

SKRIPSI

***PROFILING NANO-POWDER DARI TULANG IKAN
GABUS (*Channa striata*) DENGAN PERBEDAAN SUHU
KALSINASI DAN BANTUAN GELOMBANG
ULTRASONIK***

***NANO-POWDER PROFILING FROM SNAKEHEAD
FISH BONES (*Channa striata*) WITH DIFFERENT
CALCINATION TEMPERATURES AND ULTRASONIC
WAVE ASSISTANCE***



**Chalidazia
05061282025036**

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI HASIL PERIKANAN
JURUSAN PERIKANAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2024**

SUMMARY

CHALIDAZIA. Nano-Powder Profiling from Snakehead Fish Bones (*Channa striata*) with Different Calcination Temperatures and Ultrasonic Wave Assistance (Supervised by **INDAH WIDIASTUTI**)

This research aims to profile nano-powder from snakehead fish bones (*Channa striata*) using variations in calcination temperature and ultrasonic wave assistance. Snakehead fish bones, rich in calcium and phosphorus, were calcined at temperatures of 500°C, 750°C, and 1000°C for 5 hours. The calcination process aims to remove organic components and enhance the crystallinity of the formed hydroxyapatite (HAp). Additionally, the use of ultrasonic waves was applied to create cavitation conditions that could produce nanoparticles with smaller sizes. The test parameters included Scanning Electron Microscopy (SEM), X-ray Diffraction (XRD), and Fourier Transform Infrared (FTIR). The study involved five samples: Sample A, untreated fish bone powder; Sample B, after ultrasonic treatment; Sample X, after calcination at 500°C; Sample Y, after calcination at 750°C; and Sample Z, after calcination at 1000°C. Sample A showed asymmetric particles with flat shapes and sharp edges, having an average particle size of 946nm ± 348nm with a size range from 463nm to 1470nm. Samples B and X displayed similar morphology, appearing as bulk structures with the formation of pores. Sample B (sonication treatment) had a size of 466nm ± 433nm with a range of 80nm to 1428nm, and Sample X had a size of 863nm ± 1207nm with a range from 198nm to 3818nm. Sample Y showed increased agglomeration with rounder and finer particles, with an average particle size of 769nm ± 515nm and a range from 279nm to 2093nm. Sample Z had dispersed particles with rod-like shapes and hexagonal structures, with an average particle size of 341nm ± 197nm and a range from 145nm to 831nm. Samples A, B, and X contained B-type Carbonate Apatite phases, while Samples Y and Z showed compatibility with the Hydroxyapatite phase. The best results were obtained at a temperature of 1000°C, where SEM analysis showed more symmetrical particle morphology, well-distributed particles, and smaller, more homogeneous particle sizes. The phosphorus and calcium content reached 18.25% and 31.02%. At 1000°C, hydroxyapatite was successfully synthesized with a crystallinity percentage of 95%.

Keywords: calcination, fish bone, hydroxyapatite, nano-powder

RINGKASAN

CHALIDAZIA. *Profiling Nano-Powder* dari Tulang Ikan Gabus (*Channa striata*) dengan Perbedaan Suhu Kalsinasi dan Bantuan Gelombang Ultrasonik (Dibimbing oleh **INDAH WIDIASTUTI**)

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan profiling nano-powder dari tulang ikan gabus (*Channa striata*) dengan menggunakan variasi suhu kalsinasi dan bantuan gelombang ultrasonik. Tulang ikan gabus yang kaya akan kalsium dan fosfor dikalsinasi pada suhu 500°C, 750°C, dan 1000°C selama 5 jam. Proses kalsinasi bertujuan untuk menghilangkan komponen organik dan meningkatkan kristalinitas hidroksiapatit (HAp) yang terbentuk. Selain itu, penggunaan gelombang ultrasonik diterapkan untuk menciptakan kondisi kavitasasi yang dapat menghasilkan nanopartikel dengan ukuran yang lebih kecil. Parameter uji meliputi *Scanning Electron Microscopy* (SEM), *X-ray Diffraction* (XRD), dan *Fourier Transform Infrared* (FTIR). Penelitian ini melibatkan lima sampel yang diuji, yaitu: Sampel A, tepung tulang ikan tanpa perlakuan; Sampel B, setelah perlakuan ultrasonik; Sampel X, setelah kalsinasi pada suhu 500°C; Sampel Y, setelah kalsinasi pada suhu 750°C; dan Sampel Z, setelah kalsinasi pada suhu 1000°C. Sampel A menunjukkan karakteristik partikel-partikel yang tidak simetris dan cenderung berbentuk pipih serta memiliki sudut yang tajam. Sampel A memiliki ukuran partikel rata-rata $946\text{nm} \pm 348\text{nm}$ dan rentang ukuran mulai dari 463nm hingga 1470nm. Sampel B dan sampel X menunjukkan morfologi yang hampir serupa dimana berbentuk bongkahan (*bulk*). Partikel B dan X menunjukkan terbentuknya pori-pori. Sampel B (Perlakuan sonikasi) memiliki ukuran $466\text{nm} \pm 433\text{nm}$ dengan rentang ukuran 80nm - 1428nm dan sampel X memiliki ukuran $863\text{nm} \pm 1207\text{nm}$ dengan rentang dari 198nm hingga 3818nm. Sampel Y aglomerasi terlihat semakin meningkat dengan partikel yang berbentuk bulat dan lebih halus. Sampel Y memiliki ukuran partikel rata-rata $769\text{nm} \pm 515\text{nm}$ dengan rentang mulai dari 279nm – 2093nm. Sampel Z memiliki partikel yang terdipersi dengan bentuk partikel seperti batang, memiliki struktur heksagonal dengan ukuran partikel rata-rata $341\text{nm} \pm 197\text{nm}$ dengan rentang 145nm hingga 831nm. Sampel A, B, dan X mengandung fase Apatit Karbonat tipe B. Sementara itu, sampel Y dan Z menunjukkan kecocokan dengan fase Hidroksiapatit Hasil terbaik diperoleh pada suhu 1000°C, dimana analisis SEM menunjukkan morfologi partikel yang lebih simetris dan terdistribusi dengan baik, serta ukuran partikel yang lebih kecil dan homogen. Kandungan fosfor dan kalsium mencapai 18,25% dan 31,02%. Pada suhu 1000°C berhasil mensintesis hidroksiapatit dengan persentase kristalinitas 95 %.

