



Sintesis Biomaterial Hidroksiapatit *Porous* dengan Prekursor Cangkang Keong Mas dan Porogen Pati Sukun (*Artocarpus altilis*)

Robertinus Filustra Siregar^{1,a,*}, Fajar Rizqy Widyawan^{1,b,*}, Ihda Zulfa Pratiwi^{1,c*} dan Endang Sulistyawati²

^{1,2}Program Studi Teknik Kimia, FTI, UPN "Veteran" Yogyakarta

Jl. SWK 104 (Lingkar Utara) Condong catur Yogyakarta.

E-mail: ^arobertinussiregar0901@gmail.com, ^bfajarwid96@gmail.com, ^cihdazulfapратиwi@gmail.com

^dendang.sulist@yahoo.co.id

Abstrak. Hidroksiapatit [$\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$] pada umumnya digunakan dalam bidang medis untuk keperluan implan tulang dan harganya cukup mahal. Hidroksiapatit disintesis dengan mereaksikan Ca dan P pada perbandingan mol 1,67. Cangkang keong yang mengandung CaCO_3 53,10 % berpotensi sebagai sumber Ca pada sintesis biomaterial hidroksiapatit. Biomaterial hidroksiapatit memiliki kelebihan yakni bersifat biokompatible dan osteokonduktif. Efektivitas hidroksiapatit sebagai implan tulang akan meningkat dengan membuat hidroksiapatit *porous*. Pembentukan pori dengan memanfaatkan pati sukun. Penelitian diawali dengan proses kalsinasi cangkang keong mas pada suhu 900°C selama 4 jam, untuk mendapatkan senyawa kalsium oksida (CaO). Reaksi kalsium dan posfat dilakukan pada suhu 60°C dan variasi waktu stirring 3-5 jam. Hidroksiapatit yang dihasilkan disintering pada suhu 900°C dengan variasi waktu 3-5 jam dan dianalisis kualitas dan morfologinya menggunakan FTIR, AAS, Spektroskopi UV-VIS dan SEM. Kondisi optimum waktu stirring 3 jam dan sintering 4 jam. Hasil analisis menunjukkan perbandingan kalsium dan fosfor untuk hidroksiapatit *dense* dan *porous* masing-masing 1,677 dan 1,673, sehingga hidroksiapatit porous mendekati hidroksiapatit standar. Hidroksiapatit *dense* memiliki ukuran partikel $0,396 \mu\text{m}$, sedangkan hidroksiapatit porous memiliki ukuran partikel $0,9135 \mu\text{m}$ dan pori $0,655 \mu\text{m}$, sehingga hidroksiapatit porous lebih efektif dalam infiltrasi nutrisi untuk memperbaiki kerusakan tulang.

Kata kunci: biomaterial, hidroksiapatit, *porous*, cangkang, sukun.

Abstract. Hydroxyapatite [$\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$] is generally used in the medical field for bone implant needs which the price is quite expensive. Hydroxyapatite is synthesized by reacting Ca and P at a mole ratio of 1.67. Conch shell contains CaCO_3 53.10% as a potential source of Ca in the synthesis of hydroxyapatite biomaterials. Hydroxyapatite biomaterials have the advantage of being biocompatible and osteoconductive. The effectiveness of hydroxyapatite as a bone implant will increase by making porous hydroxyapatite. Pore formation can utilize breadfruit starch. Research was initiated by calcination of golden snail shell at 900°C for 4 hours, to obtain calcium oxide (CaO) compounds. Calcium and phosphate reactions are carried out at a temperature of 60°C and a variation of time for 3-5 hours. The resulting hydroxyapatite is sintered at 900°C with a variation time for 3-5 hours. The resulting hydroxyapatite was analyzed for quality and morphology using FTIR, AAS, UV-VIS Spectroscopy, and SEM. The optimum conditions were obtained for 3 hours stirring time and 4 hours sintering. The results of the analysis showed a comparison of calcium and phosphorus for hydroxyapatite dense and porous, respectively 1.677 and 1.673, so that porous hydroxyapatite approaches the standard hydroxyapatite. Hydroxyapatite dense has a particle size of $0.396 \mu\text{m}$, while porous hydroxyapatite has a particle size of $0.9135 \mu\text{m}$

and a pore of 0.655 μm , so porous hydroxyapatite is more effective in nutrient infiltration to repair bone damage.

