

## PROSES PEMBUATAN FISHBONE HYDROXYAPATITE DARI LIMBAH TULANG IKAN BANDENG

**Anita Hadi Saputri (L2C007009) dan Ima Winaningsih (L2C007050)**  
Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro  
Jln. Prof. Sudharto, Tembalang, Semarang 50239, Telp/Fax: (024)7460058  
Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Purwanto, DEA

### ABSTRAK

*Hydroxyapatite  $Ca_5(PO_4)_3(OH)$  merupakan biomaterial multifungsi yang berperan sebagai implant tulang, penyerap logam berat, penstabil limbah radioaktif hingga support katalis. Hydroxyapatite komersial cenderung dibuat dengan proses yang tergolong high cost production. Usaha memproduksi hydroxyapatite dengan biaya rendah dilakukan dengan membuat hydroxyapatite dari limbah tulang ikan (fishbone hydroxyapatite). Pembuatan fishbone hydroxyapatite dilakukan melalui dua tahap yaitu persiapan bahan baku tulang ikan dan pembakaran bersuhu tinggi dalam furnace. Penelitian difokuskan pada pengaruh kondisi operasi suhu dan waktu pembakaran. Suhu pembakaran memberikan pengaruh besar dalam pembuatan fishbone hydroxyapatite, sedang waktu pembakaran memberikan pengaruh yang kurang signifikan. Analisa XRD dilakukan pada kondisi operasi yang lebih signifikan memberikan perbedaan hasil untuk tiap sampel yaitu suhu pembakaran, menunjukkan suhu pembakaran berpengaruh terhadap kristalinitas sampel. Kenaikan suhu akan meningkatkan kristalinitas sampel hasil pembakaran tulang ikan. Hasil penelitian menunjukkan fishbone hydroxyapatite yang memiliki stuktur kristal sesuai acuan kristal hydroxyapatite komersial terbentuk di suhu pembakaran 700°C dan waktu pembakaran 6 jam.*

**Kata kunci:** *hydroxyapatite, tulang ikan, XRD.*

### ABSTRACT

*Hydroxyapatite or  $Ca_5(PO_4)_3(OH)$  is a multifunctional biomaterial as a means of bone implant, heavy metal absorbent, radioactive waste stabilizer to catalytic supporter. A commercial Hydroxyapatite tends to be created with a high cost production process. The work of producing a very cheap Hydroxyapatite is composed with the making of hydroxyapatite made from fishbone (fishbone hydroxyapatite) It takes two phases working; first, preparing the fishbone raw materials, second, high-temperature combustion in a furnace. The research focuses on the influence of temperature and time in the course of the combustion. The combustion temperature give the big effect in fishbone hydroxyapatite production, while the time of combustion give insignificant effect. For variables which showed larger differences, means temperature of combustion, its crystallinity was analyzed with an X-Ray Diffractometer. Temperatute increase will also increasing the cristalinity of sample. This research showed fishbone hydroxyapatite that has a crystal structure as well as comercial hydroxyapatite is sample which burned at themperature 700°C and time of combustion 6 hour.*

### 1. Pendahuluan

Hydroxyapatite [ $Ca_5(PO_4)_3(OH)$ ] merupakan kristal kalsium apatite yang banyak dimanfaatkan sebagai implant tulang karena kemampuannya bersinergi dengan tubuh manusia. Selain sebagai implant tulang, kristal hydroxyapatite juga berfungsi sebagai penyerap logam berat, penstabil limbah radioaktif serta sedang dalam penelitian untuk dimanfaatkan sebagai support katalis. Hydroxyapatite komersial dibuat dengan beberapa teknik, antara lain dengan wet chemical methods (presipitasi), teknik hydrothermal, hydrolysis calcium phosphates, ataupun sol-gel reaction yang semuanya tergolong *high cost production*. Tingginya biaya produksi tersebut membuat banyak peneliti berusaha mencari alternatif pembuatan hydroxyapatite dari sumber alaminya yang lebih murah. Sumber alami hydroxyapatite antara lain terdapat pada tulang ikan dengan kadar 43% berat tulang (Wang et. al., 2008)

Selama ini sebagian besar kebutuhan hydroxyapatite di Indonesia dipenuhi dengan cara mengimpornya dari negara lain seperti Jepang, Jerman, Amerika Serikat, dan Swiss, karenanya harga jual hydroxyapatite di Indonesia sangat mahal. Dilain pihak, indonesia menghasilkan 3 juta ton tulang

ikan yang belum dimanfaatkan dengan optimal. Dari berbagai jenis, ikan bandeng merupakan peringkat ketiga ikan yang banyak diproduksi di Indonesia. Penelitian mengenai pembuatan hydroxyapatite dari limbah tulang ikan bandeng dapat memberikan kontribusi besar dalam menangani masalah tersebut.

