

Pengaruh Fraksi Massa Tepung Terigu Terhadap Hasil Hidroksiapatit dengan Prekursor Cangkang Bekicot Menggunakan Metode Sol-Gel

Greynaldi Pakpahan^{1*}, Dominggus G.H. Adoe², Ishak S. Limbong³

¹⁻³ Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana

Jl. Adi Sucipto, Penfui - Kupang, NTT 85001, Tlp: (0380)881597

*E-mail: greynaldipakpahan2020@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh fraksi massa tepung terigu (*Triticum aestivum L*) terhadap hasil hidroksiapatit berpori dengan prekursor cangkang bekicot (*Lissachatina fulica*). Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode Sol-Gel dengan suhu sintering yaitu 1000°C dan waktu sintering yaitu selama 5 jam dengan fraksi massa antara tepung terigu (*Triticum aestivum L*) dan serbuk cangkang bekicot (*Lissachatina fulica*) yaitu 60%, 50%, 40%, dan 100%. Uji densitas, dan porositas serta karakterisasi SEM digunakan dalam penelitian ini untuk mengetahui nilai densitas, nilai porositas, dan ukuran pori-pori pada sampel hidroksiapatit berpori. Pada uji densitas ini menggunakan hukum archimedes, menunjukkan bahwa pada keempat sampel (A1 + B1, A2 + B2, A3 + B3, dan A4) memiliki nilai densitas yaitu 0,145 g/cm³, 0,15 g/cm³, 0,1967 g/cm³, dan 0,221 g/cm³. Pada pengujian porositas, ketiga sampel dengan fraksi massa antara serbuk cangkang bekicot dengan tepung terigu akan dibandingkan dengan satu sampel murni hanya cangkang bekicot, yang didapatkan nilai porositas yaitu 34,39%, 32,13%, dan 11%. Yang terakhir, pada karakterisasi SEM didapatkan bahwa ukuran pori-pori pada sampel hidroksiapatit berpori memiliki kisaran ukuran dari 34,5228 µm – 71,7012 µm.

ABSTRACT

*This research aims to determine the effect of the mass fraction of wheat flour (*Triticum aestivum L*) on the results of porous hydroxyapatite with snail shell precursors (*Lissachatina fulica*). The method used in this research is the Sol-Gel method with a sintering temperature of 1000°C and a sintering time of 5 hours with a mass fraction between wheat flour (*Triticum aestivum L*) and snail shell powder (*Lissachatina fulica*) of 60%, 50%, 40%, and 100%. Density, porosity and SEM characterization tests were used in this study to determine the density value, porosity value, and pore size of the porous hydroxyapatite sample. In this density test using Archimedes' law, it shows that the four samples (A1 + B1, A2 + B2, A3 + B3, and A4) have density values of 0.145 g/cm³, 0.15 g/cm³, 0.1967 g/cm³, and 0.221 g/cm³. In porosity testing, the three samples with mass fractions between snail shell powder and wheat flour will be compared with one pure sample of only snail shell, which obtained porosity values of 34.39%, 32.13%, and 11%. Finally, the SEM characterization found that the pore size of the porous hydroxyapatite sample has a size range from 34.5228 µm - 71.7012 µm.*

Keywords: Porous hydroxyapatite, Sol-Gel method, density, porosity, SEM characterization

PENDAHULUAN

Tulang merupakan komponen penting dalam tubuh manusia yang vital bagi kelangsungan hidup. Kesehatan fisik dan kekuatan tulang mempermudah pelaksanaan aktivitas sehari-hari. Sebaliknya, gangguan atau cacat pada salah satu tulang manusia dapat menghambat dan meningkatkan beban bagi individu yang terkena. Ketidaknormalan pada tulang bisa disebabkan oleh berbagai kondisi, seperti bertambahnya umur seseorang

dan kecelakaan di jalan, tempat kerja atau tempat lain. Kecelakaan dapat menyebabkan trauma baik secara mental, seperti rasa takut saat berkendara, maupun fisik, seperti luka, cedera organ, atau patah tulang. Berbagai metode perawatan bedah regeneratif telah dikembangkan untuk mengatasi kerusakan jaringan tulang akibat penyakit, trauma, dan lainnya. Pendekatan bedah dan penggunaan bahan-bahan seperti membran penghalang, cangkok tulang, bahan osteokonduktif/osteoinduktif, dan faktor

pertumbuhan terus diperbaiki untuk membantu regenerasi jaringan tulang [1].

Pergantian jaringan tulang yang rusak sudah dilakukan sejak tahun 1980-an dengan menggunakan biomaterial yang diimplementasikan ke tulang yang ditujukan sebagai pengganti jaringan tulang yang rusak, mungkin dikarenakan oleh faktor umur ataupun karena kecelakaan. Biomaterial adalah material-material yang bahan utama pembuatannya didapatkan dari bahan-bahan yang tersedia di alam. Biomaterial bisa mencakup biokomposit, biosesin, hidroksiapatit, dan sebagainya [2].

