

**MODIFIKASI HIDROKSIAPATIT DOPING ZnO DALAM
MENINGKATKAN NILAI SPF (*SUN PROTECTION FACTOR*) SEBAGAI
BAHAN AKTIF TABIR SURYA**

SKRIPSI

**Disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh Gelar Sarjana Sains
pada Jurusan Kimia**



Jurusan Kimia
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati
Bandung
2022

HALAMAN PENGESAHAN

**MODIFIKASI HIDROKSIAPATIT DOPING ZnO DALAM
MENINGKATKAN NILAI SPF (*SUN PROTECTION FACTOR*) SEBAGAI
BAHAN AKTIF TABIR SURYA**

DRAFT SKRIPSI

PUTI RELA SUCIATI

NIM. 1187040052

Telah disetujui oleh Tim Pembimbing pada November 2022

Menyetujui,

Pembimbing 1

Pembimbing 2

Dr. Soni Setiadji, M.T, M.Si

NIP. 197709082009121002

Kristanto Wahyudi, S.T., M.T.

NIP. 197605162003121008

Mengetahui,

Ketua Jurusan Kimia

Eko Prabowo Hadisantoso, M.Pkim.

NIP. 198305052011011007

PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI

Skripsi S1 yang tidak dipublikasikan ini terdaftar dan tersedia di Perpustakaan Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati Bandung (UIN SGD Bandung) dan terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta ada pada pengarang dengan mengikuti aturan HaKI yang berlaku di UIN SGD Bandung. Referensi kepustakaan diperkenankan dicatat tetapi pengutipan atau peringkasan hanya dapat dilakukan seizin pengarang dan harus disertai kebiasaan ilmiah untuk menyebutkan sumbernya.

Memperbanyak atau menerbitkan sebagian atau seluruh skripsi haruslah seizin Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Gunung Djati Bandung.



LEMBAR PERSETUJUAN

**MODIFIKASI HIDROKSIAPATIT DOPING ZnO DALAM
MENINGKATKAN NILAI SPF (*SUN PROTECTION FACTOR*) SEBAGAI
BAHAN AKTIF TABIR SURYA**

SKRIPSI

PUTI RELA SUCIATI

NIM.1187040052

Menyetujui,

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. Soni Setiadji, S.Si., M.T., M.Si.
NIP. 197709082009121002

Kristanto Wahyudi, S.T., M.T.
NIP. 197605162003121008

Mengetahui,

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

Ketua jurusan Kimia

Dr. Hasniah Aliah, M.Si.
NIP. 197806132005012014

Eko Prabowo Hadisantoso, M.Pkim
NIP. 198305052011011007

LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul “**Modifikasi Hidroksiapatit Doping ZnO Dalam Meningkatkan Nilai SPF (*Sun Protection Factor*) Sebagai Bahan Aktif Tabir Surya**” dinyatakan sah dan telah disidangkan dalam sidang/munaqasah Jurusan Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Gunung Djati, Bandung, pada 28 November 2022, oleh Majelis Sidang yang terdiri atas,

Menyetujui,

Ketua Majelis,

Sekretaris,

Dr. Soni Setiadji, S.Si., M.T., M.Si.
NIP. 197709082009121002

Kristanto Wahyudi, M.T.
NIP. 197605162003121008



Mengetahui,

Penguji I

Penguji II

Eko Prabowo Hadisantoso, M.Pkim
NIP. 198305052011011007

Yusuf Rohmatulloh, M.Si.
NIP. 199010122022013041

ABSTRAK

MODIFIKASI HIDROKSIAPATIT DOPING ZnO DALAM MENINGKATKAN NILAI SPF (*SUN PROTECTION FACTOR*) SEBAGAI BAHAN AKTIF TABIR SURYA

Hidroksiapatit merupakan sebuah molekul kristalin yang tersusun dari fosfor dan kalsium. Hidroksiapatit mempunyai rumus molekul $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$. Hidroksiapatit memiliki potensi sebagai bahan aktif tabir surya. Penelitian sebelumnya diperoleh nilai SPF HAp BBK sebesar 8,82. Pada penelitian ini untuk meningkatkan nilai SPF maka dilakukan penambahan dopan ZnO dengan variasi massa 0,5%, 1%, 1,5%, dan 2% menggunakan metode presipitasi. Hasil XRD menunjukkan bahwa HAp-ZnO yang telah disintesis tidak menunjukkan perubahan yang signifikan namun terdapat pergeseran pada puncak 2θ dan terbentuk mineral baru yaitu $\text{CaZn}_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Hasil karakterisasi SEM menunjukkan morfologi pada HAp-ZnO berupa butiran yang menggumpal dan ukuran partikel pada HAp-ZnO dengan variasi massa 0,5%, 1%, 1,5%, dan 2% berturut-turut adalah 131,06 nm, 123,03 nm, 131,5 nm, dan 136,7 nm. Nilai SPF HAp BBK menunjukkan nilai SPF 8,75 dan HAp-ZnO paling tinggi pada variasi massa 1,5% menunjukkan nilai SPF 21,09. Pada hasil tersebut bahwa HAp-ZnO memiliki pengaruh pada HAp yaitu dapat meningkatkan nilai SPF. HAp yang terdoping oleh ZnO ini mampu meningkatkan daya absorbansi UVA dan UVB sehingga nilai SPF meningkat. HAp BBK dan HAp-ZnO memiliki tingkat proteksi dari sinar UVA dan UVB pada spektrum yang cukup lebar yaitu pada 280 nm-400 nm.

Kata Kunci: Doping; Hidroksiapatit; *Sun Protection Factor*; ZnO.

ABSTRACT

MODIFICATION OF ZnO DOPING HYDROXYPATITE IN INCREASING THE VALUES OF SPF (SUN PROTECTION FACTOR) AS ACTIVE INGREDIENTS OF SUNSCREEN

Hydroxyapatite is a crystalline molecule composed of phosphorus and calcium. Hydroxyapatite has the molecular formula $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$. Hydroxyapatite has potential as an active ingredient in sunscreen. The previous study obtained an SPF HAp BBK value of 8,82. In this study, to increase the SPF value, ZnO dopant was added with a mass variation of 0.5%, 1%, 1.5%, and 2% using the precipitation method. The XRD results show that the synthesized HAp-ZnO does not show a significant change but there is a shift in the 2θ peak and a new mineral is formed, namely $\text{CaZn}_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. The SEM characterization results show that the morphology of HAp-ZnO in the form of agglomerated granules and the particle size of HAp-ZnO with mass variations of 0.5%, 1%, 1.5% and 2% respectively are 131.06 nm, 123.03 nm, 131.5 nm, and 136.7 nm. The HAp BBK SPF value indicates an SPF value of 8.75 and the highest HAp-ZnO at mass variation of 1,5% indicates an SPF value of 21.09. The results show that HAp-ZnO has an effect on HAp, which can increase the SPF value. HAp doped by ZnO is able to increase UVA and UVB absorbance so that the SPF value increases. HAp BBK and HAp-ZnO have a level of protection from UVA and UVB rays in a fairly wide spectrum, namely at 280 nm-400 nm.

Keywords: Doping; Hydroxyapatite; Sun Protection Factor; ZnO.



KATA PENGANTAR

Bismillairrahmanirrahiim,

Assalammualaikum Warohmatullahi Wabarokatuh.

Alhamdulillahirabbil'amin, pujian dan segala rasa syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan kenikmatan dan kemudahan. Shalawat beriring salam semoga juga selalu tercurah limpahkan kepada Rasulullah SAW yang semoga membawa kita semua pada syafaatnya di hari nanti. Berkat kemudahan dan keridhoannya, penulis dapat menyelesaikan draft skripsi yang berjudul “Modifikasi Hidroksiapatit Doping Zno Dalam Meningkatkan Nilai SPF (*Sun Protection Factor*) Sebagai Bahan Aktif Tabir Surya”.

Penulisan draft skripsi ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat mengikuti sidang munaqasyah pada jurusan kimia. Dalam penulisan draft skripsi ini tentu saja tidak terlepas dari dukungan dan bimbingan berbagai pihak. Pada kesempatan ini, penulis menyampaikan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Soni Setiadji, S.Si., M.T., M.Si., selaku pembimbing I yang telah memberikan arahan dan bimbingan kepada penulis,
2. Bapak Kristanto Wahyudi, S.T., M.T. Selaku pembimbing II yang telah memberikan arahan dan bimbingan kepada penulis,
3. Bapak Eko Prabowo Hadisantoso, M.Pkim., selaku penguji I dan Ketua Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Gunung Djati Bandung,
4. Bapak Yusuf Rohmatulloh, M.Si., selaku penguji II yang telah memberikan saran kepada penulis,
5. Seluruh Dosen Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Gunung Djati Bandung yang telah banyak memberikan ilmu yang sangat bermanfaat baik selama perkuliahan maupun di luar perkuliahan,
6. Bu Citra Fitriani K. S.Si., dan The Nurhidayati Amaliah, S.Si., selaku Admin Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Gunung Djati Bandung yang selalu membantu segala bentuk dokumen dan arahan kepada penulis,

7. Teh Nisa Nur Khasanah, S.Si. selaku Laboran Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Gunung Djati Bandung yang telah memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis selama perkuliahan dan di luar perkuliahan,
8. Kedua orang tua serta keluarga yang sangat berpengaruh dalam proses perkuliahan hingga penyusunan skripsi ini,
9. Teman-teman seperjuangan khususnya kepada Berlin, Prissy, Novi, dan Tia yang selalu saling menyemangati dalam menjalani setiap proses di masa perkuliahan ini.
10. Teman KKN yaitu Salsabila, Kania Sintuwu, Hera Oktapiani, Tia Widianti, Cepcah Nugraha, Fathan Nahdly, Rizqy Fatria S, dan Wahyu yang telah memberikan dukungan, do'a, bantuan dan semangat dalam penyusunan skripsi ini.

Penulis juga menyadari bahwa tulisan ini tidaklah sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun agar penulis dapat berkembang dan menjadi lebih baik. Semoga yang tertuang di sini dapat menjadi manfaat dan menambah wawasan untuk semua pembaca.

Bandung, 29 Rabiul Akhir 1444 H / 24 November 2022

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
SUNAN GUNUNG DJATI
BANDUNG

Puti Relasuciati

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR ISTILAH	ix
DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Hidroksiapatit	4
2.2 Zinc Oxide (ZnO)	5
2.3 SPF (<i>Sun Protection Factor</i>)	6
2.3.1 <i>In vivo</i>	7
2.3.2 <i>In vitro</i>	7
2.4 Mekanisme Perlindungan Kulit Dari Sinar UV	8
2.5 XRD (X-Ray Diffraction)	9
2.6 Scanning Electron Microscope (SEM)	10
2.7 Spektrofotometer UV-Vis	11
BAB III METODE PENELITIAN	14
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	14
3.2 Bahan, Alat, dan Instrumentasi	14
3.3 Prosedur Penelitian	14
3.3.1 Preparasi Hidroksiapatit BBK.....	16
3.3.2 Sintesis Nanopartikel ZnO	16

3.3.3	Preparasi HAp Doping ZnO.....	16
3.3.4	Pengujian Sampel dengan Spektrofotometer UV-Vis.....	17
3.4	Pengolahan Data.....	17
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	19
4.1	Sintesis ZnO Nanopartikel.....	19
4.2	Karakterisasi ZnO.....	20
4.3	Sintesis HAp-ZnO.....	23
4.4	Karakterisasi HAp-ZnO.....	24
4.5	Karakterisasi <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM) HAp Doping ZnO.....	26
4.6	HAp-ZnO Dalam Meningkatkan Nilai SPF.....	28
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN.....	31
5.1	Kesimpulan.....	31
5.2	Saran.....	31
	DAFTAR PUSTAKA.....	32
	LAMPIRAN A.....	37
	LAMPIRAN B.....	39
	LAMPIRAN C.....	46
	LAMPIRAN D.....	51
	LAMPIRAN E.....	55
	LAMPIRAN F.....	56



DAFTAR GAMBAR

Gambar II. 1 Struktur Atom HAp [23].....	5
Gambar II. 2 Struktur ZnO (a) Rocksalt (b) Zinc Blende (c) Wurtzite [28].....	6
Gambar II. 3 Skema Pemantulan dan Penyerapan UV oleh Filter Tabir Surya yang didoping [15].....	8
Gambar II. 4 Difraktogram Hidroksiapatit.....	10
Gambar II. 5 SEM HAp-ZnO [36].....	11
Gambar II. 6 Skema Rangkaian Komponen Spektrofotometer UV-Vis.....	12
Gambar III. 1 Diagram alir percobaan.....	15
Gambar IV. 1 Serbuk ZnO hasil sintesis.....	20
Gambar IV. 2 Pola Difraktogram ZnO Hasil Sintesis.....	21
Gambar IV. 3 HAp doping ZnO.....	23
Gambar IV. 5 Pola Difraktogram HAp, ZnO, HAp-ZnO 0,5%, HAp-ZnO 1%, HAp-ZnO 1,5%, dan HAp-ZnO 2%	24
Gambar IV. 6 Struktur Hidroksiapatit suhu 1000 °C	26
Gambar IV. 7 Hasil Karakterisasi HAp-ZnO 1,5%.....	27
Gambar IV. 8 Grafik Spektrum Serapan dari Material Tabir Surya	29

DAFTAR TABEL

Tabel II. 1 Nilai Konstanta $EE(\lambda) \times I(\lambda)$ pada persamaan Mansur.....	7
Tabel II. 2 Penilaian SPF menurut Food and Drug Administration (2013).....	8
Tabel III. 1 Komposisi Perbandingan HAp-ZnO.....	16
Tabel III. 2 Nilai konstanta $EE(\lambda) \times I(\lambda)$ pada persamaan Mansur.....	18
Tabel IV. 1 Peak Perbandingan ZnO Standar dengan ZnO Hasil Sintesis	22
Tabel IV. 2 Hasil Perhitungan Ukuran Kristal ZnO dengan XRD.....	22
Tabel IV. 3 Perbandingan 2θ database HAp dengan HAp sintesis, HAp-ZnO 0,5%, HAp-ZnO 1%, HAp-ZnO 1,5%, dan HAp-ZnO 2%	25
Tabel IV. 4 Ukuran Kristal HAp dan HAp-ZnO.....	25
Tabel IV. 5 Ukuran Partikel HAp-ZnO.....	27
Tabel IV. 6 Nilai SPF pada HAp-ZnO.....	30



DAFTAR ISTILAH

Istilah	Arti/Maksud
Absorbansi	Cahaya yang diserap
Doping	Suatu proses dengan menambahkan zat atau senyawa kimia ke dalam suatu senyawa sehingga mengganggu kemurnian untuk meningkatkan sifat fisik dan kimia
Mesh	Ukuran lubang dari ayakan
Nanopartikel	Partikel dengan ukuran sekitar 1-100 nm
Sintesis	Proses untuk melakukan reaksi kimia agar didapatkan suatu produk kimia
Transmitansi	Cahaya yang dihamburkan



DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG

Singkatan/lambang	Keterangan
FDA	<i>Food and Drug Administration</i>
HAp	Hidroksiapatit
nm (satuan)	Nanometer (10^{-9} m)
SEM	<i>Scanning Electron Microscopy</i>
SPF	<i>Sun Protection Factor</i>
UV	<i>Ultraviolet</i>
Vis	<i>Visible</i>
XRD	<i>X-Ray Diffraction</i>



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kulit adalah media yang berlapis-lapis yang terdiri dari lapisan epidermis, dermis, dan lemak subkutan. Lapisan terluar paling atas dapat melindungi lapisan kulit yang lebih dalam yang mengandung sel-sel hidup terhadap pengaruh berbahaya dari lingkungan dan dari sinar UV. Salah satu hal yang dapat merusak kulit adalah sinar UV. Paparan sinar ultraviolet (UV) merupakan penyebab utama kerusakan DNA, kanker kulit, terbakar sinar matahari, katarak, keriput dan sebagainya [1]. Sinar UV adalah radiasi gelombang elektromagnetik yang berasal dari matahari. Faktor penyebab radiasi ultraviolet sampai ke bumi salah satunya adalah lapisan ozon. Lapisan ozon ini dapat menyerap lapisan UV-C, sebagian besar dari UV-B dan sedikit radiasi UV-A [2]. Spektrum UV ada tiga, yaitu UV-C (100-280 nm), UV-B (280-320 nm), dan UV-A (320-400 nm) [3]. Terdapat berbagai cara untuk menghindari atau mencegah kerusakan akibat sinar UV, yaitu (1) meminimalkan paparan sinar matahari (mencari tempat teduh) pada jam 10.00-14.00, (2) mengenakan pakaian pelindung sinar matahari (termasuk topi dan kaca mata hitam), (3) menggunakan tabir surya [4], [2], [5],[6].

