



**LAPORAN AKHIR
PROGRAM KREATIVITAS MAHASISWA**

***“HIGHLY POROUS HYDROXYAPATITE CERAMIC”*
KERAMIK HIDROKSIAPATIT DARI TULANG IKAN
UNTUK APLIKASI KETEKNIKAN**

**BIDANG KEGIATAN :
PKM PENELITIAN (PKMP)**

Disusun oleh:

Ketua	:	Nurrahman	C34080007	(2008)
Anggota	:	Elka Firmanda	C34080056	(2008)
		Muhammad Fachrirozi	C34090068	(2009)
		Feraliana Audia Utami	C34100005	(2010)

Dibiayai oleh:

**Direktorat Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat
Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi
Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan
sesuai dengan Surat Perjanjian Penugasan Program Kreativitas Mahasiswa
Nomor : 050/SP2H/KPM/Dit.Litabmas/V/2013, tanggal 13 Mei 2013**

**INSTITUT PERTANIAN BOGOR
2013**

HALAMAN PENGESAHAN
LAPORAN AKHIR PROGRAM KREATIVITAS MAHASISWA

1. Judul Kegiatan : "Highly Porous Hydroxyapatite Ceramic"
Keramik Hidroksiapatit dari Tulang Ikan
untuk Aplikasi Keteknikan
2. Bidang Kegiatan : PKMP
3. Ketua Pelaksana Kegiatan
 - a. Nama Lengkap : Nurrahman
 - b. NIM : C34080007
 - c. Jurusan : Teknologi Hasil Perairan (THP) - FPIK
 - d. Perguruan Tinggi : Institut Pertanian Bogor
 - e. Alamat Rumah/HP : Pondok D'Qaka Babakan Lio Dramaga,
Bogor / 085269702010
 - f. Email : kael_emen@yahoo.com
4. Anggota Pelaksana : 3 orang
5. Dosen Pendamping
 - a. Nama Lengkap : Bambang Riyanto, S.Pi., M.Si
 - b. NIDN : 0026035302
 - c. Alamat Rumah : Jl. Katelia III/23 Taman Yasmin, Bogor
 - d. No. Telp/HP : 0812 802 2114
6. Biaya Kegiatan Total :
 - a. Sumber Dikti : Rp. 10.000.000-
 - b. Sumber lain : -
7. Jangka Waktu Pelaksanaan : 5 bulan

Menyetujui
Ketua Departemen
Teknologi Hasil Perairan



(Dr. Ir. Ruddy Suwandi, MS., M.Phil)
NIP. 19580511 198503 1 002

Wakil Rektor
Bidang Akademik dan Kemahasiswaan



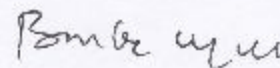
(Dr. Ir. Yonny Koesmaryono, MS)
NIP. 19581228 198503 1 003

Bogor, 22 Juli 2013
Ketua Pelaksana



(Nurrahman)
NIM. C34080007

Dosen Pendamping



(Bambang Riyanto, S.Pi., M.Si)
NIDN. 0026035302

ABSTRAK

Material biokeramik berbasis hidroksiapatit memiliki prospek baru dalam industri elektronika dan mikroteknologi masa depan. Hidroksiapatit dengan sumber bahan baku alami merupakan potensi besar, terlebih pemanfaatan limbah tulang ikan tuna yang masih belum dilakukan dengan baik. Selain itu, teknologi sintesis yang ada juga belum efektif serta karakterisasi materialnya belum banyak dikembangkan. Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis dan mengetahui karakteristik material biokeramik berbasis hidroksiapatit tulang ikan tuna. Metode yang digunakan dalam pengestraksian hidroksiapatit tulang ikan tuna adalah dengan pemanasan suhu tinggi (sintering). Melalui suhu sintering 700 °C telah dapat dihasilkan material biokeramik berbasis hidroksiapatit dari tulang ikan tuna dengan rendemen tertinggi $65,61 \pm 2,21$ % dan berwarna putih. Melalui pengujian spektrofotometri FTIR, gugus yang dimiliki meliputi OH^- , CO_3^{2-} , dan PO_4^{3-} . Semakin tinggi suhu sintering, semakin tinggi derajat kristalinitasnya, sedangkan dengan SEM memperlihatkan partikel penyusunnya berukuran 0,050 μm sampai 0,803 μm dan menyerupai bentuk kristal heksagonal. Adapun nilai kapasitansi mengalami penurunan dengan bertambahnya frekuensi yang diberikan, dengan nilai tertinggi 0,0061 nF, sedangkan nilai konduktivitas mengalami kenaikan seiring dengan bertambahnya frekuensi dengan nilai terendah $7,73 \times 10^{-5}$ S/m.

Kata kunci: biokeramik, hidroksiapatit, sintering, tulang ikan tuna

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami haturkan kehadirat Allah swt atas segala karunia, hidayah serta petunjuknya, sehingga kami dapat menyelesaikan program kreativitas mahasiswa bidang penelitian ini dengan baik. penelitian ini berjudul judul : “*highly porous hydroxyapatite ceramic*” keramik hidroksiapatit dari tulang ikan untuk aplikasi keteknikan.