Diantara banyaknya biomaterial, hidroksiapatit adalah jenis biomaterial yang digunakan dalam pergantian jaringan tulang yang rusak. Hidroksiapatit (HAp) adalah sebuah bahan mineral apatit yang memiliki rumus kimia $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$. Ini adalah jenis biokeramik yang terbentuk melalui ikatan kimia yang kokoh dan merupakan salah satu komponen yang membentuk tulang pada organisme yang hidup (*in vivo*) [3].

Hidroksiapatit (HAp) merupakan salah satu turunan utama kalsium fosfat yang sering digunakan dalam pelapisan atau semen pada tulang. Hal ini dikarenakan HAp memiliki fase kristal yang sangat stabil secara termodinamika diantara semua garam kalsium fosfat. Selain itu, HAp juga memiliki sifat bioaktif, osteokonduktif, tidak beracun, dan bersifat biokompatibel [4].

Hidroksiapatit ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$) telah digunakan secara meluas dalam bidang kedokteran dan kedokteran gigi sebagai pengganti tulang, hal ini disebabkan karena hidroksiapatit (HAp) memiliki kandungan yang mirip dengan kandungan penyusun pada tulang dan gigi manusia [5]. Di Indonesia, aplikasi HAp dalam dunia kedokteran sudah terapkan, tetapi sebagian HAp masih harus diimpor, padahal potensi produksi HAp secara lokal sangat besar mengingat Indonesia memiliki sumber daya kerang yang melimpah, dan kerang merupakan salah satu hewan laut yang cangkangnya kaya akan kalsium dan bahan yang mirip dengan materi penyusun tulang manusia. Sebagai contoh, di Kelurahan Penfui, Kota Kupang, Nusa Tenggara Timur,

terdapat potensi besar untuk mengembangkan cangkang kerang sebagai bahan baku mesintesa HAp secara lokal, yaitu cangkang bekicot (*Lissachatina fulica*).

Kelurahan Penfui merupakan salah satu kelurahan yang terletak di Kota Kupang, Nusa Tenggara Timur. Di kelurahan ini, banyak sekali limbah-limbah dari cangkang bekicot yang berserakan dan kurang diperhatikan oleh masyarakat sekitar sehingga limbah dari cangkang bekicot ini menjadi limbah non-toxic bagi lingkungan sekitar. Kurangnya pemanfaatan cangkang bekicot, selain untuk manik-manik dan hiasan biasa saja, padahal cangkang bekicot memiliki kandungan kalsium yang cukup tinggi.

Cangkang bekicot memiliki kandungan kalsium sebesar 99,10%. Dengan tingginya kandungan kalsium yang terkandung didalam cangkang bekicot, solusi untuk memanfaatkan cangkang bekicot dapat meningkat, bukan hanya untuk bahan sebagai manik-manik dan hiasan biasa, tetapi cangkang bekicot juga dapat dimanfaatkan sebagai sumber kalsium untuk prekursor hidroksiapatit [6].

Hidroksiapatit yang dimanfaatkan dalam bidang medis diproduksi dalam beberapa bentuk, diantaranya padat, serbuk, dan berpori. Hidroksiapatit dalam bentuk padat digunakan sebagai implan untuk sendi, sementara hidroksiapatit berpori dapat difungsikan sebagai alternatif untuk memperbaiki kerusakan pada jaringan tulang (seperti tempurung lutut dan gigi). Di banyaknya penelitian tentang implan dan hidroksiapatit menunjukkan bahwa hidroksiapatit berpori lebih baik jika dibandingkan dengan hidroksiapatit padat. Pori-pori yang terbentuk memiliki peran penting sebagai lingkungan tempat jaringan sel tulang baru untuk tumbuh. Jaringan sel tulang akan dimulai tumbuh di dalam pori-pori hidroksiapatit, sehingga dapat meningkatkan efektivitas dalam proses regenerasi tulang dengan efektif, sebagai transportasi nutrisi, dan vaskularisasi [7].

Dalam pembentukan pori-pori pada sampel hidroksiapatit. Banyak bahan yang dapat digunakan sebagai bahan porogen. Bahan-bahan yang digunakan adalah pati

sukun, lilin lebah, serbuk kitosan, tepung terigu, dll [8]. Tepung terigu cocok dijadikan sebagai bahan porogen untuk membentuk pori-pori pada sampel hidroksiapatit dikarenakan ukuran-ukuran partikel tepung terigu yaitu berkisar 212 μm , memiliki penyerapan air yang baik, dan daya elastisitas yang tinggi karena adanya kandungan gluten pada tepung terigu dengan titik lebur yaitu 410°C – 430°C [9].

Modifikasi pembentukan pori-pori pada hidroksiapatit dapat dilakukan dengan beberapa teknik. Teknik sintering adalah teknik yang banyak dilakukan untuk membentuk pori-pori pada hidroksiapatit. Teknik sintering adalah teknik dengan menggunakan pemanasan pada sampel/material yang bertujuan untuk mengeringkan suatu sampel/material melebihi titik lebur suatu sampel/material. Dalam pembentukan pori-pori pada hidroksiapatit, bahan porogen yang telah tercampur dengan sampel akan hangus terbakar sehingga meninggalkan bingkai/ruang kosong sehingga pori-pori akan terbentuk [10].

