

STUDI TEMPERATUR HIDROTERMAL PADA SINTESIS HIDROKSIAPATIT YANG BERASAL DARI TULANG SAPI UNTUK APLIKASI BIOMATERIAL

Angga Bagas Wijanarko

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: angga.19025@mhs.unesa.ac.id

Mochamad Arif Irfa'i

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: arifirfai@unesa.ac.id

Abstrak

Hidroksiapatit merupakan material anorganik yang didalam sistem kristalnya terbentuk dari kalsium dan fosfor atau juga bisa disebut dengan kalsium fosfat. Hidroksiapatit ini memiliki rumus kimia $Ca_{10}(PO_4)_6OH_2$. Pada penelitian kali ini akan menggunakan bahan dari tulang sapi sebagai sumber kalsium untuk mendapatkan hidroksiapatit. Metode yang digunakan untuk sintesis hidroksiapatit adalah hidrotermal dengan memvariasikan suhu. Variasi suhu yang digunakan adalah sebesar 60°C, 80°C, 100°C, dan 120°C. Kemudian hasil sintesis hidroksiapatit akan dilakukan karakterisasi menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD) untuk mendapatkan hasil kemurnian dan kristalinitasnya, dan *Scanning Electron Microscope* (SEM) untuk mendapatkan hasil morfologinya. Pada penelitian kali ini dapat hasil presentase kemurnian dan kristalinitas tertinggi ada pada suhu 100°C yaitu sebesar 88,69% untuk nilai kemurniannya dan 78,50% untuk nilai kristalinitasnya. Kemudian mendapatkan presentase kemurnian dan kristalinitas terendah pada suhu 60°C yaitu sebesar 87,52% untuk kemurniannya dan 77,16% untuk kristalinitasnya. Pada penelitian kali ini mendapatkan bentuk morfologi yang berbentuk bulat bola dengan seiring meningkatnya suhu hidrotermal. Bentuk morfologi bulat bola paling baik terdapat pada suhu 100°C dan struktur kerapatan antar partikel paling rapat didapatkan pada suhu 60°C

Kata Kunci: Tulang Sapi, Kalsinasi,, Hidrotermal, Hidroksiapatit.

Abstract

Hydroxyapatite is an inorganic material which in its crystal system is formed from calcium and phosphorus or can also be called calcium phosphate. This hydroxyapatite has the chemical formula $Ca_{10}(PO_4)_6OH_2$. In this research, we will use material from beef bones as a source of calcium to obtain hydroxyapatite. The method used for the synthesis of hydroxyapatite is hydrothermal by varying the temperature. The temperature variations used are 60°C, 80°C, 100°C, and 120°C. Then the hydroxyapatite synthesis results will be characterized using X-Ray Diffraction (XRD) to obtain purity and crystallinity results, and Scanning Electron Microscope (SEM) to obtain morphology results. In this research, the highest percentage of purity and crystallinity was obtained at a temperature of 100°C, namely 88.69% for the purity value and 78.50% for the crystallinity value. Then get the lowest percentage of purity and crystallinity at a temperature of 60°C, namely 87.52% for purity and 77.16% for crystallinity. In this research, a round, spherical morphology was obtained as the hydrothermal temperature increased. The best round spherical morphology is found at a temperature of 100°C and the densest interparticle density structure is obtained at a temperature of 60°C

Keywords: Ox Bone, Calcination, hydrothermal method, hydroxyapatite.

PENDAHULUAN

Tulang merupakan salah satu komponen untuk membentuk kerangka tubuh dan organ dalam manusia. Kerusakan (fraktur) dan kelainan pada tulang menimbulkan kecacatan struktur yang dapat mengakibatkan terganggunya fungsi tubuh. Salah satu bentuk usaha untuk memperbaiki kerusakan pada tulang yaitu menggunakan implementasi tulang (Afifah & Cahyaningrum, 2020). Penggunaan material implan pada tubuh manusia sudah cukup lama dikenal, material seperti polimer hanya dapat menggantikan fungsi suatu organ namun akan menghambat pertumbuhan jaringan tulang sehingga dibutuhkan material lain yang biokompatibel, bioaktif, biodegradasi, dan juga tidak mengandung racun (Jumilah & Yulius, 2021).

