

DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. Mondal, S. Mondal, A. Mondal, and N. Mandal. “Fish Scale Derived Hydroxyapatite Scaffold for Bone Tissue Engineering”. *Materials Characterization*, Vol. 121:112-124, 2016.
- [2] A. Sabir, H. Abbas, A. Y. Amini, and S. Asmal. “Characterization of Duck Egg Shells and Bioceramic Materials in Making Denture Applications” *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, Vol. 1242, No.1:1-8, 2020.
- [3] A. Ruksudjarit, K. Pengpat, G. Rujijanagul, and T. Tunkasiri. “Synthesis and Characterization of Nanocrystalline Hydroxyapatite from Natural Bovine Bone”. *Current Applied Physics*, Vol. 8:270-272, 2008.
- [4] A. Pal, S. Paul, A. R. Choudhury, V. K. Balla, M. Das, and A Sinha. “Synthesis of Hydroxyapatite from Lates Calcarifer Fish Bone for Biomedical Applications”. *Materials Letters*, Vol. 3:89–92, 2017.
- [5] M. Sari and Y. Yusuf. “Synthesis and Characterization of Hydroxyapatite based on Green Mussel Shells (Perna Viridis) with Calcination Temperature Variation Using The Precipitation Method”. *International Journal of Nanoelectronics and Materials*, Vol. 11, No. 3:357-370, 2018.
- [6] N. A. S. M. Pu’ad, J. Alipal, H. Z. Abdullah, M. I. Idris, and T. C. Lee. “Synthesis of Eggshell Derived Hydroxyapatite Via Chemical Precipitation and Calcination Method”. *Materials Today: Proceedings*, Vol. 42, No. 1:172-177, 2021.
- [7] N. Tangboriboon and J. Suttiprapar. “Innovative Preparation Calcium Hydroxyapatite from Duck Eggshell Via Pyrolysis”. *Applied Mechanics and Materials*, Vol. 851, No. 1:8-13, 2016.
- [8] F. Nurfiana, A. Kadarwati, and S. Putra. “Synthesis and Characterization of Hydroxyapatite from Duck Eggshell Modified Silver by Gamma Radiolysis Method”. *Journal of Physics: Conference Series*, Vol. 40, No.6:1-10, 2020.
- [9] O. G. C. Pineda, W. H. Kao, M. I. L. Bastarrachea, Y. V. Pantoja, J. V. C. Rodríguez, and J. M. Cervantes-Uc. “Towards Optimization of the

Silanization Process of Hydroxyapatite for its Use in Bone Cement Formulations”. *Materials Science and Engineering C*, Vol. 40: 157–163, 2014.

- [10] J. A. Ranamanggala, D. I. Laily, Y. N. Annisa, dan S. E. Cahyaningrum. “Potensi Hidroksiapatit dari Tulang Ayam sebagai Pelapis Implan Gigi”. *Jurnal Kimia Riset*, Vol. 5, No.2:1-10, 2020.
- [11] S. E Cahyaningrum, N. Herdyastuty, B. Devina, and D. Supangat. “Synthesis and Characterization of Hydroxyapatite Powder by Wet Precipitation Method”. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Vol. 299, No.1:1-5, 2017.
- [12] J. S. Al-Sanabani, A. A. Madfa, and F. A. Al-Sanabani. “Application of Calcium Phosphate Materials in Dentistry”. *International Journal of Biomaterials*, Vol. 2013: 1-12, 2013.
- [13] E. Siswoyo and Gunawan. “Synthesis and Characterization Hydroxyapatite from Calcium Oxide (CaO) Chicken Egg Shell with Precipitation Method”. *International Journal of Science and Technology*, Vol. 4, No. 2:40-45, 2018.
- [14] A. A. Baba, I. T. Oduwole, F. O. Salami, F. A. Adekola, and S. E. Adeboye. “Synthesis of Hydroxyapatite from Waste Egg-Shell by Precipitation Method”. *African Journals Online*, Vol. 15, No. 3:435-443, 2013.
- [15] O. G. Agbabiaka, I.O. Oladele, A. D. Akinwekomi, A. A. Adediran, A.O. Balogun, O. G. Olasukanm, and T.M.A. Olayanju. “Effect of Calcination Temperature on Hydroxyapatite Developed from Waste Poultry Eggshell”. *Scientific African*, Vol. 8:1-12, 2020.
- [16] Y. Azis, M. Adrian, C. D. Alfarisi, Khairat, and R. M. Sri. “Synthesis of Hydroxyapatite Nanoparticles from Egg Shells by Sol-Gel Method”. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Vol. 345:1-6, 2018.
- [17] F. Nurfiana, A. Kadarwati, and S. Putra. “Synthesis and Characterization of Hydroxyapatite from Duck Eggshell Modified Silver by Gamma Radiolysis Method”. *Journal of Physics: Conference Series*, Vol. 40, No.6:1-10, 2020.

