

## Pengaruh Waktu Sintering Terhadap Hidroksiapatit Berpori Tulang Ikan Tenggiri Dengan Proses Sol-Gel

**Ulfa Rahmayuni Zein\*, Lia Anggresani, Yulianis**

Prodi Farmasi; Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Harapan Ibu, Jambi  
 Jl. Tarmizi Kadir No.71, Pakuan Baru, Kec. Jambi Sel., Kota Jambi, Jambi 36122  
 e-mail: [ulfazein0808@gmail.com](mailto:ulfazein0808@gmail.com)

Diterima: 5 Februari 2020/ Disetujui: 4 Mei 2020/ Dipublikasi online: 31 Mei 2020

DOI: <https://doi.org/10.22437/chp.v5i1.8686>

### ABSTRAK

*Hidroksiapatit berpori cocok untuk memperbaiki tulang, karena adanya pori dapat menjadi media pembentukan jaringan sel tulang yang tumbuh. Tulang ikan tenggiri memiliki sumber kalsium yang besar sehingga dimanfaatkan dalam pembuatan hidroksiapatit. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sifat mekanik yang baik dari hidroksiapatit berpori dari tulang ikan tenggiri pada variasi waktu sintering 4, 5 dan 6 Jam dengan proses sol-gel. Analisis X-ray Fluoresensi didapatkan kalsium oksida (CaO) sebanyak 50.814%. Hidroksiapatit dibuat dengan mencampurkan CaO, HCl, H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> dan etanol, yang difurnace pada suhu 600°C. Analisis X-Ray Diffraction didapatkan senyawa Hydroxyapatite yang sesuai dengan standard ICSD No. 01-075-3727. Hidroksiapatit dicampurkan dengan larutan kitosan pada variasi waktu sintering untuk menghasilkan hidroksiapatit berpori. Kemudian dianalisis Scanning Electron Microscope, Particle Size Analyzer dan Hardness Tester. Analisa SEM pada semua variasi waktu sintering 4,5 dan 6 Jam didapatkan morfologi partikel tidak seragam. Analisis PSA pada variasi waktu sintering 4, 5 dan 6 Jam didapatkan ukuran partikel yaitu 1,051µm, 0,798µm, 1,069µm. Nilai Hardness Tester didapatkan pada variasi waktu sintering 4, 5 dan 6 yaitu 29,9 Newton(N), 49,5N dan 21,4N. Disimpulkan variasi waktu tahan sintering pada waktu 5 jam memiliki sifat mekanik yang baik terhadap pembuatan hidroksiapatit berpori.*

*Kata Kunci: hardness tester, hidroksiapatit berpori, tulang ikan tenggiri, Sintering, sol-gel*

### ABSTRACT

*Porous hydroxyapatite is suitable for repairing bones, because the presence of pores can be a medi for the formation of bone cells that grow. Mackerel fish bones have a large source of calcium that is used in the manufacture of hydroxyapatite. This study aims to determine the good mechanical properties of porous hydroxyapatite from mackerel fish bones in the variation of sintering time 4, 5 and 6 hours by sol-gel process. X-ray Fluoresensi analysis results obtained calcium oxide (CaO) of 50,814%. Hydroxyapatite is prepared by mixing CaO, HCl, H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> and ethanol, which is refined at 600°C. X-Ray Diffraction analysis results obtained Hydroxyapatite compounds in accordance with ICSD standards No. 01-075-3727. Hydroxyapatite is mixed with chitosan solution at various sintering times to produce porous hydroxyapatite. Then analyzed Scanning Electron Microscope, Particle Size Analyzer and Hardness Tester. SEM analysis on all variations of the sintering time of 4.5 and 6 hours obtained non-uniform particle morphology. PSA analysis on the variation of sintering time 4, 5 and 6 hours obtained particle size is 1.051 µm, 0.798 µm, 1.069 µm. Hardness Tester values obtained at 4, 5 and 6*

hour sintering time variations, namely 29.9 Newton (N), 49.5N and 21.4N. It was concluded that the variation of sintering holding time at 5 hours had good mechanical properties to the production of porous hydroxyapatite.

*Keywords: hardness tester porous, hydroxyapatite, mackerel fish bones, sintering, sol-gel*

## **PENDAHULUAN**

Tulang ikan merupakan salah satu limbah terbesar dari industri pengolahan ikan (Chadijah *et al*, 2018). Tulang ikan ini merupakan bagian dari tubuh hewan yang memiliki banyak manfaat. Namun pemanfaatan tulang tersebut kurang optimal. Oleh karena itu, diperlukan alternatif untuk meningkatkan daya guna tulang dan nilai ekonomis (Amalia *et al*, 2018).