Biomaterial merupakan material sintesis yang berkerja dengan cara kontak langsung jaringan hidup dan mampu

untuk melakukan interaksi sistem biologis manusia (Park dkk., 2007). Hidroksiapatit ini memiliki rumus kimia $Ca_{10}(PO_4)_6OH_2$ (Yelten dan Yilmaz, 2016). Penelitian sintesis hidroksiapatit menggunakan sumber kalsium dari tulang sapi karena tulang sapi memiliki kandungan calcium phosphate (58,30%), calcium fluoride (1,96%), calcium carbonat (7,07%), dan magnesium phosphate (2,09%) (Perwitasari, 2008).

Pada tahun 2008–2011 pemanfaatan sapi mencapai 1.519.176 pertahunnya sehingga limbah tulang sapi yang menumpuk dapat menyebabkan pencemaran tanah, air, dan udara. (BPS,2011). Pengolahan tulang sapi sebagai prekursor material diharapkan mampu meningkatkan nilai ekonomis dari tulang sapi (Afifah & Cahyaningrum, 2020)

Proses hidroksiapatit dapat dilakukan dengan berbagai metode seperti halnya metode kering, metode sol gel, hidrotermal, dan metode pengendapan basah (Ardabilly,

2013). Sintesis hidrotermal adalah pembentukan kristal dengan cara memanfaatkan tekanan tinggi dengan menggunakan suhu reaksi diatas titik didih dari air (Amri et al., 2019). Metode hidrotermal juga dapat digunakan untuk ekstraksi mineral, sintesis material geologi dan juga pertumbuhan kristal. Penelitian ini menggunakan metode hidrotermal berdasarkan kelebihan metode dengan hasil ukuran dan bentuk dari partikel yang dapat dikontrol. Kereaktifan bubuk yang diperoleh tinggi dan juga larutan dapat membentuk bubuk secara langsung (Ningsih, 2016).

Hidroksiapatit dapat didapatkan melalui proses kalsinasi terlebih dahulu. Pada saat proses kalsinasi, pengaturan suhu dan waktu kalsinasi berpengaruh terhadap kualitas hidroksiapatit sintesis yang dihasilkan. Proses kalsinasi ini bertujuan untuk menghilangkan ion karbinat yang akan mengganggu pada proses sintesis (Savitri dkk, 2016). Kalsinasi juga dapat menghilangkan senyawa organik dan air dalam tulang. Dalam proses kalsinasi, komponen yang ada seperti organik yang terdapat pada tulang akan terurai secara termal sehingga memberikan faktor keamanan biologis (Fifi dan Sari, 2020). Berdasarkan beberapa penelitian yang telah dilakukan didapat hasil bahwa nilai kemurnian tertinggi yang terjadi pada proses kalsinasi tulang sapi terjadi pada suhu 1000°C selama 6 jam yaitu sebesar 85,84% (Yoppy dan Pratama, 2023)

Peran pengaturan suhu sangatlah penting pada pembuatan sintesis dengan metode hidrotermal untuk menghasilkan struktur kristal yang baik. Semakin tinggi suhu yang akan digunakan pada saat melakukan sintesis maka struktur dan juga bentuk kristal yang dihasilkan akan semakin baik pula. Akan tetapi, apabila suhu yang digunakan terlalu tinggi akan menimbulkan efek kerusakan pada struktur kristal hidroksiapatit. (Fa'ida, 2004).

Penelitian ini dilakukan untuk membahas tentang pengaruh proses hidrotermal menggunakan temperatur hidrotermal 60, 80, 100 dan 120 derajat celsius pada hidroksiapatit berbahan tulang sapi sehingga dapat mengetahui nilai kemurnian hidroksiapatit dan struktur morfologi yang maksimal. Untuk mengetahui tingkat karakteristik fisika (komposisi, Kemurnian, dan Struktur) dapat dilakukan dengan *X-Ray Diffractometer (XRD)* sehingga dapat diketahui fasanya dan dengan alat *Scanning Elektron Microscope (SEM)* untuk penentuan morfologinya (Suryadi, 2011).

METODE

Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen, yaitu metode untuk mengetahui suatu hubungan antara sebab dan akibat dari variabel yang saling berpengaruh. Peneliti memvariasikan suhu hidrotermal pada sintesis hidroksiapatit. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh dari variasi suhu hidrotermal terhadap presentase kemurnian, kristalinitas, dan morfologi dari sintesis hidroksiapatit yang dihasilkan.

