

PEMBUATAN KARBONAT APATIT DARI BAHAN DASAR CANGKANG KEPITING

Jumriana Rahayu Ningsih¹, Edi Kurniawan^{2*}

¹Program Studi Pendidikan Kimia Universitas Islam Kuantan Singgingi, Jln. Gatot Subroto KM 7
Kebun Nenas Telukkuantan Riau, Indonesia

²Program Studi Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya, Jln. Sriwijaya Negara, Bukit Lama, Ilir
Barat I, Kota Palembang, Sumatera Selatan, Indonesia

*Email: edi.kurniawan@polsri.ac.id

Abstrak

Cangkang kepiting merupakan hasil dari laut yang mengandung kalsium dan karbonat yang bergabung membentuk kalsium karbonat ($CaCO_3$). Kalsium karbonat yang terkandung dalam cangkang kepiting dibuat menjadi PCC (Precipitation Calcium Carbonate) dan CO_3Ap (Apatit Karbonat). Pembuatan PCC dalam penelitian ini menggunakan metode karbonasi dan apatit karbonat dengan reaksi dissolution-precipitation. Pembuatan apatit karbonat mencampurkan kalsium karbonat berasal dari cangkang kepiting dengan gypsum dan merendam dalam larutan diamonium hidrogen fosfat ($(NH_4)_2HPO_4$) dalam bentuk blok dengan komposisi massa G50P50, G50K50 dan G50C50. Dihadarkan Apatit Karbonat Tipe-B dapat dibuktikan oleh hasil analisis spektrum FT-IR. Untuk analisis SEM yang menunjukkan adanya perbedaan morfologi, distribusi dan ukuran partikel tiap blok apatit karbonat.

Abstract

Crab shells are the result of the sea containing calcium and carbonate which combine to form calcium carbonate ($CaCO_3$). The calcium carbonate contained in the crab shells is made into PCC (Precipitation Calcium Carbonate) and CO_3Ap (Apatite Carbonate). PCC production in this study used the method of carbonation and carbonate apatite with the dissolution-precipitation reaction. Preparation of apatite carbonate by mixing calcium carbonate derived from crab shells with gypsum and immersing it in a solution of diammonium hydrogen phosphate ($(NH_4)_2HPO_4$) in the form of blocks with a mass composition of G50P50, G50K50 and G50C50. The resulting Apatite Carbonate Type-B can be proven by the results of FT-IR spectrum analysis. For SEM analysis which showed differences in morphology, distribution and particle size of each block of carbonate apatite.

Keywords: Crab Shell, Calcium Carbonate, Precipitation Calcium Carbonate, Apatite Carbonate, Gypsum and Phosphorization.

1. PENDAHULUAN

Cangkang kepiting kaya akan mineral seperti kalsium, tembaga, seng, fosfor dan zat besi. Dan pada cangkang kepiting juga terkandung zat seperti kalsium oksida (CaO) dan karbonat, dimana kedua komponen ini umumnya bergabung membentuk kalsium karbonat ($CaCO_3$). Masyarakat mempunyai pengetahuan tentang cangkang kepiting yang masih relatif rendah sehingga cangkang kepiting ini dijadikan limbah yang akan menimbulkan bau amis dan busuk serta menimbulkan pencemaran yang tidak memiliki nilai ekonomis. Oleh karena itu perlu adanya usaha untuk menambah nilai ekonomis dan untuk meningkatkan mutu dari cangkang kepiting yang dibuang sebagai limbah. Makanya dilakukan pengolahan pada cangkang kepiting menjadi produk yang lebih berdaya guna dalam industri dan dunia kedokteran yang akan digunakan sebagai implan tulang seperti *Precipitated Calcium Carbonated (PCC)* dan

Carbonate Apatited (CO_3Ap) (Daitou dkk, 2010) (Geng dkk, 2009).