Keywords: biomaterial, hydroxyapatite, porous, shell, breadfruit

1. Pendahuluan

Kerusakan tulang sangat mengganggu fungsi tubuh manusia karena tulang merupakan komponen yang penting. Menurut data dari Sistem Informasi Rumah Sakit (SIRS) 2010, kasus patah tulang di Indonesia mengalami peningkatan setiap tahunnya. Sejauh ini pemenuhan kebutuhan untuk menangani kerusakan tulang dilakukan dengan menggunakan bahan-bahan impor. Mineral pengganti tulang yang umum digunakan diantaranya allograft, autograft, dan xenograft (Cucu, 2014). Ketiga material ini biasanya tersedia dalam jumlah terbatas. Keterbatasan tersebut memicu perkembangan riset dalam bidang material sehingga sampai saat ini studi biomaterial sintetik terus berkembang. Hidroksiapatit (HAp) dengan struktur kimia $[\text{Ca}_{10}(\text{PO})_4(\text{OH})_2]$ merupakan biomaterial yang bersifat osteokonduktif sehingga dapat digunakan dalam *bone graft* implan tulang untuk memperbaiki jaringan-jaringan yang rusak dan tulang yang patah. Biomaterial sintetik tersebut telah berhasil diproduksi oleh negara lain, tetapi dengan harga yang tinggi mencapai 10 juta rupiah per 5 gram. Oleh karena itu, perlu dikembangkan produksi biomaterial hidroksiapatit di tanah air. Saat ini telah dikenal dua jenis morfologi HAp yaitu HAp *dense* dan *porous*. Pada umumnya HAp disintesis dari kalsium oksida (CaO) dengan asam fosfat (H_3PO_4) menurut persamaan reaksi :



Keong mas merupakan binatang bercangkang yang banyak terdapat di persawahan yang biasa dimanfaatkan sebagai pakan ternak. Selain itu di dalam daging keong mas terkandung makronutrien protein yang cukup tinggi dan mikronutrien vitamin dan mineral sehingga menjadikan daging keong mas sebagai komoditas ekspor. Berdasarkan data Kementerian Kelautan dan perikanan tahun 2012, ekspor daging keong mas sebesar 2.113.654 ton, sedangkan cangkangnya sekitar 40% dari berat keong hanya dibuang sebagai limbah. Komponen penyusun cangkang keong mas adalah CaCO_3 sebesar 53,10% sehingga berpotensi sebagai prekursor kalsium dalam sintesis HAp sekaligus dapat mengurangi limbah cangkang keong mas. Apabila CaCO_3 dalam cangkang tersebut dikalsinasi akan diperoleh CaO yang merupakan penyusun utama HAp. Menurut Lestari Pudjiastuti (2015), proses kalsinasi berlangsung pada suhu 1000°C dan waktu 2 jam. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Desy Kusuma Fitri (2014), HAp disintesis dengan mereaksikan kalsium oksida hasil kalsinasi, dengan asam fosfat pada suhu 40°C. Perbandingan mol kalsium dan fosfat untuk membentuk HAp sebesar 1,67 (Setia, 2009).