Tempat dan Waktu Penelitian

- Tempat penelitian

Proses kalsinasi dilakukan di laboraterium pelapisan Unesa, kemudian preparasi larutan dan proses hidrotermal dilaksanakan di laboraterium terpadu Unesa, kemudian untuk pengujian XRD dilakukan di laboraterium metalurgi di ITS, dan pengujian SEM dilakukan di laboraterium SEM di Teknik Mesin ITS.

Waktu Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan pada bulan Juni sampai Agustus 2023

Variabel Penelitian

• Variabel Bebas

Pada penelitian yang dilakukan kali ini akan memvariasikan suhu hidrotermal sebagai variabel bebasnya yaitu sebesar 60°C, 80°C, 100°C, dan 120°C untuk sintesis hidroksiapatit.

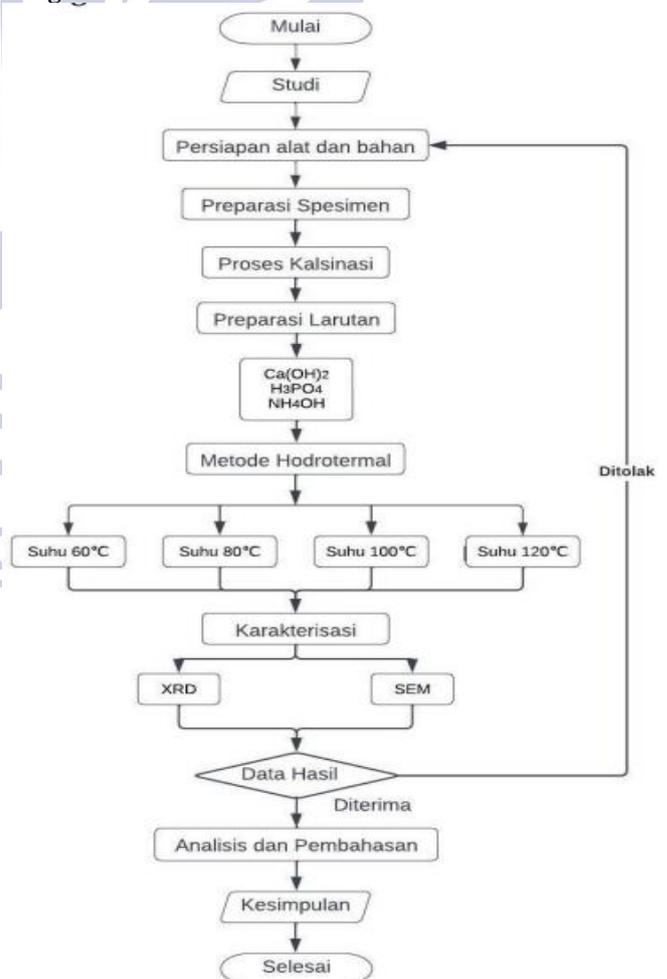
• Variabel Terikat

- Kemurnian Hidroksiapatit.
- Kristalinitas Hidroksiapatit.
- Morfologi Hidroksiapatit.

• Variabel Kontrol

- Ukuran tulang sapi yang digunakan 100 mesh.
- Proses kalsinasi selama 6 jam dengan menggunakan suhu 1000°C
- Lama waktu Proses hidroksiapatit adalah 2 jam

Langkah Penelitian



Gambar 1. Rancangan Eksperimen

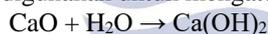
- Preparasi Spesimen
 - Bahan baku utama tulang sapi harus dibersihkan menggunakan air bersih
 - Tulang sapi yang telah dibersihkan kemudian direbus selama 12 jam
 - Kemudian dilakukan penjemuran tulang sapi dibawah sinar matahari hingga benar benar kering.
 - Tulang sapi akan dihancurkan hingga ukuran kecil
 - Tulang sapi yang telah dihancurkan akan digiling menggunakan *disk mill* hingga menjadi bubuk.
 - Tulang sapi yang sudah dihaluskan akan disaring menggunakan saringan berukuran 100 mesh.

