

SINTESIS DAN KARAKTERISASI HIDROKSIAPATIT (HAp) DARI LIMBAH CANGKANG KERANG LOKAN (*Batissa violecea L*) DENGAN METODE BASAH PRESIPITASI

Yulius Dala Ngapa

Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Flores
Corresponding Author. Email: ydalangapa@gmail.com

ABSTRACT

Keywords:

Hydroxyapatite, wet method, lokan, precipitation, XRD, FTIR, SEM

The need for biocompatible biomaterials has become a very large application in the world of medicine, especially in the field of orthopedics and dentistry. Hydroxyapatite is a biomaterial that contains calcium phosphate compounds and is a major component found in bones and teeth and can work in harmony with the body without causing harmful side effects. Calcium phosphate is a major component of HAp compounds that can be synthesized from the shells of a lokan shell. The method used for the synthesis of hydroxyapatite is the wet precipitation method. The results of the characterization showed that the calcium level of lokan shellfish waste was 69.87%. FTIR results there are wave numbers that characterize the presence of phosphate and hydroxide groups. Then the XRD results show the highest peak at $2\theta = 31.70^\circ$ with a very strong peak intensity. Testing with SEM shows the hydroxyapatite obtained in the form of uniform fine grains.

©2018 JDS. Flores University

ABSTRACT

Kata kunci:

Hidroksiapatit, kerang lokan, metode basah, presipitasi, XRD, FTIR, SEM.

Kebutuhan biomaterial yang bersifat biokompatibel menjadi sangat besar aplikasinya pada dunia kedokteran, terutama bidang ortopedi dan kedokteran gigi. Hidroksiapatit merupakan biomaterial yang mengandung senyawa kalsium fosfat dan merupakan komponen utama yang terdapat pada tulang dan gigi serta dapat bekerja selaras dengan tubuh tanpa menimbulkan efek samping yang berbahaya. Kalsium fosfat merupakan komponen utama senyawa HAp yang dapat disintesis dari cangkang kerang lokan. Metode yang digunakan untuk sintesis hidroksiapatit adalah metode basah presipitasi. Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa kadar kalsium dari limbah cangkang kerang lokan adalah 69,87%. Hasil FTIR terdapat bilangan gelombang yang mencirikan adanya gugus fosfat dan hidroksida. Kemudian untuk hasil XRD menampilkan puncak tertinggi pada $2\theta = 31,7^\circ$ dengan intensitas puncak yang sangat kuat. Pengujian dengan SEM menampilkan hidroksiapatit yang didapat berupa butiran-butiran halus yang seragam.

©2018 JDS. Universitas Flores

PENDAHULUAN

Biomaterial adalah suatu bahan atau material sintetik yang digunakan dalam kesehatan yang berinteraksi dengan sistem biologi. Pada saat ini kebutuhan biomaterial sangat tinggi dan telah memberi dampak yang cukup besar yang biasanya diaplikasikan pada dunia kedokteran, terutama di

bidang ortopedi (seperti implantasi) dan kedokteran gigi. Implantasi adalah salah satu upaya merehabilitasi jaringan tulang yang rusak (patah atau retak) dan dapat meningkatkan pertumbuhan sel-sel jaringan untuk memperbaiki kerusakan tulang. Biomaterial harus bersifat biokompatibel yaitu kemampuan suatu material untuk bekerja selaras dengan tubuh manusia tanpa menimbulkan

efek lain yang berbahaya. Salah satu biomaterial yang biokompatibel dengan tubuh manusia adalah Hidroksiapatit (HAp).

Hidroksiapatit adalah suatu senyawa kalsium fosfat yang mengandung hidroksida dan tergolong dari anggota mineral apatit yang mempunyai struktur kimia $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$. Struktur kimia tersebut sama dengan struktur kimia yang dimiliki komponen mineral pada tulang. Kesamaan struktur itulah yang membuat hidroksiapatit mampu menggantikan jaringan tulang yang rusak tanpa menyebabkan kerusakan pada jaringan lain yang sehat. Senyawa HAp yang diimplankan akan memberikan sifat keras dalam jaringan tulang (Dahlan *et al*, 2009).

