



## KARAKTERISTIK CANGKANG KERANG KIJING (*Pilsbryoconcha exilis*) SEBAGAI SUMBER HIDROKSIAPATIT

### CHARACTERISTICS OF FRESHWATER MUSSEL (*Pilsbryoconcha exilis*) SHELL AS A SOURCE OF HYDROXYAPATITE

Santhy Wisuda Sidauruk\*, N. Ira Sari, Anggi Anggraini

Jurusan Teknologi Hasil Perikanan, Fakultas Perikanan dan Kelautan, Universitas Riau

Jl. Simpang Baru, Kec. Tampan, Kota Pekanbaru, Riau, Indonesia

\*Korespondensi: santhy.sidauruk@lecturer.unri.ac.id (SW Sidauruk)

Diterima 31 Oktober 2022 – Disetujui 23 September 2023

**ABSTRAK.** Kerang kijing merupakan salah satu kerang yang hidup di air tawar, serta mempunyai dua bagian yaitu daging yang dimanfaatkan dalam bentuk pangan dan cangkangnya masih kurang dimanfaatkan. Cangkang kerang kijing mengandung senyawa kalsium dan fosfat yang berpotensi sebagai hidroksiapatit. Hidroksiapatit merupakan komponen mineral utama penyusun gigi dan tulang. Tujuan dari penelitian ini menentukan karakteristik hidroksiapatit dari cangkang kerang kijing (*P. exilis*). Metode penelitian ini adalah eksperimen dengan perlakuan suhu kalsinasi yaitu 700 °C yang diulang sebanyak 3 kali dan melalui 3 tahap antara lain 1) preparasi sampel, 2) ekstraksi tepung kalsium oksida (CaO), dan 3) sintesis hidroksiapatit dengan parameter uji terdiri dari analisis rendemen, kadar Ca dan P, serta gugus fungsi. Karakteristik hidroksiapatit dari cangkang kerang kijing yaitu rendemen 6,69%; kadar Ca sebesar 50,31%; kadar P sebesar 1,60% dan gugus fungsi yang dihasilkan antara lain gugus hidroksil muncul pada bilangan gelombang 3641,76 cm<sup>-1</sup> dan 3570,39 cm<sup>-1</sup>; gugus posfat pada bilangan gelombang 1033,89 cm<sup>-1</sup>; serta gugus karbonat muncul pada bilangan gelombang 1457,28 cm<sup>-1</sup>; 1448,60 cm<sup>-1</sup> dan 1419,67 cm<sup>-1</sup>.

**KATA KUNCI:** Hidroksiapatit, Kalsium oksida, Kerang kijing, Sintesis.

**ABSTRACT.** Mussel shells are shellfish that live in freshwater and have two parts, namely the meat which is used in food and the shell which is still underutilized. Mussel shells (*P. exilis*) contain calcium and phosphate compounds that have the potential as hydroxyapatite. Hydroxyapatite is the main mineral component of teeth and bones. This study aimed to determine the hydroxyapatite characteristics of mussel (*P. exilis*) shells. The method in this study was an experiment with a calcination temperature of 700°C which was repeated 3 times and went through 3 stages including 1) sample preparation, 2) calcium oxide powder (CaO) extraction, and 3) hydroxyapatite synthesis with test parameters consisting of yield analysis, Ca and P levels, and functional groups. The hydroxyapatite characteristics of mussel shells were yield of 6.69%; Ca content of 50.13%; P content of 1.60%; hydroxyl groups were detected at wave number 3641.76 cm<sup>-1</sup> and 3570.39 cm<sup>-1</sup>; phosphate group at wave number 1033.89 cm<sup>-1</sup>; and carbonate group at wave number 1457.28 cm<sup>-1</sup>; 1448.60 cm<sup>-1</sup> and 1419.67 cm<sup>-1</sup>.