Precipitated Calcium Carbonated (PCC) merupakan senyawa kalsium karbonat ($CaCO_3$) yang diolah dari bahan dasar cangkang kepiting melalui serangkaian reaksi kimia. PCC mempunyai keistimewaan dari segi ukuran partikel yang kecil (skala mikro) dan bersifat homogen (Nasiri-tabrizi dkk, 2012) (Tonegawa dkk, 2010). Dari keistimewaan karakteristik PCC tersebut, PCC banyak digunakan dalam industri yang telah dikembangkan semakin luas. Pada saat ini PCC telah dimanfaatkan sebagai zat aditif dalam obat-abatan, makanan, kertas, plastik, tinta dan implan tulang dalam dunia kedokteran (Ishikawa dkk, 2010).

Dari banyak kasus patah tulang yang ditemukan kekurangannya diantara lain membutuhkan waktu perbaikan yang cukup lama dan kadang-kadang jaringan tulang tersebut sulit untuk sembuh selama proses pembentukan tulang kembali oleh tubuh secara

alami. Selama ini, material yang berguna untuk implan tulang seperti allogenik atau heterogen dan biomaterial sintetik telah digunakan. Transplantasi tulang allogenik, menghasilkan konduktivitas dan induktivitas yang tinggi pada tulang sehingga dapat menyebabkan infeksi dan respon imunologi.

Transplantasi tulang heterogen juga menghasilkan konduktivitas tinggi pada tulang yang dapat menyebabkan kerusakan tulang. Sementara dilain hal, biomaterial tulang sintetik memiliki konduktivitas yang rendah (Daitou dkk, 2010). Hidroksiapatit (HAp) telah banyak digunakan sebagai pengganti tulang selama beberapa tahun ini karena *osteocompatibility* yang sangat baik (Matsura dkk, 2009).

Namun, HAp hampir tidak diserap dan tetap ada dalam tubuh untuk jangka waktu yang lama sehingga penggantian dengan jaringan tulang baru sangat minim. Apalagi tidak seperti tulang, yang mengandung komponen organik yang memberikan kekuatan, HAp tidak mengandung komponen organik, dan menghasilkan kerapuhan dan kekuatan mekanik rendah (Arief dan Jamarun, 2009).

Komponen anorganik pada tulang sebenarnya bukanlah hidroksiapatit (HAp: $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$) tetapi apatit karbonat (CO_3Ap). Apatit karbonat ini mengandung 4-8% berat karbonat dalam struktur apatit. Penyusun dari enamel dan dentin gigi. Penggabungan karbonat ke dalam struktur apatit dapat mempengaruhi struktur serta morfologi dari apatit itu sendiri dan diperkirakan dapat mengubah reaktivitas biologis dari mineral tulang (Maruta dkk, 2011).

Perbedaan secara klinis antara CO_3Ap dengan HAp yaitu ada atau tidak adanya penggantian tulang. CO_3Ap dapat diserap kembali oleh osteoklas dan digantikan dengan tulang yang baru, sedangkan HAp tidak diserap oleh osteoklas dan tidak juga digantikan dengan tulang yang baru (Anonim, 2012). Apatit karbonat (CO_3Ap) adalah fase yang paling stabil secara termodinamika pada kondisi fisiologis. Sehingga diperkirakan menjadi salah satu alasan mengapa komponen anorganik tulang adalah CO_3Ap tersebut (Jamarun dkk, 2015) (Madugalla dkk, 2013). Prekursor untuk membuat apatit karbonat ini yaitu : kalsit/kalsium karbonat (CaCO_3), gypsum, α -trikalsium fosfat, kalsium hidroksida, kalsium nitrat tetrahidrat (Miranti dkk, 2015). Kalsium hidroksida, kalsium nitrat tetrahidrat, α -

trikalsium fosfat jarang digunakan sebagai prekursor. Misalnya, prekursor α -trikalsium fosfat jarang digunakan karena keterbatasan dari kekuatan mekaniknya (Jamarun dkk, 2015).