HAp dapat dibuat dari prekursor sintetik maupun dari prekursor bahan alam seperti tulang, batu kapur, cangkang kerang, dan cangkang telur. Senyawa HAp sintetik yang dipakai sekarang sangat mahal karena diimpor dari luar negeri, menurut BPPT, harga 1 gram hidroksiapatit mencapai 1 juta rupiah. Kelemahan ini mendorong pencarian bahan alternatif lain untuk pembuatan HAp sintetik yang jauh lebih murah, mudah didapat, namun memiliki kualitas yang sama dengan HAp sintetik komersial produk Jepang (Muntamah, 2011). Hidroksiapatit dapat disintesis dengan berbagai cara, meliputi metode basah dan metode kering. Metode basah ada 3 jenis, yaitu metode presipitasi, hidrotermal, dan hidrolisis (Pankew *et al*, 2010). Metode basah lazim digunakan untuk sintesis HAp karena ekonomis dan sederhana. Selain itu, kristal HAp yang terbentuk mudah diatur komposisi dan sifat fisisnya. Keuntungan lain, hasil samping sintesisnya adalah air sehingga kemungkinan kontaminasi selama pengolahan sangat rendah (Kohoe, 2008).

Kerang lokan (*Batissaviolacea L*) salah satu hewan sungai yang sudah lama dikenal sebagai sumber protein hewani yang murah, kaya akan kalsium dan asam amino esensial (arginin, leusin, lisin). Lokan (*Batissa violacea L*) merupakan salah satu jenis kerang yang mudah untuk dibudidayakan, selain itu hasilnya sangat berlimpah. Akan tetapi, hingga saat ini cangkang kerang lokan (*Batissa violacea L*) belum banyak dimanfaatkan oleh masyarakat Indonesia. Dalam penelitian ini limbah cangkang kerang lokan (*Batissa violacea L*) sebagai sumber kalsium direaksikan dengan asam fosfat dengan menggunakan metode basah yaitu presipitasi. Reaksi tersebut menghasilkan hidroksiapatit sintetik yang dapat menjadi biomaterial yang ekonomis dalam bidang medis. Hidroksiapatit yang dihasilkan dikarakterisasi dengan menggunakan XRD (defraksisinar-X), analisis morfologi dengan SEM dan FTIR.

Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah menyintesis dan mengarakterisasi kristal hidroksiapatit dari limbah cangkang lokan (*Batissaviolacea L*) dengan metode basah yaitu presipitasi.

Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat dimanfaatkan di bidang medis dan memberikan informasi bahwa limbah cangkang lokan (*Batissaviolacea L*) dapat disintesis menjadi hidroksiapatit.

Hipotesis

Kandungan kalsium dalam limbah kerang lokan (*Batissaviolacea L*) dapat dimanfaatkan sebagai starting material untuk menyintesis hidroksiapatit yang mempunyai sifat sama dengan hidroksiapatit sintetik (komersial).

METODE

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan adalah limbah cangkang lokan (*Batissa violacea L*), aquades, dan H_3PO_4 . Alat yang digunakan adalah cawan porselain, alat gelas yang biasa digunakan di laboratorium kimia, pemanas listrik, magnetik stirrer, termometer, buret, statip, dan neraca analitik. Untuk menentukan kadar kalsium dalam cangkang kerang dengan menggunakan AAS SHIMADZU AA-7000. Untuk karakterisasi hidroksiapatit dilakukan dengan Spektrofotometer FTIR Shimadzu IR Prestige-21 di Laboratorium Fisika IPB, SEM di Laboratorium Sentra Teknologi Polimer-BPPT Serpong dan XRD Shimadzu 7000 di Laboratorium Fisika IPB.

Prosedur Penelitian

Sintesis hidroksiapatit pada penelitian ini dilakukan dengan metode basah yaitu melalui proses pengendapan kimia. Sumber kalsium dalam penelitian ini diperoleh dari limbah cangkang lokan sungai (*Batissa violacea L*) dari sungai di daerah sekitaran Dramaga, Bogor.