- [18] F. Mubarak, A. Fadli, dan F. Akbar. “Kinetika Reaksi Sintesis Hidroksiapatit Menggunakan Metode Presipitasi dengan Pencampuran Langsung”. *Jom FTEKNIK*, Vol. 3, No. 1:1-6, 2016.
- [19] R. Ruslan. *Pengujian Struktur Kristal Biokeramik untuk Bahan Gigi Tiruan*. Skripsi, Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin, Makassar, 2015
- [20] G. E. J. Poinern, R. K. Brundavanam, and D. Fawcett. “Nanometre Scale Hydroxyapatite Ceramics for Bone Tissue Engineering”. *American Journal of Biomedical Engineering*, Vol. 3, No. 6:148-168, 2013.
- [21] C. S. A. Alpina, A. Yelmida, dan Zultiniar. “Sintesis Hidroksiapatit dari Precipitated Calcium Carbonate (PCC) Cangkang Telur Ayam Melalui Proses Sol Gel dengan Varisi Ph dan Waktu”. *JOM FTEKNIK*, Vol. 4, No. 4:1-4, 2017.
- [22] C. Sutowo, M. Ikhsan, dan I. Kartika. *Karakteristik Material Biokompetibel Aplikasi Implan Medis Jenis Bone Plate*. Skripsi, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jakarta, Jakarta, 2014.
- [23] M. Mozartha. “Hidroksiapatit dan Aplikasinya di Bidang Kedokteran Gigi”. *Cakradonya Dent J*, Vol. 7, No. 2:836-841, 2015.
- [24] A. M. Kurniawan, S. Hartini, dan M. N. Cahyanti. “Pengaruh Konsentrasi Fosfat Terhadap Perbandingan Ca/P Hidroksiapatit dari Limbah Gipsum Industri Keramik”. *EKSAKTA*, Vol. 19, No. 1: 46-56, 2019.
- [25] Siswoyo, Kumalasari, S. Wulan, dan F. Afriani. “Fabrikasi Perancah Berpori Hidroksiapatit dari Tulang Ikan Tenggiri dengan Alginat Sebagai Binder Alami: Sebuah Kajian Naratif”. *JPFS*, Vol. 3, No. 2: 35-42, 2020.
- [26] M. Y. Azis, T. R. Putri, F. R. Aprilia, Y. Ayuliasari, O. A. D. Hartini, dan M. R. Putra. “Eksplorasi Kadar Kalsium (Ca) dalam Limbah Cangkang Kulit Telur Bebek dan Burung Puyuh Menggunakan Metode Titrasi dan AAS”. *Al-Kimiya*, Vol. 5, No. 2:74-77, 2018.
- [27] G. K. Luckita, Y. Azis, dan F. Akbar. “Sintesis Hidroksiapatit dari Precipitated Calcium Carbonate (PCC) Cangkang Telur Itik Melalui Proses