Tabir surya adalah produk kosmetik yang digunakan untuk melindungi kulit dari kerusakan yang disebabkan oleh radiasi sinar matahari dengan cara menyerap atau memantulkan radiasi untuk melindungi kulit dari efek berbahaya. Bahan aktif organik untuk tabir surya adalah PABA (Para Amino Benzoic Acid), Oxybenzone, octinoxate, octisalate, dan avobenzone [7]. Berbagai tabir surya dengan komponen organik (penyerap) telah dikembangkan untuk meningkatkan fungsi perlindungannya [8]. Selain material organik, material anorganik juga dapat digunakan sebagai filter UV, yaitu Titanium Dioksida (TiO_2) dan Seng Oksida (ZnO) yang telah disetujui oleh *Food and Drug Administration* (FDA), USA. Akan tetapi TiO_2 memiliki kelemahan, yaitu memiliki indeks bias yang tinggi sehingga menyebabkan efek pemutih yang dapat mengurangi estetika tabir surya [9] dan

pembentukan radikal dapat terjadi dalam formulasi atau dalam lapisan atas kulit [10].

Hidroksiapatit (HAp) merupakan material anorganik yang dapat digunakan sebagai pengganti TiO_2 dan ZnO yang secara efektif dapat menyerap wilayah UV dan tidak memiliki tingkat toksisitas yang tinggi [11][12]. HAp umumnya digunakan sebagai pengisi atau pelapis pada tulang terutama dalam aplikasi ortopedi gigi, dan biomedis serta kosmetik [13]. Tulang yang dikenal dengan warna putih, sifat rapuh, dan sumber yang lebih murah dapat berubah menjadi pembawa yang baik dalam tabir surya [14] karena memiliki kemampuan pertukaran ion yang tinggi. Selain itu, keunggulan dari hidroksiapatit adalah menghasilkan efek pemutih yang rendah, toleransi dermal yang tinggi, dan tidak membentuk radikal bebas [15]. HAp murni memiliki serapan optik antara 200-340 nm dengan pita kuat dibawah 247 nm [16]. Penelitian sebelumnya Balai Besar Keramik telah meneliti dan mengembangkan hidroksiapatit sintetik sebagai material tabir surya dan diperoleh nilai SPF sebesar 8,82 [17]. Kemampuan material hidroksiapatit untuk meningkatkan SPF dapat didoping dengan beberapa material. HAp yang didoping menghasilkan pelebaran puncak yang dapat dikaitkan dengan hilangnya kristalinitas. Perbedaan jari-jari ionik menyebabkan penataan ulang seluruh struktur, perubahan parameter kisi dan tidak ada pembentukan bahan beracun saat doping [16].

ZnO dipilih sebagai doping HAp karena ZnO dapat menyerap spektrum panjang gelombang ultraviolet (UV) yang luas dan dapat memberikan perlindungan yang baik terhadap sengatan matahari [18]. Kelebihan dari ZnO adalah tidak menyebabkan iritasi dan sensitisasi kulit, bahannya yang bersifat inert, penetrasi kulit terbatas, dan perlindungan spektrum luas [19]. Ukuran partikel ZnO yang digunakan dibawah 120 nm karena baik untuk absorbansi efek tabir surya [16].

Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini berfokus pada peningkatan SPF HAp yang didoping dengan ZnO dengan adanya pengaruh massa. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh HAp doping ZnO dengan variasi massa dalam meningkatkan nilai SPF. Variasi massa bertujuan untuk mengetahui berapa

persen massa dopan ZnO yang efektif dalam meningkatkan nilai SPF. Variasi massa yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sebesar 0,5%, 1%, 1,5%, dan 2%.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka permasalahan yang perlu dirumuskan adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana hasil karakteristik HAp-ZnO sebagai bahan aktif tabir surya menggunakan XRD dan SEM?
2. Bagaimana pengaruh variasi massa ZnO terhadap kinerja HAp dalam meningkatkan nilai SPF?
3. Bagaimana proteksi rentang UVA dan UVB pada HAp-ZnO?

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang telah dirumuskan, penelitian ini akan dibatasi pada beberapa masalah berikut:

1. Sampel yang dianalisis adalah hidroksiapatit BBK.
2. Doping HAp dengan ZnO menggunakan metode kopresipitasi pada variasi massa 0,5%, 1%, 1,5% dan 2%.
3. Instrumen yang digunakan XRD, SEM dan Spektrofotometer UV-Vis.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah yang diajukan, tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis karakteristik HAp-ZnO sebagai bahan aktif tabir surya menggunakan XRD dan SEM.
2. Mengidentifikasi pengaruh variasi massa ZnO terhadap kinerja HAp dalam meningkatkan nilai SPF.
3. Mengidentifikasi proteksi rentang UVA dan UVB pada HAp-ZnO.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat dan memberikan informasi pada bidang kosmetik yang memiliki kaitan dengan modifikasi HAp dalam meningkatkan nilai SPF sebagai bahan aktif tabir surya.

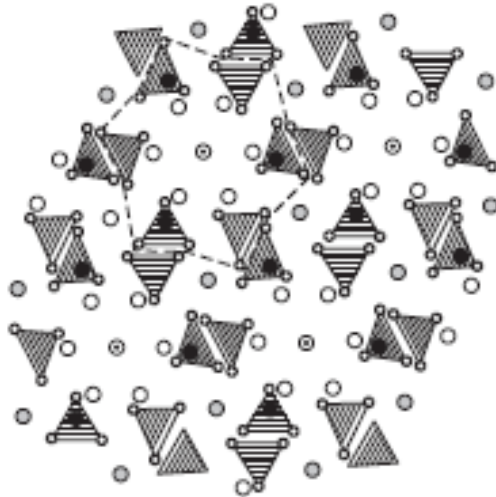
BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Hidroksiapatit

Hidroksiapatit merupakan sebuah molekul kristalin yang tersusun dari fosfor dan kalsium. Hidroksiapatit mempunyai rumus molekul $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$. Tulang manusia terdiri dari 65% molekul hidroksiapatit [20]. Material ini terdapat pada struktur gigi manusia terutama di dalam dentin dan enamel [21]. Hidroksiapatit bersifat biokompatibel dan osteokondusif di alam. Hidroksiapatit ini ada yang di sintesis secara konvensional dan ada yang secara alami ada pada tulang. Hidroksiapatit yang terdapat pada tulang alami memiliki ukuran nano dan mengandung banyak ion logam dan non logam seperti natrium, magnesium, seng, dll [22]. Bioaktivitas hidroksiapatit konvensional lebih rendah dibandingkan dengan tulang alami.

Bubuk HAp dapat dibuat dengan cara kimia basah, dengan reaksi solid-state dan hidrotermal. Teknik preparasi memiliki pengaruh yang signifikan terhadap morfologi serbuk, permukaan spesifik, stoikiometri, dan kristalinitas. Prosedur kimia basah melibatkan pengendapan HAp melalui pencampuran larutan berair dari senyawa yang mengandung Ca^{2+} dan ion pada $\text{pH} > 7$, diikuti dengan pengendapan pada kondisi yang sesuai. Sumber Ca^{2+} yang umum digunakan adalah CaCl_2 , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Ca}(\text{OH})_2$, CaCO_3 , $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, dan $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ca}$; sumber fosfor yang khas adalah H_3PO_4 , $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$, dan K_3PO_4 . pH larutan disesuaikan dengan gas amonia, yaitu NH_4OH atau NaOH [23].

Proses kering dimana HAp melibatkan keadaan padat difusi selama kalsinasi campuran yang mengandung jumlah Ca^{2+} dan ion yang sesuai dalam suhu kisaran $1000\text{-}1300^\circ\text{C}$. Uap air digunakan sebagai sumber gugus OH. Misalnya HAp dapat disintesis dari garam alkali tanah (Ca, Sr, atau Ba) dan H_3PO_4 [23].



Gambar II. 1 Struktur Atom HAp [23]

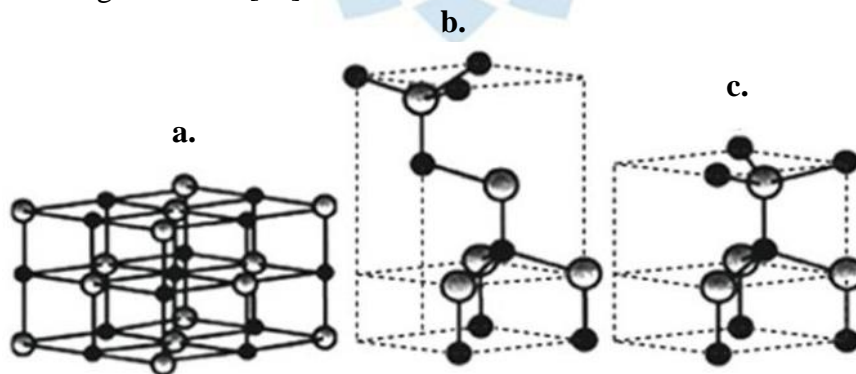
Analog struktural HAp, pertama kali ditentukan oleh Naray-Szabo. Karyanya sebagai dasar untuk diteliti sebagai studi difraksi sinar-x HAp. HAp mempunyai struktur berbentuk heksagonal (sp. Gr. $P6_3/m$, dua unit rumus per unit sel) dengan parameter kisi $a = 0,942$ nm dan $c = 0,687$ nm. Rumus ideal HAp adalah $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$. Struktur atom HAp ditunjukkan pada **Gambar II. 1**. Ca atom berada di dua posisi: enam atom per unit sel adalah pada posisi Ca(II) dan empat atom berada pada posisi Ca(I). Ca(I) terletak pada sumbu lipat tiga dan terkoordinasi oleh sembilan oksigen dari gugus fosfat. Atom Ca(II) membentuk segitiga sama sisi. Dalam setiap segitiga, sebuah fluor atom terletak berpusat pada sumbu heksagonal; kelompok OH berada di posisi off-center [23].

2.2 Zinc Oxide (ZnO)

Seng oksida adalah senyawa anorganik oksida logam yang berifat *amorf* dengan rumus kimia ZnO. Senyawa ZnO biasanya berbentuk serbuk putih dalam keadaan dingin dan kuning jika dalam keadaan panas, pahit dan tidak berbau. ZnO terjadi secara alami di kerak bumi dan terdapat dua bentuk kristal utama, yaitu *wurtzite* dan *zinc-blende*. Struktur *wurtzite* adalah bentuk yang paling umum dan stabil. Panjang gelombang *wurtzite* berkisar 375 hingga 900 nm dan nilai indeks biasnya sekitar 2,3 dan 2,0. Dibandingkan dengan TiO_2 , efek pemutihan ZnO lebih rendah. ZnO adalah pita lebar dan berasal dari bahan semikonduktor tipe-n. energi celah pita terpisah dari *wurtzite* dan *zinc-blende* ZnO telah terdeteksi pada 77 K,

yaitu *wurtzite* nilainya 3,22 eV dan *zinc-blende* adalah 3,32 eV [24]. ZnO merupakan bahan aktif yang memiliki sifat penyerap UV. Tabir surya yang mengandung penghambat UV telah terbukti sangat efektif dalam melindungi sel terhadap kerusakan DNA akibat sinar UV. Rentang ukuran partikel ZnO 200-400 nm, partikel ini dapat memantulkan dan menyebarkan cahaya, membuat tabir surya tampak putih. Namun, karena ukuran partikel berukuran menjadi dimensi sub-mikron (nano) yang lebih kecil di kisaran 40-100 nm. Pada rentang tersebut partikel menyerap dan menyebarkan radiasi UV dan sebagian besar menyerap panjang gelombang tampak membuat tabir surya tampak transparan pada kulit dan dengan demikian lebih estetik [25].

Logam ZnO juga digunakan sebagai aktivitas antimikroba [26]. Dimana ukuran partikel ZnO memiliki pengaruh yang besar dalam sebagai aktivitas antimikroba, ZnO yang berukuran nanopartikel memiliki aktivitas antimikroba yang lebih baik ketimbang partikel yang besar, ukurannya yang kecil <100 nm dan luas permukaannya yang berukuran nano memungkinkan terjadinya interaksi yang lebih baik dengan bakteri [27].



Gambar II. 2 Struktur ZnO (a) *Rocksalt* (b) *Zinc Blende* (c) *Wurtzite* [28]

2.3 SPF (*Sun Protection Factor*)

SPF adalah pengukuran kuantitatif formulasi tabir surya dalam mencegah radiasi sinar matahari dan kerusakan pada kulit. Produk tabir surya harus memiliki rentang serapan yang luas antara 290-400 nm. Dalam menentukan SPF dapat dilakukan dengan 2 cara, yaitu metode *in vivo* dan *in vitro*.

2.3.1 *In vivo*

Nilai SPF didefinisikan sebagai energi UV yang dibutuhkan untuk menghasilkan dosis eritema minimal (MED) pada kulit yang dilindungi dibagi dengan energi UV yang dibutuhkan untuk menghasilkan MED pada kulit yang tidak terlindungi.

$$SPF = \frac{\text{Minimum Erythematous Dose (MED) kulit terlindungi}}{\text{Minimum Erythematous Dose (MED) kulit tak terlindungi}} \quad (2.1)$$

MED adalah waktu minimum yang diperlukan (detik) untuk timbulnya eritema setelah penyinaran ultraviolet pada kulit. Metode ini memerlukan waktu yang cukup lama, biasanya tergantung pada tingkat variabilitas tertentu [29].

2.3.2 *In vitro*

Saat ini metode *in vitro* telah banyak dikembangkan untuk menentukan nilai SPF. Salah satu metodenya dengan menggunakan persamaan Mansur. Analisis kemampuan suatu bahan sebagai UV filter dilakukan secara *in vitro* dengan perhitungan menggunakan persamaan Mansur sebagai berikut:

$$SPF \text{ (spectrometry)} = CF \times \sum_{200}^{400} EE(\lambda) \times I(\lambda) \times abs(\lambda) \quad (2.2)$$

CF adalah faktor koreksi, $EE(\lambda)$ adalah efek eritemal spektrum λ , $I(\lambda)$ adalah intensitas sinar spektrum dan $Abs(\lambda)$ adalah nilai absorbansi. Nilai $EE(\lambda) \times I(\lambda)$ adalah nilai konstan yang dapat dilihat pada **Tabel II.1**.

Tabel II. 1 Nilai Konstanta $EE(\lambda) \times I(\lambda)$ pada persamaan Mansur [7]

Panjang Gelombang (nm)	EE x I
290	0,015
295	0,0812
300	0,2874
305	0,32748
310	0,1864
315	0,0837
320	0,0180
Total	1

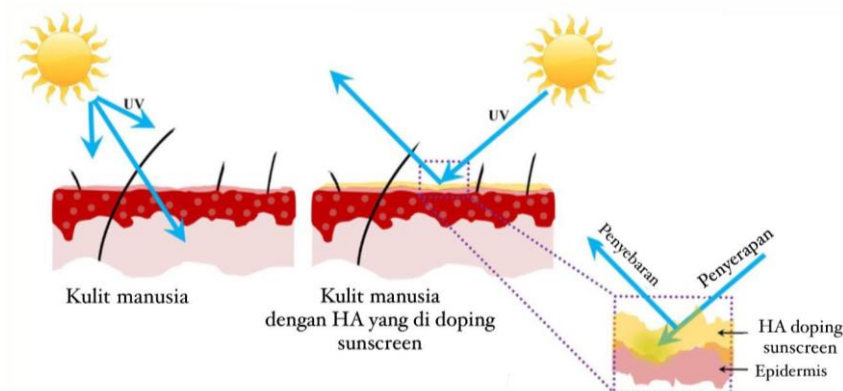
Tabel II. 2 Penilaian SPF menurut *Food and Drug Administration (2013)*

Tipe Proteksi	Nilai SPF
Proteksi Minimal	1-4
Proteksi Sedang	4-6
Proteksi Ekstra	6-8
Proteksi Maksimal	8-15
Proteksi Ultra	>15

2.4 Mekanisme Perlindungan Kulit Dari Sinar UV

Terdapat dua mekanisme perlindungan kulit dari sinar UV yaitu:

1. Sinar UV dari permukaan kulit disebarkan dan dipantulkan karena terdapat lapisan yang menghalangi sinar matahari untuk menembus ke kulit. Mekanisme ini biasanya untuk material tabir surya berbahan anorganik. Partikel anorganik dapat menyebabkan mikropartikel di lapisan atas kulit sehingga meningkatkan jalur optik foton dan meningkatkan nilai SPF [30].
2. Tabir surya dengan material senyawa organik yaitu dengan cara mengubah sinar UV menjadi energi panas sehingga mengurangi efek berbahaya dan mengurangi tingkat kedalaman sinar UV untuk menembus ke kulit. beberapa senyawa organik ini hanya mencapai perlindungan di kisaran dari spektrum UV [30].



Gambar II. 3 Skema Pemantulan dan Penyerapan UV oleh Filter Tabir Surya yang didoping [15].