**KEYWORDS:** Calcium oxide, freshwater mussel, hydroxyapatite, synthesis.

## 1. Pendahuluan

Kerang kijing (*P. exilis*) adalah salah satu kerang yang hidup di sungai, serta mempunyai dua bagian yang dapat dimanfaatkan yaitu daging dalam bentuk pangan dan cangkang yang masih kurang dimanfaatkan (Ridho *et al.*, 2017). Contoh produk olahan daging kijing seperti kerupuk, mie, bakso dan nugget. Sedangkan cangkang kerang kijing dijadikan tepung untuk bahan tambahan pembuatan cookies (Iriani & Hutaeruk, 2021). Cangkang kerang kijing (*P. exilis*) mengandung senyawa kimia seperti kitin, kalsium, dan fosfat (Akbar, 2021). Senyawa kimia tersebut menjadi potensi sebagai sumber hidroksiapatit Ca<sub>10</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>6</sub>(OH)<sub>2</sub> yang merupakan komponen mineral utama penyusun gigi dan tulang (Nainggolan *et al.*, 2020).

Hidroksiapatit digunakan sebagai bahan semen gigi dan bahan pelapis implan tulang (Nainggolan *et al.*, 2020). Hidroksiapatit juga bersifat biokompatibel berarti meningkatkan ketahanan korosi dari implan

logam dan bioaktif yang berarti tempat pertumbuhan jaringan tulang yang baru (Suci & Ngapa, 2020). Hidroksiapatit dapat disintesis dari bahan alami yang tinggi kalsium, seperti cangkang sotong (Henggu *et al.*, 2019), cangkang telur ayam (Gago & Ngapa, 2021), cangkang kerang simping (Sari *et al.*, 2022), cangkang rajungan (Hadiwinata *et al.*, 2021), cangkang kerang Mutiara (Rahayu *et al.*, 2018), dan cangkang kerang ale-ale (Suci & Ngapa, 2020). Sintesis hidroksiapatit dari bahan alami dapat dilakukan dengan beberapa metode, salah satunya menggunakan suhu kalsinasi untuk menghilangkan unsur pengotor seperti natrium, magnesium, dan klorin dengan unsur yang dibutuhkan untuk hidroksiapatit (Shavandi *et al.*, 2015). Oleh karena itu, penelitian ini untuk menganalisis karakteristik cangkang kijing (*P. exilis*) sebagai sumber hidroksiapatit.

## 2. Metode Penelitian

### 2.1. Bahan dan Alat

Bahan utama dalam penelitian adalah cangkang kerang kijing yang berasal dari Desa Sungai Paku, Kecamatan Kampar Kiri, Kabupaten Kampar. Bahan untuk sintesis hidroksiapatit yaitu *ammonium dihydrogen phosphate* ( $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ ) (Merck 7722-76-1) dan aquades. Alat yang digunakan yaitu penghancur cangkang, grinder (Nima Japan NM-8300), ayakan (80 mesh), tanur (Vulcan® A-130), oven (Mettler), *sentrifuge* (Gemmy PLC 3), AAS (Perkin Elmer PinAAcle 900T), FTIR (Bruker® Tensor™ 27, Jerman) dan XRD (Emma-GBC®, Australia). Analisis dalam penelitian yaitu analisis rendemen, kadar Ca dan P, dan gugus fungsi.

### 2.2. Prosedur Penelitian

Metode penelitian ini adalah eksperimen dengan perlakuan suhu kalsinasi yaitu 700 °C yang diulang sebanyak 3 kali dan melalui 3 tahap antara lain 1) preparasi sampel, 2) ekstraksi tepung kalsium oksida (CaO), dan 3) sintesis hidroksiapatit. Pada tahap preparasi sampel cangkang kerang dilakukan menggunakan metode Suci & Ngapa (2020) yang dimodifikasi yaitu sampel cangkang kerang kijing dibersihkan dari kotoran menggunakan air dengan tujuan memisahkan daging dari cangkangnya dan menghilangkan bau amis. Selanjutnya sampel dikeringkan dalam oven listrik bersuhu 65°C selama 120 jam. Selanjutnya tahap ekstraksi tepung kalsium oksida (CaO) yang dilakukan dengan metode Henggu (2019) yang dimodifikasi. Cangkang kerang kijing dilakukan pengecilan ukuran menggunakan alat penghancur cangkang yang kemudian dihaluskan dengan grinder dan di ayak menggunakan ayakan (80 mesh). Tepung cangkang kerang kijing yang dihasilkan di kalsinasi dalam tanur dengan suhu 1000°C selama 6 jam untuk mendapatkan tepung CaO. Hasil kalsinasi dikeluarkan dan di dinginkan dalam desikator selama 1 jam. Maka didapatlah bubuk CaO.