Penelitian sebelumnya telah dilakukan dengan menggunakan precursor G20C80 yang menjadi pelopor terbaik dalam menghasilkan apatit karbonat (CO_3Ap) B-tipe karena mempunyai keuntungan yaitu: memungkinkan bebas-molding, memiliki cukup kekuatan mekaniknya sebagai precursor (Necmetin dan Haci, 2017).

Pada penelitian ini akan dibentuk apatit karbonat dengan prekursor cangkang kepiting murni dan PCC yang mengandung kalsium dan karbonat serta gypsum yang bermanfaat sebagai pelekat, mengandung kalsium, dan kelarutan yang sesuai untuk reaksi *dissolution-precipitation*. Kurangnya kandungan karbonat dalam gypsum dicukupkan oleh kandungan karbonat melimpah pada cangknag kepiting dan PCC.

Kalsium karbonat memiliki kandungan karbonat dari 60% berat, yang jauh lebih tinggi dari nilai yang dibutuhkan dari 8% berat karbonat untuk pembuatan CO_3Ap sehingga diharapkan dari PCC yang dibuat dapat memenuhi kebutuhan karbonat dalam penelitian ini. Pembentukan PCC dalam penelitian ini menggunakan metoda karbonasi. Reaksi yang mendasari pembentukan apatit karbonat ini yaitu reaksi *dissolution-precipitation* karena prosesnya tidak membutuhkan suhu yang tinggi.

2. BAHAN DAN METODE

Adapun bahan yang digunakan adalah cangkang kepiting, PCC (*Precipitated Calcium Carbonate*), kalsit(CaCO_3), gypsum (CaSO_4), larutan diamonium hidrogen fospat ($(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$), larutan asam nitrat (HNO_3) 2M, larutan ammonium hidroksida (NH_4OH) dan aquades. Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah cangkang kepiting. Cangkang kepiting didapatkan dari para penjual sea food yang ada di Pantai Padang. Cangkang kepiting dicuci dan dibersihkan agar kotoran yang menempel pada cangkang kepiting tersebut terbuang. Selanjutnya cangkang kepiting tersebut yang sudah bersih dikeringkan, setelah kering dihaluskan dengan menggunakan *crusher* yang dilakukan di Laboratorium Mutu PT. Semen Padang

sehingga didapatkanlah cangkang dengan ukuran partikel lebih kecil dan berupa bubuk.

Prosedur Percobaan

Pembuatan PCC dari cangkang kepiting

Cangkang kepiting yang digunakan sebagai sampel adalah cangkang kepiting yang merupakan hasil buangan atau limbah yang ada pada masyarakat sebelum dilakukan pengolahan untuk bahan makanan, lalu digiling halus menggunakan gerinda kemudian dianalisis menggunakan XRF untuk mengetahui komposisi kimia yang terkandung dalam sampel, terutama komposisi CaO.

Setelah itu, sampel halus tersebut dikalsinasi di dalam *furnace* selama 3 jam pada suhu 900°C, kemudian didinginkan, didapatkan oksidanya. 16,8 gram CaO dilarutkan dalam 300 mL HNO₃ 2M didalam erlenmeyer, larutan tersebut distirrer selama 30 menit, kemudian disaring. Filtrat ditambahkan larutan NH₄OH hingga pH 12, pada suhu 60°C, larutan disaring kembali. Kemudian dialirkan gas CO₂ murni hingga pH 8 hingga terbentuk endapan putih yang disebut PCC. Endapan yang terbentuk disaring dan dibilas beberapa kali dengan aquadest. PCC yang diperoleh dikeringkan dalam oven pada suhu 100-115°C untuk menghilangkan molekul-molekul air.

Pembuatan Apatit Karbonat dari gipsum dan cangkang kepiting, gypsum dan PCC, serta gypsum dan CaCO₃

Pembuatan apatit karbonat dalam bentuk blok dengan perlakuan yang sama untuk apatit karbonat dari gipsum dan cangkang kepiting, gypsum dan PCC, serta gipsum dan CaCO₃.