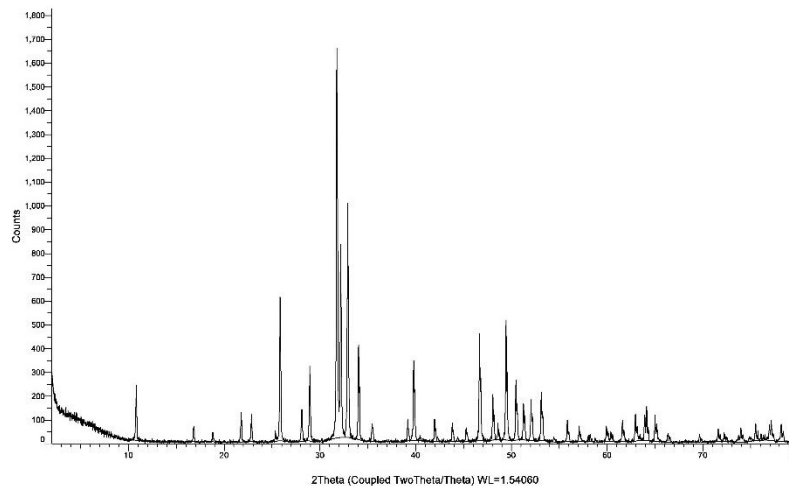
2.5 XRD (X-Ray Diffraction)

Metode XRD didasarkan pada kemampuan kristal untuk mendifraksi sinar-X dalam suatu karakteristik tentang struktur fase kristal. Pola difraksi yang direkam mengandung kontribusi aditif dari beberapa fitur mikro dan makro dari sampel. Dengan posisi puncak, parameter kisi, grup ruang, komposisi bahan kimia, tekanan makro, atau analisis fase kualitatif dapat dianalisis. Berdasarkan pada intensitas puncak, informasi tentang struktur kristal (posisi atom, faktor suhu serta tekstur dan analisis fase kuantitatif dapat diperoleh. Akhirnya, bentuk puncak memberikan informasi tentang kontribusi perluasan sampel [31]. Bidang kisi yang berbeda dalam kondisi difraksi dan intensitas yang bervariasi dari sinyal terdifraksi terjadi sesuai dengan struktur kristal dan kelompok ruang dari fase ini. Akibatnya setiap fase menghasilkan pola difraksi karakteristik yang memungkinkan identifikasinya. Lebih baik lagi, ketika beberapa fase hadir dalam suatu sistem, pola karakteristik semua fase ditumpangkan dan intensitas puncak difraksi fase masing-masing sebanding dengan jumlah mereka. Oleh karena itu, metode XRD banyak digunakan untuk identifikasi fase-fase analisis kualitatif dan untuk penentuan jumlahnya yaitu analisis kuantitatif [31].

Penentuan ukuran kristal pada hasil analisa XRD dapat diketahui dengan menggunakan persamaan *Scherrer* [32]. Dapat dilihat pada persamaan 2.3 Yaitu :

$$D = \frac{k\lambda}{\beta \cos \theta} \quad 2.3$$

Dimana D adalah ukuran diameter kristalit, k merupakan konstanta proporsionalitas ($=0,9$), λ merupakan panjang gelombang sinar-X, β adalah lebar keseluruhan puncak drifaksi maksimum (*full width at half maximum*, FWHM), sedangkan θ adalah sudut *Bragg* yang terbaca mesin XRD. Adapun contoh difraktogram hasil XRD pada senyawa HAp dapat dilihat pada **Gambar II.4**.



Gambar II. 4 Difraktogram Hidroksiapatit

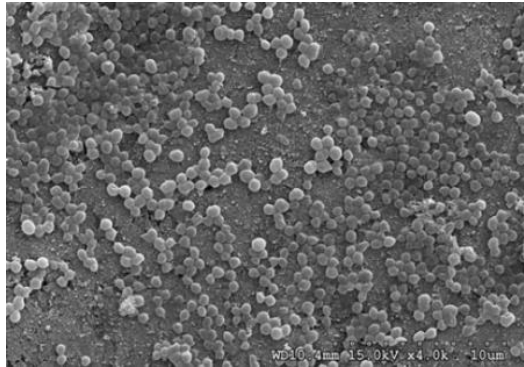
2.6 Scanning Electron Microscope (SEM)

Scanning Electron Microscopy (SEM) adalah jenis mikroskop elektron yang mampu menghasilkan resolusi tinggi dari gambaran suatu sampel. SEM digunakan untuk analisa mikrostruktur dengan cara memberikan informasi terkait topografi, morfologi, komposisi, dan informasi kristalografi. Hasil yang didapatkan berupa *scanning electron micrograph* yang memiliki bentuk tiga dimensi berupa foto. Biasanya SEM memiliki perbesaran 1.000-40.000 kali. Kelebihan SEM terdapat pada fleksibilitasnya karena menggunakan sinyal ganda, proses pembentukan gambar mudah, rentang pembesaran yang lebar, serta kedalaman yang sangat besar [33].

Prinsip kerja SEM yaitu bermula dari interaksi sinar elektron yang dihasilkan oleh sumber elektron dengan sampel yang difokuskan menggunakan dua buah *condenser lens*. *Condenser lens* kedua (lensa objektif) akan memfokuskan cahaya dengan diameter sekitar 10-20 nm. Sebagian elektron akan dipantulkan kembali atau *Back Scattered Electron* (BSE) dan sebagian lagi akan diteruskan. Baik SE atau BSE dari permukaan sampel akan dideteksi oleh detektor dan dimunculkan dalam bentuk gambar pada layar [34].

Morfologi pada nanopartikel ZnO yang dilaporkan oleh Alfian (2019) bahwa ZnO nanopartikel yang dikalsinasi pada 100 °C cenderung berbentuk bola, partikel-partikel yang saling berkelompok menunjukkan terjadinya aglomerasi.

Terdapat beberapa hal yang menimbulkan aglomerasi pada nanopartikel, diantaranya: ukuran partikel, keberadaan unsur-unsur H₂O yang terdapat pada permukaan nanopartikel [35].



Gambar II. 5 SEM HAp-ZnO [36]

Karakterisasi menggunakan SEM digunakan untuk menentukan ukuran partikel. Ukuran partikel sangat berpengaruh pada efektivitas tabir surya, yaitu ukuran nanopartikel dapat meningkatkan penyerapan di wilayah UV dan meningkatkan intensitas penyerapan [37]. Dopan ZnO menunjukkan partikel HAp-ZnO lebih baik dibandingkan dopan lain yang mana memiliki ukuran partikel pada $\pm 120\text{nm}$. Ukuran partikel tersebut baik untuk aplikasi tabir surya. Hal ini menunjukkan semakin kecil jari-jari dopan dibandingkan dengan ion Ca²⁺, maka semakin besar partikel HAp yang didoping [16].

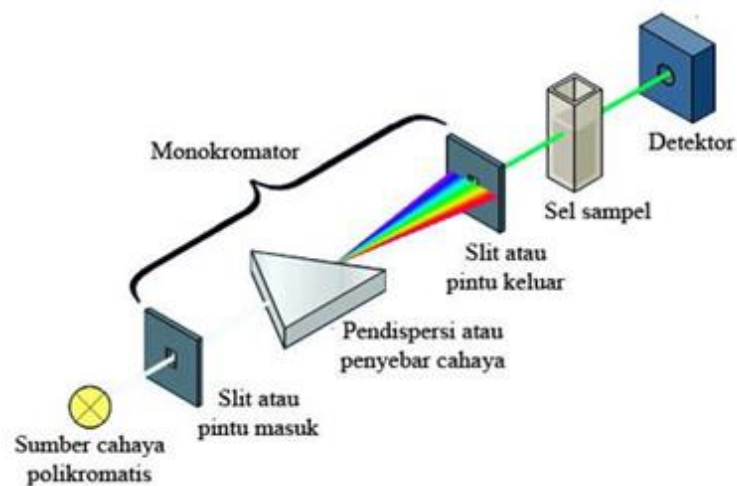
2.7 Spektrofotometer UV-Vis

Spektrofotometer UV-Vis adalah alat untuk mengukur cahaya terdispersi menjadi panjang gelombang dengan penyusunnya oleh monokromator prisma atau kisi. Dengan lampu deuterium untuk daerah UV dan lampu tungsten untuk wilayah Vis. Sebagian besar instrumen ini mencakup rentang panjang gelombang 190 hingga 900 nm [38]. Pada prinsipnya spektrofotometer UV-Vis didasarkan pada suatu berkas radiasi melewati sampel dan adanya intensitas sinar yang diteruskan. Intensitas atau kekuatan radiasi sinar sebanding dengan jumlah foton yang melalui satuan luas penampang per detik. Serapan bisa terjadi ketika radiasi yang diberikan sama besarnya dengan energi yang dibutuhkan. Energi tersebut dapat mengakibatkan terjadinya peristiwa transisi elektronik. Transisi elektronik akan

meningkatkan energi molekuler dari yang asalnya keadaan dasar (*ground state*) ke keadaan tereksitasi.

Instrumen ini dibedakan menjadi dua, yaitu instrumen *single-beam* dan *double-beam*. *Single-beam* umumnya beroperasi dengan prinsip substitusi, yaitu referensi dan kuvet pengukuran ditempatkan satu per satu di sepanjang cahaya. Titik 100070 sebelumnya diatur secara manual melalui celah atau dengan mengubah amplifikasi. Sedangkan sekarang sudah secara otomatis instrumen ini menampilkan hasil spektrofotometri sebagai persentase transmitansi atau absorbansi dalam bentuk digital [38].

Double-beam, yaitu berkas cahaya primer dibagi dan diarahkan sepanjang dua jalur yang melintasi secara bergantian referensi dan pengukuran kuvet, yang berjarak sekitar 10-15 cm. Jadi, *double-beam* telah difokuskan kembali, cahaya dari berbagai intensitas jatuh ke detektor dan menghasilkan sinyal tegangan bolak-balik.



Gambar II. 6 Skema Rangkaian Komponen Spektrofotometer UV-Vis

Monokromator yang digunakan saat ini adalah monokromator kisi dan tergantung pada kualitas kisi yang digunakan, proporsi cahaya yang tersebar terletak antara 0,005 dan 0,0055070 untuk monokromator kisi tunggal. Untuk monokromator ganda, proporsi cahaya yang tersebar lebih rendah [38].

Tabir surya yang baik harus memiliki penyerapan maksimum radiasi UV pada panjang gelombang 296,7nm – 320nm. De Araujo (2010) melaporkan bahwa

spektrum HAp murni menunjukkan penyerapan optik pada 200-340 nm dengan pita kuat dibawah 247nm. Penambahan dopan ion Zn^{2+} secara signifikan dapat merubah serapan ptik pada HAp. Spektrum HAp-Zn menunjukkan penyerapan dalam kisaran 213-420nm [16].



BAB III METODE PENELITIAN

Pada bab ini berisi tentang metode yang dilakukan dalam penelitian meliputi waktu dan tempat penelitian, alat dan bahan yang dibutuhkan pada penelitian ini, serta tahapan dan prosedur yang akan dilakukan pada penelitian ini. Secara umum tahapannya adalah preparasi Hidroksiapatit BBK, preparasi ZnO, preparasi HAp doping ZnO, pengukuran absorbansi, dan perhitungan SPF.

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada Januari – April 2022 di Laboratorium Balai Besar Keramik Bandung. Beberapa pengujian sampel dilakukan di Laboratorium Survey Geologi untuk karakterisasi SEM dan karakterisasi XRD dilakukan di BBK (Balai Besar Keramik) Bandung.

3.2 Bahan, Alat, dan Instrumentasi

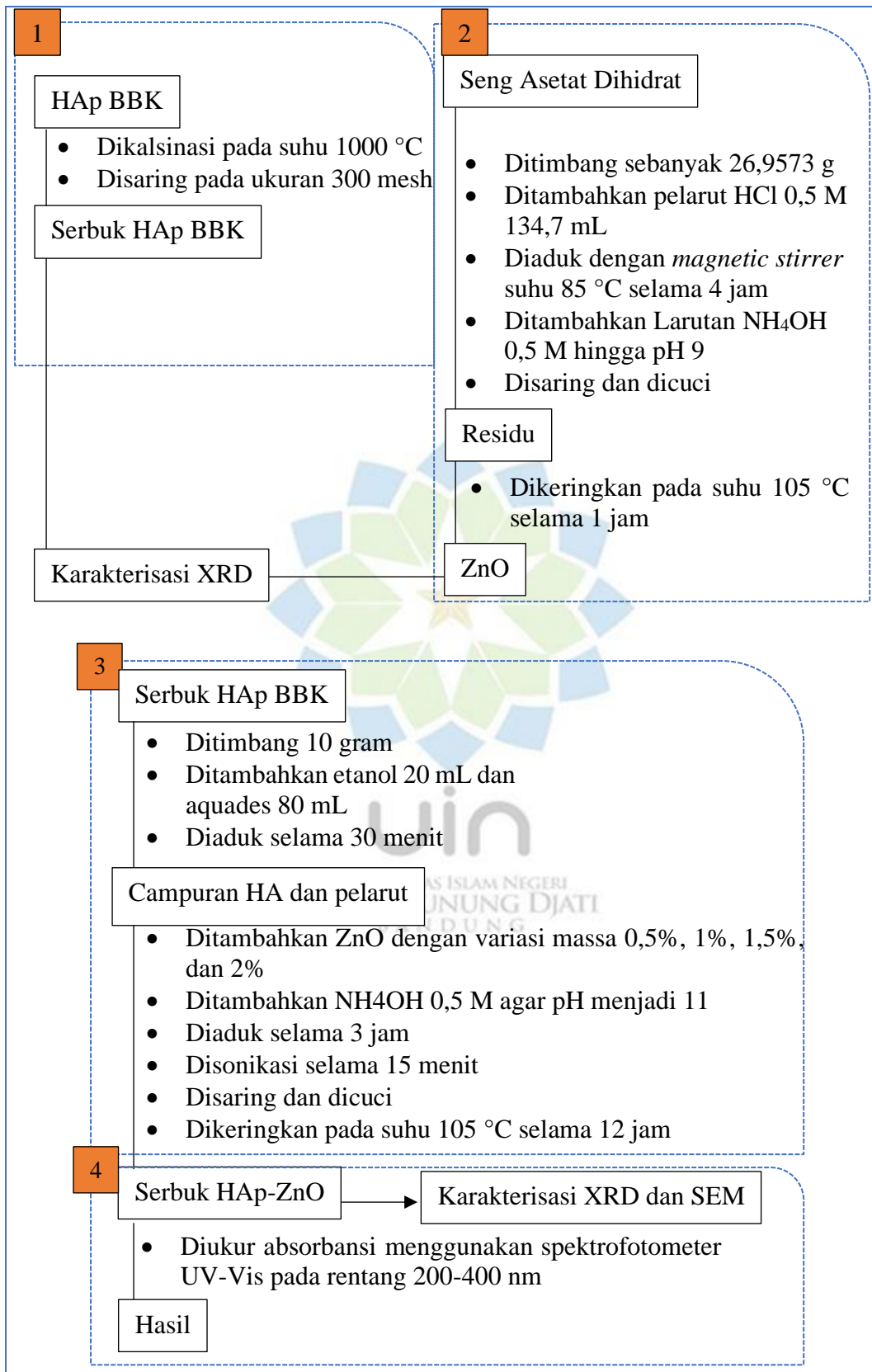
Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah HAp BBK, $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, larutan HCl 37%, NH_4OH 25%, etanol 96%, dan aquades.

Alat yang digunakan adalah saringan 5mm, *planetary mill*, saringan 60, 80, 100, 300 mesh, gelas kimia 200 mL, labu ukur 100 mL, labu ukur 50 mL, labu ukur 25 mL, labu erlenmeyer 250 mL, pipet volume 5 mL, pipet tetes, kaca arloji, spatula, batang pengaduk, corong, botol semprot, kuvet, oven, *magnetic stirrer*, neraca analitik, sonikator, dan frunace.

Pengujian fasa dan kristalinitas produk sintesis digunakan Difraktometer Sinar-X (XRD), untuk melihat topografi permukaan dan ukurannya dikarakterisasi dengan *Scanning Electron Microscope* (SEM) dan spektrofotometer UV-Vis.

3.3 Prosedur Penelitian

Secara umum penelitian ini dilakukan melalui 4 tahapan, yaitu 1) Preparasi HAp, 2) Sintesis nanopartikel ZnO, 3) Preparasi HAp doping ZnO, dan 4) Karakterisasi menggunakan instrumen *X-Ray Diffraction* (XRD), *Scanning Electron Microscopy* (SEM), dan pengujian sampel menggunakan Spektrofotometer UV-Vis. Diagram alur penelitian secara umum disajikan pada **Gambar III.1**.



Gambar III. 1 Diagram alir percobaan

3.3.1 Preparasi Hidroksiapatit BBK

Hidroksiapatit yang digunakan adalah hasil sintesis di Balai Besar Keramik. HAp kemudian dikalsinasi pada suhu 1000 °C. HAp dikarakterisasi menggunakan XRD.