Penelitian mengenai pembuatan hydroxyapatite dari tulang ikan (fishbone hydroxyapatite) pertama kali dilakukan oleh Ozawa et. al. dimana hydroxyapatite dihasilkan melalui proses pembakaran tulang ikan di suhu tinggi. Selanjutnya banyak penelitian diarahkan pada kondisi operasi berupa jenis tulang ikan, suhu dan waktu pembakaran yang berpengaruh terhadap proses tersebut.

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari proses pembuatan fishbone hydroxyapatite dari limbah tulang ikan bandeng, mempelajari pengaruh kondisi operasi berupa waktu dan suhu pembakaran, serta melakukan analisa X-Ray Difractometer pada kondisi operasi yang lebih dominan memberikan perbedaan tampak fisik untuk mengetahui pengaruhnya terhadap kristalinitas sampel.

## 2. Metodologi

Pembuatan hydroxyapatite dari limbah tulang ikan bandeng dilakukan melalui dua tahap, persiapan bahan baku tulang ikan dan pembakaran bersuhu tinggi dalam furnace. Limbah tulang ikan bandeng yang masih bercampur dengan sisa daging dan organ dalam ikan ditimbang sebanyak 6 kg kemudian direbus dalam air mendidih selama 1 jam, hasil rebusan didinginkan, kemudian dipisahkan tulang ikan dari daging dan kotoran lainnya. Tulang ikan diambil untuk proses lebih lanjut sedang daging dan kotoran lainnya dibuang. Tulang ikan yang telah bersih selanjutnya dioven dengan suhu 100°C selama 1 jam untuk menghilangkan sisa air rebusan.

Tahap selanjutnya adalah proses pembakaran bersuhu tinggi dalam furnace. Tulang ikan kering ditimbang sebanyak 50 gr kemudian diletakan dalam cawan porslen. Tulang ikan selanjutnya dimasukan dalam furnace dan furnace disetting dengan kondisi operasi yang telah ditetapkan sebelumnya. Pada penelitian ini dipelajari pengaruh kondisi operasi berupa suhu dan waktu pembakaran dalam pembuatan fishbone hydroxyapatite. Kondisi operasi yang dibuat berbeda adalah suhu, yaitu di suhu 300°C, 400°C, 500°C, 600°C dan 700°C dengan waktu pembakaran tetap 6 jam, serta waktu yaitu selama 2, 6, 12, 18, 24 jam dengan suhu pembakaran tetap 600°C. Setelah proses pembakaran selesai sampel hasil pembakaran dikeluarkan dari dalam furnace. Sampel hasil pembakaran dari kondisi operasi suhu yang berbeda dibandingkan tampak fisiknya dengan sampel hasil pembakaran dari waktu pembakaran yang berbeda. Untuk kondisi operasi yang menunjukkan perbedaan tampak fisik mencolok pada tiap sampel, dilakukan analisis kristalinitas pada sampel dengan X-Ray Difractometer. Perhitungan kristalinitas sampel dilakukan dengan membandingkan jumlah intensitas 3 puncak peak tertinggi pada sampel dengan jumlah intensitas 3 puncak peak tertinggi pada hydroxyapatite komersial di sudut 2 $\theta$  yang sama.

## 3. Hasil Dan Pembahasan

### 3.1 Pembuatan Fishbone Hydroxyapatite

Pada pembuatan fishbone hydroxyapatite dengan metode diatas, didapatkan hasil yang menunjukkan bahwa kondisi operasi suhu pembakaran memiliki pengaruh yang lebih besar dibanding waktu pembakaran. Hal tersebut dapat dilihat dari tampak fisik sampel dari kondisi operasi suhu pembakaran yang dibuat berbeda menunjukkan perbedaan warna yang sangat besar untuk tiap jenis suhu, yaitu perubahan warna dari hitam di suhu rendah, coklat tua, coklat muda hingga berwarna putih untuk tiap kenaikan suhu. Kondisi operasi berupa waktu pembakaran yang dibuat berbeda menunjukkan hasil tampak fisik yang relatif sama untuk tiap perubahan waktu. Sampel dari kondisi operasi suhu pembakaran yang berbeda dianalisis kristalinitasnya dengan X-ray Difractometer untuk kemudian dibandingkan dengan standar acuan kristal hydroxyapatite komersial. Dari hasil analisis didapatkan fishbone hydroxyapatite yang sesuai acuan kristal hydroxyapatite komersial terbentuk pada kondisi operasi suhu pembakaran 700°C dan waktu pembakaran 6 jam.