Preparasi dan Kalsinasi Sampel

Preparasi sampel dimulai dengan pembersihan cangkang lokan dari kotoran yang menempel dengan air kemudian dikeringkan di udara terbuka sampai cangkang benar-benar kering. Setelah cangkang kering, dilakukan proses kalsinasi yang bertujuan untuk memperoleh kalsium dari cangkang lokan tersebut. Kalsinasi dilakukan sesuai dengan Dahlan *et al*. 2009. Kalsinasi dilakukan pada suhu 900°C selama 6 jam. Setelah proses kalsinasi, sampel dihaluskan dengan mortal dan diayak selanjutnya dilakukan uji kadar kalsium dengan AAS.

Penentuan Kadar Ca dalam cangkang lokan dengan AAS

Uji kadar kalsium dilakukan untuk mengetahui besarnya kalsium yang terkandung didalam cangkang. Uji kadar kalsium diidentifikasi dengan menggunakan AAS. Sebanyak 0,1 gram sampel serbuk cangkang kerang lokan hasil kalsinasi 900°C dilarutkan dengan 5 mL HCL 37% lalu dimasukkan kedalam labu takar 100 mL dan ditera dengan air bebas ion. Sebanyak 1 mL larutan sampel dimasukkan kedalam labu takar 100 mL dan ditera dengan air bebas ion. Blanko dibuat dari 5 mL HCL 37% yang ditera dengan air bebas ion. Panjang gelombang yang digunakan adalah 422,5 nm dengan flame yang digunakan adalah etilen.

Sintesis hidroksiapatit dengan proses pengendapan kimia (Singh *et al.* 2012 dan Vazquez *et al.* 2005)

Suspensi $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 1,0 M dibuat dengan cara ditimbang sebanyak 18,5195 g serbuk $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dan ditambahkan dengan 500 mL air bebas ion. Larutan H_3PO_4 0,6M dibuat dengan mengencerkan larutan H_3PO_4 85%.

Sintesis hidroksiapatit dilakukan berdasarkan modifikasi metode Santos *et al.* (2004). Sebanyak 500 mL larutan H_3PO_4 0,6 M di dalam buret diteteskan dengan kecepatan 6 ml/menit ke dalam gelas piala berisi 500 ml suspensi $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 1 M pada suhu $40 \pm 2^\circ\text{C}$ sambil diaduk konstan, pH dimonitor namun tidak dikoreksi. Campuran yang terbentuk didiamkan selama 1 malam dan disonikasi menggunakan alat ultrasonik dengan variasi waktu 6 jam. Kemudian disentrifugasi dua kali dengan kecepatan 4500 rpm selama 15 menit. Endapan yang diperoleh lalu dikeringkan dalam oven suhu 105°C selama 3 jam, dimasukkan ke dalam tanur suhu 900°C selama 2 jam. Sampel digerus hingga berbentuk serbuk halus dan dimasukkan kedalam eksikator.

Karakterisasi hidroapatit dengan XRD

Sebanyak 2 gram sampel dimasukkan dalam holder yang berukuran (2×2) cm² pada difraktometer. Pengukuran dilakukan dengan sudut awal diambil pada 5° dan sudut akhir pada 100° dengan kecepatan baca 2° per menit.

Karakterisasi dengan FTIR

0,2 mg sampel dibuat pellet dengan menambahkan 202 mg KBr kemudian dianalisis dengan IR dengan bilangan gelombang 4000-400 cm⁻¹.

Karakterisasi dengan SEM

Sampel diletakkan pada lempeng aluminium yang memiliki 2 sisi. Kemudian dilapisi dengan

logam platina selama 50 detik. Analisis dilakukan pada tegangan 20 kV dengan perbesaran 1000 X, 5000X, 10000 X, dan 20.000kali.

HASIL

Preparasi Cangkang Lokan

Sumber kalsium untuk sintesis Hap pada penelitian ini diperoleh dari Cangkang lokan. Kalsium diperoleh dari hasil kalsinasi dan hidrasi CaCO_3 yang terkandung dalam cangkang lokan. Kalsinasi ini berguna untuk menghilangkan pengotor pada cangkang lokan tersebut. Hal ini dapat dilihat dari hasil pengamatan serbuk cangkang lokan sebelum dan sesudah kalsinasi. Sebelum dilakukan kalsinasi warna serbuk cangkang lokan adalah putih keabuan dengan massa sebesar 30 gram. Setelah mengalami kalsinasi selama 6 jam pada suhu 900°C dan dilakukan pendinginan secara bertahap hingga mencapai suhu ruang 27°C , warna serbuk cangkang lokan berubah menjadi putih bersih dengan massa 27,29 gram. Perubahan warna ini menunjukkan adanya proses perubahan komposisi unsur pengisi pada saat proses kalsinasi. Penurunan massa yang terjadi memperkuat dugaan bahwa adanya pelepasan dari unsur pengisi pada saat proses kalsinasi.