3.3.2 Sintesis Nanopartikel ZnO

26,9753 gram seng asetat dehidrat dilarutkan dengan 134,7 mL larutan HCl 0,5 M menggunakan *magnetic stirrer*. Kemudian larutan NH₄OH 0,5 M ditambahkan bertahap kedalam larutan ZnCl₂ hingga pH 9. Setelah di pH 9 larutan diaduk menggunakan *hot plate* pada temperatur 85 °C selama 4 jam. Lalu dilakukan penyaringan. Endapan yang terbentuk dicuci menggunakan aquades dan dilakukan pengeringan dalam oven pada suhu 105 °C selama 1 jam. Serbuk ZnO dikarakterisasi menggunakan XRD.

3.3.3 Preparasi HAp Doping ZnO

HAp BBK hasil kalsinasi disaring hingga 300 mesh. 10 gram HAp yang sudah dikalsinasi ditambahkan etanol 96% sebanyak 20 mL dan aquades 80 mL ke dalam gelas kimia. Larutan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 30 menit kemudian ditambahkan masing-masing ZnO dengan variasi massa seperti pada **Tabel III.1**. pH diatur dengan menambahkan NH₄OH 0,5 M hingga pH 11 sambil diaduk di *magnetic stirrer* selama 3 jam. Selanjutnya disonikasi selama 15 menit. Sampel disaring dan dicuci. Residu yang diperoleh di oven pada suhu 105 °C selama 12 jam. Karakterisasi sampel tersebut menggunakan XRD dan SEM.

Tabel III. 1 Komposisi Perbandingan HAp-ZnO

No.	Bahan	Mr	0,5%	1%	1,5%	2%
			0,005	0,01	0,015	0,02
1.	HAp	502	10 gram	10 gram	10 gram	10 gram
2.	ZnO	81	0,05 gram	0,1 gram	0,15 gram	0,2 gram

3.3.4 Pengujian Sampel dengan Spektrofotometer UV-Vis

Sampel hasil pengeringan ditimbang sebanyak 1 gram dan dilarutkan menggunakan aquades 100 mL dalam gelas kimia dan di tanda bataskan dalam labu ukur 100 mL. Agar homogen larutan disonikator selama 15 menit. Kemudian dibuat larutan induk 1000 ppm dan diencerkan hingga 30 ppm. Larutan 30 ppm dipindahkan ke kuvet dan diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis dengan panjang gelombang 200-400 nm.

3.4 Pengolahan Data

HAp, ZnO, dan HAp-ZnO yang telah disintesis dikarakterisasi dengan XRD, SEM, dan spektrofotometer UV-Vis. Data mentah yang diperoleh dari karakterisasi diolah lebih lanjut.

Hasil karakterisasi XRD yang diperoleh dapat diolah untuk menentukan ukuran kristal dengan menggunakan persamaan Debye Scherer sebagai berikut:

$$D = \frac{k\lambda}{\beta \cos\theta} \quad (3.1)$$

Dimana D adalah ukuran diameter kristalit, k adalah konstanta proporsionalitas ($=0,9$), λ adalah panjang gelombang dari sinar-X yang digunakan, β adalah lebar keseluruhan puncak difraksi minimum (*full width at half maximum*, FWHM), θ adalah sudut *Bragg* yang terbaca oleh mesin XRD.

Hasil karakterisasi SEM diolah untuk mendapatkan standar deviasi, penentuan ukuran kristal rata-rata, dan polidispersitas dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Standar deviasi } (\sigma) = w/2 \quad (3.2)$$

$$\text{Ukuran partikel rata-rata} = xc \pm \sigma \quad (3.3)$$

$$\text{Polidispersitas} = \left(\frac{\sigma}{xc}\right) \times 100\% \quad (3.4)$$

Hasil karakterisasi UV-Vis dapat diolah untuk menghitung nilai SPF. Analisis kemampuan suatu bahan sebagai UV filter dilakukan secara *in vitro* dengan perhitungan menggunakan persamaan Mansur sebagai berikut:

$$SPF (\text{spectrametry}) = CF \times \sum_{290}^{320} EE(\lambda) \times I(\lambda) \times abs(\lambda) \quad (3.5)$$

CF adalah faktor koreksi, $EE(\lambda)$ adalah efek eritermal spektrum λ , $I(\lambda)$ adalah intensitas sinar spektrum dan $Abs(\lambda)$ adalah nilai absorbansi. Nilai $EE(\lambda) \times I(\lambda)$ adalah nilai konstan yang dapat dilihat pada **Tabel III.2.**

Tabel III. 2 Nilai konstanta $EE(\lambda) \times I(\lambda)$ pada persamaan Mansur [7]

Panjang Gelombang (nm)	EE x I
290	0,015
295	0,0812
300	0,2874
305	0,32748
310	0,1864
315	0,0837
320	0,0180
Total	1



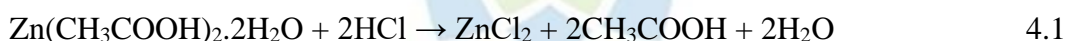
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai proses sintesis ZnO nanopartikel, sintesis HAp doping ZnO yang kemudian dianalisis melalui karakterisasi instrumen XRD dan SEM. Selanjutnya dibahas aplikasi material tersebut sebagai material tabir surya untuk meningkatkan nilai *Sun Protection Factor* (SPF).

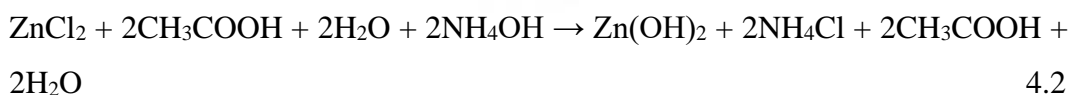
4.1 Sintesis ZnO Nanopartikel

Sintesis ZnO dilakukan dengan menggunakan metode kopresipitasi. Metode kopresipitasi ini dilakukan karena suhu yang digunakan dalam proses ini rendah dan ukuran partikel yang mudah dikontrol sehingga waktu yang dibutuhkan relatif singkat [39]. Pada proses kopresipitasi ini juga tidak harus menggunakan prekursor yang kompleks dan tidak menghasilkan zat beracun [40]. Pada sintesis ini prekursor yang digunakan adalah $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COOH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

Mula – mula 26,9573 gram $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COOH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ dilarutkan dengan 134,7 mL HCl 0,5 M menghasilkan larutan berwarna bening. Sesuai dengan reaksi kimia sebagai berikut :



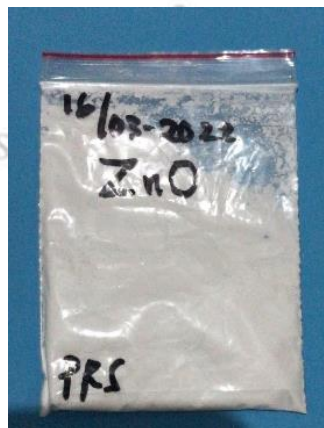
Setelah itu larutan NH_4OH 0,5M ditambahkan kedalam campuran larutan hingga pH 9. larutan yang berwarna bening dan transparan berubah menjadi larutan berwarna putih susu.



Dalam proses pengadukan, larutan berwarna putih susu ini berubah membentuk suatu koloid. Proses pengadukan dilakukan di atas *hot plate* selama 4 jam dengan suhu 85 °C. Proses pengadukan dan pemanasan ini bertujuan untuk mempercepat laju reaksi. Semakin tinggi suhu maka akan meningkatkan energi kinetik partikel, sehingga meningkatkan kemungkinan terjadinya tumbukan. Kemudian $\text{Zn}(\text{OH})_2$ hasil reaksi bereaksi dengan molekul air sehingga ion $\text{Zn}(\text{OH})_4^{2-}$ terbentuk yang selanjutnya akan terbentuk fase ZnO seperti pada persamaan reaksi sebagai berikut :



Penyaringan dan pencucian larutan hasil sintesis nanopartikel ZnO dilakukan menggunakan kertas whatman 40 dan labu erlenmeyer 250 mL yang bertujuan untuk memisahkan endapan dari larutan. Proses pencucian dilakukan secara berulang kali dengan menggunakan aquades. Hal ini bertujuan untuk menghilangkan zat pengotor pada residu hasil sintesis dan zat tersebut menjadi netral. Hasil penyaringan yang telah dicuci kemudian dimasukkan ke dalam cawan petri untuk dikeringkan. Proses pengeringan dilakukan di dalam oven dengan temperatur 105 °C selama 1 jam. Pengeringan ini bertujuan untuk menguapkan dan menghilangkan air [39]. Hasil akhir yang didapatkan yaitu berupa serbuk ZnO nanopartikel yang berwarna putih dan keirng. Dari hasil serbuk yang didapatkan selanjutnya dilakukan pengujian karakterisasi difraksi sinar-x untuk mengetahui fasa dan ukuran kristal dari nanopartikel ZnO hasil sintesis dengan metode kopresipitasi. Berdasarkan hasil preparasi didapatkan serbuk berwarna putih seperti pada **Gambar IV. 1**.

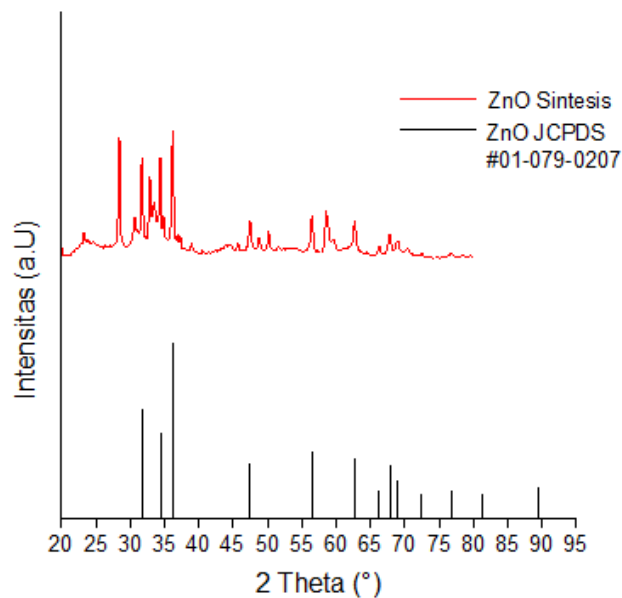


Gambar IV. 1 Serbuk ZnO hasil sintesis

4.2 Karakterisasi ZnO

Karakterisasi ZnO menggunakan XRD dilakukan untuk mengkonfirmasi terbentuk atau tidaknya senyawa ZnO yang telah disintesis. XRD juga dapat digunakan untuk mengetahui ukuran kristal dan kristalinitas dari ZnO yang telah di

disintesis. Pada analisis XRD digunakan material anoda berupa Cu (1,54060 Å) dengan voltase sebesar 40 kV dan arus 35 mA. Hasil karakterisasi untuk ZnO hasil sintesis dapat dilihat pada **Gambar IV. 4** dengan data 2θ yang dibandingkan dengan *database* pada *software Match!* nomor #01-079-0207.



Gambar IV. 2 Pola Difraktogram ZnO Hasil Sintesis

Pada **Gambar IV.4** dapat dilihat bahwa ZnO hasil sintesis memiliki pola difraksi yang hampir sama dengan pola difraksi ZnO standar pada 2θ antara 30° - 40° . Perbandingan nilai 2θ antara ZnO hasil sintesis dengan ZnO *database* ini memiliki kemiripan namun terdapat puncak baru yang menunjukkan terbentuknya fasa baru yang merupakan pengotor. Pengotor yang terbentuk adalah $ZnCl_2$, $Zn(OH)_2$, dan NH_4Cl . Senyawa NH_4Cl terbentuk karena pada saat proses penetralan masih terdapat pengotor. Sedangkan pada senyawa $Zn(OH)_2$ karena penambahan NH_4OH kedalam larutan $ZnCl_2$ sehingga membentuk endapan $Zn(OH)_2$. Selanjutnya, $Zn(OH)_2$ akan teroksidasi menjadi ion Zn^{2+} . Kristalisasi ZnO terjadi ketika kalsinasi yang dipengaruhi oleh temperatur kalsinasi. Temperatur $105^\circ C$ belum menghasilkan nanopartikel ZnO secara sempurna. Berikut tabel yang menunjukkan perbandingan puncak-puncak 2θ antara ZnO hasil sintesis dengan ZnO standar.

Tabel IV. 1 Peak Perbandingan ZnO Standar dengan ZnO Hasil Sintesis

Puncak	ZnO Standar (2 θ)	ZnO (2 θ)
Puncak 1	-	28,41
Puncak 2	31,699	31,69
Puncak 3	34,382	34,33
Puncak 4	36,182	36,16
Puncak 5	47,459	47,44
Puncak 6	-	48,78
Puncak 7	-	50,13
Puncak 8	56,463	56,45
Puncak 9	62,760	62,67
Puncak 10	66,216	67,79
Puncak 11	67,805	68,93
Puncak 12	68,924	69,03

Setelah dibandingkan, maka hasil XRD ini dapat disimpulkan bahwa sintesis yang dilakukan membentuk ZnO dengan struktur wurtzite meskipun pada **Tabel IV.1.** terindikasi adanya puncak pengotor. Selain puncak perbandingan, hasil karakterisasi XRD juga dapat menentukan ukuran kristal dan kristalinitas dari ZnO hasil sintesis seperti yang terlihat pada **Tabel IV. 2.**

Tabel IV. 2 Hasil Perhitungan Ukuran Kristal ZnO dengan XRD

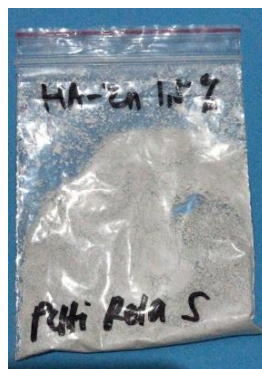
Sampel	Ukuran Kristal (nm)	Kristalinitas (%)
ZnO	22,74	46,89

Ukuran kristal ZnO ditentukan berdasarkan persamaan *Debye Scherrer*. $D = \frac{k\lambda}{\beta \cos\theta}$. Dimana D adalah ukuran diameter kristalit, k adalah konstanta proporsionalitas (=0,9), λ adalah panjang gelombang dari sinar-X yang digunakan, β adalah lebar keseluruhan puncak difraksi minimum (*full width at half maximum*, FWHM), θ adalah sudut *Bragg* yang terbaca oleh mesin XRD [41]. Ukuran kristal ZnO hasil sintesis yang dihasilkan adalah 22,74nm.

4.3 Sintesis HAp-ZnO

Sintesis HAp doping ZnO didoping dengan menggunakan metode presipitasi. HAp BBK dikalsinasi pada temperatur 1000 °C yang kemudian dihaluskan dengan ukuran 300 mesh. Setelah itu HAp BBK ditambahkan etanol 20 mL dan aquadest 80 mL. Kemudian diaduk selama 30 menit agar HAp terdispersi secara merata. Setelah terdispersi secara merata serbuk ZnO dimasukkan dengan variasi persen masa seperti yang tertera pada **Tabel III. 1**. Untuk menjaga pH tetap pada pH 11 ditambahkan NH₄OH. Campuran larutan diberikan getaran ultrasonik. Getaran ultrasonik yang diberikan pada medium perambat menyebabkan terjadinya tumbukan antarpartikel penyusun campuran larutan yang bertekanan tinggi. Tumbukan antarpartikel ini akan menyebabkan partikel-partikel tersebut terurai hingga menjadi partikel-partikel dengan ukuran yang lebih kecil. Metode ini dilakukan dengan menggunakan medium air untuk mengalirkan gelombang ultrasonik dengan frekuensi yang sangat tinggi pada campuran di dalam *ultrasonic batch*. Penggunaan air sebagai medium perambat dapat meminimalisir terjadinya reaksi antara material dengan partikel-partikel pengotor yang mungkin terlarut dalam medim yang diakibatkan oleh energi ultrasonik [42].

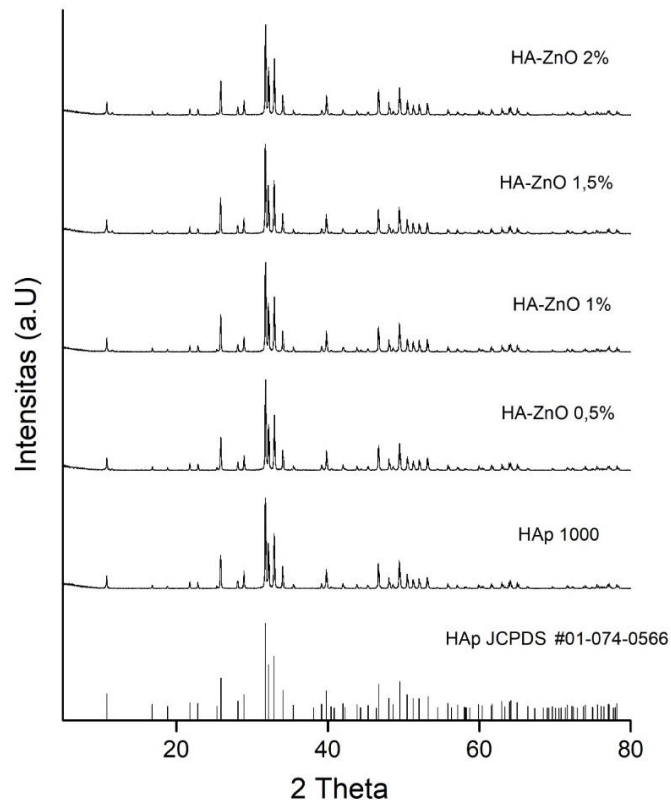
Selanjutnya dilakukan proses penyaringan agar diperoleh residu. Residu yang diperoleh dipanaskan dalam oven pada suhu 105 °C selama 12 jam yang bertujuan untuk menghilangkan kadar air dalam residu. Setelah dipanaskan diperoleh endapan berwarna putih keabu-abuan yang dapat dilihat dari **Gambar IV.3**.