Pada proses dalam mensintesa hidroksiapatit berpori, banyak metode yang telah dilakukan. Diantaranya adalah metode presipitasi, metode hidrotermal, metode sol-gel, dan metode-metode lainnya. Diantara banyaknya metode, metode sol-gel cukup banyak digunakan. Metode sol-gel berasal dari kata sol dari kata solution yaitu larutan dan gel. Yang berarti metode sol-gel adalah metode yang dimana larutan mengalami perubahan menjadi sol (koloid yang mengandung padatan didalam larutan) dan menjadi gel (koloid tetapi fraksi solid/kepadatannya lebih tinggi dibandingkan dengan sol). Metode sol-gel memiliki banyak kelebihan dibandingkan dengan metode lainnya, yaitu homogenitas lebih tinggi, biaya lebih murah, dan lebih mudah untuk digunakan dalam banyak pengaplikasian untuk mensintesa nanopartikel [11].

Penelitian yang telah dilakukan tentang hidroksiapatit berpori dengan prekursor tulang ikan tenggiri. Pada penelitian ini menunjukkan pada analisis XRF bahwa kandungan senyawa

oksida terbesar ada pada CaO dengan komposisi 50,814%, P₂O₅ 46,075%, MgO 1,249%, dan yang terakhir K₂O sebesar 0,017%. Pada analisis XRD menunjukkan bahwa puncak yang tinggi terdapat pada sudut 2 θ yaitu 32,8255°; 31,1929°; 25,8558°; 27,9675°; 49,4641°. Pada analisis SEM menunjukkan bahwa morfologi pada semua variasi waktu tidak konsisten. Pengukuran PSA menunjukkan ukuran partikel masing-masing adalah 1,051 μm , 0,798 μm , dan 1,069 μm . Hasil pengujian kekerasan menunjukkan nilai 29,9 N, 49,5 N, dan 21,4 N untuk waktu sintering berturut-turut. Dari hasil ini, dapat disimpulkan bahwa waktu sintering selama 5 jam menghasilkan sifat mekanik yang optimal untuk pembuatan hidroksiapatit berpori [11].

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh fraksi massa antara tepung terigu sebagai bahan porogen dan serbuk cangkang bekicot sebagai bahan prekursor hidroksiapatit dengan menggunakan metode sol-gel, dengan suhu pemanasan sintering yaitu 1000°C dan lama waktu pemanasan yaitu 5 jam. Untuk mengetahui densitas/kerapatan jenis, maka akan dilakukan uji densitas dengan menggunakan hukum archimedes. Uji porositas akan dilakukan untuk mengetahui persentase pori-pori pada sampel hidroksiapatit. Dan untuk mengetahui ukuran pori-pori pada sampel hidroksiapatit, akan dilakukan dengan karakterisasi SEM.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode sol-gel, dengan bahan utama dalam penelitian ini adalah serbuk cangkang bekicot yang akan digunakan sebagai bahan prekursor hidroksiapatit dan tepung terigu yang akan digunakan sebagai bahan porogen untuk membentuk pori-pori pada sampel hidroksiapatit

Variabel merupakan segala hal yang akan dijadikan objek pengamatan didalam sebuah penelitian. Variabel-variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Variabel Bebas (*Independent Variable*). Variabel bebas yaitu variabel yang dapat berdiri sendiri tanpa dipengaruhi oleh variabel lainnya. Variabel bebas dalam penelitian ini yaitu fraksi massa serbuk cangkang bekicot (*Lissachatina fulica*) dan tepung terigu yaitu 60%, 50%, 40%, dan 100%, konsentrasi asam asetat 2% sebanyak 50 mL, etanol 96% sebanyak 50 mL, dan asam fosfat (H₃PO₄) 85% sebanyak 4,75 mL.
- Variabel Terkontrol (*Controlled Variable*) adalah variabel yang sengaja dikendalikan atau dibuat konstan oleh peneliti sebagai usaha untuk meminimalisir bahkan menghilangkan pengaruh lain. Variabel terkontrol dalam penelitian ini yaitu nilai densitas dan porositas pada hasil sampel hidroksiapatit berpori dan ukuran pori pada hasil sampel hidroksiapatit berpori
- Variabel terikat (*Dependent Variable*) adalah variabel yang dipengaruhi oleh variabel bebas. Oleh sebab itu variabel terikat dalam penelitian ini yaitu lama waktu kalsinasi, lama waktu sintering, dan suhu sintering

Alat Dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu:

- Timbangan Digital
- Gelas Ukur
- Mortar Keramik
- Ayakan 200 mesh
- Desikator
- Pipet Tetes
- *Magnetic stirrer*
- Furnace/tanur

Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu:

- Serbuk cangkang bekicot
- Serbuk tepung terigu
- Asam asetat 2%
- Etanol 96%
- Asam fosfat (H₃PO₄) 85%