Bubuk cangkang kepiting dicampurkan dengan bubuk gipsum sehingga total campuran adalah sebanyak 3 gram. Campuran tersebut mengandung 30,35,40,45,50% berat cangkang kepiting. Kemudian kedalam campuran ditambahkan aquades dengan rasio 0,5 dan akan didapatkan pasta yang lalu dimasukkan ke dalam cetakan. Cetakan diletakkan dalam petridish tertutup dan dibiarkan pada suhu ruangan selama 24 jam sehingga didapatkan blok gipsum-batu kapur. 3 replika blok tersebut direndam dalam *autoclave* yang berisi 81,6 mL larutan (NH₄)₂HPO₄ 1M dan dijaga pada suhu 100°C didalam oven selama 24 jam. Setelah itu, spesimen dikeluarkan dari dalam larutan, dibilas dengan aquades, dikeringkan dalam

desikator selama 24 jam. Sampel kering dihitung beratnya dan dikarakterisasi.

Karakterisasi

Karakterisasi apatit karbonat dilakukan dengan XRD untuk menentukan kristal material terbentuk serta menentukan ukuran kristal. SEM digunakan untuk melihat morfologi permukaan dan keseragaman hasil yang didapat. FTIR digunakan untuk melihat gugus fungsi yang terdapat pada sampel. Sementara XRF digunakan untuk melihat komposisi kimia yang ada dalam spesimen yang didapat.

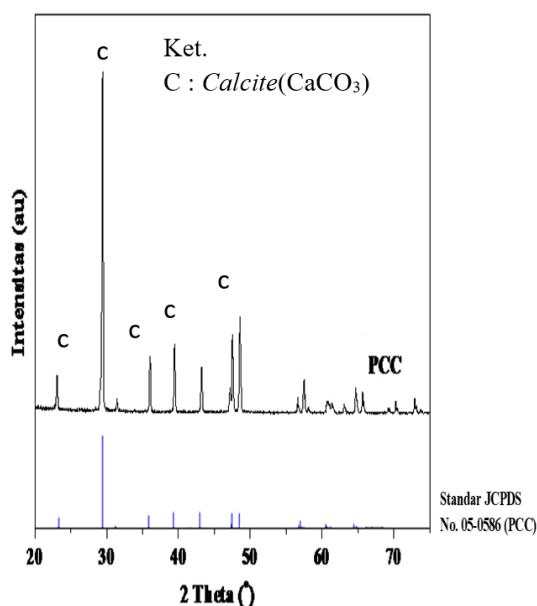
3. HASIL PEMBAHASAN

Pembuatan *Precipitated Calcium Carbonate* (PCC) dilakukan dengan metoda karbonasi. Metoda karbonasi merupakan metoda pembuatan PCC yang efisien pada saat ini karena dapat menghemat dalam penggunaan bahan kimia. Dan metoda karbonasi juga banyak digunakan karena dapat melakukan pengontrolan terhadap bentuk dan ukuran partikel PCC yang akan dihasilkan secara reaksi kimianya. PCC dalam penelitian ini dibuat dari bahan dasar cangkang kepiting. Cangkang kepiting terlebih dahulu dikalsinasi pada suhu 900°C selama 3 jam yang berguna untuk mengaktifasi cangkang kepiting tersebut dan untuk mendapatkan oksida CaO.

Asam nitrat 2M yang digunakan untuk melarutkan CaO, pelarut ini dipilih karena dalam penggunaan HNO₃ 2M akan menghasilkan rendemen PCC yang tinggi (Ishikawa, 2010). Larutan asam nitrat (HNO₃) dapat meningkatkan kelarutan dari ion kalsium dalam susu Ca(OH)₂ dan asam nitrat merupakan asam kuat yang akan bereaksi keras dengan oksida logam seperti kalsium oksida yang membentuk garam mudah larut (Dewi dkk, 2010). Sedangkan fungsi NH₄OH adalah untuk membuat larutan dalam suasana basa dan juga sebagai sumber ion OH⁻ yang akan bereaksi dengan Ca(NO₃)₂ membentuk Ca(OH)₂.