- Tahap Kalsinasi

Serbuk tulang sapi yang telah berukuran 100 mesh akan dilakukan kalsinasi menggunakan alat *furnace* atau Tengku listrik selama 6 jam dan menggunakan suhu 1000°C dan akan menghasilkan CaO

- Preparasi Larutan

Larutan yang akan digunakan untuk sintesis hidroksiapatit adalah larutan kalsium hidroksida Ca(OH)₂ 1M, kemudian larutan asam fosfat (H₃PO₄) 0,6 M, dan ammonium hidroksida (NH₄OH) 1M untuk mengatur pH. Larutan kalsium hidroksida Ca(OH)₂ didapatkan dengan cara mencampurkan tulang sapi (CaO) sebanyak 7,4 gram dan dilarutkan dengan aquades hingga volumenya menjadi 100 ml. kemudian untuk larutan asam fosfat (H₃PO₄) 0,6 M dengan cara melarutkan H₃PO₄ sebesar 85% yaitu sebanyak 4,05 ml dan ditambahkan dengan pelarut aquades hingga volumenya mencapai 100 ml. larutan NH₄OH dengan molaritas 1 M digunakan untuk mengatur pH.



- Proses Hidrotermal

Proses sintesis hidroksiapatit dilakukan menggunakan metode hidrotermal. Proses sintesis ini dilakukan menggunakan reaktor *autoclave* sebagai medianya selama 2 jam

Sintesis hidroksiapatit yang berasal dari CaO dan larutan asam fosfat dicampurkan. Sebelum disintesis kedalam *autoclave* pH diatur menjadi 11. Kemudian akan disintesis menggunakan variasi suhu hidrotermal sebesar 60°C, 80°C, 100°C, dan 120°C.

Tahap terakhir adalah proses penyaringan sintesis hidroksiapatit. Setelah disaring kemudian dilakukan proses pengeringan menggunakan suhu 150°C selama 5 jam. Selanjutnya dilakukan karakterisasi untuk mengetahui nilainya menggunakan XRD, dan SEM

- Karakterisasi Hidroksiapatit

Sintesis hidroksiapatit akan dilakukan karakterisasi untuk mengetahui nilai komposisi seperti kemurnian dan kristalinitas yang dapat diketahui menggunakan XRD (X-Ray Diffraction). Kemudian untuk mendapatkan bentuk permukaan morfologi dapat ditemukan setelah dilakukan karakterisasi menggunakan SEM (Scanning Electron Microscope).

Instrumen, Alat, dan Bahan

- Pada penelitian ini menggunakan instrumen antara lain:
 - SEM (Scanning Electron Microscope)
 - XRD (X-Ray Diffraction)
- Alat yang digunakan pada penelitian ini antara lain:
 - Mesin penggiling *disk mill*
 - Ayakan 100 mesh
 - Furnace
 - Lumpang alu
 - Gelas ukur
 - pH meter
 - kertas saring
 - mortar
 - reaktor hidrotermal *autoclave*
- Bahan yang digunakan pada penelitian ini antara lain
 - Tulang sapi
 - Air aquades
 - H₃PO₄
 - Na₄OH

Teknik Pengambilan Data

Teknik pengambilan data dilakukan setelah mendapatkan data hasil dari karakterisasi menggunakan XRD (X-Ray Diffraction) dan SEM (Scanning Electron Microscope). Data yang didapatkan kemudian akan diolah dan disajikan dalam bentuk tabel. Untuk pengujian SEM data yang dihasilkan akan disajikan dalam bentuk foto struktur morfologi dengan berbesaran 5000x.

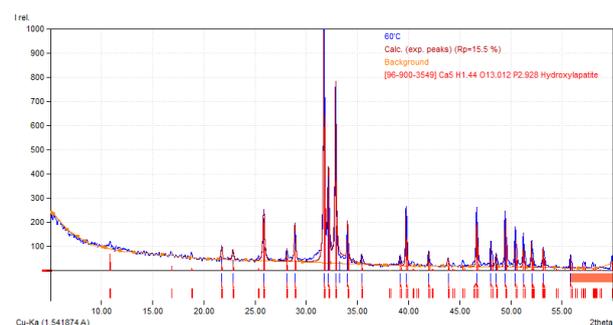
Teknik Analisis Data

Pada penelitian ini dilakukan analisa data menggunakan analisis kuantitatif, yaitu mendeskripsikan kedalam bentuk kalimat dengan tujuan mudah dibaca dan mudah untuk dipahami. Sehingga pada hakikatnya dilakukan untuk mendapatkan jawaban atas permasalahan yang sedang diteliti. Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan alat dan kemudian data akan dimasukan kedalam tabel dan disajikan dalam bentuk grafik untuk lebih memahaminya. Hal ini dilakukan untuk memberi informasi mengenai pengaruh temperatur pengovenan pada proses hidrotermal terhadap tingkat kemurnian dan persentase kristalin sintesis hidroksiapatit yang didapatkan.