Penelitian ini merupakan bentuk kepedulian kami terhadap kebutuhan material baru yang kini menjadi tuntutan seiring dengan perkembangan ilmu dan teknologi. Bagi kami, inspirasi ini merupakan pengembangan material baru berbasis pemanfaatan limbah perikanan dalam hal ini kami mendayagunakan limbah tulang ikan. Tulang ikan yang selama ini lebih banyak dimanfaatkan sebagai bahan yang kaya akan kalsium dan digunakan untuk keperluan pangan dan pakan. Kami mencoba mengkaji pemanfaatan tulang ikan dalam bentuk hidroksiapatit untuk dimanfaatkan sebagai bahan biokeramik.

Kami menyadari bahwa banyak dukungan dari berbagai pihak dalam penyelesaian Program Kreativitas Mahasiswa ini. Oleh karena itu, pada kesempatan ini kami mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu sehingga terselesaikannya kegiatan ini, diantaranya :

1. Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi (DIKTI) - Kementerian Pendidikan Nasional, yang telah memberikan kesempatan untuk menuangkan aspirasi, ide-ide kreatif serta berpartisipasi pada Program Kreatifitas Mahasiswa ini.
2. Bapak Bambang Riyanto, S.Pi, M.Si selaku pembimbing PKM P yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan dalam pelaksanaan kegiatan dan penulisan Laporan Akhir kegiatan ini.
3. Bu Tia di Laboratorium Analisis Bahan Fisika, Bapak Suwanto dan Bapak Suhandana di Balai Besar Keramik Indonesia di Bandung, dan Bapak Wawan di Laboratorium Geologi Kwartir, Puslitbang Geologi Bandung, terimakasih atas bantuan dan kerjasamanya.

Kami menyadari bahwa dalam pelaksanaan kegiatan dan penulisan laporan akhir PKM P ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran sangat kami diharapkan. Semoga kegiatan ini bermanfaat bagi kita semua dan dapat bercerita untuk Indonesia yang lebih baik.

Bogor, 19 Agustus 2013

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Majalah *New Scientist* edisi oktober 2011 menyampaikan 10 besar inovasi teknologi militer yang telah dikembangkan meliputi teknologi bau dan suara, teknologi berupa suplemen metabolik untuk persediaan pangan darurat, *nanotechnology*, *dragon skin armor*, *metamaterial cloaking camouflage*, pesawat tak berawak, teknologi gelombang mikro (anti radar), senjata OICW, *metal storm stacked munitions*, exoskeleton HULC suit/Robocop. Inovasi tersebut sejalan dengan perkembangan ilmu dan teknologi material baru (Morgan Technical Ceramics 2009).

Material baru di definisikan bidang interdisipliner keilmuan yang menerapkan sifat-sifat material untuk berbagai bidang sains dan teknik. Bidang ilmiah ini meliputi penyelidikan hubungan antara struktur bahan pada skala atom atau molekul dan sifat makroskopik mereka melalui penggabungan unsur-unsur fisika terapan dan kimia. Secara umum material baru dapat klasifikasi yang meliputi *biomaterials*, *ceramics*, *composite materials*, *metals*, *polimers* dan *semiconductors* (Kakani 2006).

Salah satu material baru yang berkembang adalah hidroksiapatit. Hidroksiapatit merupakan senyawa kalsium fosfat yang merupakan komponen organik utama dari tulang dan gigi yang mempunyai sifat dapat berikatan dengan tulang natural. Material bioaktif ini berpotensi digunakan sebagai pelapis dalam implantasi komposit. Hidroksiapatit (HAp) $[\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2]$ dianggap memainkan peran penting dalam berbagai bidang termasuk dapat mempercepat proses regenerasi tulang (Juraida *et al.* 2011), penggantian jaringan tulang, biosensor, sebagai pembawa obat (Venkatesan dan Kim 2010), dan mampu menjadi katalis (Yamashita 1989). Bioaktif hidroksiapatit memiliki kesamaan struktur dan komposisi dengan komponen anorganik jaringan keras biologis seperti pada struktur tulang dan gigi (Pal *et al.* 2005). Oleh karena itu, ada permintaan yang sangat tinggi dari sisi medis untuk bahan substitusi tulang sintetis (Tanaka *et al.* 2003).

1.2 Perumusan Masalah

Tulang ikan merupakan salah satu limbah perikanan yang menjadi masalah cukup serius dewasa ini. Tulang ikan merupakan salah satu by product dengan hasil sekitar 15% dari berat ikan. Limbah tulang ikan tuna menempati 12% dari jumlah total produksi ikan (Venkatesan dan Kim 2010). Berdasarkan basis berat basah hanya sekitar 15 % dari tulang yang merupakan tulang murni, sisanya sekitar 85% merupakan daging putih. Tulang mengandung 60-70 % mineral, terutama kalsium fosfat dan hidroksiapatit, dan mengandung sekitar 30 % protein terutama kolagen (Pallela *et al.* 2011). Huang *et al.* (2011) menyatakan bahwa kolagen dan hidroksiapatit mempunyai nilai komersial untuk digunakan pada industri pangan fungsional, kosmetik dan produk biomedis.