Dalam pembuatan PCC dilakukan dengan melarutkan 126 gram CaO dalam 2250mL HNO₃ 2M sehingga didapatkan rendemennya sebesar 85.15%. Volume NH₄OH yang dibutuhkan untuk membuat pH filtrat menjadi 12 sebanyak ± 1000mL, kemudian selama ± 4 jam 15 menit dialiri gas CO₂. Endapan PCC yang didapatkan berwarna putih dengan struktur kristal kalsit dengan ukuran kristal sebesar 16,30nm.

Gambar 1 merupakan pola XRD dari sampel PCC (*Precipitated Calcium Carbonate*) yang berasal dari bahan dasar cangkang kepiting. Pola XRD yang dihasilkan dibandingkan dengan data JCPDS 05-0586, yang didapatkan tiga puncak *Calcite* (CaCO_3) dengan intensitas yang tinggi yaitu $2\theta = 23,02^\circ$; $29,4^\circ$; $39,38^\circ$, dimana gambar grafiknya dapat dilihat pada gambar 1 berikut;

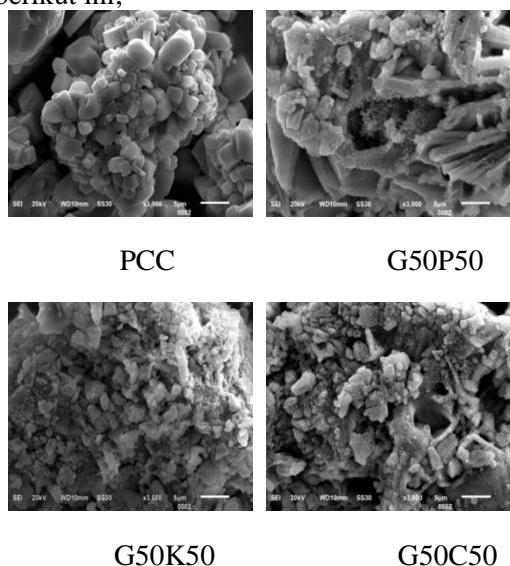


Gambar 1. XRD sampel *Precipitated Calcium Carbonate (PCC)* yang berasal dari cangkang kepiting.

Gambar 2 menunjukkan analisis hasil SEM untuk sampel Precipitated Calcium Carbonate (PCC) yang berasal dari cangkang kepiting, G50P50 sampel PCC yang berasal dari cangkang kepiting dan gipsum, G50K50 sampel PCC merck dan gipsum, serta G50C50 sampel CaCO_3 merck dan gipsum dengan perbesaran 3000x dengan perlakuan setelah perendaman dalam larutan $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ 1M selama 24 jam dan suhu 100°C. Dengan perbesaran 3000x ini terlihat bahwa semua sampel berbeda morfologinya.

Dimana PCC berbentuk kubus dengan distribusi partikelnya menumpuk, G50P50 memiliki bentuk batang memanjang dengan membentuk agregat. Pada sampel G50C50 yang distribusi partikel banyak perbedaan dibandingkan dengan sampel G50K50 yang tersebar merata dan halus. Hal ini disebabkan oleh kurang meratanya persebaran Kalsium karbonat yang terendapkan dalam sampel. (Nasiri-tabrizi dkk, 2012) . Morfologi sampel

yang dihasilkan dapat dilihat pada gambar 2 berikut ini;