Tahap terakhir yaitu sintesis hidroksiapatit dilakukan dengan mereaksikan tepung CaO 20 gram sebagai prekursor kalsium dan *ammonium dihydrogen phosphate* ( $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ ) 13,8 gram sebagai sumber fosfat (Henggu, 2019) yang dimodifikasi. Campurkan tepung CaO dengan aquades 200 mL dalam erlenmeyer dipanaskan menggunakan *hot plate* pada suhu 90°C selama 1 jam diaduk menggunakan *magnetic stirrer* dan ditetaskan larutan ( $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ ). Selanjutnya dilakukan presipitasi/pengendapan selama 18 jam kemudian di *sentrifuge* selama 15 menit dengan kecepatan 4000 rpm untuk memperoleh presipitat. Presipitat dimasukkan ke dalam wadah untuk dikeringkan dalam oven dengan suhu 65°C selama 72 jam. Setelah kering, dihaluskan menggunakan mortar dan ditimbang. Hasil sintesis dikalsinasi kembali dengan suhu 700°C selama 2 jam dalam tanur dan di dinginkan dalam desikator selama 1 jam. Kemudian dihasilkan hidroksiapatit cangkang kerang kijing yang selanjutnya dianalisis.

### 2.3. Parameter Uji

2.3.1. *Rendemen*. Rendemen hidroksiapatit diperoleh dengan membandingkan berat tepung CaO setelah proses kalsinasi dengan tepung cangkang kerang kijing sebelum proses kalsinasi. Estimasi rendemen hidroksiapatit berdasarkan persamaan berikut ini:

$$\text{Rendemen (\%)} = \frac{\text{Berat tepung setelah kalsinasi (gram)}}{\text{Berat tepung sebelum kalsinasi (gram)}} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

2.3.2. *Analisis Kadar Ca (SNI 06-6989.56-2005)*. Analisis mineral kalsium menggunakan instrumen *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS) dengan memasukkan 100 mL sampel yang telah homogen ke dalam gelas ukur lalu ditambahkan 2 mL asam klorida. Sampel dipanaskan hingga kering dan tambahkan 1 mL larutan klorida. Saring larutan sampel tersebut, kemudian ambil 10 mL larutan stok kalsium 1000 mg/L dan penambahan pengencer hingga homogen. Pembuatan larutan kalsium menggunakan pipet 1,0 mL; 2,0 mL; 3,0 mL dan 4,0 mL larutan baku kalsium 100 mg/L. Tambahkan larutan pengencer hingga homogen sehingga diperoleh kadar kalsium 1,0 mg/L; 2,0 mg/L; 3,0 mg/L dan 4,0 mg/L. Pengukuran dilakukan menggunakan AAS pada panjang gelombang 422,7 nm, kemudian pembuatan kurva kalibrasi untuk mendapatkan persamaan garis regresi dan pengukuran sampel.

2.3.3. *Analisis Kadar P (SNI 06-6989.31-2005)*. Analisis mineral fosfat menggunakan instrumen *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS) dengan melarutkan 2,195 gram kalium dihidrogen fosfat anhidrat dengan 100 mL akuades ke dalam gelas ukur 1000 mL, kemudian penambahan akuades hingga batas tertera dan dilakukan homogenisasi. Pipet 2 mL larutan baku fosfat 500 mg/L ke dalam gelas ukur 100 mL dan tambahkan akuades sampai homogen. Pembuatan larutan fosfat dengan pipet 5 mL; 10 mL; 20 mL dan 25 mL larutan fosfat yang mengandung 10 mg/L dan dimasukkan masing-masing larutan fosfat tersebut ke dalam gelas ukur 250 mL. Selanjutnya penambahan akuades sampai homogen sehingga didapat kadar fosfat 0,2 mg/L; 0,4 mg/L; 0,8 mg/L dan 1,0 mg/L. Selanjutnya pipet 50 mL sampel, tambahkan 1 tetes indikator fenolftalin. Jika terbentuk warna merah muda, tetes dengan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  5N sampai warna hilang, kemudian tambah 8 mL larutan campuran dan homogenisasi. Pengukuran dilakukan menggunakan ASS pada panjang gelombang 880 nm.