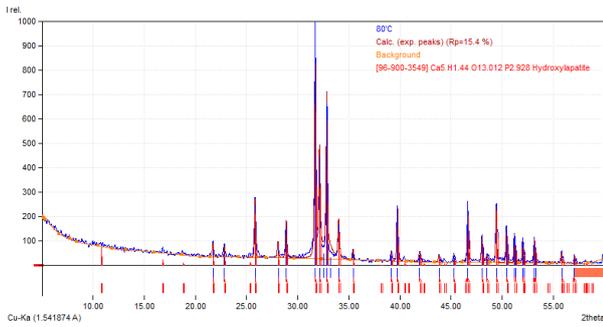
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan Analisis Pembahasan Data Pengujian XRD (X-Ray Diffraction)

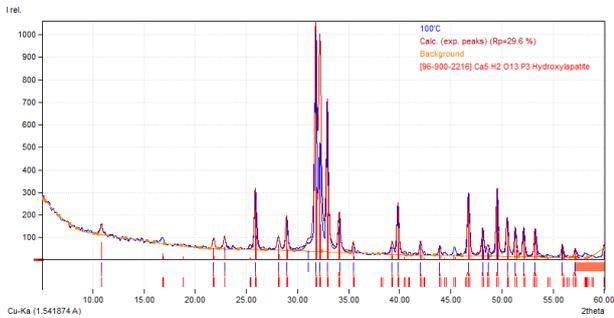
Didapatkan Hasil pengujian XRD sebagai berikut :



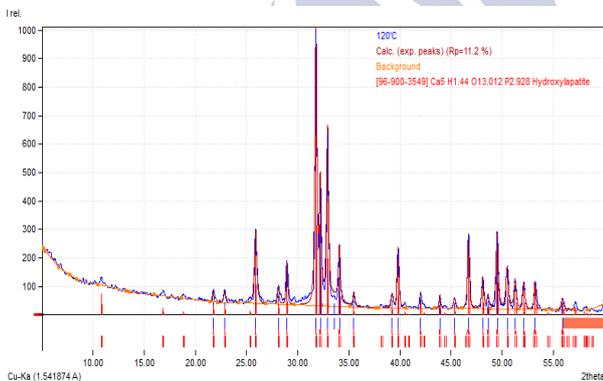
Gambar 2. Hasil Uji XRD Hidroksiapatit suhu 60°C



Gambar 3. Hasil Uji XRD Hidroksiapatit suhu 80°C



Gambar 4. Hasil Uji XRD Hidroksiapatit suhu 100°C



Gambar 5. Hasil Uji XRD Hidroksiapatit suhu 120°C

Serbuk hidroksiapatit dari tulang sapi yang telah di uji menggunakan spektrum XRD dengan sudut 2 theta yang digunakan berkisar antara sudut 10° sampai dengan sudut 60°. Data hasil pengujian XRD dengan spesimen menggunakan suhu sebesar 60°C pertama kali muncul pada sudut 10,92° dan memiliki puncak tertinggi hidroksiapatit yang muncul pada sudut 31,73°. Data hasil pengujian XRD dengan spesimen menggunakan suhu sebesar 80°C pertama kali muncul pada sudut 10,85° dan memiliki puncak tertinggi hidroksiapatit yang muncul pada sudut 31,82°. Data hasil pengujian XRD dengan spesimen menggunakan suhu sebesar 100°C pertama kali muncul pada sudut 10,88° dan memiliki puncak tertinggi hidroksiapatit yang muncul pada sudut 31,85°. Data hasil pengujian XRD dengan spesimen menggunakan suhu sebesar 120°C pertama kali muncul pada sudut 10,93° dan memiliki puncak tertinggi hidroksiapatit yang muncul pada sudut 31,82°.