Unsur utama dari tulang ikan yaitu kalsium, fosfor dan karbonat, sehingga tulang ikan dipastikan memiliki kandungan mineral yang cukup tinggi dibandingkan dengan bagian tubuh lainnya. 60-70% tulang ikan mengandung mineral dengan komponen penyusun berupa 30% protein kolagen dan sebagian besar bioapatit, termasuk hidroksiapatit, *carbonated apatite* atau *dahlit*. Pemanfaatan limbah tulang ikan di industri sebagai sumber kalsium (Ca) dalam bentuk tepung adalah salah satu alternatif untuk mengurangi dampak buruk pencemaran lingkungan akibat dari pembuangan limbah tulang ikan dari pengolahan industri. Limbah tulang ikan dapat menyediakan sumber pangan kaya akan kalsium (Ca) dan dapat juga dimanfaatkan sebagai bahan dasar pembuatan hidroksiapatit, agar dapat mengurangi pencemaran lingkungan (Trilaksani *et al*, 2006).

Hidroksiapatit dari tulang ikan ( $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ ) merupakan unsur anorganik alami yang dapat dimanfaatkan untuk memperbaiki, mengisi, memperluas, merekonstruksi jaringan tulang dan sebagai regenerasi tulang. Hal tersebut dikarenakan hidroksiapatit memiliki sifat biokompatibilitas yang sempurna apabila diimplankan pada tulang. Selain itu, untuk mengatasi pencemaran lingkungan terhadap logam berat dapat juga menggunakan hidroksiapatit sebagai adsorben (Aisyah *et al*, 2012).

Dalam membuat hidroksiapatit ada beberapa metode yang dapat digunakan, yaitu metode presipitasi, hidrotermal, sol-gel, elektrokompresi dan lain sebagainya (Pinangsih *et al*, 2014). Hidroksiapatit yang cocok untuk rekontruksi tulang adalah hidroksiapatit berpori, karena adanya pori yang terbentuk, berfungsi sebagai media pembentukan jaringan sel tulang yang tumbuh, sehingga dapat meningkatkan regenerasi tulang dengan baik. 100 $\mu\text{m}$

hingga 150 $\mu$ m merupakan ukuran pori yang memungkinkan untuk pertumbuhan tulang bersamaan dengan sirkulasi darah (Handayani *et al*, 2012). Pengoptimalan dengan menambahkan variasi lama waktu sintering (lama waktu pemanasan suhu tinggi) bertujuan untuk mendapatkan hidroksiapatit berpori dengan ukuran diameter pori dan porositas yang efektif untuk pertumbuhan tulang baru serta meningkatkan sifat mekanik *compressive strength* yang sesuai dengan standart aplikasi medis (Nurmanta *et al*, 2013).

Pembuatan hidroksiapatit dari tulang ikan tenggiri dengan metode sol-gel telah dilakukan sebelumnya, hasil yang didapatkan pada suhu 600°C adalah hidroksiapatit. Sedangkan pada suhu 700°C dan 800°C didapat  $\beta$ -TCP dan kalsium fosfat (Anggresani *et al*, 2019). Penelitian pendahuluan tentang pembuatan hidroksiapatit berpori dari *hydroxyapatite powder* dengan pemilihan suhu sintering yaitu 1200°C dengan variasi lama waktu sintering 1 jam, 2 jam, 3 jam, dan 4 jam. Hasil terbaik ditunjukkan oleh sampel 3 yang disintering selama 3 jam. Kualitas diameter pori pada sampel 3 yaitu 113 – 429  $\mu$ m dan nilai uji kuat tekan yaitu 0,5591(Nurmanta *et al*, 2013).

Penelitian diatas menyimpulkan variasi lama waktu sintering yang diberikan pada sampel tersebut berpengaruh kepada ukuran pori, sifat mekanik, porositas, kuat tekan, dan pergeseran puncak pada hasil uji FTIR sampel hidroksiapatit berpori. Ukuran pori dan porositas sampel akan menurun seiring dengan lamanya waktu sintering, begitu pula dengan nilai uji kuat tekan yang meningkat jika waktu sinteringnya lama (Nurmanta *et al*, 2013). Oleh sebab itulah peneliti tertarik untuk melanjutkan penelitian tersebut, yaitu membuat hidroksiapatit dengan metode sol gel pada suhu 600°C, dan dilanjutkan pembuatan hidroksiapatit berpori dengan memvariasikan lama waktu sintering.