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Ozawa et.al. (2007), kristal fishbone hydroxyapatite terbentuk pada suhu pembakaran 600°-1000°C, namun pada penelitian ini pembakaran di suhu 600°C belum menghasilkan kristal yang sesuai dengan acuan hydroxyapatite komersial. Ozawa et. al. Menggunakan tulang ikan dari jenis *Japanesse Sea Berm* dan waktu

pembakaran 24 jam, sedang dalam penelitian ini digunakan ikan bandeng dengan waktu pembakaran 6 jam. Peneliti lain, Chattanathan (2009) menggunakan tulang ikan dengan jenis *Catfish* dan waktu pembakaran 6 jam berhasil mensintesa Catfish Hydroxyapatite (CHA) di suhu pembakaran 300°C. Dari kedua penelitian tersebut dapat disimpulkan kandungan hydroxyapatite yang berbeda dari jenis tulang ikan yang berbeda merupakan faktor yang paling memungkinkan terjadinya penunjukan hasil yang berbeda, sedang waktu pembakaran kurang memberikan pengaruh yang signifikan. Untuk jenis ikan bandeng pada waktu pembakaran 6 jam, kristal fishbone hydroxyapatite terbentuk pada suhu pembakaran 700°C.

### 3.2 Pengaruh Kondisi Operasi Suhu Pembakaran



Gambar 1. Sampel hasil pembakaran dengan perubahan suhu

Gambar 1. menunjukkan hasil pembakaran tulang ikan dengan kondisi operasi suhu yang dibuat berbeda. Pada gambar tersebut dapat dilihat kondisi operasi berupa suhu yang dibuat berbeda menunjukkan perubahan warna yang sangat besar. Sampel yang dibakar pada suhu 300°C berwarna hitam, di suhu 400°C berwarna coklat, di suhu 500°C berwarna coklat muda, di suhu 600°C berwarna putih keabu-abuan dan sampel di variabel suhu 700°C berwarna putih. Perbedaan tampak fisik pada tiap kenaikan suhu menunjukkan bahwa suhu pembakaran berpengaruh dalam proses pembuatan fishbone hydroxyapatite.

Warna hitam pada sampel di suhu pembakaran rendah (300°C-500°C) disebabkan oleh sisa senyawa organik berupa karbon yang terdapat pada tulang ikan. Komponen organik dalam tulang ikan meliputi 30% dari materialnya, sedang 60-70% bagian berupa substansi anorganik calcium phosphat dan hydroxyapatite (Kim dan Mendis, 2005). Pembakaran tulang ikan di suhu 300°C-450°C akan menghilangkan senyawa organik pada tulang ikan (Ozawa et.al., 2007) Senyawa organik yang terdapat pada sampel tulang ikan sebagian besar berupa karbon yang berwarna kehitaman. Semakin tinggi suhu pembakaran, maka semakin banyak senyawa karbon yang terdekomposisi sehingga warna hitam pada sampel semakin menghilang. Sampel yang dibakar pada suhu tinggi (600°C-700°C) berwarna putih dan hanya mengalami sedikit perubahan warna. Pada suhu 600°-1000°C proses degradasi material organik sudah tidak terjadi (Ozawa et.al., 2007). Pada suhu ini semua material organik pada tulang ikan telah terdegradasi sehingga warna kehitaman akibat senyawa karbon menghilang.

