sheilla Rully Anggita, M.Si.

Mahasiswa tersebut membutuhkan data-data dengan tema/judul skripsi
yang sedang disusun, mohon mahasiswa kami di ijinakan melaksanakan
Riset di Laboratorium Fisika Universitas Negeri Semarang yang bapak/Ibu
pimpin.

Data Penelitian tersebut diharapkan dapat menjadi bahan kajian (analisis)
Proposal Skripsi bagi mahasiswa kami.

Demikian atas perhatian dan kerjasamanya disampaikan terima kasih.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.



Dr. Saminanto, S.Pd., M.Sc.
NIP. 19720604 200312 1 002



Tembusan Yth.
1. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo (sebagai laporan)
2. Arsip

Lampiran 18

Surat Keterangan Riset 1



**KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

Alamat: Jl. Prof. Dr. Hamka Km.1 (Kampus I) Ngalyan Semarang 50185 Telp. 024 76433366

SURAT KETERANGAN RISET

Nomor : B-44/Un.10.8/J.2/PP.009/01/2020

Ketua Prodi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang menerangkan dengan sesungguhnya, bahwa :

Nama : LAYYINATUS SIFAH
NIM : 1508026024
Judul Skripsi : ANALISIS KANDUNGAN DAN STRUKTUR HIDROKSOAPATIT
DARI CANGKANG KERANG DARAH (ANANDARA GRANOSA)
DAN CANGKANG TELUR SEBAGAI BAHAN GIGI TIRUAN

telah melakukan penelitian di Laboratorium Fisika pada 15 Oktober 2019 - 17 Desember 2019.

Demikian surat keterangan ini dibuat dengan sesungguhnya, untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Mengetahui,
Ketua Prodi Fisika



Agus Sudarmanto, M.Si
NIP. 19770823 200912 1 001

Semarang, 6 Januari 2020
PLP Laboratorium Fisika

Widyastuti, S.Pd
NIP. 19840103 200912 2 005

Lampiran 19

Surat Keterangan Riset 2



**KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

Alamat: Jl. Prof. Dr. Hanka Km. 1 (Kampus II) Ngaliyan Semarang 50185 Telp. 024 76433366

SURAT KETERANGAN RISET

Nomor : B.540/Un.10.8/J7/PP.00.9/02/2020

Ketua Jurusan Pendidikan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang menerangkan dengan sesungguhnya, bahwa:

Nama : Layyinatus Sifah
NIM : 1508026024
Judul Skripsi : Analisis Kandungan dan Struktur Hidrosoapatit dari Cangkang Kerang Darah (*Anandara Granosa*) dan Cangkang Telur Sebagai Bahan Gigi Tiruan

telah melakukan penelitian di Laboratorium Kimia pada tanggal 15 Oktober 2019 – 17 Desember 2019.

Demikian surat keterangan ini dibuat dengan sesungguhnya, untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Mengetahui,
Ketua Jurusan Pendidikan Kimia



Agik Ratnawati, S.Pd, M.Si
NIP. 19730516 200604 2 002

Semarang, 11 Februari 2020
PLP Laboratorium Kimia

Anita Karunia Zustriani, S.Si
NIP. 19820309 200801 2 003

Lampiran 20

Surat Keterangan Riset 3



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
LABORATORIUM FISIKA
Gd. D9, Kampus Sekaran Gunungpati Semarang (50229) telp : (024)8508034

SURAT KETERANGAN

No. 028 / UN.37.1.4.3 / PP / 2020

Dengan ini, menerangkan bahwa mahasiswa yang tersebut di bawah ini :

Nama : *Layinatus Sifah*

Prodi / NIM : Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo /1508026024

Telah selesai melakukan pengujian sampel menggunakan alat uji SEM (*Scanning Electron Microscope*) dengan merk *Phenom Pro - X Desktop SEM with EDX*, XRD (*X-Ray Difrraction*) dengan merk *Panalytical XRD Xpert3 Powder*, dan FTIR (*Fourir Transform Infra Red*) dengan merk *Perkin Elmer FTIR* berupa sampel serbuk cangkang kerang darah dan cangkang telur di Laboratorium Fisika FMIPA UNNES dalam rangka penyusunan penelitian untuk Skripsi dengan judul "*Analisis Kandungan dan Struktur Hidroksiapatit dari Cangkang Kerang Darah (Anandara granosa) dan Cangkang Telur sebagai Bahan Tiruan*" pada bulan Januari 2020 (hasil pengujian terlampir).

Demikian surat keterangan ini dibuat agar digunakan dengan sebaik-baiknya.

Semarang, 28 Januari 2020

Kepala Laboratorium Fisika
FMIPA UNNES

Dr. Upik Nurbaiti M.Si.
NIP. 196708141991022001



Scanned with
CamScanner

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Nama : Layyinatussifah
Tempat, Tanggal Lahir : Demak, 27 April 1996
Alamat Asal :Dusun Karang rowo RT 03 RW
01 Ds. Karang rowo Kac.
Wonosalam Kab. Demak Jawa
Tengah
No.Hp : 085875868127
E-mail : layyinatussifah96@gmailcom

Riwayat Pendidikan

1. Pendidikan Formal :
 - a. SD N Karang rowo 2 lulus 2009
 - b. Mts Miftahus Salam 2 Wonosalam lulus 2012
 - c. MA Miftahus Salam Wonosalam lulus 2015
 - d. UIN Walisongo, lulus 2020
2. Pendidikan Non Formal
 - a. Madrasah Diniyyah Tarbiyatul Atfal