Gambar IV. 3 HAp doping ZnO

4.4 Karakterisasi HAp-ZnO

Pengujian XRD ini dilakukan untuk melihat senyawa yang terbentuk pada sampel. Hasil karakterisasi XRD HAp BBK yang dikalsinasi pada 1000 °C dan HAp terdoping ZnO dapat dilihat pada **Gambar IV.5**.



Gambar IV. 4 Pola Difraktogram HAp, ZnO, HAp-ZnO 0,5%, HAp-ZnO 1%, HAp-ZnO 1,5%, dan HAp-ZnO 2%

Berdasarkan pada **Gambar IV.5** menunjukkan bahwa hasil sintesis merupakan senyawa hidroksiapatit. Pola difraktogram tersebut dianalisis lebih lanjut menggunakan *software Match!*. Sudut 2θ puncak difraksi pada 25,84 (002), 31,76 (211), 32,16 (112), dan 32,9 (300) sesuai dengan *database* nomor #01-074-0566. Pada difraktogram dengan penambahan dopan ZnO terlihat tidak ada perubahan yang signifikan pada HAp yang didoping karena menunjukkan puncak kristal yang tinggi yang identik dengan HAp murni [37]. Namun setelah dianalisis lebih lanjut menggunakan *software Xpert High Score Plus* teridentifikasi adanya mineral baru yaitu $\text{CaZn}_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ yang menandakan bahwa proses doping ini

berhasil dilakukan. Hal ini sesuai dengan jurnal sebelumnya Zn^{2+} tersubstitusi ke Ca^{2+} sehingga terjadi perubahan struktur [43]. Data perbandingan 2θ antara HAp dengan HAp-ZnO 0,5%, HAp-ZnO 1%, HAp-ZnO 1,5%, dan HAp-ZnO 2% dapat dilihat pada **Tabel IV. 3**. Berdasarkan hasil perbandingan 2θ dikonfirmasi bahwa terjadi pergeseran 2θ .

Tabel IV. 3 Perbandingan 2θ *database* HAp dengan HAp sintesis, HAp-ZnO 0,5%, HAp-ZnO 1%, HAp-ZnO 1,5%, dan HAp-ZnO 2%

<i>Peak</i>	HAp <i>Database</i>	HAp 1000	HAp- ZnO 0,5%	HAp- ZnO 1%	HAp- ZnO 1,5%	HAp- ZnO 2%
<i>Peak 1</i>	25,879	25,844	25,863	25,857	25,839	25,864
<i>Peak 2</i>	28,967	28,941	28,126	28,939	28,092	28,109
<i>Peak 3</i>	31,774	31,766	31,787	31,779	31,762	31,784
<i>Peak 4</i>	32,197	32,168	32,184	32,178	32,156	32,189
<i>Peak 5</i>	32,902	32,907	32,923	32,919	32,898	32,923
<i>Peak 6</i>	34,049	34,036	34,055	34,047	34,033	34,053
<i>Peak 7</i>	39,819	39,801	39,816	39,816	39,795	39,819
<i>Peak 8</i>	46,713	46,679	46,700	46,690	46,679	46,699
<i>Peak 9</i>	49,469	49,447	49,465	49,452	49,437	49,467

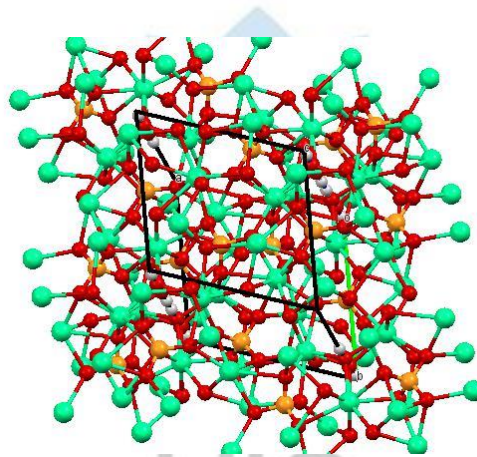
Pada **Tabel IV.3** secara umum terjadi pergeseran 2θ ke kanan dimana jarak antar bidang menjadi kecil dan FWHM menjadi besar sehingga ukuran kristal menjadi besar. Sedangkan pada variasi 1,5% terdapat perbedaan, yaitu terjadi pergeseran 2θ ke kiri yang artinya jarak antar bidang besar dan FWHM kecil sehingga diperoleh nilai ukuran kristal yang kecil. Ukuran kristal dapat dilihat pada **Tabel IV.4**.

Tabel IV. 4 Ukuran Kristal HAp dan HAp-ZnO

Sampel	Ukuran kristal	%kristalinitas
HAp 1000	64,95	50,6
HAp-ZnO 0,5%	64,89	49,22
HAp-ZnO 1%	65,11	47,61

HAp-ZnO 1,5%	63,99	47
HAp-ZnO 2%	65,57	47,96

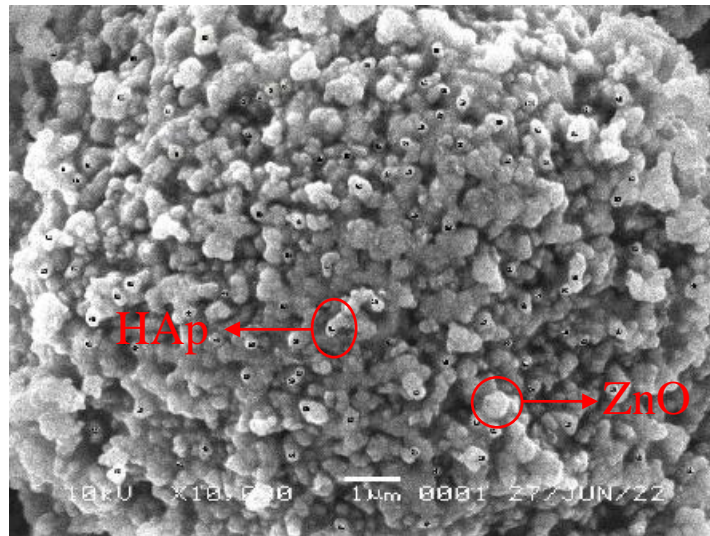
Pada **Tabel IV.4** secara umum ukuran kristal mengalami penurunan. Hal ini disebabkan karena Zn memiliki kemampuan untuk menghambat pertumbuhan kristal dimana dopan yang tersubstitusi pada Ca^{2+} (jari-jari ionik $0,99\text{\AA}$) memiliki muatan yang lebih besar dan jari-jari ion lebih kecil ($\text{Zn}^{2+} = 0,74\text{\AA}$). Parameter kisi yang ditunjukkan mengalami perubahan terjadi penurunan sehingga volume sel mengalami penyusutan. Hal ini disebabkan karena terdapat pergeseran puncak. Berikut gambar struktur HAp $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ menggunakan *software mercury*.



Gambar IV. 5 Struktur Hidroksiapatit suhu $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$

4.5 Karakterisasi *Scanning Electron Microscopy* (SEM) HAp Doping ZnO

Karakterisasi SEM dilakukan untuk mengetahui morfologi permukaan dan ukuran partikel nilai rata-rata HAp doping ZnO yang telah disintesis. Hasil SEM untuk keempat variasi HAp doping ZnO ini dapat dilihat pada **LAMPIRAN E**. Perbesaran yang digunakan pada analisis ini adalah $10.000\times$.



Gambar IV. 6 Hasil Karakterisasi HAp-ZnO 1,5%

Hasil karakterisasi SEM menunjukkan bahwa HAp-ZnO yang berhasil disintesis tersusun atas butiran-butiran berukuran kecil yang menggumpal. Hasil SEM berupa foto diolah menggunakan aplikasi imageJ dengan cara diambil sampel data ukuran partikel sejumlah 100 data. Data yang diperoleh kemudian diolah secara statistika menggunakan Ms. Excel. Data-data tersebut dipisahkan berdasarkan kelasnya sehingga diperoleh tabel penyebaran data. Nilai tengah dari setiap kelas dan frekuensi data kemudian dibuat grafik lalu diolah menggunakan lognormal yang tersedia pada aplikasi *Origin*. Diagram dianalisis dengan menggunakan pendekatan Gaussian sehingga diperoleh nilai ukuran partikel. Hasil perhitungan ukuran partikel rata-rata dapat dilihat pada **Tabel IV. 4**.

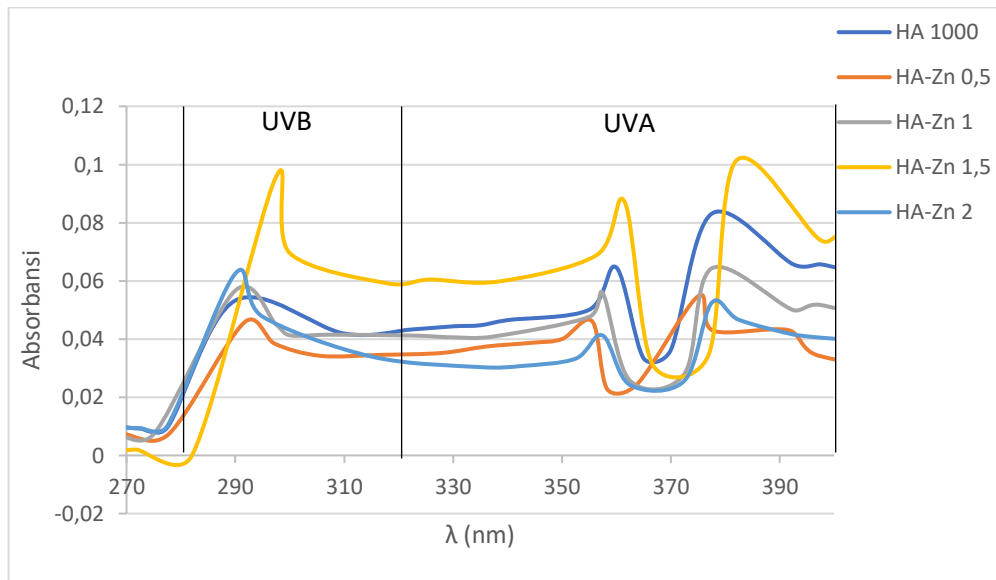
Tabel IV. 5 Ukuran Partikel HAp-ZnO

Sampel	Ukuran partikel (nm)	Ukuran partikel rata-rata (nm)	Polidispersitas
HAp-ZnO 0,5%	131,06044	131,06 ± 0,12	0,092529828
HAp-ZnO 1%	123,03002	123,03 ± 0,11	0,092091345
HAp-ZnO 1,5%	131,50682	131,51 ± 0,14	0,10622643
HAp-ZnO 2%	136,7619	136,76 ± 0,16	0,11676132

Ukuran partikel sangat berpengaruh pada efektivitas tabir surya, ukuran nanopartikel dapat meningkatkan penyerapan di wilayah UV dan meningkatkan intensitas penyerapan [37]. Selain ukuran partikel yang dihasilkan dari analisis SEM yaitu mengetahui indeks polidispersitas material yang telah disintesis. Polidispersitas sendiri merujuk pada distribusi ukuran partikel yang memiliki rentang dari 0,1. Nilai indeks polidispersitas yang mendekati nol menunjukkan distribusi ukuran partikel yang seragam sedangkan jika nilainya melebihi 0,5 maka partikel tersebut memiliki distribusi ukuran yang heterogen. Seperti yang ada pada **Tabel IV.4** hasil sintesis HAp-ZnO 0,5%, 1%, 1,5%, dan 2% masing-masing memiliki indeks polidispersitas 0,092529828, 0,092091345, 0,10622643, dan 0,11676132. Berdasarkan hasil tersebut indeks polidispersitas yang dihasilkan berada dibawah 0,5 yang menunjukkan bahwa distribusi ukuran partikel hasil sintesis bersifat homogen sehingga senyawa tersebut memiliki kecenderungan yang stabil secara fisik dan tidak mudah saling beragregasi [44].

4.6 HAp-ZnO Dalam Meningkatkan Nilai SPF

Nilai absorbansi hidroksiapatit doping ZnO pada panjang gelombang 290-320 nm dapat dilihat pada Tabel. Berdasarkan hasil penelitian dengan menggunakan persamaan Mansur dan faktor koreksi *sunscreen* Garnier SPF 50 adalah 323,34 sehingga didapatkan nilai SPF hidroksiapatit adalah 14,07387. HAp memiliki indeks bias yang lebih rendah yaitu sekitar 1,6. Indeks bias yang rendah menyebabkan tampilan sebagai tabir surya transparan [37]. Penggunaan ZnO sebagai dopan karena seng oksida (ZnO) merupakan material filter tabir surya anorganik secara komersial yang telah disetujui oleh *Food and Drug Administration* (FDA), USA. Dibandingkan dengan filter tabir surya organik, ZnO memberikan tingkat perlindungan yang cukup baik terhadap radiasi UV [45].



Gambar IV. 7 Grafik Spektrum Serapan dari Material Tabir Surya

Berdasarkan **Gambar IV.8** menunjukkan perbedaan spektrum serapan dari HAp BBK dan HAp dengan dopan Zn dengan variasi massa 0,5%, 1%, 1,5%, dan 2%. Absorbansi maksimum untuk masing-masing berada pada panjang gelombang (λ): 377,5nm, 377,792nm, 377,5nm, 382,5nm, dan 290nm. Secara umum terlihat pada grafik tersebut semakin tinggi variasi dopan ZnO yang diberikan menunjukkan peningkatan absorbansi. Peningkatan maksimum terjadi pada HAp-ZnO 1,5% dan terjadi penurunan nilai absorbansi pada HAp-ZnO 2%. Hal ini dikarenakan pengenceran yang dilakukan dalam percobaan ini terlalu encer sehingga nilai absorbansi yang diperoleh kecil. Namun ukuran kristal juga dapat mempengaruhi nilai absorbansi dimana ukuran kristal semakin kecil maka nilai absorbansi semakin tinggi seperti pada HAp-ZnO 1,5% yang memiliki ukuran kristal paling kecil.

Dalam literatur menunjukkan bahwa seng oksida sebagian besar dapat memblokir radiasi UVA dan memiliki redaman maksimum pada panjang gelombang 380 nm. FDA (*Food and Drug Administration*) menetapkan bahwa tabir surya dapat dinyatakan sebagai anti-UVA jika dapat menahan UVA pada panjang gelombang 360 nm dan menunjukkan daya absorbansi di wilayah spektrum ini [37].

Untuk melihat efektifitas tabir surya pada HAp-ZnO dilakukan dengan menghitung nilai *Sun Protection Factor* (SPF). SPF merupakan indikator universal

yang menjelaskan tentang keefektifan dari suatu produk atau zat yang bersifat UV protektor, dimana semakin tinggi nilai SPF dari suatu produk atau zat aktif tabir surya maka semakin efektif untuk melindungi kulit dari pengaruh buruk sinar UV [29]. Nilai SPF yang diperoleh dari perhitungan menggunakan persamaan Mansur sebagai berikut:

Tabel IV. 6 Nilai SPF pada HAp-ZnO

Sampel	SPF	Kategori Efektivitas Tabir Surya
HAp 1000	8,75980	Proteksi maksimal
HAp-ZnO 0,5%	11,53831	Proteksi maksimal
HAp-ZnO 1%	13,63653	Proteksi maksimal
HAp-ZnO 1,5%	21,09244	Proteksi ultra
HAp-ZnO 2%	14,70453	Proteksi maksimal

Berdasarkan **Tabel IV.6**, terlihat bahwa nilai SPF HAp-ZnO berada pada rentang 8-21, yang berarti HAp-ZnO memiliki efektivitas proteksi maksimal hingga proteksi ultra sebagai tabir surya. Nilai SPF yang tertinggi ditunjukkan pada HAp-ZnO 1,5% yaitu sebesar 21,09244 dengan kategori proteksi ultra. Pada HAp-ZnO 2% terjadi penurunan nilai SPF ini dikarenakan Namun secara garis besar nilai SPF yang dihasilkan melalui perhitungan dengan menggunakan persamaan Mansur ini sudah cukup bagus karena nilai SPF ini telah memenuhi syarat minimum SPF yang berlaku pada beberapa negara dengan nilai minimum SPF 2 dan maksimum SPF 50 [46].