- Kemurnian

Tingkat kemurnian pada sintesis hidroksiapatit merupakan salah satu hal yang harus diperhatikan dan menjadi point yang penting. Semakin tinggi angka kemurnian pada sintesis hidroksiapatit maka menandakan sintesis hidroksiapatit mempunyai kualitas yang baik. Kemurnian hidroksiapatit dapat ditemukan menggunakan *software* match dengan menggunakan database JCPDS (*Join Committee On Power Diffraction Standards*). Menurut ISO 13779:2008 kemurnian sintesis hidroksiapatit memiliki batas minimum agar dapat diaplikasikan sebagai bahan biomedis yaitu sebesar 50%.

- Kristalinitas

Nilai presentase akan mempengaruhi sifat mekanis hidroksiapatit yang dihasilkan. Semakin tinggi presentase kristalinitas maka sifat mekanis yang didapatkan akan semakin baik. Kelayakan hidroksiapatit menurut (ISO 13779-2: 2000) harus memiliki nilai derajat kristalinitas lebih dari 45% agar dapat dinyatakan layak untuk bahan biomedis. Untuk mendapatkan nilai kristalinitas menggunakan rumus berikut:

$$\text{Kristalinitas} = \frac{\text{fraksi luas kristalinitas}}{\text{Luas difaktogram}} \times 100\%$$

hasil perhitungan tingkat kristalinitas dari spesimen hidroksiapatit dengan variasi suhu hidrotermal sebagai berikut

- Sampel sintesis hidroksiapatit suhu 60°C

$$\text{Kristalinitas} = \frac{\text{Fraksi luas kristalinitas}}{\text{luas difaktogram}} \times 100\%$$

$$\text{Kristalinitas} = \frac{1994,354}{2584,688} \times 100\%$$

$$\text{Kristalinitas} = 77,16033 \%$$

- Sampel sintesis hidroksiapatit suhu 80°C

$$\text{Kristalinitas} = \frac{\text{Fraksi luas kristalinitas}}{\text{luas difaktogram}} \times 100\%$$

$$\text{Kristalinitas} = \frac{2041,107}{2602,119} \times 100 \%$$

$$\text{Kristalinitas} = 78,44017 \%$$

- Sampel sintesis hidroksiapatit suhu 100°C

$$\text{Kristalinitas} = \frac{\text{Fraksi luas kristalinitas}}{\text{luas difaktogram}} \times 100\%$$

$$\text{Kristalinitas} = \frac{2134,267}{2718,472} \times 100 \%$$

$$\text{Kristalinitas} = 78,50982 \%$$

- Sampel sintesis hidroksiapatit suhu 120°C

$$\text{Kristalinitas} = \frac{\text{Fraksi luas kristalinitas}}{\text{luas difaktogram}} \times 100\%$$

$$\text{Kristalinitas} = \frac{2204,249}{2818,818} \times 100 \%$$

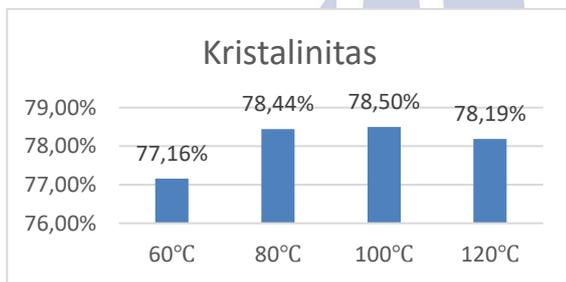
$$\text{Kristalinitas} = 78,19765 \%$$

Berikut merupakan tabel yang didapatkan dari hasil XRD yang menunjukkan nilai dari tingkat kemurnian dan kristalinitas pada sintesis hidroksiapatit.