Prosedur Penelitian

Dalam penelitian ini prosedur penelitian yang digunakan untuk mensintesa hidroksiapatit berpori adalah prosedur untuk

mensintesa hidroksiapatit menggunakan metode sol-gel. Prosedur penelitian sebagai berikut:

- Preparasi Serbuk Cangkang
Pertama adalah mempersiapkan serbuk cangkang bekicot. Cangkang bekicot dibersihkan dari kotoran-kotoran dan dikeringkan dengan tanur pada suhu 100°C selama 2 jam. Selanjutnya cangkang bekicot dihaluskan dan diayak dengan menggunakan ayakan 200 mesh dan dikalsinasi pada suhu 850°C selama 3 jam guna mendapatkan kalsium oksida (CaO). Reaksi kimia yang terjadi:
Cangkang bekicot (CaCO₃) + 850°C + 3 jam → CaO + CO₂
Setelah dikalsinasi, serbuk cangkang bekicot didiamkan dalam desikator selama 20 menit agar serbuk tidak terkontaminasi oleh udara luar [12].
- Preparasi untuk Penentuan Fraksi Massa
Tahap ini adalah penentuan fraksi massa dari bahan-bahan yang akan digunakan dalam mensintesa serbuk cangkang bekicot, serta serbuk tepung terigu untuk dijadikan sebagai sampel hidroksiapatit berpori. Penentuan fraksi massa yang akan digunakan adalah dengan mengukur massa (w/w)% dari serbuk cangkang bekicot, dan serbuk tepung terigu.

Tabel 1. Penentuan fraksi massa antara serbuk hidroksiapatit dengan serbuk tepung terigu

Kode Sampel	Fraksi Massa (w/w)%		Massa Serbuk Cangkang Bekicot (gram)	Massa Tepung Terigu (gram)	Massa Total (gram)
	60%	40%			
A1 + B1	60%	40%	4,8	3,2	8
A2 + B2	50%	50%	4	4	8
A3 + B3	40%	60%	3,2	4,8	8
A4	100%	0%	8	0	8

- Preparasi Larutan Serbuk Tepung Terigu
Larutan serbuk tepung terigu dibuat melalui modifikasi metode Kim (2007). Larutan serbuk tepung terigu ini dibuat menjadi 3 larutan dengan melarutkan masing-masing tiga variasi massa (seperti yang telah ditentukan pada tabel diatas) ke dalam larutan asam asetat 2% sebanyak 50 mL. Larutan ini diaduk dengan kecepatan pengadukan 300 rpm pada suhu kamar selama 3 jam kemudian didiamkan selama

24 jam untuk melarutkan tepung terigu [13].

- Proses sintesis HAp Berpori
Diambil serbuk cangkang bekicot sesuai dengan penentuan fraksi diatas dan ditambahkan kedalam 50 mL etanol 96% kemudian dicampurkan dengan H₃PO₄ 85%. Penentuan kadar H₃PO₄ 85% ditentukan berdasarkan konsentrasi perbandingan ca/p yaitu 1.67, yang berarti kadar H₃PO₄ 85% yaitu 4,73 mL. Campuran-campuran tersebut kemudian diaduk dengan kecepatan pengadukan 300 rpm pada suhu 37°C selama 4 jam. Saat pengadukan sedang berlangsung, ditambahkan larutan tepung terigu dengan cara diteteskan dengan menggunakan buret secara perlahan untuk mendapatkan campuran larutan yang homogen. Kemudian larutan tersebut dipanaskan kedalam media penangas air bersuhu 60°C selama 1 jam. Setelah itu larutan diendapkan dalam suhu kamar selama 1x24 jam. Setelah diendapkan, larutan diaduk kembali sampai larutan berubah menjadi gel. Gel yang diperoleh dipanaskan dalam furnace/tanur pada suhu 1000°C selama 5 jam. [13]

Densitas (ρ)

Densitas (ρ) merupakan besaran fisik yang digunakan sebagai pengukuran untuk menentukan kerapatan partikel dari sebuah benda/zat. Pada penelitian ini, penulis menggunakan hukum archimedes untuk menemukan nilai densitas pada sampel hidroksiapatit berpori dengan rumus sebagai berikut:

$$\rho = \frac{(m_3 - m_1)}{(m_2 - m_1) + (m_4 - m_3)} \times \rho(\text{air}) \quad (1)$$

Dimana:

ρ = Densitas

m_1 = Massa wadah

m_2 = Massa air didalam wadah

m_3 = Massa wadah + serbuk

m_4 = Massa + air + serbuk

$\rho(\text{air}) = 1 \text{ g/cm}^3$

Porositas

Porositas (ϕ) adalah perbandingan antara ruang kosong (pori) dengan volume suatu sampel. Faktor-faktor yang dapat

mempengaruhi nilai porositas pada suatu sampel diantaranya ukuran, banyak, dan bentuk dari partikel-partikel butir. Secara umum, porositas dapat ditentukan sebagai berikut:

$$\phi = \frac{(\rho_{\text{Pure}}) - (\rho_{\text{HAp-TT}})}{(\rho_{\text{Pure}})} \times 100\% \quad (2.2)$$