### 3.3 Pengaruh Kondisi Operasi Waktu Pembakaran

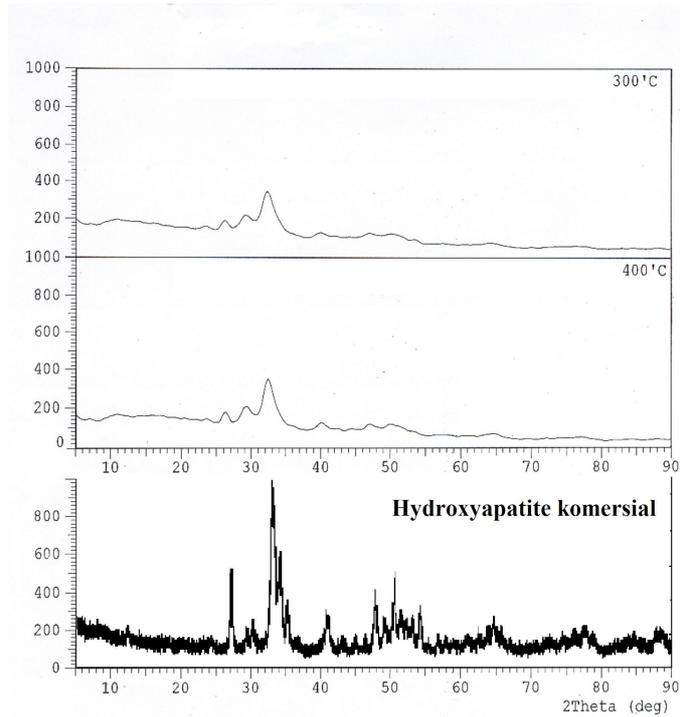


Gambar 2. Sampel hasil pembakaran dengan perubahan waktu

Gambar 2. menunjukkan hasil pembakaran tulang ikan dengan kondisi operasi berupa waktu yang dibuat berbeda. Pada gambar tersebut dapat dilihat kondisi operasi waktu yang dibuat berbeda menunjukkan perubahan warna yang sangat kecil pada sampel, dimana sampel yang dihasilkan berwarna putih dengan sedikit degradasi tingkat kecerahan. Sumber dari beberapa jurnal terkait menunjukkan beberapa peneliti kurang memperhatikan masalah perbedaan waktu pembakaran dalam prosedur pembuatan fishbone hydroxyapatite. Beberapa peneliti melakukan penelitian di waktu pembakaran yang berbeda-beda yaitu di waktu 30 menit (Nzhou dan Sharrock, 2010), 2 jam (Prabakaran et. al., 2006), 4 jam (Brunson dan Sabatini, 2009) dan 24 jam (Ozawa et.al., 2005 dan Chatta nathan, 2009). Dari hal tersebut dapat disimpulkan waktu pembakaran kurang memberikan pengaruh yang signifikan dalam pembuatan fishbone hydroxyapatite. Waktu pembakaran yang paling banyak digunakan oleh para peneliti dalam pembuatan fishbone hydroxyapatite adalah 24 jam.

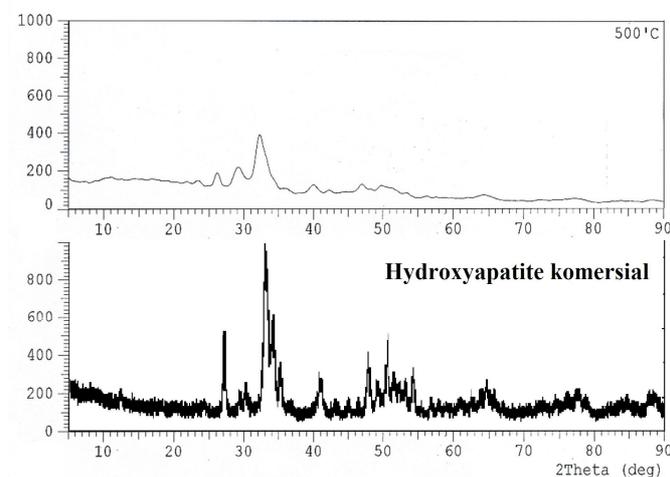
#### 3.4 Analisa X-Ray Diffractometer

Analisis XRD untuk mengetahui derajat kristalinitas dilakukan pada kumpulan sampel yang memberikan pengaruh perbedaan kondisi operasi yang lebih signifikan, yaitu berupa perbedaan suhu pembakaran. Analisis XRD dilakukan di FMIPA UGM dengan spesifikasi alat : jenis X-Ray Tube Cu, panjang gelombang 1,54060 Å, voltase 40,0 kV, arus 30,0 mA, dan sudut pengamatan  $2\theta$   $10^\circ$ - $90^\circ$ . Hasil analisis berupa grafik kumpulan peak yang menunjukkan intensitas difraksi sinar X di sudut  $2\theta$  tertentu. Hasil akhir grafik kemudian diperhalus dengan smoothing point pada gambar sebesar 15 point.