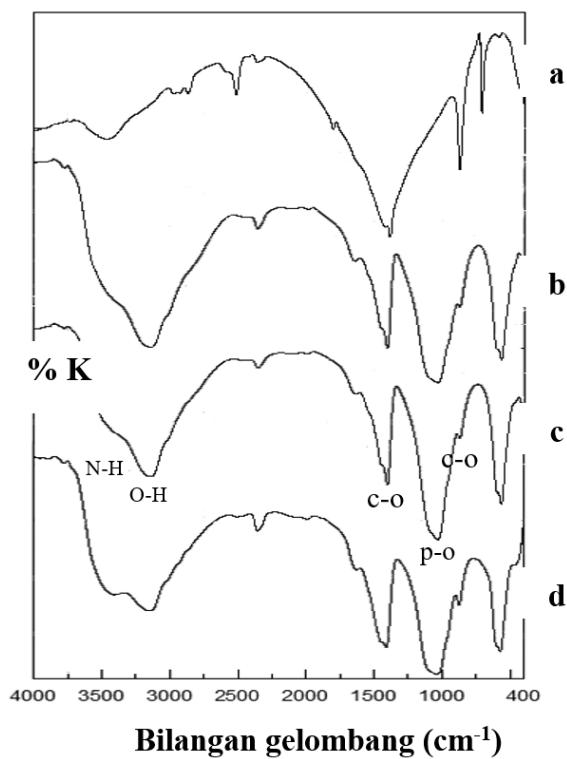
Gambar 2. SEM dengan perbesaran 3000x dari sampel Precipitated Calcium Carbonate (PCC), G50P50, G50K50 dan G50C50 setelah direndam dalam larutan $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ 1M selama 24 jam dan suhu 100°C.

Pada penelitian ini, kita melakukan analisis menggunakan SEM dengan 5000X dan 10.000X pembesaran. Semakin besar pembesaran yang dilakukan, maka semakin nampak perbedaan morfologi dari sampel. Seperti yang ditunjukkan sampel dengan perbesaran 10.000x jelas terlihat morfologi semua sampel. PCC yang berbentuk kubus dengan distribusi partikelnya menumpuk dan mempunyai rentang ukuran partikel 1,79-3.33 μ m.

Sampel G50P50 memiliki bentuk batang memanjang dengan membentuk agregat dan mempunyai rentang ukuran partikel antara 1,07-1,5 μm . Pada sampel G50K50 dengan distribusi partikelnya tersebar merata dan halus dengan rentang ukuran partikelnya 0,071-4,22 μm . Sedangkan pada sampel G50C50 yang distribusi partikelnya menumpuk dan mempunyai ukuran partikel 0,357-4,22 μm . Maka dapat disimpulkan bahwa semua sampel hasil analisis SEM dengan perbesaran 3000x, perbesaran 5000x dan perbesaran 10.000x mempunyai perbedaan bentuk dan rentang ukuran partikel yang berbeda pula.

Analisis FT-IR dilakukan untuk mengamati gugus fungsi organik maupun anorganik yang terkandung dalam sampel.

Sampel yang diamati FT-IR merupakan blok yang telah direndam dalam larutan $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ 1M agar dapat dilihat gugus fungsi yang terdapat dalam senyawa apatit karbonat tersebut.



Gambar 5. Spektra FTIR dari senyawa apatit karbonat dengan berbagai variasi % berat prekursor. Pada sampel (a) PCC; (b) G50P50; (c) G50C50; (d) G50K50.

Gambar 5 menunjukkan Spektra FTIR dari senyawa apatit karbonat dengan berbagai variasi % berat prekursor. Pada sampel (a) PCC; (b) G50P50; (c) G50C50; (d) G50K50, terdapat puncak vibrasi O-H *stretching* yang berasal dari molekul air pada bilangan gelombang 3800-3200 dan 1700-1600 cm^{-1} (Sibilia, 2009). Dari keempat sampel tidak ditemui adanya vibrasi S-O *stretching* yang berasal dari SO_4^{2-} yang merupakan komposisi yang paling dominan adanya kandungan gypsum ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Semakin berkurang kandungan gypsum pada komposit maka puncak vibrasi S-O *stretching* akan semakin hilang yang dapat dilihat dari spektrum sampel PCC, G50P50, G50C50 dan G50K50 (Sibilia, 2009).