## **METODOLOGI PENELITIAN**

### **Alat dan Bahan**

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu XRF (Panalytical Epsilon 3<sup>®</sup>), XRD (Xpert pro panalytical<sup>®</sup>), SEM (Tabletop Microscope tm3000<sup>®</sup>), PSA (Beckman couter ls 13 320<sup>®</sup>), Uji kekerasan (Digital Force Gauge<sup>®</sup>), oven, Furnance (Sh scientiac<sup>®</sup>), neraca analitik (Shimadzu<sup>®</sup>), *stirrerhot plate* (Ika c-mag hs7<sup>®</sup>), pencetak tablet listrik (Maksindo<sup>®</sup>), wadah perendaman, cawan porselin, ayakan mesh 80, beaker glass, pipet volume, ball pipet, mortal, batang pengaduk, spatula, serta alat-alat laboratorium lainnya.

Sedangkan bahan-bahan yang digunakan pada percobaan ini yaitu tulang ikan tenggiri (*Scomberomorus commerson*), aquades, asam fosfat 85%, aseton p.a, natrium hidroksida p.a, asam klorida 37%, etanol 96%, asam asetat p.a.

### **Pembentukan Bubuk Tulang Ikan Tenggiri (CaO)**

Sebanyak 3 kg tulang ikan tenggiri dibersihkan dan direbus selama 45 menit. Kemudian direndam dalam 3 L larutan NaOH 0.1% selama 7 jam, kemudian direndam kembali dengan 3 L aseton 50% selama 8 jam. Lalu ditiriskan dan dijemur selama 4 hari. Tahap selanjutnya, tulang ikan tenggiri yang sudah hancur dipanaskan disuhu 800°C selama 3 jam, sehingga didapatkan bubuk ikan tenggiri. Bubuk yang didapat dihaluskan kembali dengan alat nanomil. Kemudian bubuk halus tersebut dianalisis menggunakan XRF.

### **Sintesis CaCl<sub>2</sub>**

Sebanyak 5 gram bubuk (CaO) ditambahkan HCl 0,5 M sebanyak 100 mL. Kemudian dipanaskan pada suhu 90°C sambil diaduk dengan magnetic stirrer pada hot plate selama 1 jam sehingga terbentuk endapan. Endapan tersebut disaring dan dikeringkan dalam oven dengan suhu 120°C selama 15 jam.

### **Sintesis Hidroksiapatit dengan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 0,1 M**

Sebanyak 2,3450 gram endapan CaCl<sub>2</sub> di larutkan dalam 100 mL etanol 50%. Kemudian di panaskan sambil diaduk dan ditambahkan 50 mL H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>. Lalu dipanaskan pada suhu 120° C selama 15 menit. Setelah itu didiamkan selama 1 hari. Kemudian dipanaskan sambil diaduk pada suhu 120° C sehingga membentuk gel. Gel tersebut dikeringkan didalam oven dengan suhu 85° C selama 22 jam dan dipanaskan dalam furnance pada suhu 600° C dengan waktu 6 jam untuk membentuk serbuk kering hidroksiapatit. Kemudian serbuk hidroksiapatit tersebut dianalisis menggunakan XRD.

### **Pembuatan Hidroksiapatit Berpori**

Padatan hidroksiapatit ditambahkan polimer kitosan. Larutan kitosan dibuat dengan 16 mg/mL dalam asam asetat 1M. Perbandingan hidroksiapatit dan kitosan yang ditambahkan yaitu 10 : 1, atur pH sebesar 11 dengan larutan ammonia. Kemudian aduk dengan kecepatan 300 rpm selama 5 jam, terbentuk endapan dan diamkan selama 24 jam. Kemudian lakukan penyaringan dan pencucian berulang hingga larutan netral, lalu keringkan dalam oven pada suhu 110°C selama 15 jam. Sintering pada suhu 1100°C dengan waktu sintering

yang divariasikan yaitu 4 jam, 5 jam, dan 6 jam. Kemudian analisis SEM, PSA dan uji kuat tekan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Sintesis

Sintesis hidroksiapatit terdiri dari 3 tahap yaitu sintesis CaO, sintesis CaCl<sub>2</sub>, dan sintesis hidroksiapatit. Hasil sintesis disajikan pada Tabel 1. Reaksi yang terjadi disajikan pada pers. 1-2.