Hidroksiapatit dapat diturunkan baik dari sumber alami maupun dengan metode sintetis. Hasil yang diperoleh melalui beberapa metode sintetis seperti hidrotermal, emulsi cairan dalam membran, presipitasi, sol-gel, dan metode polimerisasi memang cukup baik, akan tetapi metode-metode tersebut agak rumit dan memerlukan proses biologis yang berbahaya dan memiliki hasil samping berupa amonia. Selain itu, metode kimia memerlukan waktu yang cukup lama dan kondisi reaksi yang harus terkendali (Venkatesan dan Kim 2010).

Mikrostruktural HAp telah diperoleh dari tulang ikan dengan perlakuan termal, dekomposisi termal, alkali hidrotermal, super kritikal proses air dari tulang

sapi, gigi dan tulang babi, ekstraksi gigi manusia, dan cumi-cumi. Beberapa penelitian terkait ekstraksi hidroksiapatit telah dilakukan dengan bahan baku beragam. Ozawa dan Suzuki (2002) melakukan pengembangan mikrostruktural hidroksiapatit alami dari limbah tulang ikan menggunakan perlakuan pemanasan. Selanjutnya, Venkatesan dan Kim (2010) telah mengevaluasi pengaruh atau efek dari suhu terhadap proses isolasi dan karakterisasi hidroksiapatit dari tulang ikan tuna (*Thunnus obesus*). Sedangkan Pellela et al. (2011) telah berhasil mengisolasi hidroksiapatit dari tulang ikan tuna (*Thunnus obesus*). Meskipun isolasi HAp secara alami telah banyak dipelajari, parameter yang paling penting, yaitu suhu isolasi yang tepat, masih kurang dipahami. Oleh karena itu, menjadi menarik untuk melakukan kajian terhadap isolasi hidroksiapatit dari tulang ikan sebagai material peralatan untuk aplikasi keteknikan.

1.3 Tujuan Program

Tujuan dari penelitian ini adalah Penentuan suhu terbaik isolasi hidroksiapatit dari tulang dan pengkarakterisasian *hidroksiapatit* dari tulang ikan yang dihasilkan

1.4 Luaran Yang Diharapkan

1. Adanya informasi mengenai kisaran suhu optimum yang digunakan untuk mengisolasi hidroksiapatit dari tulang ikan
2. Adanya karakteristik hidroksiapatit dari tulang ikan yang dihasilkan Informasi dalam jurnal ilmiah mengenai teknik isolasi hidroksiapatit dari limbah tulang ikan
3. Pengembangan ke arah paten terkait aplikasi hidroksiapatit

1.5 Kegunaan Program

1. Kebutuhan hidroksiapatit alami dari limbah tulang ikan
2. Pengembangan hidroksiapatit alami dari tulang ikan untuk aplikasi keteknikan

II. TINJAUAN PUSTAKA

Tulang Ikan

Tulang ikan merupakan salah satu limbah perikanan anorganik yang terdiri dari komponen hidroksiapatit. Hidroksiapatit dapat dijadikan sumber keramik untuk masa depan. Kristal hidroksiapatit pada tulang terdapat diantara matriks kolagen (Ozawa dan Suzuki 2002). Tulang belakang ikan merupakan salah satu *by product* dengan hasil sekitar 15% dari berat ikan. Berdasarkan basis berat basah hanya sekitar 15 % dari tulang belakang yang merupakan tulang murni, sisanya sekitar 85% merupakan daging putih. Tulang mengandung 60-70 % mineral, terutama kalsium fosfat dan hidroksiapatit, dan mengandung sekitar 30 % protein terutama kolagen (Pallela *et al.* 2011). Huang *et al.* (2011) menyatakan bahwa kolagen dan hidroksiapatit mempunyai nilai komersial untuk digunakan pada industri pangan fungsional, kosmetik dan produk biomedis.

Hidroksiapatit

Hidroksiapatit ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$) merupakan suatu material bioaktif yang berpotensi digunakan sebagai pelapis dalam implantasi komposit. Bioaktif hidroksiapatit memiliki kesamaan struktur dan komposisi dengan komponen anorganik pada jaringan keras biologis seperti material pada struktur tulang dan gigi (Pal *et al.* 2005; Deptula *et al.* 2006; Sasikumar dan Vijayaraghavan 2006). Hidroksiapatit merupakan senyawa mineral dan anggota kelompok mineral apatit

yang mempunyai rumus kimia $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ dan mempunyai struktur heksagonal dengan parameter kisi $a = 9,443 \text{ \AA}$ dan $c = 6,875 \text{ \AA}$ serta rasio Ca/P sekitar 1,67 (Aoki H 1991).