Gambar 1 Warna serbuk cangkang lokan Sebelum kalsinasi dan Sesudah kalsinasi

Kandungan kalsium yang diperoleh dari cangkang lokan setelah proses kalsinasi dan hidrasi adalah sebesar 69,87%. Kadar kalsium yang terkandung dalam cangkang lokan lebih tinggi daripada cangkang kerang (Trianita, 2012) sebesar 44,39% dan cangkang telur (Prihantoko, 2011) sebesar 40,48%.

Kalsium karbonat yang telah dikalsinasi akan berubah menjadi kalsium oksida. CaCO_3 harus diubah terlebih dahulu ke bentuk CaO dengan proses kalsinasi kemudian dilanjutkan dengan proses hidrasi dengan cara membiarkan kontak dengan uap air pada udara terbuka dan pada suhu ruang (27°C) selama satu minggu sehingga menghasilkan $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Jika keberadaan ion karbonat tidak dihilangkan, maka dapat mengganggu proses pembentukan Hidroksiapatit (HAp).

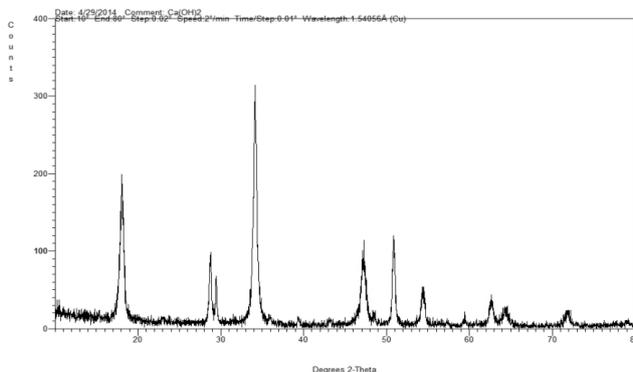
Adapun reaksi yang terjadi pada proses kalsinasi adalah:



Reaksi yang terjadi pada proses hidrasi ini adalah:



Hasil pencirian XRD $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Pola XRD $\text{Ca}(\text{OH})_2$

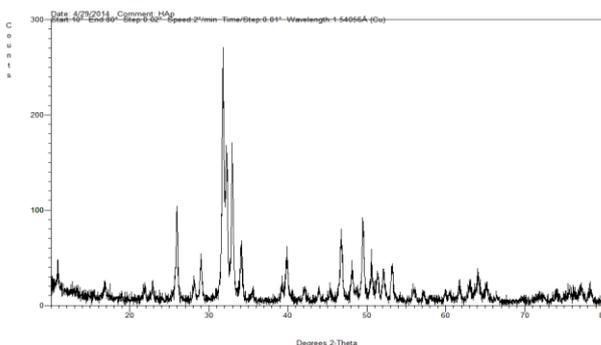
Berdasarkan Gambar 2, cangkang lokan yang sudah dikalsinasi dan dihidrasi menunjukkan bahwa puncak sudut 2θ sebesar $18,08^\circ$; $29,44^\circ$; $34,32^\circ$; $47,14^\circ$; $50,80^\circ$; dan $51,04^\circ$ dengan puncak tertinggi pada $34,32^\circ$. Nilai-nilai tersebut spesifik untuk senyawa $\text{Ca}(\text{OH})_2$ sesuai dengan data JCPDS 41-1481. Jadi sampel yang dikalsinasi tersebut merupakan sampel $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

Sintesis Hidroksiapatit dan Karakterisasi

Hidroksiapatit disintesis menggunakan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ yang berasal dari cangkang kerang lokan dan fosfat yang berasal dari H_3PO_4 . Metode sintesis yang digunakan adalah metode presipitasi. Setelah disintesis, hidroksiapatit dikarakterisasi menggunakan XRD, FT-IR, dan SEM.