Pada spektra FTIR seluruh senyawa menunjukkan munculnya puncak P-O dalam PO_4^{3-} dan C-O dalam CO_3^{2-} . Puncak P-O *stretching* yang berasal PO_4^{3-} pada bilangan

gelombang 1100-950 cm^{-1} , yang ditunjukkan oleh sampel G50P50, G50C50 dan G50K50. Puncak pada bilangan gelombang 1450, 1410 dan 876 cm^{-1} menandakan vibrasi C-O yang berasal dari CO_3^{2-} . Selain itu juga terdapat puncak *doublet* pada daerah 3400-3500 cm^{-1} , yang menandakan adanya gugus N-H yang berasal dari NH_4^+ (Jamarun dkk, 2015).

Dari hasil pengukuran dengan FTIR menunjukkan terbentuknya senyawa apatit yang ditandai dengan terdapatnya puncak vibrasi P-O dari PO_4^{3-} dan vibrasi C-O dalam CO_3^{2-} . Menurut ³ bahwa terbentuk apatit karbonat (CO₃AP) tipe-B ditandai dengan adanya CO₃²⁻ yang ditunjukkan oleh puncak vibrasi C-O *stretching* yang berasal dari CO₃²⁻ pada 876, 1410, 1450 cm^{-1} . Adanya puncak vibrasi P-O dari PO₄³⁻ menandakan sebagian ion CO₃²⁻ dalam senyawa apatit karbonat (CO₃AP) telah digantikan oleh ion PO₄³⁻ setelah blok direndam dalam larutan $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ 1M selama 24 jam dan suhu 100°C. Berdasarkan hasil analisis FTIR maka dapat disimpulkan bahwa dari sampel G50P50, G50C50 dan G50K50 menunjukkan terbentuknya senyawa apatit karbonat (CO₃AP) tipe-B.

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian tentang **Pemanfaatan Cangkang Kepiting Dalam pembuatan Apatit Karbonat Dan Karakterisasinya** yang telah dilakukan maka disimpulkan dari berbagai jenis bahan dasar kalsium karbonat dapat dibuat menjadi senyawa apatit karbonat jika dicampur dengan gypsum dan direndam dalam larutan diamonium hidrogen fosfat ((NH₄)₂HPO₄ 1M). Pada pembuatan apatit karbonat ini yang dibuat dalam bentuk blok dengan menggunakan variasi massa 50% PCC yang berasal dari cangkang kepiting dan 50% gypsum, 50% PCC merck dan 50% gypsum, dan 50% CaCO₃ merck dan gypsum yang memperlihatkan hasil yang bagus karena mempunyai warna yang terang dan cerah, serta tidak begitu banyak perbedaan antara, gypsum dan PCC, gypsum dan cangkang kepiting serta gypsum dan CaCO₃ merck.

senyawa apatit karbonat tipe - B yang dibuktikan oleh hasil analisis spektra FT-IR. Untuk analisis SEM yang menunjukkan adanya perbedaan antara sumber senyawa kalsium karbonat yang merupakan salah satu prekursor yang menghasilkan distribusi dan bentuk partikel dari apatit karbonat terdapat perbedaan yang dilihat dari foto-foto SEM tersebut.