Kemampuan untuk transportasi nutrisi, infiltrasi jaringan dan vaskularisasi ke dalam jaringan tulang dapat ditingkatkan dengan modifikasi HAp *dense* menjadi *porous* menggunakan bahan porogen. Bahan-bahan porogen yang dapat digunakan antara lain: parafin, naftalena, pati atau beberapa polimer seperti poli(asam laktat), gelatin, alginat, dan kitosan (Sopyan et al. 2007). Reaksi kalsium dan fosfat akan membentuk cluster. Kemampuan bahan porogen terjebak di dalam cluster-cluster tersebut merupakan salah satu pertimbangan dalam pemilihan bahan porogen. Proses pemanasan pada suhu yang tinggi menyebabkan bahan porogen yang terjebak di dalam cluster terurai dan menghilang, sehingga meninggalkan jejak berupa pori (Romawarni 2011). Al-Sokanee et al (2009) telah berhasil menggunakan pati sebagai porogen dengan menggunakan HAp yang berasal dari tulang sapi untuk pembuatan pori steger pada aplikasi biomedis. Pemilihan pati sukun sebagai bahan porogen pada penelitian ini, karena di dalam pati sukun (*Artocarpus allilis*) mengandung amilosa yang dapat memberikan sifat keras pada HAp dan akan menghilang selama proses sintering sehingga terbentuk pori-pori (*void*). Pati sukun juga memiliki sifat biodegradabel, biokompatibel



(Sadjadi et al. 2010) dan keberadaannya di Indonesia melimpah dengan harga lebih murah dibandingkan bahan porogen yang lain.. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Fajar Widyawan,dkk (2017), penggunaan kitosan sebagai bahan porogen dapat membentuk HAp *porous* dengan ukuran pori 0,221 μm - 0,362 μm dan ukuran partikel 0.35 μm – 0,868 μm . Menurut Kim et al. (2007) pori-pori dengan ukuran sekitar 100 mikrometer diperlukan untuk bahan implan agar dapat berfungsi dengan baik, karena dapat membentuk tulang yang baru, sebab jaringan ikat dan pembuluh darah akan tumbuh pada pori diantara implan dan tulang pada ukuran tersebut. Selain itu, material harus memiliki komposisi kimia yang mendekati dengan komponen-komponen yang terdapat di dalam tulang. Pada penelitian ini sintesis HAp menggunakan metode *single drop* karena akan menghasilkan HAp berukuran nano. Untuk mengetahui karakteristik serta morfologi dari HAp maka dilakukan pengujian menggunakan [Fourier Transform Infra Merah](#) (FTIR), Atomic Absorption Spectroscopy (AAS), Spektroskopi UV-VIS dan Scanning Electron Microscopy (SEM)

2. Metode Penelitian

Bahan utama yang digunakan pada penelitian ini adalah prekursor kalsium dari cangkang keong mas dan prekursor fosfat berupa asam fosfat. Bahan porogen yang digunakan adalah pati sukun.

2.1 Preparasi Bahan

Cangkang keong mas dicuci dan dipanaskan di bawah sinar matahari sampai kering, kemudian digiling hingga halus. Serbuk cangkang selanjutnya dikalsinasi pada suhu 900°C selama 3 jam sehingga terbentuk kalsium (CaO). Larutan prekursor kalsium dibuat dengan melarutkan 5,6 gram serbuk CaO dengan 100 ml aquades. Pembuatan larutan asam fosfat dengan cara melarutkan melarutkan 5,88 gram serbuk H₃PO₄ ke dalam 100 ml Aquades. Bahan porogen diekstrak dari buah sukun dengan terlebih dahulu direndam ke dalam larutan garam NaCl 1%. Hasil pati sukun dikeringkan dengan menggunakan sinar matahari. Larutan porogen pati sukun dibuat dengan melarutkan 3 gram, 6 gram, dan 9 gram masing-masing kedalam 100 ml aquadest dan diaduk hingga homogen