**Tabel 1.** Hasil Sintesis

	Berat Awal (g)	Berat Akhir (g)	%Rendemen	Warna
Sintesis Prekursor Ca				
Tulang Ikan Tenggiri	200	119,963	59,9	Abu-abu
Sintesis CaCl <sub>2</sub>				
CaO (sampel 1)	5	2,3450	46,9	Abu-abu
CaO (sampel 2)	5	2,3846	47,7	Abu-abu
CaO (sampel 3)	5	2,3831	47,6	Abu-abu
Sintesis Hidroksiapatit				
CaCl <sub>2</sub> (sampel 1)	2,3450	1,7922	76,4	Abu-abu muda
CaCl <sub>2</sub> (sampel 2)	2,3846	1,7382	72,9	Abu-abu muda
CaCl <sub>2</sub> (sampel 3)	2,0831	1,7765	74,5	Abu-abu muda

Reaksi sintesis CaCl<sub>2</sub> (Wardana *et al*, 2018):



### Hasil Analisis XRF

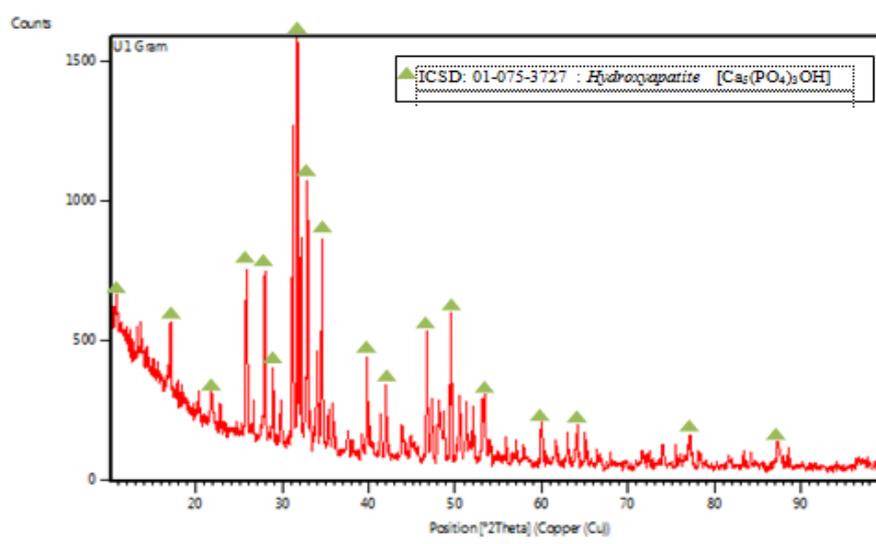
Kadar kalsium oksida (CaO) yang terdapat dalam tulang ikan tenggiri yang dapat dilihat pada Tabel 2 yaitu sebanyak 50,814%. Pada cangkang kepiting yang telah dikalsinasi diperoleh kadar CaO sebesar 38,20% (Supangat dan Cahyaningrum, 2017). Sedangkan pada tulang ikan tuna diperoleh kadar CaO hasil kalsinasi sebesar 62,31% (Chadijah *et al*, 2018). Ini menunjukkan CaO yang terdapat pada tulang ikan tuna lebih banyak dibandingkan tulang ikan tenggiri.

**Tabel 2.** Hasil analisis XRF

Senyawa oksida	Komposisi (%)
CaO	50,814
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	46,075
MgO	1,249
K <sub>2</sub> O	0,017