III. METODE

Penelitian ini diawali dengan pencarian suhu terbaik dalam proses isolasi hidroksiapatit (suhu sintering). Variasi suhu sintering didasarkan pada beberapa penelitian. Juraida *et al.* (2011) melakukan karakterisasi hidroksiapatit dari tulang ikan lele dengan variasi suhu sintering 800 °C, 900 °C, 1000 °C, 1100 °C selama 2 jam. Kemudian Palella *et al.* (2011) melakukan isolasi hidroksiapatit tulang ikan tuna *Thunnus obesus* pada suhu sintering 900 °C selama 5 jam. Vankatesan dan Kim (2010) mengisolasi hidroksiapatit dari tulang ikan tuna *Thunnus obesus* dengan variasi suhu sintering antara 200 °C hingga 1200 °C selama 5 jam.

Tulang ikan tuna yang digunakan terlebih dahulu direbus untuk menghilangkan sisa-sisa daging yang menempel. Setelah itu dibersihkan dan dicuci dengan aquades. Kemudian dilakukan perendaman dengan larutan aseton selama satu jam (Juraida *et al.* 2011). Tulang ikan tuna yang telah dipreparasi kemudian dikeringkan pada suhu 160 °C selama 48 jam. Tulang ikan tuna yang telah kering selanjutnya digiling menjadi pertikel berukuran kurang dari 200 μm . Tepung tulang ikan sebanyak 3 gram ditempatkan didalam sebuah cawan porselen kemudian dipanaskan pada *furnace* dengan rata-rata pemanasan 10 °C. Suhu yang digunakan untuk proses *sintering* adalah 600, 700, 800 dan 900 °C dengan waktu tahan 5 jam (Venkatesan dan Kim 2010).

Prosedur pengujian meliputi analisis *Fourier Transform Infra Red* (FTIR), *Scanning electron microscopy* (SEM), *X-Ray Diffraction* (XRD) serta analisis kelistrikan berupa uji konduktivitas dan kapasitansi hidroksiapatit menggunakan LCR meter. Dua miligram sampel yang berbentuk serbuk dicampur dengan 100 mg KBr kemudian dibuat pellet. Setelah itu, sampel dikarakterisasi dengan menggunakan FTIR Bruker Tensor 37 pada jangkauan gelombang 400-4000 cm^{-1} (Palella *et al.* 2011).

Prosedur pengujian SEM, sampel serbuk hidroksiapatit diambil sebanyak 2 gram, diletakkan pada plat logam tembaga yang berbentuk bulat (*sample holder*). Kemudian dilakukan proses pelapisan atau *coating* dengan lapisan emas agar sampel memiliki sifat konduktif. Setelah itu, dikarakterisasi dengan menggunakan SEM JSM 6360 LA (Venkatesan dan Kim 2010). Jenis fase dan kristalisasi hidroksiapatit dianalisis menggunakan XRD XD-610 SIMADZU dengan sumber $\text{CuK}\alpha$ ($\lambda = 1,5405 \text{ \AA}$). Sampel disiapkan sebanyak 2 mg ditempatkan di dalam *holder* yang berukuran 2 x 2 cm^2 pada difraktometer. Tegangan yang digunakan adalah 40 kV dan arus generatornya sebesar 30 mA. Sudut awal diambil pada 5° dan sudut akhir pada 80° dengan kecepatan baca 4°/menit (Venkatesan dan Kim 2010).

Uji kelistrikan hidroksiapatit dilakukan dengan menggunakan alat LCR meter dengan arus 1 A dan tegangan 1 V. Hidroksiapatit ditempatkan pada plat PCB yang nantinya hidroksiapatit ini akan berfungsi sebagai bahan dielektrik. Kemudian dihitung nilai konduktansi, impedansi dan kapasitansi sehingga dihasilkan nilai konduktivitas dan kapasitansinya.

IV. KETERCAPAIAN TARGET LUARAN

4.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan

Penelitian ini dilaksanakan bulan Januari sampai Mei 2012. Tempat pelaksanaan penelitian di laboratorium preservasi dan pengolahan hasil perairan, laboratorium biokimia hasil perairan, Departemen Teknologi Hasil Perairan; laboratorium analisis bahan, Departemen Fisika; Balai Besar Keramik Indonesia, Bandung. dan Laboratorium Geologi Kuarter, Puslitbang Geologi Laut Bandung.

4.2 Jadwal Faktual Pelaksanaan

Kegiatan PKMP dilaksanakan selama 5 bulan dari bulan Februari hingga Juni 2013.

4.3 Instrumen Pelaksanaan

Alat yang digunakan dalam pengekstraksian hidroksiapatit dari tulang ikan meliputi neraca digital, oven (Yamato), *hammer mill*, pengayak/penyaring, *furnace* (Vulcan 3-130 dan Nabertherm, kisaran suhu 50-1100 °C, 220-240 V, 1060 W). Alat yang digunakan untuk analisis FTIR adalah spektrofotometer Bruker Tensor 27, perangkat X-ray Diffractometer Merek SHIMADZU tipe XD-610, alat untuk analisis morfologi adalah perangkat SEM jenis JSM 6360 LA (perbesaran 10.000, 20.000 dan 40.000 dengan tegangan 20kV) serta pengukuran karakteristik kelistrikan menggunakan induktansi (L), kapasitansi (C) dan resistansi (R)-LCR meter Hitester 3522-50 (tegangan 1 V, arus 2A, frekuensi 1-10.000 Hz) dan 2 plat *printed circuit boards* (PCB) berukuran 2 x 2 x 0,2 cm³.