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil XRD menunjukkan bahwa HAp-ZnO yang telah disintesis tidak menunjukkan perubahan yang signifikan namun terdapat pergeseran pada puncak 2θ dan terbentuknya mineral baru yaitu $\text{CaZn}_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Hasil karakterisasi SEM menunjukkan morfologi pada HAp-ZnO berupa butiran yang menggumpal dan ukuran partikel pada HAp-ZnO dengan variasi massa 0,5%, 1%, 1,5%, dan 2% berturut-turut adalah 131,06 nm, 123,03 nm, 131,5 nm, dan 136,7 nm.
2. Nilai SPF HAp BBK menunjukkan SPF 8,75 dan HAp-ZnO pada variasi massa 1,5% menunjukkan nilai SPF paling tinggi, yaitu 21,09. Pada hasil tersebut bahwa HAp-ZnO memiliki pengaruh pada HAp yaitu dapat meningkatkan nilai SPF. HAp yang terdoping oleh ZnO ini mampu meningkatkan daya absorbansi UVA dan UVB sehingga nilai SPF meningkat.
3. HAp BBK dan HAp-ZnO memiliki tingkat proteksi dari sinar UVA dan UVB pada spektrum yang cukup lebar yaitu pada 280nm-400nm. Dimana nilai SPF yang semakin tinggi maka semakin lama melindungi kulit dari sinar UV.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, penulis memberikan saran atau rekomendasi bahwa perlu dilakukan variasi dopan yaitu dengan krim *sunscreen* sebagai pembanding.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. D. Dubrovski and M. Brezocnik, "Prediction of the ultraviolet protection of cotton woven fabrics dyed with reactive dyes," *Fibres Text. East. Eur.*, vol. 72, no. 1, pp. 55–59, 2009.
- [2] S. Lautenschlager, H. C. Wulf, and M. R. Pittelkow, "Photoprotection," *Lancet*, vol. 370, no. 9586, pp. 528–537, 2007, doi: 10.1016/S0140-6736(07)60638-2.
- [3] A. P. Popov, A. V. Priezzhev, J. Lademann, and R. Myllylä, "TiO₂ nanoparticles as an effective UV-B radiation skin-protective compound in sunscreens," *J. Phys. D. Appl. Phys.*, vol. 38, no. 15, pp. 2564–2570, 2005, doi: 10.1088/0022-3727/38/15/006.
- [4] H. M. Gloster and K. Neal, "Skin cancer in skin of color," *J. Am. Acad. Dermatol.*, vol. 55, no. 5, pp. 741–760, 2006, doi: 10.1016/J.JAAD.2005.08.063.
- [5] P. Schroeder, J. Haendeler, and J. Krutmann, "The role of near infrared radiation in photoaging of the skin," *Exp. Gerontol.*, vol. 43, no. 7, pp. 629–632, 2008, doi: 10.1016/J.EXGER.2008.04.010.
- [6] M. R. Karagas, A. Virginia, L. A. Mott, M. Jo, S. K. Spencer, and M. A. Weinstock, "BRIEF," vol. 94, no. 3, 2002.
- [7] M. M. Donglikar and S. L. Deore, "Sunscreens: A review," *Pharmacogn. J.*, vol. 8, no. 3, pp. 171–179, 2016, doi: 10.5530/pj.2016.3.1.
- [8] U. Jacobi, H. J. Weigmann, M. Baumann, A. I. Reiche, W. Sterry, and J. Lademann, "Lateral Spreading of Topically Applied UV Filter Substances Investigated by Tape Stripping," *Skin Pharmacol. Physiol.*, vol. 17, no. 1, pp. 17–22, 2004, doi: 10.1159/000074058.
- [9] A. Pal, K. Hadagalli, P. Bhat, V. Goel, and S. Mandal, "Hydroxyapatite—a promising sunscreen filter," *J. Aust. Ceram. Soc.*, vol. 56, no. 1, pp. 345–351, 2020, doi: 10.1007/s41779-019-00354-2.
- [10] M. Z. H. Rozaini, H. Hamzah, N. F. Mohtar, M. H. Razali, and N. H. Ibrahim, "Characterization of photoprotective hydroxyapatite from fringescale sardinella (Valenciennes, 1847) bones as natural sunscreen for

- cosmeceutical treatments,” *Key Eng. Mater.*, vol. 792, no. December 2018, pp. 67–73, 2018, doi: 10.4028/www.scientific.net/KEM.792.67.
- [11] M. E. Burnett and S. Q. Wang, “Current sunscreen controversies: A critical review,” *Photodermatol. Photoimmunol. Photomed.*, vol. 27, no. 2, pp. 58–67, 2011, doi: 10.1111/j.1600-0781.2011.00557.x.
- [12] M. Boutinguiza, J. Pou, R. Comesaña, F. Lusquiños, A. De Carlos, and B. León, “Biological hydroxyapatite obtained from fish bones,” *Mater. Sci. Eng. C*, vol. 32, no. 3, pp. 478–486, 2012, doi: 10.1016/j.msec.2011.11.021.
- [13] V. Ferraro, A. P. Carvalho, C. Piccirillo, M. M. Santos, P. M. Paula, and M. E. Pintado, “Extraction of high added value biological compounds from sardine, sardine-type fish and mackerel canning residues - A review,” *Mater. Sci. Eng. C*, vol. 33, no. 6, pp. 3111–3120, 2013, doi: 10.1016/j.msec.2013.04.003.
- [14] A. Springsteen, R. Yurek, M. Frazier, and K. F. Carr, “In vitro measurement of sun protection factor of sunscreens by diffuse transmittance,” *Anal. Chim. Acta*, vol. 380, no. 2–3, pp. 155–164, 1999, doi: 10.1016/S0003-2670(98)00577-7.
- [15] A. Pal, K. Hadagalli, P. Bhat, V. Goel, and S. Mandal, “Hydroxyapatite — a promising sunscreen filter,” no. April, 2019.
- [16] T. S. De Araujo, S. O. De Souza, W. Miyakawa, and E. M. B. De Sousa, “Phosphates nanoparticles doped with zinc and manganese for sunscreens,” *Mater. Chem. Phys.*, vol. 124, no. 2–3, pp. 1071–1076, 2010, doi: 10.1016/j.matchemphys.2010.08.034.
- [17] R. B. Wijayanti, I. P. Wardhani, and K. Wahyudi, “Hidroksiapatit sintetik Balai Besar Keramik (BBK) sebagai material baru filter tabir surya,” *J. Litbang Ind.*, vol. 6, pp. 2252–3367, 2021.
- [18] M. J. Osmond-Mcleod, Y. Oytam, J. K. Kirby, L. Gomez-Fernandez, B. Baxter, and M. J. McCall, “Dermal absorption and short-term biological impact in hairless mice from sunscreens containing zinc oxide nano- or larger particles,” *Nanotoxicology*, vol. 8, no. SUPPL. 1, pp. 72–84, 2014, doi: 10.3109/17435390.2013.855832.

- [19] C. Antoniou, M. G. Kosmadaki, A. J. Stratigos, and A. D. Katsambas, "Sunscreens - What's important to know," *J. Eur. Acad. Dermatology Venereol.*, vol. 22, no. 9, pp. 1110–1119, 2008, doi: 10.1111/j.1468-3083.2007.02580.x.
- [20] R. Petit, "The use of hydroxyapatite in orthopaedic surgery: A ten-year review," *Eur. J. Orthop. Surg. Traumatol.*, vol. 9, no. 1, pp. 71–74, 1999, doi: 10.1007/bf01695730.
- [21] E. M. Rivera-muñoz, "Hydroxyapatite-Based Materials: Synthesis and Characterization," 2000.
- [22] Anushika, P. Sharma, A. Trivedi, and H. Begam, "Synthesis and characterization of pure and titania doped hydroxyapatite," *Mater. Today Proc.*, vol. 16, pp. 302–307, 2019, doi: 10.1016/j.matpr.2019.05.094.
- [23] V. Komlev, "Hydroxyapatite and hydroxyapatite- based ceramics."
- [24] T. G. Smijs and S. Pavel, "Titanium dioxide and zinc oxide nanoparticles in sunscreens: Focus on their safety and effectiveness," *Nanotechnol. Sci. Appl.*, vol. 4, no. 1, pp. 95–112, 2011, doi: 10.2147/nsa.s19419.
- [25] M. J. Osmond and M. J. McCall, "Zinc oxide nanoparticles in modern sunscreens: An analysis of potential exposure and hazard," *Nanotoxicology*, vol. 4, no. 1, pp. 15–41, 2010, doi: 10.3109/17435390903502028.
- [26] S. Gharpure and B. Ankamwar, "Synthesis and Antimicrobial Properties of Zinc Oxide Nanoparticles," *J. Nanosci. Nanotechnol.*, vol. 20, no. 10, pp. 5977–5996, 2020, doi: 10.1166/jnn.2020.18707.
- [27] K. G. Kanade, B. B. Kale, R. C. Aiyer, and B. K. Das, "Effect of solvents on the synthesis of nano-size zinc oxide and its properties," *Mater. Res. Bull.*, vol. 41, no. 3, pp. 590–600, 2006, doi: 10.1016/j.materresbull.2005.09.002.
- [28] A. Sirelkhatim *et al.*, "Review on zinc oxide nanoparticles: Antibacterial activity and toxicity mechanism," *Nano-Micro Lett.*, vol. 7, no. 3, pp. 219–242, 2015, doi: 10.1007/s40820-015-0040-x.
- [29] E. A. Dutra, D. A. G. Da Costa E Oliveira, E. R. M. Kedor-Hackmann, and M. I. R. Miritello Santoro, "Determination of sun protection factor (SPF) of sunscreens by ultraviolet spectrophotometry," *Rev. Bras. Ciências Farm. J.*

- Pharm. Sci.*, vol. 40, no. 3, pp. 381–385, 2004, doi: 10.1590/S1516-93322004000300014.
- [30] K. Geoffrey, A. N. Mwangi, and S. M. Maru, “Sunscreen products: Rationale for use, formulation development and regulatory considerations,” *Saudi Pharm. J.*, vol. 27, no. 7, pp. 1009–1018, 2019, doi: 10.1016/j.jsps.2019.08.003.
- [31] J. Epp, *X-Ray Diffraction (XRD) Techniques for Materials Characterization*. Elsevier Ltd, 2016.
- [32] M. A. Ismail, K. K. Taha, A. Modwi, and L. Khezami, “ZnO nanoparticles: Surface and X-ray profile analysis,” *J. Ovonic Res.*, vol. 14, no. 5, pp. 381–393, 2018.
- [33] N. Fatimah and B. Utami, “Sintesis dan Analisis Spektra IR, Difraktogram XRD, SEM pada Material Katalis Berbahan Ni/zeolit Alam Teraktivasi dengan Metode Impregnasi,” *JC-T (Journal Cis-Trans) J. Kim. dan Ter.*, vol. 1, no. 1, pp. 35–39, 2017, doi: 10.17977/um026v1i12017p035.
- [34] A. Handayani and Wuryanto, “Aplikasi SEM-EDAX untuk Karakterisasi Bahan Superkonduktor (Bi,Pb)-Sr-Ca-Cu-O,” *Pros. Pertem. dan Present. Ilm. PPNY-BATAN, Yogyakarta 23-25 April 1996*, pp. 116–120, 1996.
- [35] A. Hernowo, D. Fisika, F. Sains, and U. Diponegoro, “Kristalinitas Dan Ukuran Nanopartikel ZnO Yang Dikalsinasi Pada Temperatur 1000c Dan 2000c,” *Berk. Fis.*, vol. 22, no. 4, pp. 125–131, 2019.
- [36] E. S. Thian *et al.*, “Zinc-substituted hydroxyapatite: A biomaterial with enhanced bioactivity and antibacterial properties,” *J. Mater. Sci. Mater. Med.*, vol. 24, no. 2, pp. 437–445, 2013, doi: 10.1007/s10856-012-4817-x.
- [37] T. S. De Araujo, S. O. De Souza, and E. M. B. De Sousa, “Effect of Zn²⁺, Fe³⁺ and Cr³⁺ addition to hydroxyapatite for its application as an active constituent of sunscreens,” *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 249, 2010, doi: 10.1088/1742-6596/249/1/012012.
- [38] E. Pretsch, P. Bühlmann, and M. Badertscher, *UV/Vis Spectroscopy*. 2020.
- [39] R. Permana, Saragi, “Sintesis Nanopartikel ZnO dengan Metode Kopresipitasi,” *J. Tek. POMITS*, vol. 07, no. 02, pp. 1–7, 2009.

- [40] T. Ahn, J. H. Kim, H. M. Yang, J. W. Lee, and J. D. Kim, "Formation pathways of magnetite nanoparticles by coprecipitation method," *J. Phys. Chem. C*, vol. 116, no. 10, pp. 6069–6076, 2012, doi: 10.1021/jp211843g.
- [41] B. D. Cullity, "PRELIMINARY AND CONTENT.pdf." 2014, [Online]. Available: <http://lib.hpu.edu.vn/handle/123456789/29008>.
- [42] H. Li, Y. Ni, and J. Hong, "Ultrasound-assisted preparation, characterization and properties of flower-like ZnO microstructures," *Scr. Mater.*, vol. 60, no. 7, pp. 524–527, 2009, doi: 10.1016/j.scriptamat.2008.11.047.
- [43] F. Ren, R. Xin, X. Ge, and Y. Leng, "Characterization and structural analysis of zinc-substituted hydroxyapatites," *Acta Biomater.*, vol. 5, no. 8, pp. 3141–3149, 2009, doi: 10.1016/j.actbio.2009.04.014.
- [44] D. Rahmawanty, E. Anwar, and A. Bahtiar, "Formulasi Gel Menggunakan Serbuk Daging Ikan Harian (*Channa striatus*) Ssebagai Penyembuh Gel Formulation of Meat Powder from Snake Head Fish (*Channa striatus*) as Wound Healing," *Media Farm.*, vol. 11, no. 1, pp. 29–40, 2014.
- [45] É. M. Nery, R. M. Martinez, M. V. R. Velasco, and A. R. Baby, "A short review of alternative ingredients and technologies of inorganic UV filters," *J. Cosmet. Dermatol.*, vol. 20, no. 4, pp. 1061–1065, 2021, doi: 10.1111/jocd.13694.
- [46] G. Pirotta, "Sunscreen regulation in the world," *Handb. Environ. Chem.*, vol. 94, pp. 15–35, 2020, doi: 10.1007/698_2019_440.

LAMPIRAN A
PERHITUNGAN

1. Pembuatan ZnO

Target ZnO yang diinginkan adalah 10 gram

$$\begin{aligned}\text{Mol ZnO} &= \frac{1}{M_{r_{\text{ZnO}}}} \times m_{\text{ZnO}} \\ &= \frac{1}{81,37 \text{ g/mol}} \times 10 \text{ g} = 0,1229 \text{ mol} = \text{mol Zn(CH}_3\text{COO)}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{massa Zn(CH}_3\text{COO)}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} &= M_{r_{\text{Zn(CH}_3\text{COO)}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}}} \times \text{mol Zn(CH}_3\text{COO)}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \\ &= 219,49 \text{ g/mol} \times 0,1229 \text{ mol} \\ &= 26,9753 \text{ g}\end{aligned}$$

2. HAp doping ZnO

Variasi massa ZnO 0,5%, 1%, 1,5%, dan 2%

Massa HAp 10 gram

a. ZnO 0,5%

$$\frac{0,5}{100} = 0,005 \times 10 \text{ g} = 0,05 \text{ g}$$

b. ZnO 1%

$$\frac{1}{100} = 0,01 \times 10 \text{ g} = 0,1 \text{ g}$$

c. ZnO 1,5%

$$\frac{1,5}{100} = 0,015 \times 10 \text{ g} = 0,15 \text{ g}$$

d. ZnO 2%

$$\frac{2}{100} = 0,02 \times 10 \text{ g} = 0,2 \text{ g}$$

3. Perhitungan Larutan Induk HAp-ZnO

$$\begin{aligned}\text{Massa HA - Zn} &= \frac{1000 \times 100 \text{ mL}}{10^6} \\ &= 0,1 \text{ gram}\end{aligned}$$

4. Perhitungan Larutan HAp-ZnO

Larutan HAp-ZnO 500 ppm diperoleh dari pengenceran 1000 ppm menjadi 500 ppm.