Tabel. Presentase kristalinitas dan kemurnian

Kandungan	Besar Suhu Hidrotermal			
	60°C	80°C	100°C	120°C
Kristalinitas	77,16%	78,44%	78,50%	78,19%
Kemurnian	87,52%	88,26%	88,69%	88,23%

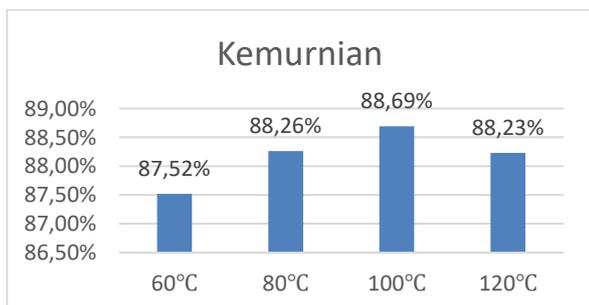
Data uji XRD (X-Ray Difrraction) diatas merupakan data hasil analisis yang telah dilakukan dan didapatkan nilai kristalinitas tertinggi pada sintesis hidroksiapatit pada suhu hidrotermal 100°C yaitu diangka 78,50%. Nilai kristalinitas terendah terdapat pada suhu hidrotermal 60°C yaitu pada angka 77,16%. Kemudian, nilai kemurnian tertinggi yang didapatkan juga terdapat pada suhu hidrotermal 100°C yaitu pada angka 88,69%. Nilai kemurnian terendah berada pada suhu hidrotermal 60°C yaitu pada angka 87,52%.



Gambar 6. Grafik presentase Kristalinitas

Gambar diatas merupakan gambar grafik presentase kristalinitas. Berdasarkan gambar di atas, hasil presentase kristalinitas tertinggi didapatkan persentase pada suhu 100°C dengan nilai 78,50% dan presentase kristalinitas paling rendah terdapat pada suhu 60°C dengan nilai 77,16%.

Penurunan presentase kristalinitas ini dikarenakan terlalu tingginya suhu hidrotermal yang digunakan. Semakin tinggi suhu hidrotermal maka akan semakin meningkat presentase kristalinitas, kemurnian dan juga akan mendapatkan struktur morfologi kristal yang baik juga. Namun, jika suhu yang digunakan terlalu tinggi maka akan merusak struktur kristal dan akan memunculkan senyawa lain yang akan mempengaruhi presentase kemurnian, kristalinitas, dan bentuk morfologi kristal pada hidroksiapatit.



Gambar 7. Grafik presentase Kemurnian

Presentase kemurnian hidroksiapatit mempengaruhi kualitas sintesis hidroksiapatit. Pada grafik diatas, didapatkan nilai maksimal pada suhu 100°C dan mengalami penurunan pada suhu 120°C. Semakin dinaikkan suhu sintesis, maka akan semakin bereaksi antara CaO dengan campuran dan akan semakin meningkat nilai presentase terbentuknya hidroksiapatit. Namun, jika suhu yang digunakan terlalu tinggi maka akan mengganggu terbentuknya hidroksiapatit. Hal ini terjadi karena pada saat mencapai suhu tinggi akan membentuk senyawa baru yang akan berpengaruh pada kemurnian hidroksiapatit. Sehingga pada penelitian kali ini 100°C merupakan suhu paling optimal dalam proses pembentukan hidroksiapatit.

Tabel 2. Gambar Morfologi Hidroksiapatit

Suhu Hidrotermal	Gambar Morfologi
Suhu 60°C	
Suhu 80°C	
Suhu 100°C	
Suhu 120°C	

Tabel 2. Gambar Morfologi Hidroksiapatit

Pada tahap kristalisasi ini, inti-inti akan terbentuk dan akan tumbuh menjadi kristal yang dapat diamati pada tabel diatas. Pada suhu 60°C bentuk morfologi masih berbentuk seperti bongkahan-bongkahan namun memiliki jarak yang cukup rapat antar partikel. Pada suhu hidrotermal 80°C terlihat bentuk morfologi berbentuk butiran-butiran seperti bola-bola kecil atau granular dan jarak antar partikel cukup rapat. Kemudian pada suhu diatas 80°C bentuk morfologi masuk berbentuk bulat bola namun kerapatan mulai berkurang seperti pada suhu 100°C dan 120°C. Pada gambar diatas dapat disimpulkan bentuk morfologi hidrotermal terbaik terdapat pada suhu 80°C.

Temperatur pada saat proses sintesis sangat mempengaruhi bentuk morfologi hidroksiapatit yang dihasilkan. Semakin tinggi temperatur yang digunakan maka akan menghasilkan struktur dan bentuk kristal yang akan semakin baik pula. Namun, apabila penggunaan suhu terlalu tinggi akan mengakibatkan kerusakan pada struktur hidroksiapatit sehingga nilai presentase kristalinitas dan kemurnian hidroksiapatit akan ikut menurun.