- Sol-Gel dengan Variasi Rasio Reaktan Ca/P dan Waktu Aging”. *Jom FTEKNIK*, Vol. 5, No. 2:1-6, 2018.
- [28] S. S. Rahman. *Pembuatan dan Pengujian Sifat Mekanik pada Gigi Tiruan*. Skripsi, Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin, Makassar, 2013.
 - [29] N. D. Malau and F. Adinugraha. “Synthesis of Hydroxyapatite Based Duck Egg Shells Using Precipitation Method”. *Journal of Physics: Conference Series*, Vol. 1563, No.1:1-8, 2020.
 - [30] N. Rauf, D. Tahir, and M. Arbiansyah. “Structural Analysis of Bioceramics Materials for Denture Application”. *AIP Conference Proceedings*, Vol. 1719: 1-5, 2016.
 - [31] Suarni. *Analisis pengaruh pemberian cangkang telur terhadap sifat fisis biokeramik*. Skripsi, Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin, Makassar, 2013.
 - [32] K. U. Henggu. “Hydroxyapatite Production from Cuttlebone as Bone Scaffold Material Preparations”. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, Vol. 22, No. 1:1-13, 2019.
 - [33] D. Darwis dan Y. Warastuti. “Sintesis dan Karakterisasi Komposit Hidroksiapatit (HA) sebagai Graft Tulang Sintesis”. *Jurnal Ilmiah Aplikasi Isotop dan Radiasi*, Vol. 4, No. 2:143-153, 2008.
 - [34] D. Rahmawati, Sunarso, dan B. Irawan. “Aplikasi Hidroksiapatit sebagai Bone Filler Pasca Pencabutan Gigi”. *Jurnal Material Kedokteran Gigi*, Vol. 9, No. 2:39-46, 2020.
 - [35] H. B. Ardhiyanto. “Peran Hidroksiapatit sebagai Material *Bone Graft* dalam Menstimulasi Kepadatan Kolagen Tipe L pada Proses Penyembuhan Tulang”. *Stomagnetic*, Vol. 9, No. 1:16-18, 2012.
 - [36] B. Riyanto, A. Maddu, and Nurrahman. “Material of Hydroxyapatite-Based Bioceramics from Tuna Fishbone”. *JPHPI*, Vol. 16, No. 2:119-132, 2013.
 - [37] I. Salsabila, Irhamni, and Z. Jalil. “The Effect of Sintering Temperature and Water Composition in Suspension to the Crystallite Size of Hydroxyapatite

- Based on Aceh's Bovine Bone". *J. Aceh Phys. Soc.*, Vol. 7, No. 3:157-161, 2018.
- [38] A. Haris, A. Fadli, dan S. R. Yenti. "Sintesis Hidroksiapatit dari Limbah Tulang Sapi Menggunakan Metode Presipitasi dengan Variasi Rasio Ca/P dan Konsentrasi H_3PO_4 ". *JOM FTEKNIK*, Vol. 3, No. 2:1-10, 2016.
 - [39] F. Miculescu, C. Lut, A. E. Constantinescu, A. Maidaniuc, A. Mocanu, M. Miculescu, S. I. Voicu, and L. T. Ciocan. "Considerations and Influencing Parameters in EDS Microanalysis of Biogenic Hydroxyapatite". *Journal of Functional Biomaterials*, Vol. 11, No. 82:1-10, 2020.
 - [40] Siswoyo, Kumalasari, S. Wulan, dan F. Afriani. "Fabrikasi Perancah Berpori Hidroksiapatit dari Tulang Ikan Tenggiri dengan Alginat sebagai Binder Alami: Sebuah Kajian Naratif". *Jurnal Pendidikan Fisika dan Sains*, Vol. 3, No. 2:35-42, 2020.
 - [41] I. A. Suci dan Y. D. Ngapa. "Sintesis dan Karakterisasi Hidroksiapatit (HAp) dari Cangkang Kerang Ale-Ale Menggunakan Metode Presipitasi Double Stirring". *Cakra Kimia (Indonesian E-Journal of Applied Chemistry)*, Vol. 8, No. 2:73-81, 2020.
 - [42] B. S. Purwasasmita dan R. S. Gultom. "Sintesis dan Karakterisasi Serbuk Hidroksiapatit Skala Sub-Mikron Menggunakan Metode Presipitasi". *Jurnal Bionatura*, Vol. 10, No. 2:155-167, 2008.
 - [43] M. A. Khairullah, Yelmida, dan Komalasari. "Sintesis Hidroksiapatit dari Precipitated Calcium Carbonate (PCC) Terumbu Karang Melalui Proses Presipitas dengan Variasi pH dan Suhu Sintering". *Jom FTEKNIK*, Vol. 6, No. 2:1-5, 2019.
 - [44] G. Muralithran and S. Ramesh. "The effects of sintering temperature on the properties of Hydroxyapatite". *Ceramics International*, Vol. 26:221-230, 2000.
 - [45] G. S. Hutabarat, D. T. Qodir, H. Setiawan, dan A. R. Noviyanti. "Sintesis Komposit Hidroksiapatit-Lantanum Oksida (HA-La₂O₃) dengan Metode Hidrotermal Secara In-Situ dan Ex-Situ". *Jurnal Penelitian Kimia*, Vol. 15, No. 2:287-301, 2019.