### Hasil Analisis XRD

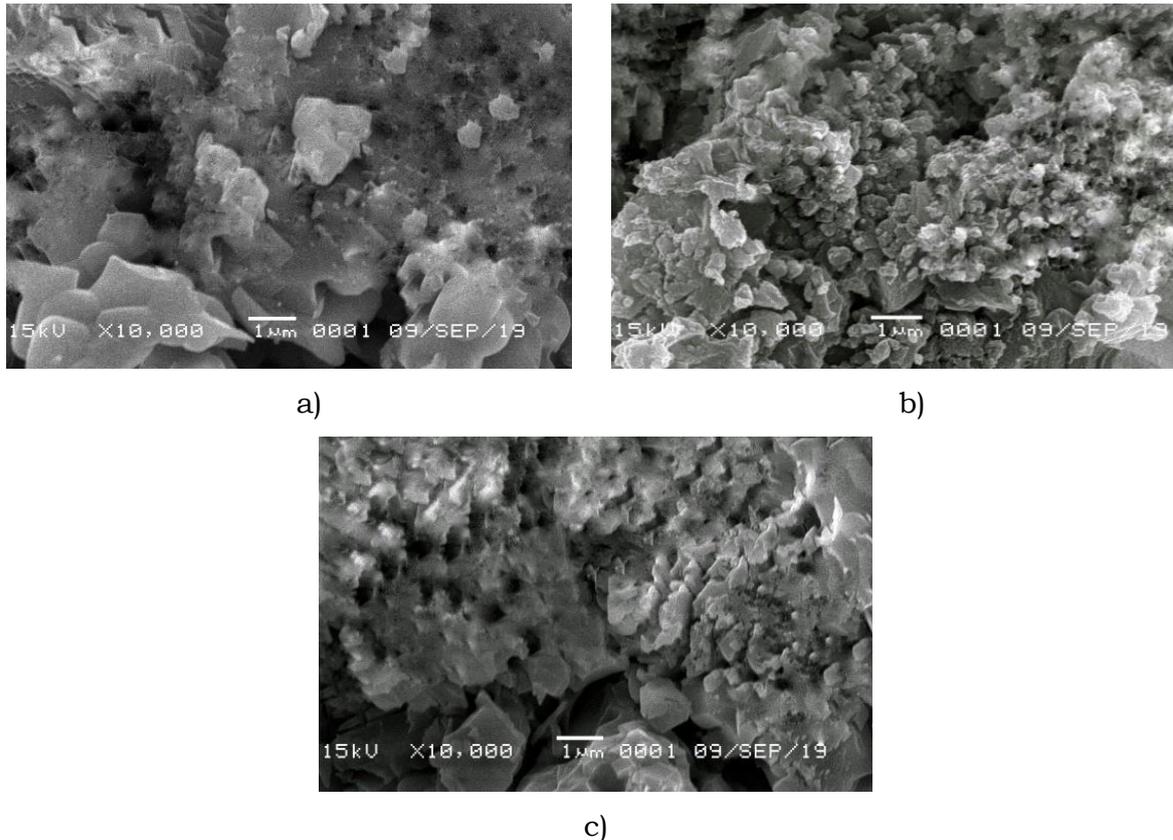
Hasil analisis menggunakan XRD disajikan pada gambar 1, menunjukkan puncak yang tinggi terdapat pada sudut  $2\theta$  yaitu  $32,8255^\circ$ ;  $31,1929^\circ$ ;  $25,8558^\circ$ ;  $27,9675^\circ$ ;  $49,4641^\circ$  yang sesuai dengan standar ICSD (*Inorganic Crystal Structure Database*) No 01-075-3727 yang menunjukkan adanya senyawa hidroksiapatit [ $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$ ]. Hasil analisis XRD pada ikan tenggiri yang disintering pada suhu  $600^\circ\text{C}$  didapat sesuai dengan standar ICSD No 01-074-9780 yang menunjukkan senyawa hidroksiapatit dengan rumus kimia [ $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$ ] dan bentuk kristal berupa hexagonal (Anggresani, Perawati dan Rahayu, 2019). Dan hasil analisis XRD sampel tulang sapi yang disintering pada suhu  $500^\circ\text{C}$  dengan waktu 6 jam merupakan sampel yang memberikan hasil *peak* intensitas difraksi sinar-X yang paling mendekati standar hidroksiapatit komersial (Wardana *et al*, 2018).



**Gambar 1.** Hasil Analisis XRD

### Hasil Analisis SEM Hidroksiapatite berpori

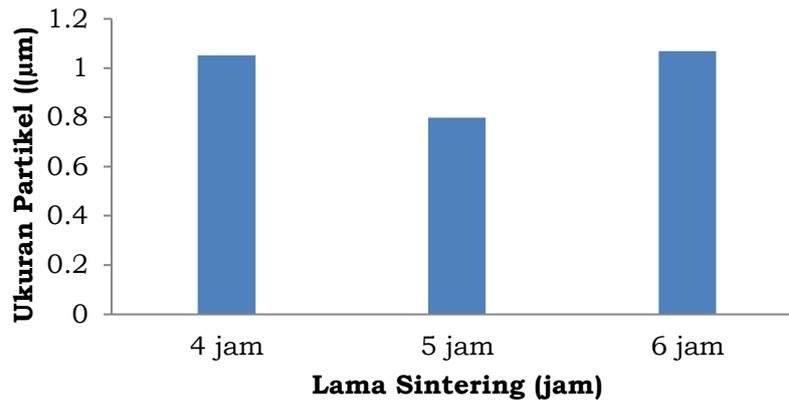
Hasil analisis SEM ini didapatkan pori yang paling kecil dan paling baik pada waktu sintering 5 jam, hal ini juga dapat dilihat sampel waktu sintering 5 jam berukuran kecil dan tidak beraturan dari sampel waktu sintering lainnya dan memiliki ukuran partikel yang lebih besar. Ketidakteraturan dari ukuran partikel bisa disebabkan oleh proses penumpukan beberapa zat (Hakim, 2018).