2.3.4. *Analisis Gugus Fungsi (Walters et al., 1990)*. Instrumen *Fourier Transform Infrared* (FTIR) digunakan untuk analisis gugus fungsi hidroksiapatit. Sampel uji ditimbang 2 mg lalu dicampur 200 mg KBr dan dibentuk *pellet* menggunakan *hand press* kemudian diletakkan pada *prime chamber*. Pengukuran spektrum sampel uji dilakukan menggunakan spektrofotometer FTIR dengan detektor di daerah inframerah tengah pada resolusi 4  $\text{cm}^{-1}$ . Spektrum sampel yang dihasilkan menunjukkan puncak serapan bilangan transmisi pada bilangan gelombang sampel uji. Spektrum sampel kemudian dianalisis unsur-unsur yang terdeteksi berdasarkan puncak serapan bilangan gelombang transmisi.

### 2.4. Analisis Data

Analisis data dilakukan secara deskriptif dengan menyajikan data berupa nilai rata-rata ( $\mu$ ), standar deviasi ( $\Delta x$ ).

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1. Rendemen

Rendemen adalah salah satu analisis yang dilakukan untuk menentukan presentase banyaknya hidroksiapatit yang dapat dihasilkan dari tepung CaO cangkang kerang kijing (*P. exilis*). Nilai rendemen dapat dilihat pada **Tabel 1**.

**Tabel 1. Nilai Rendemen Hidroksiapatit Cangkang Kerang Kijing (*P. exilis*).**

| Perlakuan                   | Cangkang kerang kijing (suhu 700°C) | Cangkang rajungan (700°C) <sup>1</sup> | Tulang ikan tuna (700°C) <sup>2</sup> |
|-----------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------------|
| Rendemen hidroksiapatit (%) | 70,01±0,06                          | 60,07±0,06                             | 65,61±2,21                            |

Sumber: <sup>1</sup> (Hadiwinata *et al.*, 2021); <sup>2</sup> (Riyanto *et al.*, 2013)

Nilai rendemen yang dihasilkan sebesar 70,01%. Nilai rendemen dari cangkang kerang kijing lebih tinggi dibandingkan dengan rendemen dari cangkang rajungan dan tulang ikan tuna pada suhu kalsinasi yang sama yaitu 700°C. Tingginya rendemen yang dihasilkan diduga belum sempurna proses dekomposisi CO<sub>2</sub> pada saat proses kalsinasi, sehingga masih banyak terdapat karbon dan komponen lainnya. Menurut Handayani *et al.*, (2020) bahwa sedikitnya kandungan karbon dan komponen lain setelah proses kalsinasi, maka mengindikasikan bahwa tingkat kemurnian dari tepung CaO yang dihasilkan semakin tinggi. Semakin tinggi suhu kalsinasi maka semakin rendah rendemen yang dihasilkan (Hanura *et al.*, 2017).

**Gambar 1. Tepung CaO dan Tepung Cangkang Kijing.****Gambar 2. Hidroksiapatit Cangkang Kerang Kijing (*P. exilis*).**

Berdasarkan **Gambar 1**, dapat dilihat perbedaan antara tepung cangkang kijing sebelum dikalsinasi dengan tepung CaO setelah dikalsinasi. Perbedaan tersebut dapat dilihat pada warna, yaitu tepung cangkang kijing berwarna putih keabuan berbeda dengan tepung CaO yang berwarna kecoklatan. Terjadinya perubahan warna dikarenakan selama proses kalsinasi terjadi perubahan komposisi unsur (Hanura *et al.*, 2017). Tepung CaO merupakan prekursor kalsium dalam sintesis hidroksiapatit dengan kandungan mineral yang didominasi oleh kalsium sebesar 76,27% (Sidauruk *et al.*, 2022). **Gambar 2** merupakan hidroksiapatit dari hasil kalsinasi setelah disintesis berubah menjadi warna putih sedikit keabuan. Perubahan warna hidroksiapatit menjadi putih dikarenakan pada suhu kalsinasi yang tinggi menyebabkan sudah tidak terjadi lagi proses degradasi material organik (Sifah, 2020).