4.4 Rancangan dan Realisasi Biaya

Biaya yang digunakan untuk penelitian ini adalah Rp 9.392.000. Rincian penggunaan biaya selama penelitian dapat dilihat pada Lampiran 1.

V. HASIL DAN PEMBAHASAN

Rendemen dan Warna Hidroksiapatit Tulang Ikan Tuna

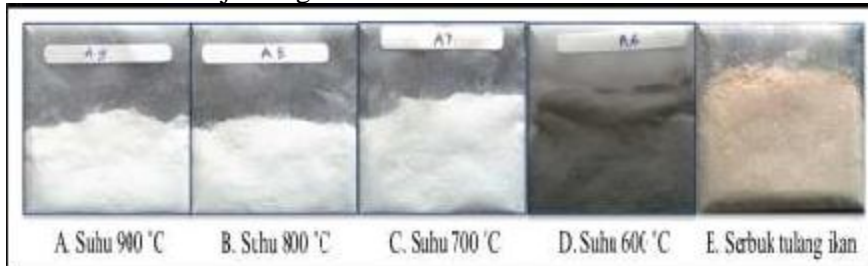
Hasil pengamatan menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu sintering, rendemen yang dihasilkan semakin kecil. Suhu sintering 900 °C dihasilkan rendemen sebesar 56,63 % ± 0,86, suhu sintering 800 °C dihasilkan rendemen sebesar 60,52 ± 0,79 % dan pada suhu 700 °C rendemen yang dihasilkan sebesar 65,61 ± 2,21 %. Penggunaan suhu sintering sebesar 600 °C sebenarnya dihasilkan rendemen yang lebih banyak yaitu 69,95 ± 3,72 %, akan tetapi serbuk yang ada masih memperlihatkan berwarna abu-abu. Kondisi ini menunjukkan bahwa serbuk tersebut masih terdapat komponen-komponen organik dan belum memperlihatkan tingkat kemurnian yang tinggi. Hal ini sejalan juga dengan Venkatesan dan Kim (2010) dan Lokapuspita *et al.* (2012) yang menyatakan bahwa penggunaan suhu sintering 600 °C pada serbuk tulang ikan tuna masih memperlihatkan warna abu-abu. Venkatesan dan Kim (2010) juga menyebutkan bahwa nilai rendemen pada kisaran 60 % atau kurang akan berwarna putih yang mengindikasikan hidroksiapatit yang lebih murni (Tabel 1).

Tabel 1 Rendemen dan warna hidroksiapatit dari tulang ikan tuna hasil proses sintering

Sampel	Suhu sintering (°C)	Waktu tahan (jam)	Berat awal (gram)	Berat akhir (gram)	Rendemen (%)	Warna sampel
A	900	5	3,00 ± 0,01	1,70 ± 0,02	56,63 ± 0,86	Putih
B	800	5	3,01 ± 0,01	1,82 ± 0,03	60,52 ± 0,79	Putih
C	700	5	3,00 ± 0,01	1,97 ± 0,07	65,61 ± 2,21	Putih
D	600	5	3,01 ± 0,01	2,10 ± 0,12	69,95 ± 3,72	Abu-abu
E	Tulang ikan	-	-	-	-	Kuning

Keterangan: - tidak dilakukan analisis

Warna abu-abu pada sampel suhu *sintering* rendah (600 °C) disebabkan masih adanya sisa senyawa organik berupa karbon yang terdapat pada tulang ikan. Komponen organik dalam ikan meliputi 30% materialnya, sedangkan 60-70% bagian berupa kalsium fosfat dan hidroksiapatit (Kim dan Mendis 2006). Ozawa *et al.* (2007) menyatakan sampel yang di sintering suhu tinggi (700 ° – 1000 °C) akan berwarna putih yang menandakan proses degradasi material organik sudah tidak terjadi lagi.