5. Terima Kasih

Ucapan terima kasih kepada Bapak MENRISTEKBRIN melalui LLDIKTI X yang telah mendanai penelitian pendanaan Hibah 2020 dan LPPM UNIKS dengan no kontrak 079/LL10/PG/2020 serta semua pihak yang telah membantu sampai selesaiya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Arief, S dan N. Jamarun. 2009. Studi Pembentukan Precipitated Calcium Carbonate (PCC) Dari Batu Kapur Alam Sumatera Barat. Penelitian Hibah Strategis Nasional. FMIPA. Universitas Andalas.
- Daitou, F., M. Maruta, G. Kawachi, K. Tsuru, S. Matsuya, Y. Terada, and K. Ishikawa. 010. Fabrication of Carbonate Apatite Blok Based on Internal Carbonate. Dental Material Journal. 29(3): 303-308.
- Dewi,I.A., S. Matsuya, K. Ishikawa. 2010. Engineering of Carbonate Apatite Bone Substitute Based on Composition Tranfoemation of Gypsum and Calcium Hydroxide. Engineering Scientific Research. 2: 344-352.
- Geng, Y., Yanbao Li., Dungxu Li. 2009. Precipitation of Carbonated Apatite Nanowiskers in SBF wuth Ultrsonic Assistance. Journal of Ceramic Processing Research. 10(5): 606-608.
- Ishikawa, K., S. Matsuya, X. Lin, Z. Lei, T. Yuasa and Y. Miyamoto. 2010. Fabrication of Low-Crystalline B-type Carbonate Apatite Blok from Low-Crystalline Calcite blok. J of Ceramic Society of Japan. 118(5): 314-344.
- Ishikawa, K. 2010. Bone Substitute Fabrication Based on Dissolution-Precipitation Reaction. Material. 3:1138-1155.
- Maruta, M., S. Matsuya, S. Nakamura, K.Ishikawa.2011. Fabrication of Low-Crystalline Carbonate Apatite From Bone Replacement Based on PhaseTranformation of Calcite Foam. Dental Material Journal. 30(1): 14-20.
- Matsura, A. T. Kubo, K. Doi, K. Hayasi, K. Marita, R.Yokota,H. Hayashi, I Hirata, m. Okazaki, Y.Ogawa. 2009. Bone Formation Ability of Dental Material journal. 28(2): 234-242.
- Miranti Aprilisna, Bambang Sumendar, Haris Budi Widodo dan Catur Aditya. 2015. Karakteristik dan aktivitas Antibakteri Scaffold Membran cangkang Telur yang Diaktivasi Karbonat Apatit. Majked Gi Ind. 1(1): 59-67.
- Nasiri-tabrizi, Bahman, abbas Fahmi and Reza Ebrahim-Kahrizsangi. 2012. Characterization of nanostructured Calcium Phosphate-Based bioceramic: TEM and SEM/Fe-SEM studies. Formatex: 1259-1270.
- Necmetin Erdogan, Haci Ali Eken.2017. PCC (Precipitated Calcium Carbonate) Production, Synthesis and Properties. Physicochemical Problem of Mineral Processing. 53(1): 57-68.
- Novesar Jamarun, Ratna Juita, Jumriana Rahayuningsih. 2015. Synthesis and Characterizations PCC (Precipitated Calcium Carbonate) from Shell Crust (Anadara Granosa). RJPBCS Research Jurnal. 6(5): 136-14 0.
- N. Jamarun, Sirly Yuwan,ratna Juita and Jumriana Rahayuningsih. 2015. Synthesis and Characterization Precipitated Carbonate Apatite From Bukit Tui Limestone, Padang, Indonesia. Journal of applicable Chemistry. 4(2): 542-549.
- Sibilia, P. 2009. A Guide to Material Characterization and Chemical Analysis II, 4nd edition. Wiley VCH. USA.
- Tonegawa, T.,T. Ikroma, T. Yashioka, N. Hanagata, J. Tanaka.2010. Crystal Structure Refinement of A-type Carbonate Apatite by X-Ray Powder Diffraction. J Materul Science. 45: 2419-2426.
- T.B.N, S. Madugalla, M.M.M.G.P.G. Muntilaka, R.M.G.Rajapakse, H.M.T.G.A. Patwala and D.G.G.P. Karunaratne. 2013. Synthesis of Precipitated Carbonate Apatite : Use of Sri Lanka Marble. J of Geological Society of Sri Lanka. 15: 85-92.