### 3.2. Kadar Ca dan P

Mineral kalsium dan posfat merupakan unsur penyusun utama dalam sintesis hidroksiapatit. Sumber kalsium dapat diperoleh dari bahan alami, sedangkan sumber fosfat diperoleh dari bahan kimia sintetik seperti *ammonium dihydrogen phosphate*. Kadar kalsium dan posfat dapat dilihat pada **Tabel 2**.

**Tabel 2. Nilai kadar Ca dan P Hidroksiapatit Cangkang Kerang Kijing (*P. exilis*).**

| Perlakuan                                   | Kadar mineral (%) |           |
|---------------------------------------------|-------------------|-----------|
|                                             | Kadar Ca          | Kadar P   |
| Cangkang kerang kijing (700°C)              | 50,31±0,07        | 1,60±0,01 |
| Cangkang kerang kijing (800°C) <sup>1</sup> | 48,26±0,13        | 1,47±0,01 |

Sumber: <sup>1</sup> (Sidauruk *et al.*, 2022)

Berdasarkan **Tabel 2**, bahwa hidroksiapatit dari cangkang kerang kijing pada perlakuan suhu 700°C mengandung mineral Ca sebesar 50,31% lebih tinggi dibandingkan suhu 800°C yaitu 48,26%. Kadar P hidroksiapatit dari cangkang kerang kijing pada perlakuan suhu 700°C yaitu sebesar 1,60% lebih tinggi dibandingkan suhu 800°C yaitu sebesar 1,47%. Hal ini didukung Dermawan *et al.*, (2022), hidroksiapatit tulang ikan tilapia bahwa kadar Ca pada perlakuan 700°C selama 3 jam sebesar 60,05% lebih besar dibandingkan pada suhu 900°C selama 3 jam sebesar 51,83%. Kadar P pada perlakuan 700°C selama 3 jam yaitu 36,31% lebih besar dibandingkan pada perlakuan 900°C selama 3 jam yaitu 33,17%. Semakin tinggi suhu maka semakin tinggi kadar kalsium dan semakin rendah kadar fosfor (Ramadhani *et al.*, 2012).

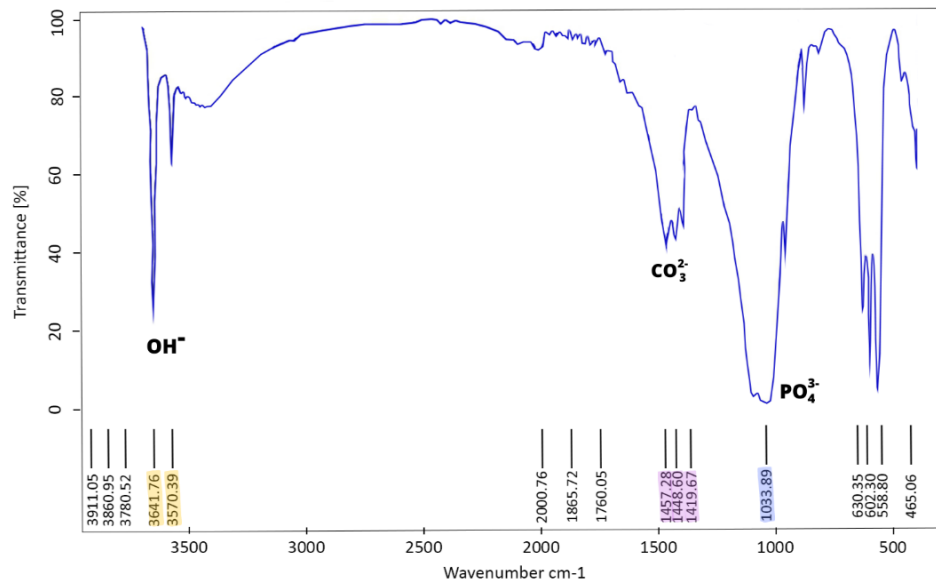
Nilai kadar Ca yang diperoleh sebesar 50,31%, sedangkan kadar P sebesar 1,60%. Kadar P lebih kecil dibanding kadar Ca karena masih CaO yang menjadi prekursor Ca dalam sintesis lebih besar dibanding *ammonium dihydrogen phosphate* yang merupakan prekursor fosfat. Selain itu tidak sempurnanya proses pengikatan fosfat, karena adanya gugus karbonat sebagai unsur pengotor yang berasal dari karbon dioksida bebas disebabkan prosesnya dilakukan di ruang terbuka (Astuti, 2017).