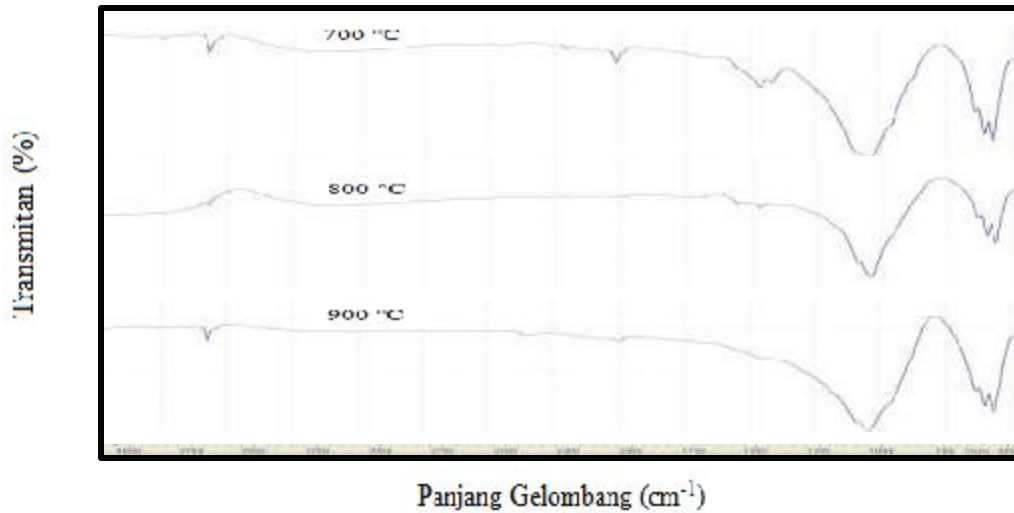


Gambar 1 Perubahan warna serbuk tulang ikan sebelum proses sintering (E) dan setelah proses sintering dengan berbagai variasi suhu (A, B, C, D)

Analisis *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR)

Karakterisasi FTIR dapat dilakukan untuk mengidentifikasi zat/senyawa yang tidak diketahui serta menentukan jumlah komponen dalam sampel yang ditunjukkan dengan adanya puncak pada suatu bilangan gelombang tertentu. Karakterisasi ini dilakukan untuk mendapatkan informasi yang valid mengenai vibrasi/getaran dari senyawa fosfat, karbonat dan senyawa amida untuk memastikan pembuatan senyawa HAp tanpa asosiasi dari gugus organik (Venkatesan dan Kim 2010). Hidroksiapatit memiliki gugus OH⁻, gugus CO₃²⁻, dan gugus PO₄³⁻ (Prabarakan dan Rajeswari 2006). Spektrum FTIR pada sampel dengan variasi suhu sintering 700, 800 dan 900 °C disajikan pada Gambar 2.

Intensitas spektrum inframerah bergantung pada kenaikan suhu pada saat sintering (Balgies 2011). Gambar 5 menunjukkan bahwa kenaikan suhu sintering cenderung meningkatkan konsentrasi fosfat yang terbentuk. Hal ini terlihat dengan semakin panjang dan curamnya gugus fosfat pada hasil FTIR. Munculnya gugus fosfat menunjukkan HAp pada sampel telah terbentuk (Winata 2012). Suhu sintering yang tinggi menyebabkan nilai transmitansi yang tinggi. Hal tersebut terlihat dari sampel dengan suhu sintering 900 °C memiliki nilai transmitansi lebih tinggi dibandingkan dengan suhu 700 dan 800 °C.

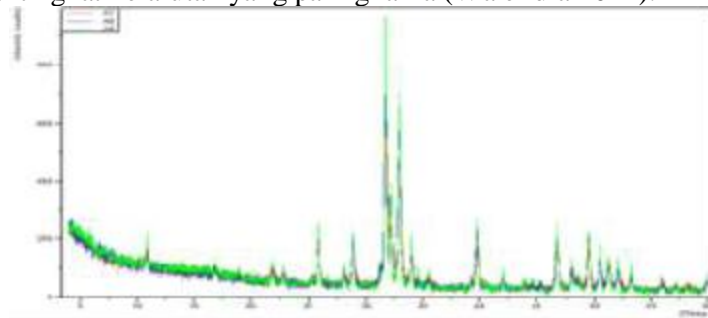


Gambar 2 Spektrum FTIR pada variasi suhu sintering 700, 800 dan 900 °C

Analisis *X-ray diffraction* (XRD)

Terdapat empat fase yang terkandung pada tulang ikan awal, yaitu apatit karbonat tipe A (AKA) dengan rumus molekul $(Ca_{10}(PO_4)_6(CO_3)_2)$, apatit karbonat tipe B (AKB) dengan rumus molekul $(Ca_{10}(PO_4)_3(CO_3)_3(OH)_2)$, trikalsium fosfat (TKF) dengan rumus molekul $(Ca_3(PO_4)_2)$ dan okta kalsium fosfat (OKF) dengan rumus molekul $(Ca_8H_2(PO_4)_6 \cdot 5H_2O)$ (Ozawa dan Suzuki 2002). Identifikasi fase hasil sintesis senyawa kalsium fosfat dapat dianalisa dengan menggunakan XRD sedangkan penentuan fase yang muncul mengacu pada data JCPDS (*Joint Committee on Powder Diffraction Standards*). Pola difraksi sinar-X serbuk tulang ikan tuna pada suhu sintering 700 °C disajikan pada Gambar 3.

Hasil HAp dengan sifat kristalinitas yang tinggi dibentuk pada suhu sintering 900 °C dilihat dari puncak yang tertinggi dibandingkan puncak pada suhu sintering 700 dan 800 °C. Puncak tertinggi pada pola difraksi sampel dengan suhu sintering 900 °C ini terdapat pada sudut 2θ 32,8957 °. Senyawa kalsium fosfat yang memiliki tingkat kestabilan yang paling tinggi adalah hidroksiapatit (HAp), tetapi mempunyai tingkat kelarutan yang paling lama (Walendra 2012).