Dimana:

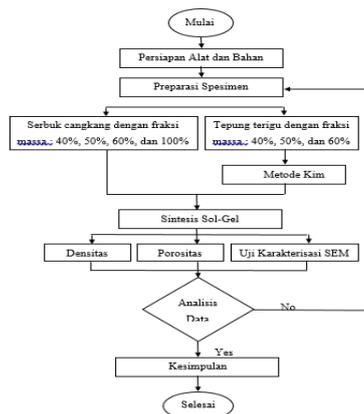
$\rho_{\text{HAp-TT}}$ = Massa jenis sampel hidroksiapatit berpori (g/cm^3)

ρ_{Pure} = Massa jenis hidroksiapatit murni tanpa porogen

Karakterisasi SEM (*Scanning Electron Microscopy*)

Scanning Electron Microscopy (SEM) merupakan metode pengujian yang digunakan untuk mengetahui morfologi, stuktur permukaan, dan ukuran partikel (termasuk porositas dan retakan) pada sebuah sampel. Ukuran partikel dapat diketahui dan perbesaran gambar dapat dilakukan hingga 10.000x dikarenakan adanya bar skala panjang yang bisa dijadikan sebagai patokan dalam menentukan ukuran partikel pada sebuah sampel yang sedang diuji.

Adapun alur penelitian untuk mensintesa hidroksiapatit berpori dapat dilihat pada gambar dibawah ini



Gambar 1. Diagram alir penelitian.

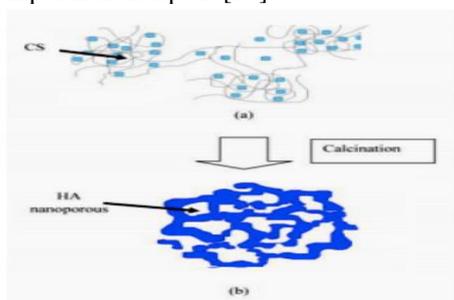
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada hasil penelitian ini menunjukkan empat hasil yaitu mekanisme terjadinya pori-pori pada sampel hidroksiapatit, hasil densitas,

hasil porositas, dan hasil untuk ukuran pori-pori yang didapatkan dari foto SEM pada hidroksiapatit berpori.

Mekanisme Terjadinya Pori

Campuran serbuk hidroksiapatit dan asam fosfat (H_3PO_4) yang telah dipreparasi kemudian ditambahkan larutan tepung terigu dan diaduk dengan *magnetic stirrer*. Proses pengadukan bertujuan untuk menyebarkan tepung terigu secara merata, dan dilanjutkan dengan campuran dipanaskan pada suhu $1000^{\circ}C$ selama 5 jam. Selama proses pemanasan sedang berlangsung, serbuk hidroksiapatit dan asam fosfat akan membentuk *cluster*. Larutan tepung terigu yang tidak larut kedalam campuran akan terjebak diantara *cluster-cluster*. Tepung terigu terbakar habis pada suhu $1000^{\circ}C$ dan akan meninggalkan bingkai/pori-pori pada sampel hidroksiapatit [13].



Gambar 2. Mekanisme terjadinya pori

Densitas (ρ)

Pada penelitian ini, penulis menggunakan hukum archimedes, dengan rumus yang terdapat pada persamaan (1). Maka untuk perhitungan dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\rho = \frac{(20,09 - 14,56)}{(33,01 - 14,56) + (38,54 - 20,09)} \times 1 \text{ g/cm}^3 = 0,145 \text{ g/cm}^3$$

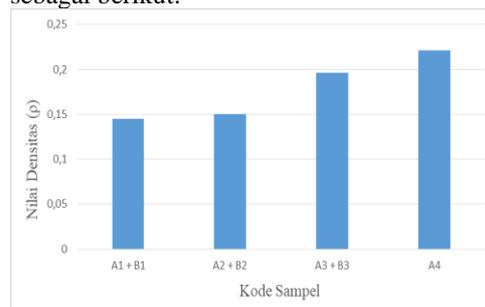
Dari data dan grafik pada Gambar 3, nilai densitas (ρ) dari A1 + B1 hingga A4 adalah $0,145 \text{ g/cm}^3$, $0,15 \text{ g/cm}^3$, $0,1967 \text{ g/cm}^3$, dan $0,221 \text{ g/cm}^3$ yang menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi fraksi massa tepung terigu sebagai porogen pada ketiga sampel hidroksiapatit (A1 + B1, A2 + B2, dan A3 + B3), maka semakin tinggi nilai densitas/massa jenis pada sampel

hidroksiapatit berpori. Hal ini dikarenakan pada saat proses sintering berlangsung, semakin rendah fraksi massa tepung terigu, maka semakin merata penyebaran tepung terigu yang dimana pada saat proses sintering, akan menghasilkan pori-pori yang lebih kecil sehingga mempengaruhi nilai akhir densitas pada sampel hidroksiapatit berpori. Sedangkan untuk sampel A4 merupakan sampel hidroksiapatit murni tanpa porogen akan digunakan sebagai sampel kontrol untuk menentukan nilai porositas pada ketiga sampel hidroksiapatit berpori.