### 3.3. Gugus Fungsi

Identifikasi unsur-unsur penyusun hidroksiapatit secara kualitatif dapat dilihat dari analisis gugus fungsi menggunakan FTIR. Gugus fungsi digunakan untuk melihat adanya gugus hidroksil (OH<sup>-</sup>), gugus karbonat (CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>), dan gugus posfat (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>) yang merupakan penyusun hidroksiapatit (Astuti, 2017). Gugus fungsi hidroksiapatit dapat dilihat pada **Gambar 4** dan **Tabel 3**.

**Tabel 3. Spektrum Gugus Fungsi Hidroksiapatit.**

| Perlakuan | Bilangan gelombang (cm <sup>-1</sup> ) |                               |                               |
|-----------|----------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
|           | Gugus fungsi                           |                               |                               |
|           | OH <sup>-</sup>                        | PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> | CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> |
| 700°C     | 3641,76                                | 1033,89                       | 1457,28                       |
|           | 3570,39                                |                               | 1448,60                       |
|           |                                        |                               | 1419,67                       |



**Gambar 4. Spektrum Gugus Fungsi Hidroksiapatit.**

Berdasarkan hasil diatas, menunjukkan gugus hidroksil hidroksiapatit cangkang kerang kijing muncul pada bilangan gelombang 3641,76  $\text{cm}^{-1}$  dan 3570,39  $\text{cm}^{-1}$ . Menurut Muliati (2016) menyatakan bahwa gugus hidroksil muncul pada bilangan gelombang antara 3700-3000  $\text{cm}^{-1}$ . Sedangkan gugus posfat hidroksiapatit cangkang kerang kijing muncul pada bilangan gelombang 1033,89  $\text{cm}^{-1}$ , yang juga termasuk vibrasi asimetri stretching (V3). Sejalan dengan penelitian Sidauruk *et al.*, (2022) bahwa gugus  $\text{OH}^-$  muncul pada bilangan gelombang 3572,97 dan 3642,22  $\text{cm}^{-1}$ . Gugus fosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) hidroksiapatit cangkang kerang kijing bervibrasi asimetri *bending* pada bilangan gelombang 473,08  $\text{cm}^{-1}$  dan bervibrasi asimetri *stretching* pada bilangan gelombang 1033,84. Dimana menurut Nur *et al.*, (2015) gugus fosfat berada diantara bilangan gelombang 1156-1000  $\text{cm}^{-1}$ . Pada penelitian Riyanto *et al.*, (2013) hidroksiapatit tulang ikan tuna mempunyai 4 mode vibrasi gugus posfat yaitu V3 yang terdapat pada bilangan gelombang 1090-1040  $\text{cm}^{-1}$ .

Selanjutnya, gugus fungsi karbonat hidroksiapatit cangkang kerang kijing muncul pada bilangan gelombang 1457,28  $\text{cm}^{-1}$ ; 1448,60  $\text{cm}^{-1}$  dan 1419,67  $\text{cm}^{-1}$ , bilangan gelombang tersebut juga termasuk pita serapan asimetri vibrasi stretching (V3). Hal ini didukung oleh Hadiwinata *et al.*, (2021) bahwa gugus fungsi karbonat muncul diantara bilangan gelombang 1500-1400  $\text{cm}^{-1}$  serta bilangan gelombang V3 terdapat diantara 1535-1387  $\text{cm}^{-1}$ . Adanya gugus karbonat pada hidroksiapatit tersebut termasuk kurang baik karena termasuk unsur pengotor (Sulistyawati & Siregar, 2019).

#### 4. Kesimpulan

Karakteristik hidroksiapatit dari cangkang kerang kijing yaitu rendemen 6,69%; kadar Ca sebesar 50,31%; kadar P sebesar 1,60% dan gugus fungsi yang dihasilkan antara lain gugus hidroksil muncul pada bilangan gelombang 3641,76  $\text{cm}^{-1}$  dan 3570,39  $\text{cm}^{-1}$ ; gugus posfat pada bilangan gelombang 1033,89  $\text{cm}^{-1}$ , yang juga termasuk vibrasi asimetri stretching (V3); serta gugus karbonat muncul pada bilangan gelombang 1457,28  $\text{cm}^{-1}$ ; 1448,60  $\text{cm}^{-1}$  dan 1419,67  $\text{cm}^{-1}$ , bilangan gelombang tersebut juga termasuk pita serapan asimetri vibrasi stretching (V3).