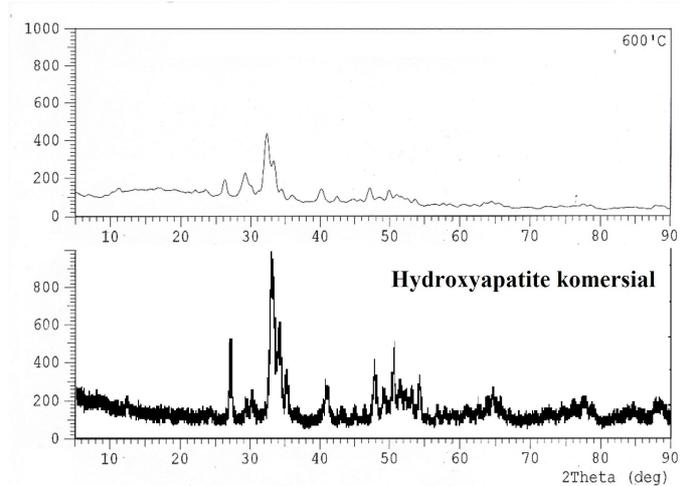
Gambar 3. Hasil analisis XRD di suhu 300°C dan 400°C

Gambar 3. menunjukkan hasil analisis XRD sampel pada kondisi operasi suhu pembakaran 300°C dan 400°C. Dapat dilihat pada kondisi operasi suhu pembakaran 300°C dan 400°C peak yang terbentuk oleh difraksi sinar-X berupa peak yang landai, menunjukkan struktur sampel dengan tingkat kristalinitas rendah (amorf).



Gambar 4. Hasil analisis XRD di suhu 500°C

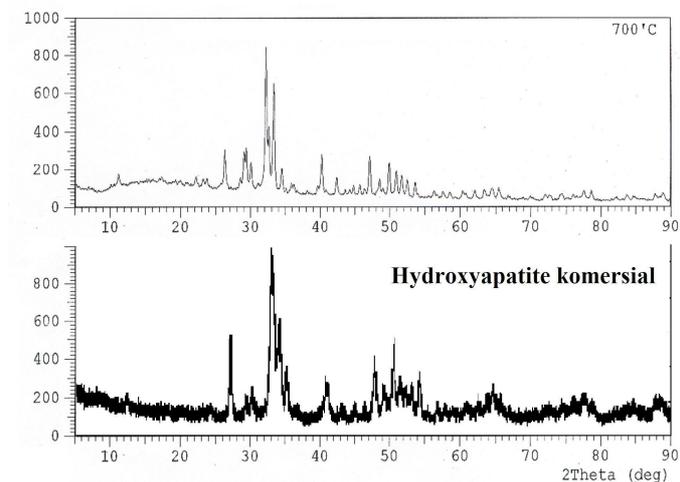
Gambar 4. menunjukkan hasil analisis XRD sampel pada kondisi operasi suhu pembakaran 400°C. Pada suhu pembakaran 500°C peak yang dihasilkan oleh difraksi sinar-X masih bersifat landai, kristalinitas sampel masih tergolong rendah yang menunjukkan sampel masih memiliki struktur amorf, namun proses peningkatan kristalinitas oleh treatment pemanasan mulai menunjukkan hasil yang berarti dibanding dua sampel sebelumnya.



Gambar 5. Hasil analisis XRD di suhu 600°C

Gambar 5. menunjukkan hasil analisis XRD sampel pada kondisi operasi suhu pembakaran 600°C. Pada suhu pembakaran 600 °C peak yang terbentuk oleh difraksi sinar-X sudah mulai tajam, hal tersebut menunjukkan peningkatan kristalinitas sampel yang cukup besar, namun sampel masih menunjukkan struktur amorf.

Hasil analisa XRD sampel pada penelitian ini berbeda dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan Ozawa et. al. (2007), dimana pembakaran tulang ikan di suhu 600°C akan menyebabkan tulang ikan memiliki struktur kristal sesuai acuan kristal hydroxyapatite komersial. Perbedaan tersebut disebabkan oleh perbedaan jenis tulang ikan dan waktu pembakaran. Ozawa et. al. menggunakan tulang ikan dari jenis *Japanese Sea Berm* dan waktu pembakaran 24 jam. Pada pembahasan sebelumnya telah diuraikan bahwa waktu pembakaran kurang memberikan pengaruh yang dominan dalam pembuatan fishbone hydroxyapatite, sehingga kondisi operasi yang memungkinkan sebagai penyebab terjadinya perbedaan hasil tersebut adalah penggunaan tulang ikan dari jenis yang berbeda.