Tabel 2. Hasil data pengukuran untuk nilai densitas (ρ) pada sampel hidroksiapatit berpori

Kode sampel	Massa wadah (g)	Massa air + wadah (g)	Massa serbuk (g)	Massa wadah + serbuk (g)	Massa wadah + air + serbuk (g)	Densitas (ρ) (g/cm^3)
A1 + B1	14,56	33,01	5,53	20,09	38,54	0,145
A2 + B2	14,56	33,01	5,57	20,13	38,58	0,15
A3 + B3	14,56	33,01	7,26	21,82	40,27	0,1967
A4	14,56	33,01	8,18	22,74	41,19	0,221

Yang dapat digambarkan dalam grafik sebagai berikut:



Gambar 3. Grafik perbandingan antara nilai densitas (ρ) terhadap hasil sampel hidroksiapatit berpori

Porositas (ϕ)

Pada penelitian ini, penulis menggunakan rumus yang terdapat pada persamaan (2.2). Dimana untuk sampel A4 merupakan sampel hidroksiapatit murni/HAP Pure tanpa adanya porogen. Maka untuk perhitungan dapat dituliskan sebagai berikut:

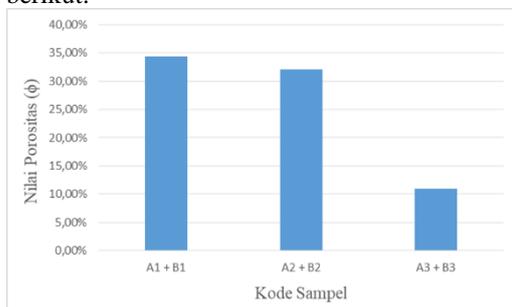
$$\phi = \frac{0,221 - 0,145}{0,221} \times 100\% = 0,3439 = 34,39\%$$

Berdasarkan perhitungan diatas, maka didapatkan data sebagai berikut:

Tabel 3. Hasil data pengukuran untuk nilai porositas (ϕ) pada sampel hidroksiapatit berpori

Kode Sampel	ρ_{HAp} (g/cm ³)	ρ_{Pure} (g/cm ³)	Porositas (ϕ) (dalam desimal)	Porositas (ϕ) (dalam persen)
A1 + B1	0,145	0,221	0,3439	34,39%
A2 + B2	0,150	0,221	0,3212	32,12%
A3 + B3	0,1967	0,221	0,100	10%

Yang dapat digambarkan dalam grafik sebagai berikut:



Gambar 4. Grafik perbandingan antara nilai porositas (ϕ) terhadap hasil sampel hidroksiapatit berpori

Dari data dan grafik diatas, nilai porositas (ϕ) dari A1 + B1 hingga A3 + B3 adalah 34,39%, 32,13%, dan 11% dengan sampel A4/HAp murni yang penulis gunakan sebagai sampel kontrol, yang menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi fraksi massa tepung terigu sebagai porogen pada ketiga sampel hidroksiapatit (A1 + B1, A2 + B2, dan A3 + B3), maka semakin rendah nilai porositas pada sampel hidroksiapatit berpori.

Nilai densitas dan porositas pada suatu sampel berbanding terbalik. Jika nilai densitas pada suatu sampel tinggi, maka dapat dipastikan nilai porositas pada sampel tersebut akan rendah, begitupun sebaliknya. Jika nilai densitas pada suatu sampel rendah, maka nilai porositasnya akan tinggi. Hal ini dikarenakan ketika semakin padat jarak antar partikel pada

suatu sampel, maka nilai densitas/nilai kerapatan akan tinggi yang menyebabkan nilai porositas/volume pori pada sampel tersebut akan rendah karena kecilnya ukuran pori-pori yang terdapat pada sampel [14].

Pada penelitian ini, nilai densitas dan porositas berbanding terbalik. Hal ini dapat terlihat dari data-data diatas, dimana saat nilai densitas pada sampel hidroksiapatit berpori (A1 + B1, A2 + B2, dan A3 + B3) berturut-turut adalah 0,145 g/cm³, 0,15 g/cm³, dan 0,1967 g/cm³, nilai porositas pada sampel hidroksiapatit berpori (A1 + B1, A2 + B2, dan A3 + B3) berturut-turut adalah 34,39%, 32,13%, dan 11%. Maka pada penelitian ini, hubungan antara densitas dan porositas pada sampel hidroksiapatit berpori sesuai dengan penelitian-penelitian sebelumnya.