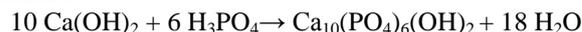
Karakterisasi Hidroksiapatit dengan XRD

Hasil karakterisasi XRD disajikan pada Gambar 5. Puncak-puncak XRD hidroksiapatit muncul pada sudut 2θ sebesar $25,98^\circ$; $31,7^\circ$; $32,96^\circ$; $39,88^\circ$; $46,8^\circ$; dan $49,54^\circ$.



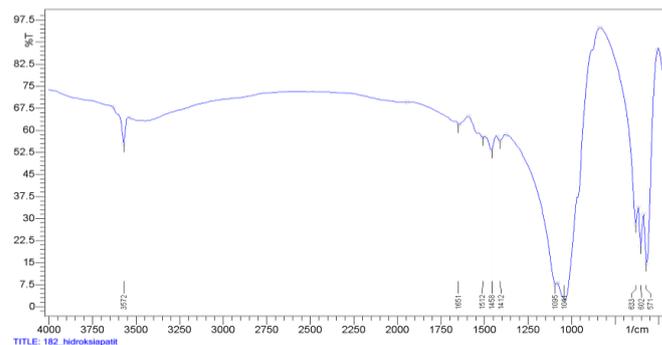
Gambar 3 Pola XRD Hidroksiapatit

Hasil analisis menunjukkan bahwa sampel merupakan hidroksiapatit. Puncak-puncak yang muncul merupakan puncak milik HAp. Pada sampel puncak tertinggi $2\theta = 31,7^\circ$ dengan intensitas puncak yang sangat kuat. Pola XRD menunjukkan bahwa sampel tersebut merupakan hidroksiapatit $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ sesuai dengan data JCPDS 09-0432. Data tersebut menunjukkan bahwa puncak tertinggi terletak pada $2\theta = 31,773^\circ$. Sehingga dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa sintesis hidroksiapatit dari senyawa awal $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dengan H_3PO_4 telah terbentuk dengan reaksi sebagai berikut:



Karakterisasi Hidroksiapatit dengan FT-IR

Hidroksiapatit yang telah disintesis dikarakterisasi juga menggunakan FTIR untuk melihat gugus-gugus fungsi yang terdapat dalam HAp yang disintesis dari cangkang kerang lokan. Spektrum FTIR tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Spektrum FTIR HAp

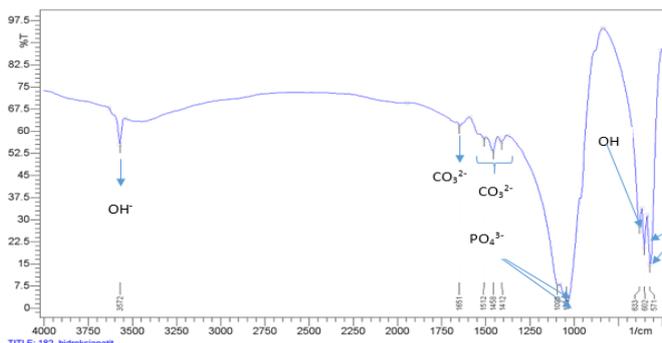
Gambar 4 menunjukkan spektra FTIR dari gugus-gugus fungsi yang ada. Gugus hidroksil ditemukan pada $3700 \text{ cm}^{-1} - 2500 \text{ cm}^{-1}$ dan 640 cm^{-1} , gugus karbonat dengan rentang $1459 \text{ cm}^{-1} - 1428 \text{ cm}^{-1}$, dan gugus fosfat pada 1802 cm^{-1} , 1037 cm^{-1} , 958 cm^{-1} , 600 cm^{-1} , 559 cm^{-1} , 479 cm^{-1} . Pada HAp cangkang lokan terlihat pada gambar bahwa terdapat puncak-puncak pada bilangan gelombang (*wave number*) 3572 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus OH^- yang berasal dari H_2O pada Kristal apatit yang terbentuk. Sementara pita serapan pada bilangan gelombang 633 cm^{-1} berasal dari gugus OH^- yang terikat ke fase HAp. Bilangan gelombang (*wave number*) 1458 cm^{-1} , 1651 cm^{-1} , 1512 cm^{-1} dan 1412 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus karbonat (CO_3^{2-}). Terdapat 1095 cm^{-1} dan 1041 cm^{-1} yang merupakan karakteristik stretching mode gugus fosfat. Sedangkan serapan pada bilangan gelombang 602 dan 571 cm^{-1} memperlihatkan bending mode gugus fosfat (PO_4^{3-}). Dari spektra terlihat bahwa gugus fosfat terdeteksi pada 4 pita serapan. Hasil ini menunjukkan HAp yang sudah tergolong murni, walaupun masih terdapat gugus karbonat sebagai