Gambar 6. Hasil analisis XRD di suhu 700°C

Gambar 6. menunjukkan hasil analisis XRD sampel pada kondisi operasi suhu pembakaran 700°C. Sampel di suhu pembakaran 700°C merupakan sampel yang memberikan hasil peak intensitas difraksi sinar-X yang paling mendekati standar hydroxyapatite komersial. Peak yang tajam dan sempit menunjukkan kristalinitas sampel yang tinggi, yang berarti struktur amorf hydroxyapatite pada sampel tulang ikan telah berubah menjadi struktur kristalin.

Tabel 1. Kristalinitas sampel

| Suhu Pembakaran | Kristalinitas | Struktur |
|-----------------|---------------|----------|
| 300°C           | 0,15          | amorf    |
| 400°C           | 0,18          | amorf    |
| 500°C           | 0,26          | amorf    |
| 600°C           | 0,37          | amorf    |
| 700°C           | 0,96          | kristal  |

Tabel 1. menunjukkan kristalinitas sampel fishbone hydroxyapatite pada suhu pembakaran tertentu. Dari tabel tersebut dapat disimpulkan bahwa kondisi operasi berupa suhu pembakaran berpengaruh terhadap kristalinitas sampel tulang ikan. Hydroxyapatite yang terkandung pada tulang ikan sebelum proses pembakaran memiliki struktur amorf dan setelah mengalami pembakaran di suhu tertentu struktur hydroxyapatite akan berubah menjadi material kristalin. Semakin tinggi suhu pembakaran, kristalinitas sampel hasil pembakaran akan semakin besar. Proses pembakaran akan memberikan energi pada sampel yang berupa padatan amorf, dalam hal ini tulang ikan dan meningkatkan kristalinitasnya (Widiyastuti et. al., 2009). Untuk fishbone hydroxyapatite pembakaran di suhu 300°C-450°C akan menghilangkan material organik yang terdapat pada tulang ikan namun belum mengubah struktur amorfnya, pembakaran di suhu 600°C-1000°C akan mengubah struktur sampel menjadi kristal sesuai acuan hydroxyapatite komersial, dan jika proses pemanasan dilanjutkan, maka hydroxyapatite akan mengalami sintering pada suhu pembakaran 1300°C (Ozawa et. Al., 2007).

Pada penelitian ini hydroxyapatite yang sesuai dengan acuan kristal hydroxyapatite komersial mulai terbentuk di pembakaran dengan suhu 700°C, hal ini berbeda dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan Ozawa et.al. (2007) dimana kristal hydroxyapatite yang sesuai dengan acuan kristal hydroxyapatite komersial terbentuk di pembakaran dengan suhu mulai 600°C hingga 1000°C. Perbedaan hasil ini disebabkan karena perbedaan jenis tulang ikan yang digunakan. Dalam penelitian ini digunakan tulang ikan bandeng sedang dalam penelitian Ozawa et.el. digunakan tulang ikan dari jenis *Japanesse Sea Bearm*.

#### 4. Kesimpulan

Pembuatan hydroxyapatite dari limbah tulang ikan bandeng dilakukan melalui dua tahap, persiapan bahan baku tulang ikan dan pembakaran bersuhu tinggi dalam furnace. Fishbone hydroxyapatite yang sesuai acuan kristal hydroxyapatite komersial terbentuk pada kondisi operasi suhu pembakaran 700°C dan waktu pembakaran 6 jam. Suhu pembakaran berpengaruh dalam proses pembuatan fishbone hydroxyapatite. Pembakaran tulang ikan di suhu rendah (300°C-500°C) akan menghilangkan senyawa organik pada tulang ikan dan pada pembakaran suhu tinggi (600°-700°C) proses degradasi material organik sudah tidak terjadi. Waktu pembakaran memberikan pengaruh yang kurang signifikan dalam pembuatan fishbone hydroxyapatite. Hasil analisa XRD menunjukkan suhu pembakaran berpengaruh terhadap kristalinitas sampel. Semakin tinggi suhu pembakaran, kristalinitas sampel hasil pembakaran akan semakin besar. Fishbone hydroxyapatite yang dihasilkan pada pembakaran bersuhu 700°C dan waktu pembakaran 6 jam memiliki kristalinitas 0,96.