PENUTUP

Simpulan

Hasil dan analisa penelitian yang telah dilakukan dari pengujian dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- Pengaturan temperatur hidrotermal terhadap proses sintesis hidroksiapatit memiliki pengaruh terhadap tingkat kemurnian dan kristalinitas yang akan didapatkan. Spesimen hidroksiapatit dengan menggunakan temperature 100°C memiliki tingkat kemurnian tertinggi yaitu 88,69% dan memiliki tingkat kristalinitas yang tinggi juga yaitu 78,50%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa suhu tersebut adalah suhu puncak pada sintesis hidroksiapatit menggunakan metode hidrotermal dan akan mengalami penurunan setelah melewati nilai tertentu.
- Pengaturan temperatur hidrotermal terhadap proses sintesis hidroksiapatit juga berpengaruh terhadap bentuk morfologi yang dihasilkan. seiring meningkatnya suhu maka bentuk morfologi yang didapat akan berbentuk bulat bola. Bentuk terbaik yang didapatkan berada pada suhu 80°C dan kerapatan terbaik didapatkan pada suhu 60°C.

Saran

Penulis menyadari bahwa penelitian yang telah dilakukan masih belum mendapatkan hasil yang sempurna untuk mendapatkan sintesis hidroksiapatit yang lebih baik. Oleh karena itu, penulis memberikan beberapa saran untuk penelitian lebih lanjut sebagai berikut.

- Dari hasil data yang didapatkan pada sampel hidroksiapatit dengan menggunakan suhu 60°C sampai dengan 100°C mengalami kenaikan kemurnian dan kristalinitas namun mengalami penurunan pada suhu 120°C. Maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut lagi dengan menambahkan variasi waktu dan suhu pada saat melakukan sintesis hidroksiapatit dengan metode

hidrotermal untuk mendapatkan nilai yang terbaik.

- Untuk mendapatkan hasil terbaik ketika akan melakukan pengujian XRD (X-Ray Diffraction) maka perlu diperhatikan pada bagian preparasi presimen. Hal ini dapat dilakukan dengan memastikan sampel tidak terkontaminasi dengan bahan lainnya. Apabila sampel terkontaminasi dengan bahan lainnya akan menyebabkan banyaknya fasa yang masih tersisa sehingga menyebabkan menurunnya tingkat kemurnian

DAFTAR PUSTAKA

- Afifah, F., & Cahyaningrum, S. E. (2020). "*Sintesis Dan Karakterisasi Hidroksiapatit Dari Tulang Sapi (Bos Taurus) Menggunakan Teknik Kalsinasi Synthesis And Characterization Of Hydroxyapatite From Cow Bones (Bos Taurus) Using Calcination Techniques*". In *UNESA Journal of Chemistry* (Vol. 9, Issue)
- Amri, M. K., Y. Aziz dan Komalasari. (2019). "*Sintesis Hidroksiapatit dari Precipitated Calcium Carbonate (PCC) Terumbu Karang Melalui Proses Hidrotermal dengan Variasi Rasio Ca/P dan pH Reaksi*". *JOM FTEKNIK*. Vol 6 (1): 1-7.
- Fa'ida, N. Y. (2014). "*Kajian Komposisi Hidroksiapatit yang di Sintesis dengan Metode Hidrotermal*". Skripsi. Institut Pertanian Bogor: Bogor.
- Perwitasari, D.S. (2008). "*Hidrolisis tulang sapi menggunakan HCl untuk pembuatan gelatin*". Makalah Seminar Nasional Soebardjo Brotohardjono. Pengolahan Sumber Daya Alam dan Energi Terbarukan. (pp. 1-9).
- Pratama, Y., & Irfa'i, M. A. (2023). Pengaruh Suhu Dan Waktu Kalsinasi Terhadap Kemurnian Hidroksiapatit Berbasis Tulang Sapi Dengan Metode Presipitasi. 7-12.
- Suryadi. (2011). Sintesis dan Karakterisasi Biomaterial Hidroksiapatit dengan Proses Pengendapan Kimia Basah.
- Elhadad, A. M. (2021). Pengaruh suhu hidrotermal dalam sintesis dan karakterisasi hidroksiapatit dengan memanfaatkan potensi udang papai (*Acetes erythraeus*) sebagai sumber kalsium. Skripsi, 66.