2.2 Sintesis Hidroksiapatit *Dense* dan *Porous*

Sintesis hidroksiapatit *dense* dilakukan dengan metode *single drop*. Ke dalam 100 ml larutan kalsium dimasukkan 100 ml larutan fosfat sedikit demi sedikit sambil diaduk. Homegenisasi larutan dilakukan dengan proses stirring waktu yang divariasi selama 3 jam, 4 jam, dan 5 jam. Setelah stirring selesai, larutan diendapkan selama 12 jam pada suhu ruang. Hasil pengendapan disaring dan dicuci menggunakan aquades. Proses sintering dilakukan pada suhu 900°C dengan variasi waktu 3jam, 4jam, dan 5jam. Sintesis hidroksiapatit *porous* menggunakan metode yang sama dengan sintesis hidroksiapatit *dense*, namun sebelum proses stirring ditambahkan larutan pati sukun dengan konsentrasi 3%,6%, dan 9% sebanyak 100 ml.

2.3 Analisis Hasil

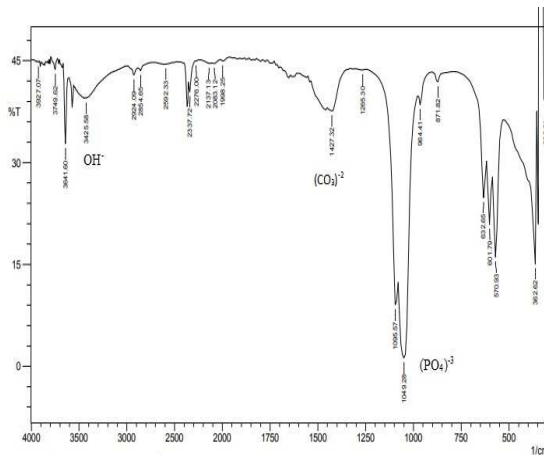
Analisis komposisi kalsium dan fosfor dalam HAp menggunakan FTIR, AAS dan Spektroskopi UV-Vis. untuk mengetahui adanya gugus PO₄³⁻,OH⁻ dan CO₃²⁻ yang ditandai oleh adanya ikatan gugus tersebut pada sampel serta perbandingan mol kalsium dan fosfat pembentuk HAp *dense* dan *porous*. Morfologi HAp *dense* dan *porous* dianalisis menggunakan SEM untuk mengetahui ukuran partikel dan porinya.

3. Hasil dan Pembahasan

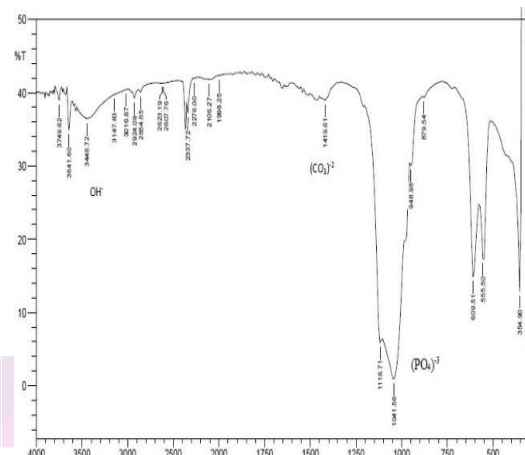
Pada proses kalsinasi, cangkang keong mas yang dilakukan dengan pemanasan pada suhu 900°C terjadi penghilangan pengotor-pengotor dalam bentuk gas-gas O₂, karbonat dan hidroksida serta pengotor-pengotor lainnya yang menyebabkan terjadinya pengurangan massa, sehingga kalsium karbonat (CaCO₃) terkonversi menjadi CaO. Kadar kalsium rata-rata yang terdapat dalam kalsium oksida sebesar 48,02%, sedangkan kadar air rata-rata sebesar 0,11%. Sedangkan buah sukun yang digunakan sebagai bahan porogen mengandung kadar pati 10%.