**Daftar Pustaka**

- Akbar, M. K. (2021). Deproteinasi Kitin Cangkang Kerang Kijing (*Pilsbryconcha Exilis*) dengan Enzim Papain. *Frontiers in Neuroscience*, 14(1).
- Astuti, A. S. (2017). Sintesis dan karakterisasi hidroksiapatit dari Limbah Cangkang Kerang Simpson (*Placuna placenta*), Keong Matah Merah (*Cerethidea obtusa*), dan Keong Bakau (*Telescopium* s. In <https://Medium.Com/>.
- [BSN] Badan Standarisasi Nasional. (2005). Air dan Air Limbah Bagian 31: Cara Uji Kadar Fosfat dengan Spektrofotometer Secara Asam Askorbat: SNI 06- 6989.31-2005. Jakarta: Dewan Standardisasi Nasional.
- [BSN] Badan Standarisasi Nasional. (2005). Air dan Air Limbah Bagian 56: Cara Uji Kadar Fosfat dengan Spektrofotometer Secara Atom (SSA): SNI 06-6989.56- 2005. Jakarta: Dewan Standardisasi Nasional.
- Dermawan, S. K., Ismail, Z. M. M., Jaffri, M. Z., & Abdullah, H. Z. (2022). Effect of the Calcination Temperature on the Properties of Hydroxyapatite from Black Tilapia Fish Bone. *Journal of Physics: Conference Series*, 2169(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2169/1/012034>
- Gago, J., & Ngapa, Y. D. (2021). Pemanfaatan cangkang telur ayam sebagai material dasar dalam sintesis hidroksiapatit dengan metode presipitasi basah. *Cakra Kimia (Indonesia E-Journal of Applied Chemistry)*, 9(1).
- Hadiwinata, B., Dewi, F. R., Fransiska, D., & Dharmayanti, N. (2021). Optimasi Waktu dan Suhu Kalsinasi Tepung Cangkang Rajungan (*Portunus* sp.) sebagai Bahan Baku Hidroksiapatit. *Jurnal Pascapanen Dan Bioteknologi Kelautan Dan Perikanan*, 16(2). <https://doi.org/10.15578/jpbkp.v16i2.731>
- Handayani, L., Zuhayani, R., Putri, N., & Nanda, R. (2020). Pengaruh Suhu Kalsinasi Terhadap Nilai Rendemen CaO Cangkang Tiram (*Crassostrea Gigas*). *Jurnal TILAPIA*, 1(1). <https://doi.org/10.30601/tilapia.v1i1.1007>
- Hanura, A. B., Trilaksani, W., & Suptijah, P. (2017). Karakteristik Nanohidroksiapatit Tulang Tuna *Thunnus* sp. Sebagai Sediaan Biomaterial. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis*, 9(2).
- Henggu, K. U., Ibrahim, B., & Suptijah, P. (2019). Hidroksiapatit dari cangkang sotong sebagai sediaan biomaterial perancah tulang. *Jphpi*, 22(1).
- Iriani, D., & Hutaeruk, S. W. (2021). Fortification of Nano Calcium of Freshwater Mussel (*Pilsbryconcha* sp.) Shell on Cookies towards Proximate Composition and Calcium Content. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 695(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/695/1/012057>
- Nainggolan, K. N., Putra, Y. P., & Primadini, V. (2020). Studi Hidroksiapatit Dari tulang Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) Yang Diisolasi Dengan Metode Kalsinasi termal dan Hidrolisis Alkali. *MANFISH JOURNAL*, 1(02). <https://doi.org/10.31573/manfish.v1i02.173>
- Nur, H., Ichsan, A., Helwani, Z., Jurusan, M., Kimia, T., & Jurusan, D. (2015). Sintesis Hidroksiapatit melalui Precipitated Calcium Carbonate (PCC) dari Cangkang Kerang Darah dengan Metode Hidrotermal pada Variasi Waktu Reaksi dan Rasio Ca/P. In *JOM FTEKNIK* (Vol. 2, Issue 2).
- Rahayu, S., Kurniawidi, D. W., & Gani, A. (2018). Pemanfaatan Limbah Cangkang Kerang Mutiara (*Pinctada Maxima*) Sebagai Sumber Hidroksiapatit. *Jurnal Pendidikan Fisika Dan Teknologi*, 4(2). <https://doi.org/10.29303/jpft.v4i2.839>
- Ramadhani, I. P., Wahyudi, S. T., & Dewi, S. U. (2012). Sintesis Senyawa Kalsium Fosfat Dengan Teknik Presipitasi Single Drop. *Jurnal Biofisika*, 8(1). 85-92.