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$

$$V_1 = \frac{100 \text{ mL} \times 500 \text{ ppm}}{1000 \text{ ppm}} = 50 \text{ mL}$$

a. Larutan HAp-ZnO 500 ppm ke 100 ppm

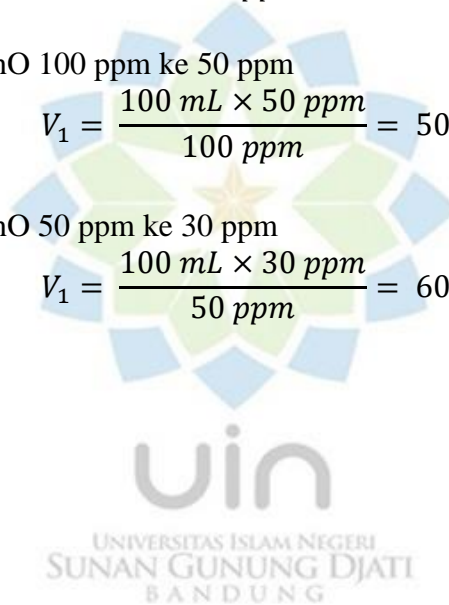
$$V_1 = \frac{100 \text{ mL} \times 100 \text{ ppm}}{500 \text{ ppm}} = 20 \text{ mL}$$

b. Larutan HAp-ZnO 100 ppm ke 50 ppm

$$V_1 = \frac{100 \text{ mL} \times 50 \text{ ppm}}{100 \text{ ppm}} = 50 \text{ mL}$$

c. Larutan HAp-ZnO 50 ppm ke 30 ppm

$$V_1 = \frac{100 \text{ mL} \times 30 \text{ ppm}}{50 \text{ ppm}} = 60 \text{ mL}$$



LAMPIRAN B

DATA XRD STANDAR ZnO DAN HAp

Data XRD Standar ZnO ini didapatkan dengan mencocokkan data berdasarkan *database* dari JCPDS No. 01-09-0207 dan data Standar HAp berdasarkan *database* dari JCPDS No. 01-074-0566. Data XRD Standar ZnO dan HAp dapat dilihat sebagai berikut:

1. Fase ZnO

Name and formula

Reference code:	01-079-0207
Compound name:	Zinc Oxide
ICSD name:	Zinc Oxide
Empirical formula:	OZn
Chemical formula:	ZnO

Crystallographic parameters

Crystal system:	Hexagonal
Space group:	P63mc
Space group number:	186
a (Å):	3.2568
b (Å):	3.2568
c (Å):	5.2125
Alpha (°):	90.0000
Beta (°):	90.0000
Gamma (°):	120.0000
Calculated density (g/cm ³):	5.64
Volume of cell (10 ⁶ pm ³):	47.88
Z:	2.00
RIR:	5.26

Status, subfiles and quality

Status: Diffraction data collected at non ambient temperature
Subfiles: Alloy, metal or intermetallic
Corrosion
Inorganic
Modelled additional pattern
Quality: Calculated (C)

Comments

ICSD collection code: 065121
Creation Date: 1/1/1970
Modification Date: 1/1/1970
ICSD Collection Code: 065121
Temperature Factor: ATF
Calculated Pattern Original Remarks: REM TEM 600.

References

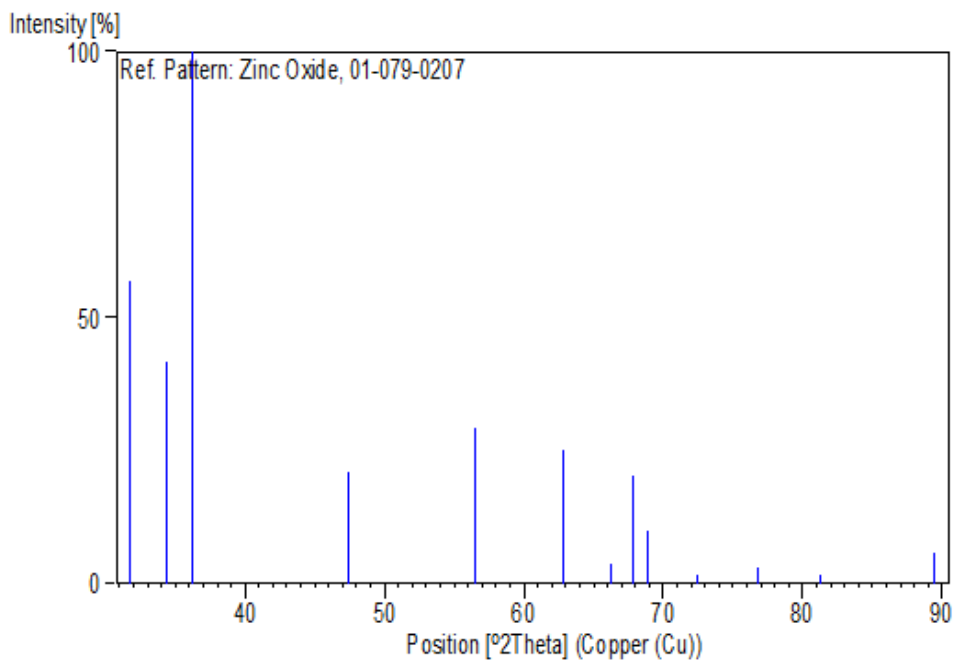
Primary reference: *Calculated from ICSD using POWD-12++, (1997)*
Structure: Albertsson, J., Abrahams, S.C., Kvik, A., *Acta Crystallogr., Sec. B: Structural Science*, **45**, 34, (1989)

Peak list

No.	h	k	l	d [Å]	2Theta[deg]	I [%]
1	1	0	0	2.82049	31.699	57.1
2	0	0	2	2.60626	34.382	41.6
3	1	0	1	2.48062	36.182	100.0
4	1	0	2	1.91416	47.459	21.0
5	1	1	0	1.62841	56.463	29.1
6	1	0	3	1.47933	62.760	25.1
7	2	0	0	1.41024	66.216	3.8
8	1	1	2	1.38101	67.805	20.3

9	2	0	1	1.36130	68.924	10.0
10	0	0	4	1.30313	72.472	1.6
11	2	0	2	1.24031	76.786	3.0
12	1	0	4	1.18297	81.258	1.5
13	2	0	3	1.09497	89.415	5.8

Stick Pattern



SUNAN GUNUNG DJATI
BANDUNG

2. Fase Hidroksipatit

Name and formula

Reference code: 01-074-0566

Mineral name: Hydroxylapatite

Compound name: Calcium Hydroxide Phosphate

ICSD name: Calcium Hydroxide Phosphate

Empirical formula: $\text{Ca}_{10}\text{H}_2\text{O}_{26}\text{P}_6$

Chemical formula: $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$

Crystallographic parameters

Crystal system: Hexagonal

Space group: P63/m
Space group number: 176

a (Å): 9.4240
b (Å): 9.4240
c (Å): 6.8790
Alpha (°): 90.0000
Beta (°): 90.0000
Gamma (°): 120.0000

Calculated density (g/cm³): 3.15
Volume of cell (10⁶ pm³): 529.09
Z: 1.00

RIR: 1.06

Subfiles and Quality

Subfiles: Inorganic
Mineral
Modelled additional pattern
Quality: Calculated (C)

Comments

ICSD collection code: 026205
Creation Date: 1/1/1970
Modification Date: 1/1/1970
ICSD Collection Code: 026205
Temperature Factor: ATF
Sample Source or Locality: Specimen from Holly Springs, GA, USA
Additional Patterns: See PDF 9-432.

References

Primary reference: *Calculated from ICSD using POWD-12++, (1997)*
Structure: Sudarsanan, K., Young, R.A., *Acta Crystallogr., Sec. B*, **25**, 1534, (1969)

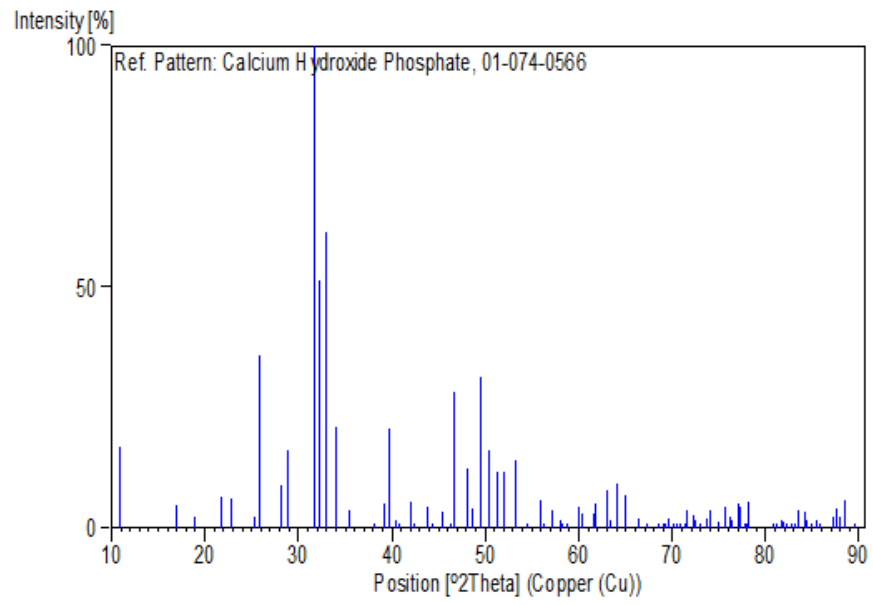
Peak list

No.	h	k	l	d [Å]	2Theta[deg]	I [%]
1	1	0	0	8.16142	10.832	17.0
2	1	0	1	5.25985	16.842	4.6
3	1	1	0	4.71200	18.817	2.3

4	2	0	0	4.08071	21.762	6.5
5	1	1	1	3.88745	22.858	6.3
6	2	0	1	3.50965	25.357	2.3
7	0	0	2	3.43950	25.883	35.7
8	1	0	2	3.16953	28.131	8.8
9	2	1	0	3.08473	28.921	16.0
10	2	1	1	2.81468	31.766	100.0
11	1	1	2	2.77811	32.195	51.5
12	3	0	0	2.72047	32.897	61.3
13	2	0	2	2.62992	34.063	21.0
14	3	0	1	2.52983	35.455	3.9
15	2	2	0	2.35600	38.168	0.2
16	2	1	2	2.29645	39.197	5.0
17	1	3	0	2.26357	39.791	20.5
18	2	2	1	2.22890	40.436	1.8
19	1	0	3	2.20753	40.845	0.4
20	1	3	1	2.15016	41.986	5.6
21	3	0	2	2.13372	42.325	1.1
22	1	1	3	2.06183	43.876	4.5
23	4	0	0	2.04036	44.362	1.1
24	2	0	3	1.99902	45.330	3.5
25	4	0	1	1.95612	46.381	0.7
26	2	2	2	1.94372	46.694	28.1
27	1	3	2	1.89084	48.081	12.2
28	2	3	0	1.87236	48.586	4.0
29	2	1	3	1.84027	49.490	31.3
30	3	2	1	1.80663	50.475	16.1
31	1	4	0	1.78097	51.255	11.6
32	4	0	2	1.75482	52.075	11.7
33	0	0	4	1.71975	53.220	14.0
34	1	0	4	1.68280	54.484	1.0
35	3	2	2	1.64449	55.863	5.9
36	5	0	0	1.63228	56.318	0.2
37	3	1	3	1.61089	57.134	3.7
38	5	0	1	1.58819	58.027	1.5
39	2	0	4	1.58477	58.164	1.1
40	4	1	2	1.58153	58.295	1.0
41	3	3	0	1.57067	58.737	0.8
42	2	4	0	1.54236	59.925	4.3
43	3	3	1	1.53126	60.404	3.2
44	2	4	1	1.50500	61.571	3.2
45	1	2	4	1.50209	61.704	5.0
46	5	0	2	1.47465	62.982	7.9
47	5	1	0	1.46583	63.404	1.6
48	3	0	4	1.45365	63.998	7.4
49	3	2	3	1.45028	64.165	9.3

50	5	1	1	1.43365	65.000	6.9
51	1	4	3	1.40655	66.412	2.1
52	2	2	4	1.38906	67.359	0.1
53	3	1	4	1.36936	68.461	0.4
54	6	0	0	1.36024	68.985	0.2
55	1	0	5	1.35666	69.193	0.2
56	5	1	2	1.34848	69.673	2.0
57	4	3	0	1.34173	70.075	0.4
58	6	0	1	1.33440	70.517	0.1
59	5	0	3	1.32977	70.799	0.2
60	1	1	5	1.32066	71.362	0.4
61	4	3	1	1.31691	71.596	3.7
62	5	2	0	1.30687	72.232	2.8
63	2	0	5	1.30370	72.436	1.7
64	3	3	3	1.29582	72.947	0.3
65	5	2	1	1.28391	73.735	1.9
66	2	4	3	1.27979	74.012	3.8
67	2	3	4	1.26657	74.916	1.3
68	6	0	2	1.26491	75.031	1.1
69	2	1	5	1.25649	75.622	4.5
70	3	4	2	1.24999	76.085	2.4
71	6	1	0	1.24461	76.473	1.8
72	1	4	4	1.23712	77.021	5.0
73	5	1	3	1.23504	77.174	4.4
74	3	0	5	1.22773	77.720	0.2
75	1	6	1	1.22472	77.947	0.9
76	2	5	2	1.22166	78.179	5.6
77	2	2	5	1.18807	80.837	0.3
78	5	0	4	1.18391	81.180	0.5
79	4	4	0	1.17800	81.673	1.7
80	1	3	5	1.17567	81.870	1.2
81	1	6	2	1.17034	82.323	0.6
82	7	0	0	1.16592	82.704	0.7
83	4	4	1	1.16110	83.123	1.0
84	3	3	4	1.15976	83.240	1.0
85	4	3	3	1.15805	83.391	3.6
86	2	4	4	1.14822	84.268	3.4
87	0	0	6	1.14650	84.423	1.7
88	4	0	5	1.14070	84.953	0.2
89	5	2	3	1.13541	85.443	1.7
90	2	6	0	1.13179	85.782	0.9
91	5	1	4	1.11558	87.338	2.3
92	4	4	2	1.11400	87.494	4.1
93	2	3	5	1.10868	88.021	2.4
94	3	5	2	1.10420	88.471	5.8
95	1	6	3	1.09386	89.530	0.3

Stick Pattern



LAMPIRAN C

HASIL KARAKTERISASI XRD DAN SEM

Pada lampiran B ini menjelaskan perhitungan untuk menentukan ukuran kristal, persen kristalinitas, dan parameter kisi.

Pada penentuan ukuran kristal ini dilakukan pencarian nilai FWHM dengan metode Gaussian pada software *Origin*. Puncak difraksi yang dilakukan perhitungan adalah puncak-puncak yang tinggi dan tajam pada hasil XRD dari sampel. Ukuran kristal dihitung dengan menggunakan persamaan Scherre, yaitu

$$D = \frac{k\lambda}{\beta \cos\theta}, \text{ dengan nilai } \beta = \frac{FWHM}{180} \pi.$$

pada tabel berikut:

1. Ukuran Kristal Rata-rata ZnO

ZnO	K	λ	FWHM	β	2 θ	cos θ	D (nm)
Puncak 1	0,9	0,15406	0,327	0,005707	31,74	0,961885	25,25715
Puncak 2	0,9	0,15406	0,327	0,005707	34,38	0,95533	25,43044
Puncak 3	0,9	0,15406	0,2862	0,004995	36,21	0,950489	29,20374
Puncak 4	0,9	0,15406	0,3679	0,006421	47,49	0,915347	23,59064
Puncak 5	0,9	0,15406	0,4088	0,007135	56,5	0,880891	22,06084
Puncak 6	0,9	0,15406	0,4906	0,008563	62,72	0,853914	18,96327
Puncak 7	0,9	0,15406	0,4088	0,007135	66,31	0,837194	23,21229
Puncak 8	0,9	0,15406	0,4497	0,007849	67,83	0,829866	21,28747
Puncak 9	0,9	0,15406	0,6132	0,010702	69,03	0,823978	15,72307
							22,74766

2. Kristalinitas ZnO

Luas Area Kristalin	Luas Area Total	Kristalinitas
6138,756	13.090,40	46,89512

3. Puncak 2 Theta $ZnCl_2$, $Zn(OH)_2$, dan NH_4Cl

ZnCl₂		Zn(OH)₂		NH₄Cl	
2 Theta	Intensitas	2 Theta	Intensitas	2 Theta	Intensitas
8,35	100	31,803	59	23,083	8
16,714	25,4	34,455	63	32,778	100
25,184	6	36,287	100	40,416	4
25,478	32,2	56,558	25	47,046	11
29,417	0,1	62,851	26	53,212	6
33,797	0,1			58,357	21
34,246	0,1			68,999	6
35,089	12,6			73,33	3
38,337	7,8			78,306	6
42,612	9,3			83,219	2
				87,889	2

3. Ukuran Kristal Rata-rata Hidroksiapatit

HAp 1000	K	λ	FWHM	β	2θ	cosθ	D (nm)
Puncak 1	0,9	0,15406	0,1101	0,00192	10,825	0,9955	72,4784
Puncak 2	0,9	0,15406	0,1315	0,00230	25,844	0,9747	61,9825
Puncak 3	0,9	0,15406	0,1264	0,00221	28,941	0,9683	64,9096
Puncak 4	0,9	0,15406	0,1455	0,00254	31,766	0,9618	56,7671
Puncak 5	0,9	0,15406	0,1549	0,00270	32,168	0,9609	53,3759
Puncak 6	0,9	0,15406	0,1547	0,00270	32,907	0,9590	53,5456
Puncak 7	0,9	0,15406	0,1532	0,00267	34,036	0,9562	54,2303
Puncak 8	0,9	0,15406	0,1773	0,00309	39,8010	0,9403	47,6526
Puncak 9	0,9	0,15406	0,1167	0,00204	46,6790	0,9182	74,1412
Puncak 10	0,9	0,15406	0,1156	0,00202	48,0720	0,9133	75,2469
Puncak 11	0,9	0,15406	0,1072	0,00187	49,4470	0,9083	81,5856
Puncak 12	0,9	0,15406	0,1197	0,00209	50,4750	0,9045	73,3718
Puncak 13	0,9	0,15406	0,1367	0,00239	52,0740	0,8985	64,6790
Puncak 14	0,9	0,15406	0,1179	0,00206	53,1400	0,8944	75,3382
Rata-Rata Ukuran Kristal							64,9503