- [46] R. F. Siregar dan E. Sulistyowati. “Karakteristik Hidroksiapatit Porous dari Prekursor Cangkang Keong Sawah dan Bahan Porogen Pati Sukun”. *Eksbergi*, Vol. 16, No. 2: 59-63, 2019.
- [47] A. E. Wardiana, F. G. Shalli, E. C. Saputra, dan S. E. Cahyaningrum. “Pemanfaatan Batu Kapur sebagai Bahan Baku Hidroksiapatit”. *UNESA Journal of Chemistry*, Vol. 8, No. 2:62-66, 2019.
- [48] Mutmainnah, S. Chadijah, dan W. O. Rustiah. “Hidroksiapatit Dari Tulang Ikan Tuna Sirip Kuning (*Tunnus albacores*) dengan Metode Presipitasi”. *Al-Kimia*, Vol. 5, No. 2:119-126, 2017.
- [49] B. D. Cullity. *Elements of X-Ray Diffraction*. Addison-Wesley Publishing Company, America, 1956.
- [50] N. S. Wardani, A. Fadli, dan Irdoni. “Sintesis Hidroksiapatit dari Cangkang Telur dengan Metode Presipitasi”. *JOM FTEKNIK*, Vol. 2, No. 1:1-6, 2015.
- [51] F. W. Puspita and S. E. Cahyaningrum. “Synthesis and Characterization of Hydroxyapatite from Shell Eggs Race Chicken (*Gallus Gallus*) Using Wet Deposition Method”. *UNESA Journal of Chemistry*, Vol. 6, No. 1:100-106, 2017.
- [52] P. Hui, S. L. Meena, G. Singh, R. D. Agarawal, and S. Prakash. “Synthesis of Hydroxyapatite Bio-Ceramic Powder by Hydrothermal Method”. *Journal of Minerals & Materials Characterization & Engineering*, Vol. 9, No.8:683-692, 2010.
- [53] E. Kurniawan, A. Asril, dan J. R. Ningsih. “Sintesis dan Karakterisasi Kalsium Oksida dari Limbah Cangkang Bekicot (*Achatina fulica*)”. *Jamb.J.Chem*, Vol. 1, No. 2: 50-54, 2019
- [54] D. Prema, S. Gnanavel, S. Anuraj, and C. Gopalakrishnan. “Synthesis and Characterization of Different Chemical Combination of Hydroxyapatite for Biomedical Application”. *Material Today*, Vol. 5: 8868-8874, 2018.
- [55] R. Yuliana, E. A. Rahim, and J. Hardi. “Synthesis of Hydroxyapatite from Cow Bones Under Wet Method at Various of Stirring Times and Sintering Temperature”. *KOVALEN*, Vol. 3, No. 3:201-210, 2017.