- Ridho, R., Swandari, M. T. K., & Issusilaningtyas, E. (2017). Pemanfaatan Limbah Cangkang Kerang Kijing (*Pilsbryconcha exilis*) dalam Meningkatkan Perekonomian Warga Desa Bulupayung-Kesugihan, Cilacap, Jawa Tengah. *Agrokreatif Jurnal Ilmiah Pengabdian Kepada Masyarakat*, 3(1). <https://doi.org/10.29244/agrokreatif.3.1.17-23>
- Riyanto, B., Maddu, A., & Nurrahman. (2013). Material Biokeramik Berbasis Hidroksiapatit Tulang Ikan Tuna. *JPHPI*, 16(2).
- Sari, R. N., Fransiska, D., Dewi, F. R., & Sinurat, E. (2022). Karakteristik Sediaan Hidroksiapatit dari Cangkang Kerang Simping (*Amusium pleuronectes*) dengan Perlakuan Suhu dan Waktu Sintesis. *Jurnal Pascapanen Dan Bioteknologi Kelautan Dan Perikanan*, 17(1). <https://doi.org/10.15578/jpbkp.v17i1.797>
- Shavandi, A., Bekhit, A. E. D. A., Sun, Z., & Ali, A. (2015). A review of synthesis methods, properties and use of hydroxyapatite as a substitute of bone. In *Journal of Biomimetics, Biomaterials and Biomedical Engineering* (Vol. 25). <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/JBBBE.25.98>
- Sidauruk, S. W., Iriani, D., Diharmi, A., Anggraini, A., & Azka, A. (2022). Physicochemical Characterization of Calcium Oxide from Freshwater Mussel (*Pilsbryconcha* sp.) Shell. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1118(1), 012036. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1118/1/012036>
- Sidauruk, S. W., Iriani, D., Diharmi, A., & Anggraini, A. (2022). Valorisasi Cangkang Kijing Air Tawar (*Pilsbryconcha* sp.) sebagai Sumber Hidroksiapatit. *MARINADE*, 5(2),
- Sifah L. (2020). Analisis Kandungan dan Struktur Hidroksiapatit dari Cangkang Kerang Dasar (*Anandara granosa*) dan Cangkang Telur Sebagai Bahan Gigi Tiruan [Skripsi]. Semarang: UIN Walisongo.
- Suci, I. A., & Ngapa, Y. D. (2020). Sintesis dan Karakterisasi Hidroksiapatit dari Cangkang Kerang Ale-Ale Menggunakan Metode Presipitasi Double Stirring. *Cakra Kimia*, 8(2).
- Sulistyawati, E., & Siregar, R. F. S. (2019). Karakteristik Hidroksiapatit Porous dari Prekursor Cangkang Keong Sawah dan Bahan Porogen Pati Sukun. *Eksergi*, 16(2). <https://doi.org/10.31315/e.v16i2.3082>
- Walters, M. A., Leung, Y. C., Blumenthal, N. C., Konsker, K. A., & LeGeros, R. Z. (1990). A Raman and infrared spectroscopic investigation of biological hydroxyapatite. *Journal of Inorganic Biochemistry*, 39(3). [https://doi.org/10.1016/0162-0134\(90\)84002-7](https://doi.org/10.1016/0162-0134(90)84002-7)

### Ucapan Terimakasih

Ucapan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Riau (LPPM UNRI) yang telah mendanai penelitian ini melalui DIPA LPPM UNRI 2022 Skema Penelitian Dosen Muda.