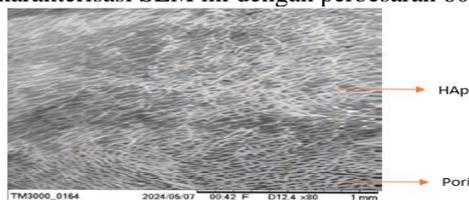
Pada sampel hidroksiapatit berpori, fraksi massa antara bahan prekursor kalsium dan bahan porogen untuk mereaksikan terjadinya pori-pori pada sampel sangatlah urgent/penting guna mendapatkan hasil akhir sampel yang sesuai. Seperti penelitian yang telah dilakukan oleh Kartikasari (2014) bahwa semakin tinggi rasio persentase serbuk hidroksiapatit dan semakin rendah rasio persentase bahan porogen, maka semakin tinggi nilai densitas dan semakin rendah nilai porositasnya. Hal yang serupa juga telah dilakukan oleh Fajrin (2014) yang dimana pada hasil penelitian tentang nilai densitas dan nilai porositas juga mendapatkan hasil akhir yang sama.

Namun pada penelitian yang telah penulis lakukan, hasil akhir densitas dan porositas pada sampel hidroksiapatit memiliki hasil akhir yang berbanding terbalik dengan penelitian sebelum-sebelumnya. Seperti pada data hasil diatas, pada fraksi massa dengan rasio persentase serbuk cangkang bekicot dan tepung terigu, yaitu 60% x 40%, 50% x 50%, 40% x 50%, didapatkan nilai densitas yaitu 0,145 g/cm³, 0,15 g/cm³, dan 0,1967 g/cm³ dan nilai porositasnya yaitu 34,39%, 32,13%, dan 11%. Maka didapatkan data dimana semakin tinggi rasio persentase serbuk cangkang bekicot sebagai bahan prekursor hidroksiapatit dan semakin rendah rasio

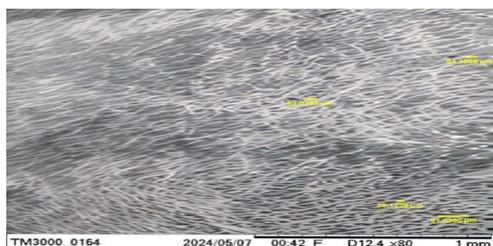
persentase tepung terigu sebagai bahan porogen, maka rendah nilai densitas dan nilai porositasnya pun semakin tinggi. Hal ini berbanding terbalik dengan data hasil dari penelitian-penelitian sebelumnya. Dalam hal ini, penulis menduga terjadinya error dan kesalahan yang cukup fatal, dimana pada saat proses sintering sedang berlangsung, tepung terigu sebagai bahan porogen untuk membentuk pori-pori pada sampel hidroksiapatit tidak terbakar secara sempurna dan menyeluruh, yang mengakibatkan terjadinya pengendapan tepung terigu didalam sampel sehingga pada sampel dengan rasio persentase tepung terigu yang lebih tinggi memiliki nilai densitas yang lebih tinggi dan nilai porositas yang lebih rendah.

Karakterisasi SEM (*Scanning Electron Microscopy*)

Pada penelitian ini, karakterisasi SEM digunakan untuk mengetahui celah antar serbuk hidroksiapatit dan mengetahui ukuran pori-pori pada sampel hidroksiapatit. Sampel hidroksiapatit dengan kode A2 + B2 akan digunakan oleh penulis pada pengujian karakterisasi SEM ini dengan perbesaran 80x.



Gambar 5. Hasil foto SEM Hidroksiapatit Berpori dengan fraksi massa antara serbuk cangkang kerang bekicot dan tepung terigu dengan perbesaran 80x



Gambar 6. Hasil analisis ukuran pori-pori pada sampel hidroksiapatit berpori

Pada gambar 5, serbuk hidroksiapatit diwakili dengan warna putih dan pori-pori diwakili dengan warna hitam. Untuk ukuran pori-pori pada sampel yang diukur dengan software *imagej* akan tersaji pada gambar 6.

Pada gambar 6 menunjukkan ukuran pori-pori pada sampel hidroksiapatit dengan kode sampel A2 + B2 dengan perbesaran 80x. Yang menunjukkan bahwa pori-pori yang terbentuk pada sampel tidak merata dan ukuran pori-pori yang sangat kecil yaitu dari 20,1238 μm – 84,1205 μm . Hal ini dikarenakan pada saat proses sintering, tepung terigu yang sudah tercampur dengan serbuk cangkang bekicot melalui proses stirring/pengadukan, tepung terigu hangus terbakar dan meninggalkan pori-pori/menjadi bingkai pada sampel hidroksiapatit.

Ukuran pori-pori pada sampel ini sangat kecil, sehingga sampel hidroksiapatit berpori ini belum bisa dijadikan/diaplikasikan sebagai implan untuk tulang. Karena ukuran pori-pori untuk pertumbuhan sel tulang pada tulang spongius adalah pori-pori dengan kisaran ukuran dari 100 – 400 μm . Oleh karena itu, perlu adanya kontrol dan pengecekan agar ukuran pori-pori dan ukuran distribusi yang homogen agar bisa dijadikan sebagai implan untuk tulang spongius. Kontrol dan pengecekan bisa dimulai pengecekan fraksi massa antara bahan prekursor serbuk hidroksiapatit dan bahan porogen untuk sampel hidroksiapatit, pengontrolan saat proses pengadukan/stirring agar bahan prekursor dan bahan porogen tercampur sempurna, pengontrolan saat proses sintering agar bahan porogen dapat terbakar secara menyeluruh dan merata.