kalsium karbonat dalam jumlah yang sangat kecil (*trace element*).

Untuk lebih mudah melihat pita dan serapan gelombang untuk masing-masing gugus fungsi yang terdapat pada HAp yang disintesis dari cangkang lokan, dapat disajikan dalam Tabel 1 dan diperjelas dengan adanya Gambar 7.

Tabel 1 Pita-pita vibrasi pada HAp cangkang lokan dari spektrum FTIR

No	Gugus Fungsi	Bilangan Gelombang (ν)
1.	$V_1 PO_4^{-3}$	1095 cm^{-1} dan 1041 cm^{-1}
2.	$V_2 PO_4^{-3}$	602 dan 571 cm^{-1}
3.	CO_3^{2-}	1651 cm^{-1} ; 1458 cm^{-1} ; 1512 cm^{-1} ; 1412 cm^{-1}
4.	OH^-	3572 cm^{-1} 633 cm^{-1}



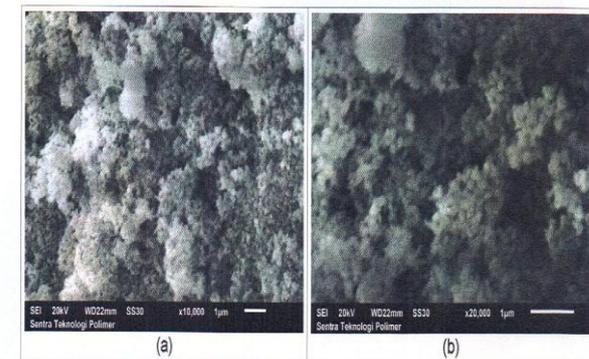
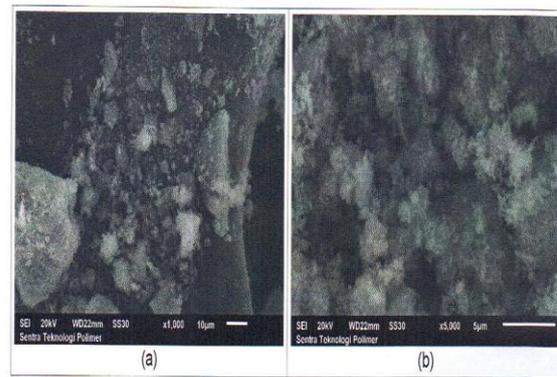
Gambar 5 Interpretasi puncak-puncak spektrum FTIR HAp cangkang lokan

Karakterisasi Hidroksiapatit dengan SEM

Untuk melihat morfologi dari sampel hidroksiapatit yang telah terbentuk dilakukan pengujian dengan SEM. Hasilnya seperti ditunjukkan pada Gambar 8. Dari gambar tersebut terlihat bahwa hidroksiapatit yang didapat berupa butiran-butiran halus yang seragam.

REFERENSI

Balamurugan A, Michel J, Faure J, Benhayoune H, Wortham L, Sockalingum G, Banchet, Bouthors S, Maquin DL, Balossier G. 2006. Synthesis and Structural Analysis of Sol Gel Derived Stoichiometric Monophasic Hydroxyapatite Ceramics *Silikaty* 50(1):27-31



Gambar 6 Morfologi HAp (a) perbesaran 1.000 X, (b) perbesaran 5.000 X, (a1) perbesaran 10.000 X, dan (a2) perbesaran 20.000 X.