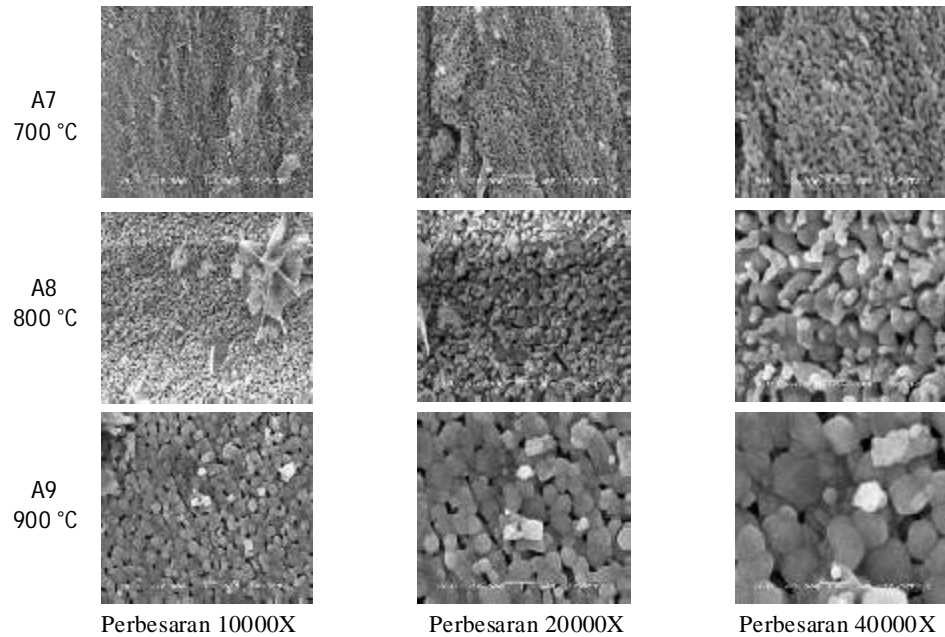


Gambar 3 Pola difraksi sinar-X tulang ikan tuna pada suhu 700, 800 dan 900 °C

Analisis *Scanning Electron Microscopy* (SEM)

Hidroksiapatit pada umumnya dibuat dalam bentuk serbuk dan jika diamati secara visual akan tampak bahwa serbuk hidroksiapatit tersebut tersusun atas butiran-butiran halus (Pratiwi 2011). Analisis *scanning electron microscopy* (SEM)

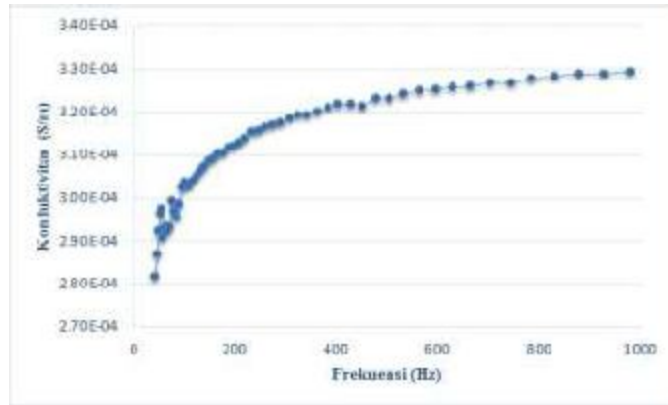
digunakan untuk memperjelas bentuk butiran penyusun sampel tersebut. Hasil analisis SEM HAp pada suhu sintering 700, 800 dan 900 °C dengan berbagai perbesaran dapat dilihat pada Tabel 2. Karakterisasi SEM menunjukkan bahwa partikel penyusun sampel serbuk hidroksiapatit tidak berbentuk bulat. Bentuk partikelnya bervariasi dan menyerupai bentuk kristal (Pratiwi 2011). Susunan dan jarak partikel penyusun sampel HAp tersebut juga tidak teratur.



Gambar 4 Hasil analisis morfologi hidroksiapatit tulang ikan tuna

Karakteristik Kelistrikan

Nilai kapasitansi terlihat bervariasi terhadap frekuensi dan mengalami penurunan dengan bertambahnya frekuensi yang diberikan dengan nilai tertinggi 0,0061 nF pada suhu 700 °C. Frekuensi berpengaruh terhadap bahan dielektrik itu sendiri, yaitu dengan naiknya frekuensi maka semakin banyak gelombang yang ditransmisikan tiap detiknya, sebelum kapasitor terisi penuh arah arus listrik sudah berbalik sehingga terjadi pengosongan muatan dalam kapasitor dengan cepat, yang mengakibatkan muatan dalam kapasitor semakin berkurang dan kemampuan kapasitor untuk menyimpan muatan semakin kecil (Sutrisno 1984). Adanya bahan dielektrik di antara plat kapasitor akan memunculkan muatan-muatan permukaan yang cenderung memperlemah medan listrik semula dalam dielektrik. Pelemahan medan listrik ini menyebabkan pengurangan beda potensial antara plat-plat kapasitor yang berisi bahan dielektrik (Tippler 1996).