KESIMPULAN

Berdasarkan pada hasil penelitian, maka dapat disimpulkan bahwa:

- Sintesa hidroksiapatit berpori dari prekursor kalsium cangkang bekicot dan bahan porogen tepung terigu berhasil dilakukan dan tepung terigu dapat dijadikan sebagai bahan porogen untuk

membentuk pori-pori pada sampel hidroksiapatit.

- Nilai densitas pada keempat sampel hidroksiapatit adalah 0,145 g/cm³, 0,15 g/cm³, dan 0,1967 g/cm³, dan nilai porositas pada sampel hidroksiapatit berpori (A1 + B1, A2 + B2, dan A3 + B3) adalah 34,39%, 32,13%, dan 11%.
- Pori-pori yang terbentuk pada sampel hidroksiapatit memiliki ukuran berkisar dari 20,1238 µm – 84,1205 µm.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. M. H. Ramadhan, “PENGARUH PERLAKUAN ALKALI TERHADAP BIOAKTIVITAS Ti-29Nb-13Ta-4, 6Zr (TNTZ) DALAM LARUTAN SIMULASI TUBUH,” 2023.
- [2]. Siswanto, D. P. Sormin, D. Hikmawati, Aminatun, and R. Apsari, “Effect of pH condition during sol-gel synthesis on the volume fraction of hydroxyapatite from sea coral,” *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1825, no. 1, 2021, doi: 10.1088/1742-6596/1825/1/012045.
- [3]. S. E. Cahyaningrum and H. Nuniek, “Pengembangan Biomaterial Kolagen Hidroksiapatit Kitosan untuk Restorasi Jaringan Tulang (Bone Graft),” p. 18, 2017.
- [4]. R. Rahmaniah, “SINTESIS DAN KARAKTERISASI HIDROKSIAPATIT DARI CANGKANG KERANG DARAH (Anadara granosa) SEBAGAI BAHAN BAKU SEMEN TAMBAL GIGI,” *Teknosains Media Inf. Sains Dan Teknol.*, vol. 13, no. 1, pp. 27–32, 2019, doi: 10.24252/teknosains.v13i1.7832.
- [5]. M. Mozartha, “Hidroksiapatit Dan Aplikasinya Di Bidang Kedokteran Gigi,” *Cakradonya Dent J*, vol. 7(2), no. 2, pp. 807–868, 2015.
- [6]. E. Kurniawan, A. Asril, and J. R. Ningsih, “Sintesis dan Karakterisasi Kalsium Oksida dari Limbah Cangkang Bekicot (Achatina fulica),” *Jambura J. Chem.*, vol. 1, no. 2, pp. 50–54, 2019, doi: 10.34312/jambchem.v1i2.2453.
- [7]. N. D. Kartikasari, “Sintesis dan karakterisasi hidroksiapatit dari cangkang keong sawah (Pila ampullacea) dengan porogen lilin sarang lebah sebagai aplikasi scaffold,” 2014.
- [8]. A. D. Karisma, O. N. Kriswanto, and R. Rachmaningtrias, “Sintesis Nanohidroksiapatit Berbahan Cangkang Keong Sawah (Pila ampullacea) dengan Variasi Konsentrasi H₃PO₄ Menggunakan Metode Ultrasound Assisted Precipitation,” *Tek. Kim. FTI UPN Veteran Yogyakarta*, pp. 4–8, 2023.
- [9]. C. Jones, “Preventing Grain Dust Explosions,” *Oklahoma Coop. Ext. Serv.*, vol. BAE-1737, pp. 1–4, 1998.
- [10]. F. R. T. Saputra, “Proses Sintering”.
- [11]. A. C. Pinangsih, “Sintesis Biokeramik Hidroksiapatit (Ca₁₀(PO₄)₆(OH)₂) dari Limbah Tulang Sapi Menggunakan Metode Sol-Gel,” 2014.
- [12]. I. S. T. Lele, “Karakterisasi FTIR Biomaterial Hidroksiapatit dari Cangkang Kerang Ale-ale Pantai Oesapa Kota Kupang dengan Variasi Temperatur Hidrotermal,” 2022. [Online].
- [13]. S. GS, D. Deswita, A. Wulanawati, and A. Romawati, “Sintesis Hidroksiapatit Berpori dengan Porogen Kitosan dan Karakterisasinya,” *J. Kim. dan Kemasan*, vol. 34, no. 1, p. 219, 2012, doi: 10.24817/jkk.v34i1.1856.
- [14]. P. K. Pertiwi, S. R. A, M. Rani, R. A, and G. Prajitno, “Pengujian Densitas dan Porositas pada 3 Variasi Serbuk,” *J. Mater.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–4, 2015, [Online]. Available: https://www.academia.edu/16869046/DENSITAS_DAN_POROSITAS_SERBUK_UK.