**Gambar 2.** Hasil Analisis SEM dengan perbesaran 10.000x pada waktu sintering a) 4jam, b) 5 jam, dan c) 6 jam

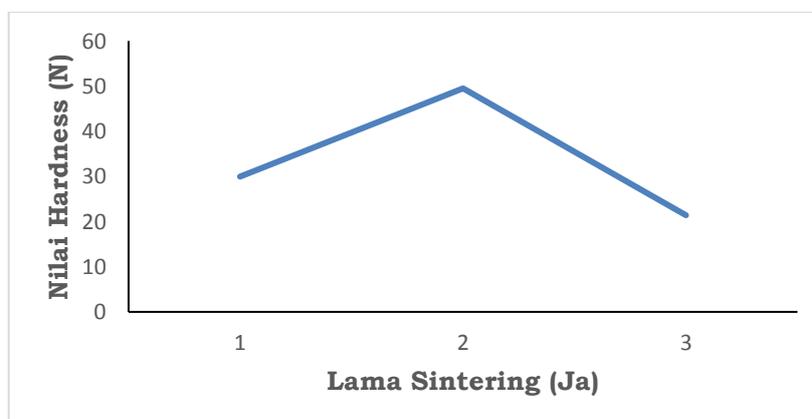
### Hasil Analisis PSA Hidroksiapatit Berpori

Hasil analisis PSA terhadap hidroksiapatit berpori pada waktu tahan sintering 4, 5 dan 6 jam diperoleh rata-rata ukuran partikel berturut-turut yaitu  $1,051\mu\text{m}$ ,  $0,798\mu\text{m}$  dan  $1,069\mu\text{m}$  (Gambar 3). Dapat dilihat dari hasil pengukuran sampel hidroksiapatit ini bahwa semakin lama waktu sintering akan membuat ukuran partikel menjadi lebih kecil. Ukuran partikel yang lebih kecil akan membuat partikel lebih padat dan kuat (Hanura *et al*, 2017). Hasil yang didapatkan pada penelitian ini belum berukuran nanometer karena hasilnya diatas  $1000\text{nm}$ . Hal ini kemungkinan disebabkan oleh proses *nanomill* yang tidak optimal, karena pada penelitian ini sampel hanya di *nanomill* selama 1 jam sehingga partikel yang dihasilkan berukuran mikrometer. Pada penelitian Hanura *et al*, (2017) dengan menggunakan nanohidroksiapatit tulang ikan tuna didapatkan ukuran partikel kisaran  $800\text{-}900\text{ nm}$  dan dikategorikan sebagai nanopartikel. Sedangkan pada penelitian Handayani *et al*, (2012) dengan menggunakan hidroksiapatit tulang ikan didapatkan ukuran partikel kisaran  $0,1\mu\text{m}$  hingga  $1,0\mu\text{m}$ .



**Gambar 3.** Hasil Analisis PSA Hidroksiapatit berpori terhadap waktu Sintering  
**Hasil Analisis Hardness Tester**

Uji kekerasan dilakukan dengan mencetak serbuk hidroksiapatit menjadi tablet terlebih dahulu, kemudian diuji menggunakan alat *Hardness Tester*. Untuk melakukan pengujian, tablet obat akan ditekan menggunakan *hardness tester* dan angka akan keluar pada layar untuk mengetahui tingkat kekerasan pada tablet sampel tersebut. Penekanan ini dilakukan hingga tablet hancur. Satuan alat tersebut adalah *Newton (N)*. Didapatkan nilai uji kekerasan hidroksiapatit berpori pada waktu 4 jam 29,9 N, waktu 5 jam 49,5 N, dan waktu 6 jam 21,4 N. Pada variasi waktu tahan sintering 6 jam memberikan nilai yang paling kecil, Karena sampel dengan waktu sintering 6 jam proses difusi yang terjadi tidak optimal sehingga sampel akan mengalami kerapuhan atau melemahkan sifat mekanik dan sampel waktu sintering 6 jam ini juga memiliki ukuran partikel yang lebih besar. Ukuran partikel yang lebih kecil akan membuat partikel lebih padat dan kuat (Hanura *et al*, 2006). Pada uji ini yang mendapatkan nilai uji kekerasan yang baik adalah waktu sintering 5 jam.