3.1 Gugus Fungsi Hidroksiapatit

Gugus fungsi pembentuk apatit dianalisis dengan FTIR yang ditunjukkan pada gambar 1 dan gambar 2. Hasil pembacaan disajikan pada tabel 1. Spektra FTIR pada gambar tersebut diidentifikasi hadirnya gugus fungsi OH⁻ dan PO₄³⁻, yang menunjukkan bahwa hasil sintesis terdapat hidroksiapatit. Terlihat pada gambar 1 dan gambar 2 hasil kisaran angka gelombang hidroksiapatit *dense* dan *porous* tidak memiliki perbedaan yang signifikan. HAp *dense* mempunyai gugus fungsi OH⁻ dan PO₄³⁻ masing-masing pada bilangan gelombang. 3425,58 dan 1049,28 cm⁻¹. HAp *porous* mempunyai gugus fungsi OH⁻ dan PO₄³⁻ masing-masing pada bilangan gelombang 3438,72 dan 1041,56 cm⁻¹.



Gambar 1. Spektrum Hidroksiapatit *Dense*



Gambar 2. Spektrum Hidroksiapatit *Porous*

Tabel 1. Kandungan gugus dalam hidroksiapatit *dense* dan *porous*

No	Bilangan Gelombang (1/cm)	Hidroksiapatit <i>Dense</i>		Hidroksiapatit <i>Porous</i>	
		Puncak (1/cm)	Gugus	Puncak (1/cm)	Gugus
1	794,67 – 1303,88	871,82	PO ₄ ³⁻	879,54	PO ₄ ³⁻
		964,41		948,98	
		1049,28		1041,56	
		1095,67		1118,71	
		1265,3			
2	1334,74 – 1442,75	1427,35	CO ₃ ²⁻	1419,61	CO ₃ ²⁻
3	1967,39 – 4004,22	1998,25	OH ⁻	1998,25	OH ⁻
		2083,12		2106,27	
		2137,13		2276	
		2276		2337,72	
		2337,72		2607,76	
		2592,33		2623,19	
		2854,65		2854,65	
		2924,09		2924,09	
		3425,08		3016,67	
		3641,6		3147,83	
		3749,62		3448,72	
		3927,07		3641,6	
	3749,62				

Hasil analisis menggunakan FTIR juga menunjukkan adanya gugus CO₃²⁻ yang ditandai oleh adanya ikatan C-O. Pada sampel hidroksiapatit *dense* gugus CO₃²⁻ berada pada bilangan gelombang 1427,35 cm⁻¹ sedangkan



untuk hidroksiapatit *porous* ditunjukkan pada bilangan gelombang $1419,61 \text{ cm}^{-1}$. Kehadiran gugus tersebut adalah hasil dari reaksi HAp dengan CO_2 yang terdapat dalam atmosfer pada saat sintesa dan perlakuan panas. Adanya CO_3^{2-} ini tidak dapat dikatakan buruk karena memang pada tulang manusia sendiri memiliki CO_3^{2-} yang merupakan substitusi PO_4^{3-} secara natural mengikuti persamaan $\text{Ca}_{10}(\text{CO}_3)_x(\text{PO}_4)_{6-(2/3)x}(\text{OH})_2$ atau yang biasa disebut dengan *Carbonat-Hydroxyapatite* (Purwasmita, 2008). Namun karena pada proses sintesis ini adanya CO_3^{2-} tidak dikontrol maka dikategorikan sebagai pengotor. Pengotor lainnya dapat diasumsikan ada sejak sebelum proses sintesa dilakukan atau bawaan bahan baku.

3.2 Efisiensi Massa Sintesis Hidroksiapatit *Dense* dan *Porous*

Efisiensi massa hidroksiapatit merupakan perbandingan massa hasil *sintering* dengan massa hasil *stirring* yang bertujuan untuk mengetahui kondisi operasi sintesis hidroksiapatit *dense* yang optimum. Hasil persentase efisiensi massa dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Efisiensi massa hidroksiapatit *dense*