Gambar 5 Hasil pengukuran konduktivitas hidroksiapatit tulang ikan tuna

VI. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Material biokeramik berbasis hidroksiapatit dapat dihasilkan pada suhu sintering 700 °C dengan rendemen tertinggi $65,61 \pm 2,21$ % dan berwarna putih. Melalui pengujian spektrofotometer FTIR, gugus yang dimiliki meliputi OH^- , CO_3^{2-} , dan PO_4^{3-} . Semakin tinggi suhu sintering, semakin tinggi derajat kristalinitasnya, sedangkan dengan SEM memperlihatkan bahwa partikel penyusunnya berukuran 0,050 μm sampai 0,803 μm dan menyerupai bentuk kristal heksagonal. Adapun nilai kapasitansi mengalami penurunan dengan bertambahnya frekuensi yang diberikan, dengan nilai tertinggi 0,0061 nF, sedangkan nilai konduktivitas mengalami kenaikan seiring dengan bertambahnya frekuensi dengan nilai terendah $7,73 \times 10^{-5}$ S/m.

Saran

Proses pemurnian perlu dilakukan agar karakteristik fisika dan mekanik material biokeramik berbasis hidroksiapatit tulang ikan tuna memiliki nilai ekonomi yang tinggi sehingga didapatkan senyawa hidroksiapatit alami yang murni tanpa ada senyawa pengotor lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Chung Y, Ying-kui G, Mi-lin Z. 2010. Thermal decomposition and mechanical properties of hydroxyapatite ceramics. *J. Trans. Nonferrous Met. Soc* 20: 254-258.
- Deptula A *et al.* 2006. Sol-gel-derived hydroxyapatite and its application to sorption of heavy metals. *Science and Technology* 45: 2198-2203.
- Freedonia Group. 2006. *Advanced Ceramics: US Industry Study with Forecasts to 2010 & 2015*. Cleveland USA: The Freedonia Group
- Huang Y.P, Hsiao P.C, Chai H.J. 2011. Hydroxyapatite extracted from fish scale: effect on MG63 osteoblast-like cells. *J. Ceramics International* 37: 1825-1831.
- Juraida J, Sontang M, Ghapur EA, Isa MIN. 2011. Preparation and characterization of hydroxyapatite from fish bone. *Empowering Science, Technology and Innovation Towards a Better Tomorrow*
- Kadir MFZ, Majid SR dan Arof AK. 2010. Plasticized chitosan-PVA blend polymer electrolyte based proton battery. *Electrochimia Acta*. 55: 1475-1482.

- Morgan Technical Ceramics. 2009. Markets & applications. <http://www.morgantechnicalceramics.com/markets-applications/>. [10 Oktober 2011].
- Ozawa M, Suzuki S. 2002. Microstructural development of natural hydroxyapatite originated from fish-bone waste through heat treatment. *J. Am. Ceram. Soc* 85 (5): 1315-1317.
- Pal S, roy S, Bag S. 2005. Hydroxyapatite Coating over Alumina-Ultra High Molecular Weight Polyethylene Composite Biomaterials. *Trends Biomater Artif Organs* 18(2): 106-109.
- Pallela R, Venkatesan J, Kim S.K. 2011. Polymer assisted isolation of hydroxyapatite from *Thunnus obesus* bone. [in press]. *J. Ceramics International*
- Sasikumar S, Vijayaraghavan R. 2006. Low temperature synthesis of nanocrystalline hydroxyapatite from egg shells by combustion method. *Trends Biomater Artif Organs* 19(2): 70-73.
- Tanaka Y, Hirata Y, Yoshinaka R. 2003. Process. Res. Inorganic Materials. *J. Ceramics* 38, 973-984.
- Thula TT *et al.* 2011. In vitro mineralization of dense collagen substrates: a biomimetic approach toward the development of bone-graft materials. *J. Acta Biomaterialia* 7:3158-3169.
- Venkatesan J, Kim S.K. 2010. Effect of temperature on isolation and characterization of hydrokxyapatite from tuna (*Thunnus obesus*) bone. *J. Materials* 3: 4761-4772.
- Yamashita K, Kazanawa T. 1989. Inorganic phosphate materials. *Elsevier*

LAMPIRAN

Lampiran 1 Realisasi biaya pelaksanaan kegiatan PKMP

No.	Transaksi	Jumlah (Rp)
1.	Pengadaan Bahan Baku dan Peralatan	2.217.000
2.	Biaya Penggunaan Laboraturium	2.750.000
3	Biaya pengujian bahan	4.425.000
Total Biaya		9.392.000

Lampiran 2 Dokumentasi kegiatan



Transformasi tulang ikan menjadi serbuk tulang ikan dan serbuk hidroksiapatit