#### Daftar Pustaka

- Aji, Setyo Bayu, Fitriani asnawi, Linda Susilaningtyas, dan Nurlaila Indah, 2009, *X-Ray Diffractometer*, Teknik Kimia Fakultas Teknik. Universitas Sebelas Maret. Indonesia
- Ange Nzihou dan Patrick Sharrock, 2010, *Role of Phosphate in the Remediation and Reuse of Heavy, Waste Biomass Valor*, Vol. 1, pp. 163–174
- Brunson, Laura R. dan David A. Sabatini, 2009, *An Evaluation of Fish Bone Char as an Appropriate Arsenic and Fluoride Removal Technology for Emerging Regions*, Environmental Engineering Science, Volume 26, pp. 1777-1784
- Chattanathan, Shyamsundar Ayalur, 2009, *Use of Hydroxyapatite Derived from Catfish Bones Forremediating Uranium Contaminated Groundwater*, Thesis Universitas Auburn, Alabama

- Cupertino, Bubb Road, 1999, *Basics of X-Ray Diffraction*, Scintag, Inc, New York, pp 7.1-7.25
- Ferinaldy, 2008, *Produksi Perikanan Budidaya Menurut Komoditas Utama (2005-2009)*, Kompas 14 April 2008
- Fisher, Brian, 2009, *Surface-Functionalized Fish Bone to Stabilize Arsenic and Tungsten Removal from Groundwater*, Thesis University of Notre Dame, November 2009
- Gutowska, Izabela, Zygmunt Machoy dan Bogusław Machalin, 2005, *The role of Bivalent Metals in Hydroxyapatite Structures as Revealed by Molecular Modeling with The HyperChem Software*, Wiley InterScience, DOI: 10.1002/jbm.a.30511
- Hidayat, Wahyu, 2010, *10 Juta Ton Produksi Perikanan Indonesia*, Waspada Online, 13 Juni 2010, [www.waspadaonline.com](http://www.waspadaonline.com)
- Kaneda, Kiyotomi, Kohsuke Mori, Takayoshi Hara, Tomoo Mizugaki, dan Kohki Ebitani, 2004, *Design of Hydroxyapatite-bound Transition Metal Catalysts*, Catalysis Surveys from Asia, Vol. 8, No. 4, pp. 231-239
- Kim, Se-Kwon dan Eresha Mendis, 2006, *Bioactive Compounds from Marine Processing Byproducts – A Review*, Food Research International, Volume 39, pp. 383–393
- Ozawa, M dan S. Kanahara, 2005, *Removal of Aqueous Lead by Fish-Bone Waste Hydroxyapatite Powder*, Journal of Materials Science, Volume 40, pp. 1037 – 1038
- Ozawa, M, M Hattori dan K Satake, 2007, *Waste Management and Application of Fishbone Hydroxyapatite for Waste Water Treatment*, Proceedings of International Symposium on EcoTopia Science 2007, ISETS07, pp. 957-958
- Prabakaran, K dan S. Rajeswari, 2006, *Development of Hydroxyapatite from Natural Fish Bone Through Heat Treatment*, Trends Biomater. Artif. Organs, Vol 20(1), pp 20-23
- Richardson, James T., 1989, *Principles of Catalyst Development*, A Division of plenum Publishing Corporation, New York, pp. 159-160
- Savitri, Nike Dwi dan Veronica, 2009, *Proses Produksi DiEtil Eter dengan Dehidrasi Etanol pada Fase Cair*, Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
- Singh, Talwinder, 2009, *Design And Formulation Of Bioactive Coatings Using Thermal Spray Process*, Thesis Thapar University, Patiala, INDIA, Juli 2009
- Wan, Jian, Yonglie Chao, Qianbing Wan, Kangping Yan dan Yukun Meng, 2009, *Fluoridated Hydroxyapatite / Titanium Dioxide Nanocomposite Coating Fabricated by a Modified Electrochemical Deposition*, Journal of Material Science : Mater Med, Volume 20, pp.1047–1055
- Widiyastuti et. al., 2009, *Pembuatan Partikel Hydroxyapatite (HA) dengan Proses Flame Sintesis*, Prosiding Seminar nasional Teknik Kimia Indonesia – STNKI 2009, ISBN 978-979-98300-1-2, pp. SPP12-1,2