KESIMPULAN

Limbah cangkang kerang lokan berhasil disintesis menjadi HAp menggunakan metode kering. Difraktogram XRD dari HAp yang dihasilkan dengan bahan awal $Ca(OH)_2$ sesuai dengan pola difraksi JCPDS. Spektrum FTIR menunjukkan bahwa gugus hidroksil ditemukan pada $3700\text{ cm}^{-1} - 2500\text{ cm}^{-1}$ dan 640 cm^{-1} , gugus karbonat dengan rentang $1459\text{ cm}^{-1} - 1428\text{ cm}^{-1}$, dan gugus fosfat pada 1802 cm^{-1} , 1037 cm^{-1} , 958 cm^{-1} , 600 cm^{-1} , 559 cm^{-1} , 479 cm^{-1} . Foto SEM menunjukkan morfologi butiran halus yang seragam dari HAp hasil sintesis.

Dahlan K, Prasetyanti F, Sari YW. 2009. Sintesis Hidroksiapatit dari Cangkang Telur Menggunakan Dry Metode. *J. Biofisika* 5(2):71-78.

Hatha, A.A.M., Christi, K.S., Singh, R. & Kumar, S. 2005. Bacteriology of the fresh water bivalve clam *Batissa violacea* (Kai) sold in the Suva Market. *The South Pacific Journal of Natural Science*. 23 48-50.

- Kehoe S, 2008. Optimisation of Hydroxyapatite (HAp) for Orthopaedic Application via the Chemical Precipitation Technique [Thesis] School of Mechanical and Manufacturing Engineering Dublin City University
- Manafi AM, Joughehdoust S. 2009. Synthesis of Hydroxyapatite Nanostructure by Hydrothermal Condition for Biomedical Application. *Iranian J Pharmaceutchal Science* 5(2):89-94
- Muntamah. 2011. Sintesis dan Karakterisasi Hidroksiapatit dari Limbah Cangkang Kerang Darah (*Anadara granosa* sp) [tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Murugan R, Ramakrishna S, Rao P K. 2006. Nanoporous Hidroxy-Carbonate Apatite Scaffold Made of Natural Bone. *Materials Letters* 60: 2844-2847 doi:10.1016/j.matlet.2006.01.104.
- Pankew P, Hoonnivathana E, Limsuwan P, Naemchanthara K. 2010. *Temperature effect phosphate synthesized from chicken eggshells and amonium phosphate*. *ApplSci*.10(24):3337-3342.
- Prabakaran K, Balamurungan A, Rajeswari S. 2005. Development of Calcium Phosphate Based Apatite From Hens Eggshell. *Bull. Matar. Sci* 28:115-119.
- Pong-Masak, P.R. & Pirzan, A.M. 2006. Komunitas makrozoobentos pada kawasan budidaya tambak diPesisir Malakosa Parigi-Moutong Sulawesi Tengah. *Biodiversitas* 7(4).
- Riyani E, Maddu A, Soejoko DJ. 2005. Karakterisasi Senyawa Kalsium Fosfat Karbonat Hasil Pengaruh Penambahan ion F⁻ dan Mg²⁺. *J. Biofisika* 1:82-89.
- Salas J, Benzo Z, Gonzalez G. 2004. Synthesis of Hydroxyapatite by Mechanochemical Transformation. *Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materials* 24(1):12-16.
- Sasikumar S, Vijayaraghavan R. 2006. Low Temperature Syntesis of Nanocrystalline Hydroksiapatite from Egg Shells by Combustion Method. *Trens Biomater.Artif.Organs* 19(2):70-73
- Singh V, Meeraj N. 2012. Synthesis of Nano Crystalline Hydroxyapatite from Egg Shells by Combustion Method. *J. Science and Engineering Investigations* 1(3): 92-95.
- Thamaraiselvi TV, Prabakaran K, Rajeswari S. 2006. Synthesis of Hydroxyapatite that Mimic Bone Mineralogy. *Trends Biomater.Artif. Organs*, 19(2):81-83
- Vazquez, Guzm'anC, Barba C, Pi'na, Mungu'ia N. 2005. Stoichiometric hydroxyapatite obtained by precipitation and sol gel processes. *Investigaci'on Revista Mexiana De F'isica* 51(3):284-2