- [56] J. Venkatesan and S. K. Kim. “Effect of Temperature on Isolation and Characterization on Hydroxyapatite from Tuna (*Thunnus Obesus*) Bone”. *Journal Materials*, Vol. 3: 4761-4772, 2010.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi Penelitian



Cangkang telur bebek dibersihkan



Cangkang telur bebek direbus



Cangkang telur bebek dikeringkan
di bawah sinar matahari



Cangkang telur bebek dihaluskan



Cangkang telur bebek diayak



Kalsinasi cangkang telur bebek



CaO



$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$



Proses titrasi asam basa



Stirrer $(\text{Ca}(\text{OH})_2) + (\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4 + \text{aquades}$



Proses pengendapan



Proses pencucian



Proses pengeringan HAp

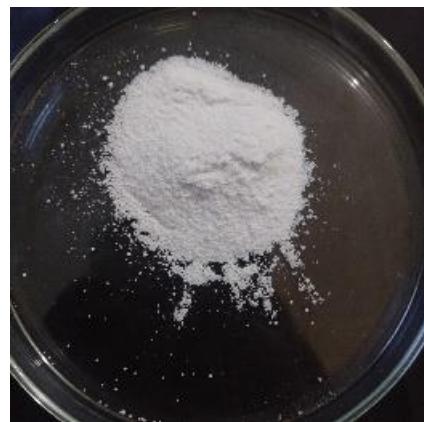


Hidroksiapatit setelah dikeringkan

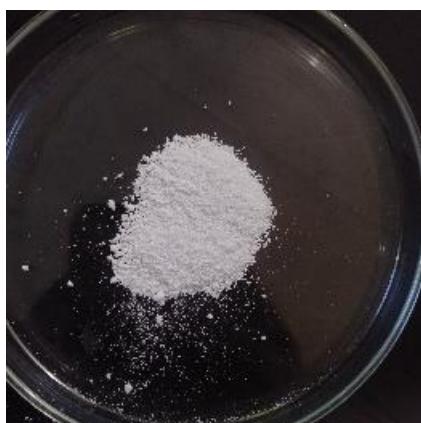
Hidroksiapatit (HAp) setelah disintering



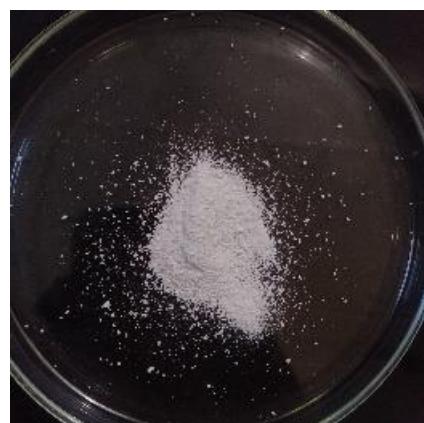
HAp pada suhu sintering 700°C



HAp pada suhu sintering 800°C



HAp pada suhu sintering 900°C



HAp pada suhu sintering 1000°C

Lampiran 2. Analisis Data

A. Analisis Data X-Ray Diffraction (XRD)

Tabel 1. Analisis data XRD untuk ukuran kristal HAp pada suhu sintering 700°C

2 Θ (deg)	2 Θ (rad)	FWHM (deg)	FWHM (rad)	Θ (rad)	D (nm)
26,1100	0,45570546	0,60000	0,010471976	0,227852	13,58649
32,1517	0,56115302	0,89000	0,01553343	0,280576	9,285804
33,1000	0,57770398	0,68800	0,012007865	0,288852	12,04129
34,2866	0,59841405	0,58670	0,010239847	0,299207	14,16469
40,0000	0,69813170	0,66660	0,011634365	0,349065	12,67753
46,9291	0,81906731	0,56830	0,009918706	0,409533	15,23329
49,7233	0,8678353	0,56670	0,009890781	0,433917	15,44434
50,7250	0,88531826	0,57000	0,009948377	0,442659	15,41797
52,3300	0,91333079	0,50000	0,008726646	0,456665	17,69571
53,4466	0,93281914	0,54670	0,009541715	0,466409	16,26274
Rata-Rata					14,18