No	Waktu Stirring (Jam)	Waktu Sintering (Jam)	Massa Hasil Stirring (Gram)	Massa Hasil Sintering (Gram)	Effisiensi Massa (%)
1	3	3	19,184	13,707	71,45
	3	4	18,890	14,067	74,47
	3	5	18,780	13,762	73,28
2	4	3	20,487	15,799	77,12
	4	4	20,368	15,657	76,87
	4	5	19,876	15,025	75,58
3	5	3	19,487	14,746	75,67
	5	4	20,215	15,232	75,35
	5	5	19,87	14,960	75,29

Kondisi optimum sintesis hidroksiapatit *dense* diperoleh pada waktu *stirring* 4 jam dan waktu *sintering* 3 jam dengan efisiensi massa sebesar 77,12 %. Kondisi operasi ini yang selanjutnya digunakan untuk sintesis hidroksiapatit *Porous*. Sintesis hidroksiapatit *porous* dilakukan untuk mengetahui kondisi optimum persentase konsentrasi larutan pati yang digunakan sebagai bahan porogen. Analisis hasil selengkapnya dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Efisiensi massahidroksiapatit *porous*

No	Konsentrasi Larutan Pati	Waktu Stirring (Jam)	Waktu Sintering (Jam)	Massa Hasil Stirring (gram)	Massa Hasil Sintering (gram)	Effisiensi Massa (%)
1	3%	4	3	25,67	19,599	76,35
2	6%	4	3	27,83	22,192	79,74
3	9%	4	3	29,12	22,172	76,14

Konsentrasi larutan pati berpengaruh terhadap jumlah hidroksiapatit yang dihasilkan terutama jumlah impuritiesnya. Keadaan ini harus dikontrol agar sifat hidroksiapatit yang dihasilkan sesuai dengan sifat tulang manusia. Disamping itu larutan pati juga berpengaruh terhadap pembentukan pori dalam hidroksiapatit, semakin besar konsentrasi larutan pati yang ditambahkan maka semakin banyak pori yang terbentuk tetapi kekuatan hidroksiapatit akan menurun. Efisiensi massa tertinggi sebesar 79,74 % diperoleh pada penggunaan kadar pati 6%. Komposisi rasio kadar kalsium dan fosfor dilakukan menggunakan AAS dan Spektroskopi UV-Vis. Hasil analisis menggunakan sampel hidroksiapatit *dense* dan *porous*, ditunjukkan pada Tabel 4 berikut.

Kadar kalsium dan fosfor sangat berpengaruh terhadap sifat dari hidroksiapatit. Perbandingan kalsium dan fosfor yang terdapat pada hidroksiapatit standar merupakan perbandingan yang sama dengan tulang