**Gambar 6.** Hasil Uji *Hardness Tester* dengan Variasi Waktu Sintering 4, 5 dan 6 Jam

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa variasi waktu tahan sintering terhadap pembuatan hidroksiapatit berpori dari tulang ikan tenggiri dengan metode sol gel dapat mempengaruhi sifat mekaniknya, yaitu ukuran partikel, SEM dan uji kekerasan dari variasi waktu tahan sintering diperoleh hidroksiapatit yang terbaik adalah pada waktu 5 jam.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aisyah, D., Mamat, I., Sontang, M., Rosufila, Z., dan Ahmad, N. M. 2012. Program Pemanfaatan Sisa Tulang Ikan Untuk Produk Hidroksiapatit: Kajian Di Pabrik Pengolahan Kerupuk Lekor Kuala Trengganu-Malaysia. *Jurnal Siosioteknologi*, 11(26):116–125.
- Amalia, V., Eko, H. P., Hidayat, D., Riska, D. F., Muhamad, D. F., dan Tsaniyah, S. 2018. Isolasi dan Karakterisasi Hidroksiapatit dari Limbah Tulang Hewan. *Journal of Chemistry*, 5(4):1–6.
- Anggresani, Perwati dan Rahayu. 2019. *Limbah Tulang Ikan Tenggiri (Scomberomorus guttatus) Sebagai Sumber Kalsium Pada Pembuatan Hidroksiapatit*. *Jurnal Katalisator*, 4(2):133-140.
- Atriah. 2017. *Produksi dan Karakterisasi Hidroksiapatit (Ca<sub>10</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>6</sub>(OH)<sub>2</sub>) Tulang Broiler Pada Suhu Pembakaran Berbeda*. (Skripsi). : Universitas Hasanuddin.
- Chadajah, S., Hardiyanti, dan Sappewali. 2018. Sintesis dan Karakterisasi Hidroksiapatit Dari Tulang Ikan Tuna (*Thunnus albacores*) Dengan XRF, FTIR, dan XRD. *Al-Kimia*, 6(2).
- Dwistika, R. 2018. *Karakteristik Nanopartikel Perak Hasil Produksi Dengan Teknik Elektrolisis Berdasarkan Uji Spektrofotometer UV-Vis dan Particle Size Analyzer (PSA)*. (Skripsi). : Universitas Negeri Yogyakarta.
- Fatimah, S. 2018. *Identifikasi Kandungan Unsur Logam Menggunakan XRF dan OES Sebagai Penentu Tingkat Kekerasan Baja Paduan*. (Skripsi). : Universitas Negeri Yogyakarta.
- GS, S., Deswita, Wulanawati, A., dan Romawati, A. 2012. Sintesis Hidroksiapatit Berpori Dengan Porogen Kitosan dan Karakterisasinya. *Jurnal Kimia Dan Kemasan*, 34(1):1–6.
- Gunawan, B., dan Azhari, C. D. 2010. Karakterisasi Spektrofotometri I R dan Scanning Electron Microscopy ( S E M ) Sensor Gas Dari Bahan Polimer Poly Ethelyn Glycol ( P E G ). *Issn*, 1(1):1–17.
- Handayani, A., Giat, S., dan Deswita. 2012. Preparasi dan Karakterisasi Hidroksiapatit Berpori Dari Tulang Ikan. *1(1):1–4*.
- Hanura, A., Trilaksani, W., dan Suptijah, P. 2017. Karakterisasi NanoHidroksiapatit Tulang Tuna *Thunnus sp* Sebagai Sediaan Biomaterial. *9(1):619–629*.
- Hidayat, T. 2013. *Sintesis dan Pencirian Hidroksiapatit Dari Cangkang Kerang Hijau Dengan Metode Sol Gel*. (Skripsi). : Institut Pertanian Bogor.
- Jumsurizal, Nelwan, A., dan Kurnia, M. 2014. Produktifitas Penangkapan Ikan