Tabel 2. Analisis data XRD untuk ukuran kristal HAp pada suhu sintering 800°C

2 Θ (deg)	2 Θ (rad)	FWHM (deg)	FWHM (rad)	Θ (rad)	D (nm)
25,8171	0,450593398	0,39430	0,006881833	0,2252967	20,66216
28,8666	0,503817214	0,41330	0,007213446	0,2519086	19,84031
31,8588	0,556040956	0,66230	0,011559316	0,2780205	12,46914
32,8634	0,573574533	0,39810	0,006948156	0,2867873	20,79714
34,0233	0,593818607	0,39330	0,00686438	0,2969093	21,11507
39,7686	0,694093009	0,39070	0,006819001	0,3470465	21,61416
46,6660	0,814475349	0,41200	0,007190757	0,4072377	20,99146
49,4489	0,863046116	0,37210	0,00649437	0,4315231	23,49539
50,4566	0,880633799	0,36670	0,006400122	0,4403169	23,93924
53,1533	0,927700093	0,37330	0,006515314	0,46385	23,7863
Rata-Rata					20,87

Tabel 3. Analisis data XRD untuk ukuran kristal HAp pada suhu sintering 900°C

2 Θ (deg)	2 Θ (rad)	FWHM (deg)	FWHM (rad)	Θ (rad)	D (nm)
25,8600	0,45134214	0,26660	0,004653048	0,2256711	30,56185
31,7571	0,55426595	0,26680	0,004656538	0,277133	30,94536
32,1400	0,56094882	0,31340	0,005469862	0,2804744	26,36925
32,8940	0,57410860	0,28460	0,004967207	0,2870543	29,09345
34,0283	0,59390587	0,30330	0,005293584	0,2969529	27,38104
39,7860	0,69439669	0,29200	0,005096361	0,3471983	28,92164
46,6826	0,81476507	0,24970	0,004358087	0,4073825	34,63765

49,4699	0,86341263	0,29580	0,005162684	0,4317063	29,55839
50,4975	0,88134763	0,24500	0,004276057	0,4406738	35,83672
53,1825	0,92820972	0,27500	0,004799655	0,4641049	32,29294
Rata-Rata					30,56

Tabel 4. Analisis data XRD untuk ukuran kristal HAp pada suhu sintering 1000°C

2 Θ (deg)	2 Θ (rad)	FWHM (deg)	FWHM (rad)	Θ (rad)	D (nm)
25,8650	0,45142941	0,33000	0,005759587	0,2257147	24,69052
31,7951	0,55492918	0,30230	0,00527613	0,2774646	27,31393
32,2400	0,56269415	0,23260	0,004059636	0,2813471	35,53828
32,9192	0,57454842	0,29630	0,005171411	0,2872742	27,94645
34,0875	0,59493910	0,26500	0,004625123	0,2974696	31,34333
39,8476	0,69547181	0,23930	0,004176573	0,3477359	35,29779
46,7275	0,81554872	0,26160	0,004565781	0,4077744	33,0676
49,5178	0,86424864	0,24440	0,004265585	0,4321243	35,78174
50,5220	0,88177524	0,24440	0,004265585	0,4408876	35,92832
53,2260	0,92896894	0,29200	0,005096361	0,4644845	30,41865
Rata-Rata					31,73

B. Efisiensi Massa Hidroksiapatit (HAp)

$$\text{Efisiensi Massa Hidroksiapatit} = \frac{\text{massa hidroksiapatit}}{\text{massa awal kalsium dan asam fosfat}} \times 100\%$$

1. Hidroksiapatit pada suhu sintering 700°C

$$\begin{aligned}\text{Efisiensi Massa Hidroksiapatit} &= \frac{4,2008}{6,8} \times 100\% \\ &= 61,78\%\end{aligned}$$

2. Hidroksiapatit pada suhu sintering 800°C

$$\begin{aligned}\text{Efisiensi Massa Hidroksiapatit} &= \frac{4,0010}{6,8} \times 100\% \\ &= 58,84\%\end{aligned}$$

3. Hidroksiapatit pada suhu sintering 900°C

$$\begin{aligned}\text{Efisiensi Massa Hidroksiapatit} &= \frac{3,9859}{6,8} \times 100\% \\ &= 58,62\%\end{aligned}$$

4. Hidroksiapatit pada suhu sintering 1000°C

$$\begin{aligned}\text{Efisiensi Massa Hidroksiapatit} &= \frac{3,9077}{6,8} \times 100\% \\ &= 57,47\%\end{aligned}$$