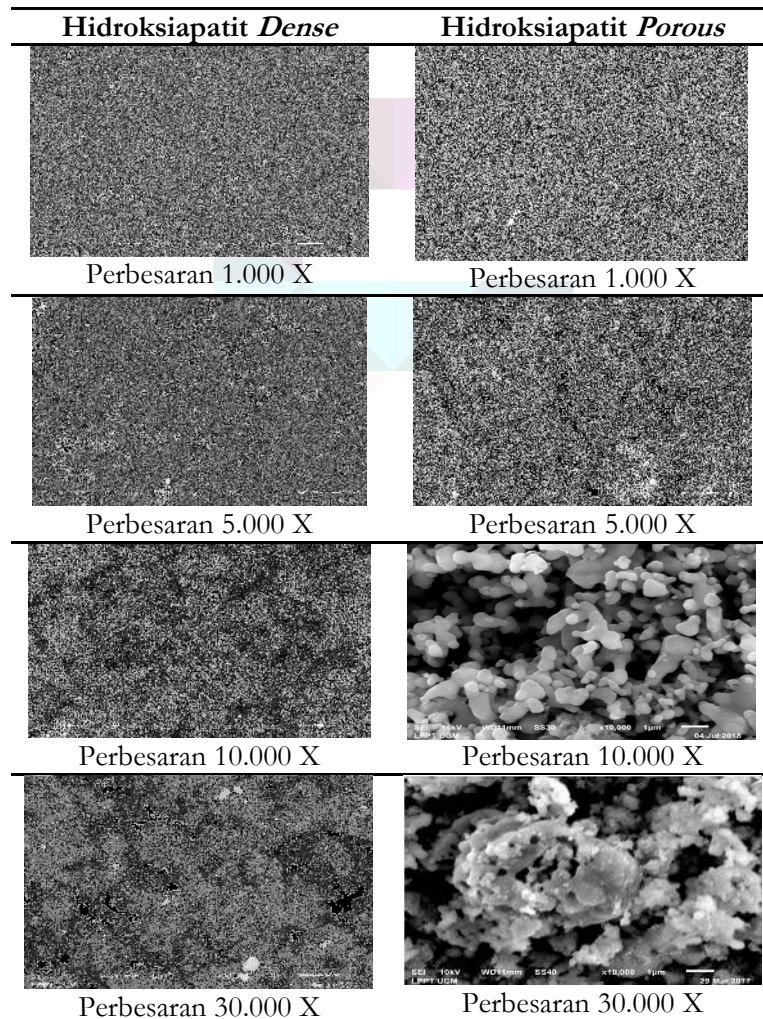
manusia. Sifat mekanis dan kimia hidroksiapatit pada perbandingan 1,673 adalah yang paling optimum. Dengan adanya perbandingan ini juga dapat diketahui pengaruh dari *impurities* yang ada di dalam hidroksiapatit. Apabila nilai perbandingan mol hidroksiapatit ini mendekati 1,67 maka akan semakin kecil pula *impurities* yang terkandung. Dari hasil yang didapat maka hidroksiapatit *porous* dan *dense* memiliki perbandingan yang hampir sama dengan hidroksiapatit standar.

Tabel 4. Kandungan kalsium dan fosfor dalam hidroksiapatit

No	Nama Sampel	Perbandingan Mol (Kalsium/Posfor)
1	Hidroksiapatit <i>Porous</i>	1,673
2	Hidroksiapatit <i>Dense</i>	1,677

3.3 Morfologi dan Ukuran Pori Hidroksiapatit

Hasil analisis morfologi hidroksiapatit *dense* dan *porous* menggunakan SEM dengan pembesaran masing-masing 1000, 5000, 10000, 30000 kali ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Perbandingan Morfologi Hidroksiapatit *Dense* dan *Porous*

Dari hasil pengujian didapatkan bahwa hidroksiapatit *dense* memiliki morfologi yang tersusun dari butiran-butiran yang membentuk suatu agregat yang memiliki ukuran partikel rata-rata $0,396 \mu\text{m}$ dan tidak menunjukkan struktur berpori. Hasil pengamatan menurut gambar 3. terlihat bahwa struktur permukaan



hidroksiapatit *dense* lebih rapat dibandingkan hidroksiapatit *porous*. Apabila diamati lebih lanjut, untuk hidroksiapatit *porous* terlihat perbedaan yang jelas. Hidroksiapatit *porous* memiliki pori – pori yang dihasilkan oleh penambahan pati sukun dengan ukuran pori rata-rata 0,655 μm dan ukuran partikel rata-rata 0,9135 μm . Pori sangat diperlukan untuk media infiltrasi sel osteoblas sehingga dapat mempercepat mineralisasi tulang. Hal ini membuktikan bahwa dengan adanya penambahan pati sukun dapat membuat pori-pori pada HAp. Namun ukuran pori yang terbentuk belum seragam, hal ini akan mengurangi sifat mekanik dari HAp porous. Dalam membentuk pori yang seragam maka perlu dilakukan pengadukan yang lebih lama supaya larutan lebih homogen. Dengan ukuran pori yang seragam maka dihasilkan biomaterial yang memiliki sifat dan karakteristik lebih baik. Hasil uji morfologi hidroksiapatit *dense* dan *porous* ditunjukkan pada gambar 3.