- Tenggiri (*Scomberomorus commerson*) Menggunakan Pancing Ulur di Perairan Kabupaten Bintan. *Jurnal IPTEKS PSP*, 1(2):1-9.
- Kartika, N. 2014. *Sintesis dan karakterisasi Hidroksiapatit dari Cangkang Keong Sawah Dengan Porogen Lilin Sarang Lebah Sebagai Aplikasi Scaffold*. (Skripsi). : Universitas Airlangga.
- Masrukan, Rosika, Anggraini, D., dan Joko, K. 2007. Komparasi Analisis Komposisi Paduan AlMgSI1 dengan Menggunakan Teknik X RAY Fluorocency (XRF) dan Emission Spectroscopy. *Jurnal Teknologi Bahan Bakar Nuklir*, 1(1):120-125.
- Muliati. 2016. *Sintesis dan Karakterisasi Hidroksiapatit Dari Tulang Ikan Tuna (Thunus sp) Dengan Metode Sol Gel*. (Skripsi). : Universitas Islam Negri Alauddin.
- Mutmainnah, Chadijah, S., dan Rustiah, W. O. 2017. Hidroksiapatit Dari Tulang Ikan Tuna Sirip Kuning ( *Tunnus albacores* ) Dengan Metode Presipitasi. *Jurnal Kimia*, 5(2):1-8.
- Nurmanta, D. A., Izak, D., dan Ady, J. 2013. Optimasi Parameter Waktu Sintering Pada Pembuatan Hidroksiapatit Berpori Untuk Aplikasi Bone Filler Pada Kasus Kanker Tulang (Osteosarcoma). *Jurnal Fisika*, 1(1):1-19.
- Palloan, P., Arsyad, M., dan Harmani. 2016. Aplikasi metode sca i g electro microscopy (sem) da x-ray diffractio (xrd) dalam menganalisis limbah pabrik gula x. *Jurnal Sains Dan Pendidikan Fisika*, 1(1):74-82.
- Pinangsih, A. C., Wardhani, S., dan Darjito. 2014. Sintesis Biokramik Hidroksiapatit ( $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ ) Dari Tulang Sapi Menggunakan Metode Sol Gel. *Jurnal Kimia*, 1(2):203-209.
- Puspita, E. 2018. *Sintesis dan Karakterisasi Kalsium Silikat Berbahan Dasar Cangkang Kerang Darah Pada Suhu Kalsinasi 1000oC*. (Skripsi). : Universitas Lampung.
- Rumengan, F. ., Raya, I., dan Maming. 2014. Sintesis dan Karakterisasi Hidroksiapatit [ $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ ] Dari Batu Kapur Dengan Metode Sol Gel. *Jurnal Kimia*, 1(1):1-27.
- Santoso, A., dan Susilo, E. S. 2016. Studi Pendahuluan Hubungan Panjang – Berat Ikan Tenggiri ( *Scomberomorus commerson* ) dari Perairan Semarang. *Jurnal Kelautan Tropis*, 19(2):161-165.
- Saryati, S, S. G., Handayani, A., Untoro, P., dan Sugeng, B. 2012. *Hidroksiapatit Berpori Dari Kulit Kerang*. 1(1):31-35.
- Sujatno, A., Salam, R., Bandriyana, dan Dimyati, A. 2015. Studi Scanning Electron Microscopy(SEM) untuk Karakterisasi Proses Oksidasi Paduan Zirkonium. *Jurnal Forum Nuklir (JFN)*, 9(2):44-50.
- Susanti, L., Zuki, M., dan Syaputra, F. 2011. Pembuatan Mie Basah Berkalsium Dengan Penambahan Tulang Ikan Tenggiri (*Somberomorus lineolatus*). *Jurnal AgroIndustri*, 1(1):35-44.
- Trilaksani, W., Salamah, E., dan Nabil, M. 2006. Pemanfaatan Limbah Tulang Ikan Tuna (*Thunnus sp*) Sebagai Sumber Kalsium Dengan Metode Hidrolisis Protein. *Jurnal Teknologi Hasil Perikanan*, 9(2):34-45.
- Wahdah, I., Wardhani, S., dan Dartijo. 2014. Sintesis Hidroksiapatit Dari Tulang Sapi Dengan Metode Basah- Pengendapan. *Jurnal Kimia*, 1(1):92-97.

- Wardana, M. Y., Ratnasari, dan Fauzan, R. 2018. Pembuatan Hidroxyapatite Dari Limbah Tulang Sapi Menggunakan Metode Sol-Gel. *Jurnal Sains Dan Teknologi Reaksi*, 15(1):1-7.
- Wida, Y. 2016. *Analisis Bioekonomi Ikan Tenggiri (Scomberomorus commerson) di Perairan Teluk Palabuhanratu Kabupaten Suka Bumi Jawa Barat.* ( Skripsi). : Institut Pertanian Bogor.