4. Kristalinitas Hidroksiapatit

Luas Area Kristalin	Luas Area Total	Kristalinitas
1562,11	3086,892	50,60

5. Ukuran Kristal Rata-Rata HAp-ZnO

HA 0,5%	K	λ	FWHM	β	2 θ	cos θ	D (nm)
Puncak 1	0,9	0,15406	0,1215	0,00212	10,841	0,9955	65,6788
Puncak 2	0,9	0,15406	0,1338	0,00234	25,863	0,9746	60,9194
Puncak 3	0,9	0,15406	0,1109	0,00194	28,126	0,9700	73,8480
Puncak 4	0,9	0,15406	0,1483	0,00259	28,948	0,9683	55,3250
Puncak 5	0,9	0,15406	0,1443	0,00252	31,787	0,9618	57,2422
Puncak 6	0,9	0,15406	0,1524	0,00266	32,184	0,9608	54,2537
Puncak 7	0,9	0,15406	0,1514	0,00264	32,923	0,9590	54,7149
Puncak 8	0,9	0,15406	0,1607	0,00280	34,0550	0,9562	51,7019
Puncak 9	0,9	0,15406	0,1602	0,00280	39,8160	0,9402	52,7416
Puncak 10	0,9	0,15406	0,1862	0,00325	46,7000	0,9181	46,4713
Puncak 11	0,9	0,15406	0,1108	0,00193	48,0870	0,9132	78,5113
Puncak 12	0,9	0,15406	0,1217	0,00212	49,4650	0,9083	71,8702
Puncak 13	0,9	0,15406	0,1251	0,00218	50,4930	0,9045	70,2099
Puncak 14	0,9	0,15406	0,1685	0,00294	51,2940	0,9015	52,2998
Puncak 15	0,9	0,15406	0,1317	0,00230	52,0930	0,8984	67,1400
Puncak 16	0,	0,15406	0,1021	0,00178	53,1650	0,8943	87,0063
Puncak 17	0,9	0,15406	0,0907	0,00158	63,9430	0,8483	103,4489
Rata-Rata Ukuran Kristal							64,8932

HA 1%	K	λ	FWHM	β	2 θ	cos θ	D (nm)
Puncak 1	0,9	0,15406	0,1160	0,00202	10,831	0,9955	68,7923
Puncak 2	0,9	0,15406	0,1210	0,00211	25,857	0,9747	67,3629
Puncak 3	0,9	0,15406	0,1345	0,00235	28,939	0,9683	61,0002
Puncak 4	0,9	0,15406	0,1501	0,00262	31,779	0,9618	55,0292
Puncak 5	0,9	0,15406	0,1548	0,00270	32,178	0,9608	53,4117
Puncak 6	0,9	0,15406	0,1599	0,00279	32,919	0,9590	51,8058
Puncak 7	0,9	0,15406	0,1551	0,00271	34,047	0,9562	53,5675
Puncak 8	0,9	0,15406	0,1575	0,00275	39,8160	0,9402	53,6458
Puncak 9	0,9	0,15406	0,1239	0,00216	46,6900	0,9181	69,8356

Puncak 10	0,9	0,15406	0,1196	0,00209	48,0880	0,9132	72,7348
Puncak 11	0,9	0,15406	0,1120	0,00195	49,4520	0,9083	78,0906
Puncak 12	0,9	0,15406	0,2143	0,00374	50,4970	0,9045	40,9865
Puncak 14	0,9	0,15406	0,1182	0,00206	51,2780	0,9015	74,5510
Puncak 15	0,9	0,15406	0,1013	0,00177	52,0770	0,8985	87,2826
Puncak 16	0,9	0,15406	0,1000	0,00175	53,1460	0,8944	88,8260
Rata-Rata Ukuran Kristal							65,1282

HA 1,5%	K	λ	FWHM	β	2θ	$\cos\theta$	D (nm)
Puncak 1	0,9	0,15406	0,1296	0,00226	10,818	0,9955	61,5727
Puncak 2	0,9	0,15406	0,1155	0,00202	25,839	0,9747	70,5681
Puncak 3	0,9	0,15406	0,1314	0,00229	28,092	0,9701	62,3222
Puncak 4	0,9	0,15406	0,1366	0,00238	28,926	0,9683	60,0607
Puncak 5	0,9	0,15406	0,1436	0,00251	31,762	0,9618	57,5177
Puncak 6	0,9	0,15406	0,1430	0,00250	32,156	0,9609	57,8159
Puncak 7	0,9	0,15406	0,1537	0,00268	32,898	0,9591	53,8927
Puncak 8	0,9	0,15406	0,1375	0,00240	34,0330	0,9562	60,4219
Puncak 9	0,9	0,15406	0,1687	0,00294	39,7950	0,9403	50,0809
Puncak 10	0,9	0,15406	0,1165	0,00203	46,6790	0,9182	74,2685
Puncak 11	0,9	0,15406	0,2041	0,00356	48,0570	0,9133	42,6165
Puncak 12	0,9	0,15406	0,1034	0,00180	49,4370	0,9084	84,5805
Puncak 13	0,9	0,15406	0,1120	0,00195	50,4760	0,9045	78,4164
Puncak 14	0,9	0,15406	0,1185	0,00207	52,0670	0,8985	74,6106
Puncak 15	0,9	0,15406	0,1248	0,00218	53,1390	0,8944	71,1725
Rata-Rata Ukuran Kristal							63,9945

HA 2%	K	λ	FWHM	β	2θ	$\cos\theta$	D (nm)
Puncak 1	0,9	0,15406	0,1239	0,00216	10,847	0,9955	64,4069
Puncak 2	0,9	0,15406	0,1231	0,00215	25,864	0,9746	66,2147
Puncak 3	0,9	0,15406	0,1346	0,00235	28,109	0,9701	60,8428
Puncak 4	0,9	0,15406	0,1484	0,00259	28,946	0,9683	55,2875
Puncak 5	0,9	0,15406	0,1450	0,00253	31,784	0,9618	56,9654
Puncak 6	0,9	0,15406	0,1468	0,00256	32,189	0,9608	56,3240
Puncak 7	0,9	0,15406	0,1489	0,00260	32,923	0,9590	55,6336
Puncak 8	0,9	0,15406	0,1573	0,00275	34,0530	0,9562	52,8192

Puncak 9	0,9	0,15406	0,1739	0,00304	39,8190	0,9402	48,5871
Puncak 10	0,9	0,15406	0,1774	0,00310	46,6990	0,9181	48,7764
Puncak 11	0,9	0,15406	0,1017	0,00177	48,0810	0,9133	85,5344
Puncak 12	0,9	0,15406	0,1139	0,00199	49,4670	0,9083	76,7926
Puncak 13	0,9	0,15406	0,1112	0,00194	50,5040	0,9044	78,9897
Puncak 14	0,9	0,15406	0,1061	0,00185	51,2930	0,9015	83,0583
Puncak 15	0,9	0,15406	0,1094	0,00191	52,0790	0,8985	80,8209
Puncak 16	0,9	0,15406	0,1235	0,00216	53,1470	0,8944	71,9242
Puncak 17	0,9	0,15406	0,1305	0,00228	64,1300	0,8474	71,8344
Rata-Rata Ukuran Kristal							65,5731

6. Kristalinitas HAp-ZnO

Sampel	Luas Area Kristalin	Luas Area Total	Kristalinitas
HAp-ZnO 0,5%	1528,186	3104,523	49,22
HAp-ZnO 1%	1461,718	3069,669	47,61
HAp-ZnO 1,5%	1524,281	3242,825	47
HAp-ZnO 2%	1549,241	3229,691	47,96

7. Ukuran Partikel Hasil SEM

Sampel	Ukuran partikel (nm)	Ukuran partikel rata-rata (nm)	Polidispersitas	R square
HAp-ZnO 0,5%	131,06044	131,06 ± 0,12	0,092529828	0,92891
HAp-ZnO 1%	123,03002	123,03 ± 0,11	0,092091345	0,93869
HAp-ZnO 1,5%	131,50682	131,51 ± 0,14	0,10622643	0,97468
HAp-ZnO 2%	136,7619	136,76 ± 0,16	0,11676132	0,92306

LAMPIRAN D
PERHITUNGAN NILAI SPF

Perhitungan SPF menggunakan persamaan Mansur

$$SPF (spectrametry) = CF \times \sum_{290}^{320} EE(\lambda) \times I(\lambda) \times abs(\lambda)$$

Nilai konstanta $EE(\lambda) \times I(\lambda)$ pada persamaan Mansur

Panjang Gelombang (nm)	EE x I
290	0,015
295	0,0812
300	0,2874
305	0,32748
310	0,1864
315	0,0837
320	0,0180
Total	1

1. Perhitungan Faktor Koreksi

Perhitungan Faktor koreksi menggunakan nilai SPF dari produk Garnier yaitu 50

λ (nm)	Absorbansi	EE x I	EE x I x Abs
290	0,2093	0,015	0,00314
295	0,19292	0,0812	0,01582
300	0,17472	0,2874	0,05014
305	0,15288	0,32748	0,05014
310	0,1274	0,1864	0,0237
315	0,11648	0,0837	0,00978
320	0,1092	0,0180	0,00196
Total			0,15468

$$SPF (spectrametry) = CF \times \sum_{290}^{320} EE(\lambda) \times I(\lambda) \times abs(\lambda)$$

$$50 = CF \times 0,15468$$

$$CF = \frac{50}{0,15468} = 323,24$$

2. Perhitungan Nilai SPF pada HA 1000 °C

λ (nm)	Absorbansi	EE x I	EE x I x Abs
290	0,05325	0,015	0,00069
295	0,04686	0,0812	0,0036
300	0,04473	0,2874	0,0123
305	0,0426	0,32748	0,0136
310	0,04189	0,1864	0,0067
315	0,042245	0,0837	0,0033
320	0,0426	0,0180	0,0006
Total			0,0271

$$SPF (spectrametry) = CF \times \sum_{290}^{320} EE(\lambda) \times I(\lambda) \times abs(\lambda)$$

$$SPF (spectrametry) = 323,24 \times 0,0271$$

$$SPF (spectrametry) = 8,76$$

3. Perhitungan Nilai SPF pada HAp-ZnO 0,5%

λ (nm)	Absorbansi	EE x I	EE x I x Abs
290	0,04032	0,015	0,0006048
295	0,04093	0,0812	0,003356
300	0,0368	0,2874	0,01056
305	0,03424	0,32748	0,01123
310	0,03456	0,1864	0,00642
315	0,03456	0,0837	0,002903
320	0,03456	0,0180	0,000622
Total			0,0356958

$$SPF (spectrametry) = CF \times \sum_{290}^{320} EE(\lambda) \times I(\lambda) \times abs(\lambda)$$

$$SPF (spectrametry) = 323,24 \times 0,0356958$$

$$SPF (spectrametry) = 11,53$$

4. Perhitungan Nilai SPF pada HAp-ZnO 1%

λ (nm)	Absorbansi	EE x I	EE x I x Abs
290	0,05668	0,015	0,0008502
295	0,045844	0,0812	0,003759
300	0,04129	0,2874	0,01185023
305	0,042048	0,32748	0,01377917
310	0,041464	0,1864	0,007712
315	0,041464	0,0837	0,0034829
320	0,041172	0,0180	0,000741
Total			0,042187

$$SPF (spectrametry) = CF \times \sum_{290}^{320} EE(\lambda) \times I(\lambda) \times abs(\lambda)$$

$$SPF (spectrametry) = 323,24 \times 0,042187$$

$$SPF (spectrametry) = 13,63$$

5. Perhitungan Nilai SPF pada HAp-ZnO 1,5%

λ (nm)	Absorbansi	EE x I	EE x I x Abs
290	0,07345	0,015	0,001101
295	0,08385	0,0812	0,0068757
300	0,06955	0,2874	0,01996
305	0,06175	0,32748	0,020254
310	0,0598	0,1864	0,0111228
315	0,05915	0,0837	0,0049686
320	0,05395	0,0180	0,0009711
Total			0,0652532

$$SPF (spectrametry) = CF \times \sum_{290}^{320} EE(\lambda) \times I(\lambda) \times abs(\lambda)$$

$$SPF (spectrametry) = 323,24 \times 0,0652532$$

$$SPF (spectrametry) = 21,09$$

6. Perhitungan Nilai SPF pada HAp-ZnO 2%

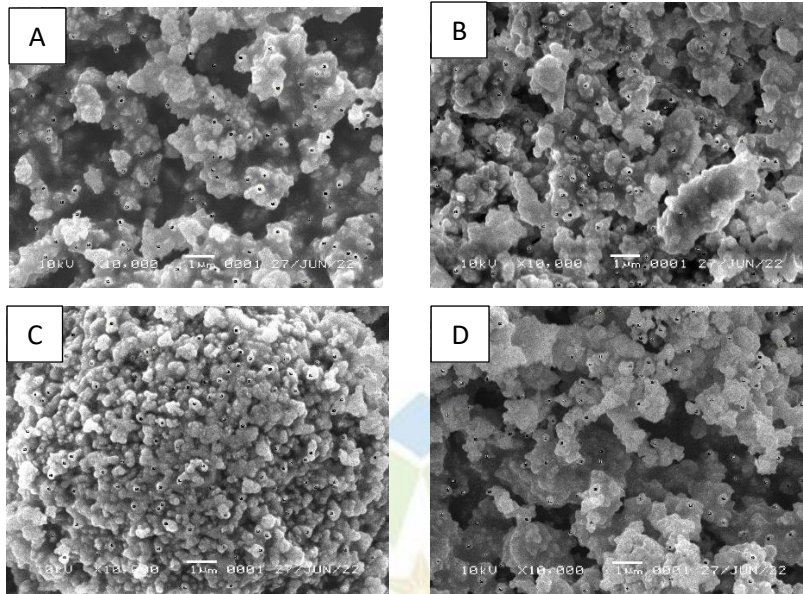
λ (nm)	Absorbansi	EE x I	EE x I x Abs
290	0,06253	0,015	0,00093795
295	0,04771	0,0812	0,00391222
300	0,04193	0,2874	0,012035
305	0,03976	0,32748	0,013042
310	0,03615	0,1864	0,0067239
315	0,03398	0,0837	0,002854
320	0,03325	0,0180	0,005986
Total			0,04549107

$$SPF (spectrametry) = CF \times \sum_{290}^{320} EE(\lambda) \times I(\lambda) \times abs(\lambda)$$

$$SPF (spectrametry) = 323,24 \times 0,04549107$$

$$SPF (spectrametry) = 14,70$$

LAMPIRAN E
HASIL PENGUJIAN SEM



Ket : a) HAp-ZnO 0,5%; b) HAp-ZnO 1%; c) HAp-ZnO 1,5%; dan d) HAp-ZnO 2%

LAMPIRAN F
DOKUMENTASI

F.1 Hasil Doping HAp Dengan ZnO



Ket : HAp doping ZnO dengan variasi massa a) HAp-ZnO 0,5%; b) HAp-ZnO 1%;
c) HAp-ZnO 1,5%; dan d) HAp-ZnO 2%

RIWAYAT HIDUP PENULIS



Penulis bernama Puti Reli Suciati lahir di Sumedang pada tanggal 03 Maret 2001 dari pasangan Bapak Nuzul Rizal Tanjung dan Ibu Mela Suhelawati. Anak ketiga dari tiga bersaudara.

Penulis menyelesaikan pendidikan di SD Negeri Cimalaka 2 pada tahun 2012, SMP Negeri 1 Cimalaka pada tahun 2015, dan SMA Negeri 1 Cimalaka pada tahun 2018.

Pada 2018, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Gunung Djati Bandung melalui seleksi SBMPTN.

Pengalaman organisasi yang penulis ikuti adalah dengan menjadi pengurus dari Himpunan Mahasiswa Kimia (HIMASAKI) periode 2019-2020. Selain itu, berbagai komunitas olahraga yang ada di HIMASAKI penulis ikuti guna menambah kemampuan dan memperluas relasi.

Penulis menyelesaikan program Strata 1 (S1) pada tahun 2022 dengan predikat Sangat Memuaskan, dengan skripsi berjudul “Modifikasi Hidroksiapatit Doping ZnO Dalam Meningkatkan Nilai SPF (*Sun Protection Factor*) Sebagai Bahan Aktif Tabir Surya” di bawah bimbingan Bapak Dr. Soni Setiadji, M.T., M.Si. dan Bapak Kristanto Wahyudi, M.T.