Kesimpulan

Cangkang keong mas dapat digunakan sebagai prekursor kalsium dalam sintesis hidroksiapatit *porous* dengan bahan porogen pati sukun. Hasil uji menunjukkan kondisi relatif baik membutuhkan waktu stirring 4 jam dan waktu sintering 3 jam dengan menggunakan larutan porogen pati sukun 6%. Pada keadaan tersebut diperoleh hidroksiapatit *porous* dengan ratio Ca dan P 1,673 dengan ukuran pori rata-rata 0,665 μm dan ukuran partikel rata-rata 0,9135 μm . Keadaan tersebut menunjukkan hidroksiapatit *porous* dapat berfungsi sebagai media infiltrasi nutrisi dalam mempercepat pertumbuhan jaringan tulang.

Referensi

- [35] Al-Sokanee ZN, AAK Toabi, MJ Al-Assadi, EA Al-Assadi. 2009. The drug release study of cefi riaxone from porous hydroxyapatite scaff olds. AAPS pharmacy Science Technology. 10(5): 772-779.
- [36] Cahyati, Cucu. 2014. Observasi Morfologi dan Komposisi Hidroksiapatit yang Terbuat dari Cangkang Telur Ayam Kampung dan Ayam Ras. Bogor: FMIPA Institut Pertanian Bogor.
- [37] Dewi, Setia Utami. 2009. Pembuatan Komposit Kalsium Fosfat – Kitosan dengan Metode Sonikasi, Tesis Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- [38] Fitri, Desy Kusuma. 2014. Sintesis Hidroksiapatit dari Cangkang Keong Sawah (*Bellamya javanica*) dengan Metode Basaha dan Modifikasi dengan Kitosan. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- [39] Hong Sun Kim, Jong Tae Kim, Young Jin Jung. 2007. Preparation of a porous chitosan /fibrola-hydroxyapatite composite matrix for tissue engineering. Macromolecular Research 15(1): 65- 73.
- [40] Pudjiastuti, Lestari. 2015. Sintesis Hidroksiapatit dari Cangkang Keong Sawah (*Bellamya javanica*) dengan Metode Simultan Presipitasi Pengadukan Berganda. Bogor : FMIPA Institut Pertanian Bogor.
- [41] Purwasmita, Bambang S., Gultom, dan Ramous S. Sintesis dan Karakterisasi Serbuk Hidroksiapatit Skala Sub Mikron Menggunakan Metode Presipitasi. Jurnal Bionatura, 2008.10 (2): 155-167.
- [42] Romawarni, A. 2011. Sintesis dan Uji In Vitro Hidroksiapatit Berporogen Kitosan Dengan Metode Sol Gel. Skripsi. Institut Pertanian Bogor, Bogor. Sadat-shojai M, Khorasani MT, Dinpanah-Khosdagri E, Jamsidi A. Synthesis methods for nanosized hydroxyapatite with diverse structures. *Acta Biomer* 2013;9(8):7591-621.
- [43] Sadjadi MS, Meskinfam M, Jazdarreh H. 2010. Hydroxyapatite-starch nano biocomposites synthesis and characterization. *Int Nano Dimens.* 1(1):57-63.
- [44] Sopyan I, Mel M, Ramesh S, Khalid KA. 2007. Porous hydroxyapatite for artificial bone application. *Science and Technology of Advanced Materials* 8:116-123.
- [45] Widyawan, Fajar. 2017. Sintesis Biomaterial Hidroksiapatit dense dan Porous Menggunakan Metode Sol Gel. Laporan Penelitian. Fakultas Teknik Industri. Departemen Teknik kimia. Universitas Pembangunan Nasional “Veteran”. Yogyakarta.



Pemakalah :
Robertinus Filustra Siregar
13.11-13.22 WIB

Pertanyaan : latar belakang pemilihan bahan pati sukun? (Moderator)	Jawaban : Buah sukun lebih biodegradable, lebih murah dari kitosan.
---	--