Kata kunci: kalsinasi, hidroksiapatit, nanopartikel, tulang ikan

SKRIPSI

PROFILING NANO-POWDER DARI TULANG IKAN GABUS (*Channa striata*) DENGAN PERBEDAAN SUHU KALSINASI DAN BANTUAN GELOMBANG ULTRASONIK

**Diajukan Sebagai Syarat Untuk Mendapatkan Gelar
Sarjana Pertanian Pada Fakultas Pertanian
Universitas Sriwijaya**



**Chalidazia
05061282025036**

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI HASIL PERIKANAN
JURUSAN PERIKANAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2024**

LEMBAR PENGESAHAN

PROFILING NANO-POWDER DARI TULANG IKAN GABUS (*Channa striata*) DENGAN PERBEDAAN SUHU KALSINASI DAN BANTUAN GELOMBANG ULTRASONIK

SKRIPSI

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Perikanan Pada
Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya

Oleh :

Chalidazia
05061282025036

Indralaya, Juli 2024

Pembimbing



Indah Widiastuti, S.Pi., M.Si., Ph.D.
NIP. 198005052001122002




Mengetahui,
Dekan Fakultas Pertanian



Prof. Dr. Ir. H. A. Muslim, M.Agr
NIP. 196412291990011001

Skripsi dengan Judul “*Profiling Nano-Powder* dari Tulang Ikan Gabus (*Channa striata*) dengan Perbedaan Suhu Kalsinasi dan Bantuan Gelombang Ultrasonik” oleh Chalidazia telah dipertahankan di hadapan Komisi Penguji Skripsi Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya pada tanggal 24 Juli 2024 dan telah diperbaiki sesuai saran dan masukan tim penguji.

Komisi Penguji

- | | | |
|---|---------|---|
| 1. Indah Widiastuti, S.Pi., M.Si., Ph.D
NIP 198005052001122002 | Ketua | (..... ) |
| 2. Herpandi, S.Pi., M.Si., Ph.D
NIP 197404212001121002 | Anggota | (..... ) |
| 3. Siti Hanggita R., S.Pt., M.Si., Ph.D
NIP 198311282009122005 | Anggota | (..... ) |

Indralaya, Juli 2024

Mengetahui,
Ketua Jurusan Perikanan



Dr. Ferdinand Hukama Taqwa, S.Pi., M.Si.
NIP. 197602082001121003

Koordinator Program Studi
Teknologi Hasil Perikanan



Prof. Dr. Ace Baehaki, S.Pi., M.Si.
NIP. 197606092001121001

PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Chalidazia
NIM : 05061282025036
Judul : *Profiling Nano-Powder* dari Tulang Ikan Gabus (*Channa striata*)
dengan Perbedaan Suhu Kalsinasi dan Bantuan Gelombang Ultrasonik

Menyatakan bahwa semua data informasi yang dibuat dalam skripsi ini merupakan hasil penelitian saya sendiri di bawah supervisi pembimbing, kecuali disebutkan dengan jelas sebelumnya, dan bukan hasil penjiplakan / plagiat. Apabila dikemudian hari ditemukan adanya unsur plagiasi dalam skripsi ini, saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar dari Universitas Sriwijaya.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tidak mendapat paksaan dari pihak manapun.



Indralaya, Juli 2024



Chalidazia

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan pada tanggal 28 Juni 2002. Penulis menempuh pendidikan di TK Tunas Harapan Piladang pada tahun 2007 hingga 2008, kemudian melanjutkan ke SDN 07 Macuang dari tahun 2007 hingga 2014. Penulis bersekolah di SMPN 3 Baso dari tahun 2014 hingga 2017, dan menyelesaikan pendidikan menengah di SMAN 1 Bukittinggi pada tahun 2020. Saat ini, Penulis adalah mahasiswa Program Studi Teknologi Hasil Perikanan di Universitas Sriwijaya sejak tahun 2020.

Selama menempuh Pendidikan di Universitas Sriwijaya, penulis meraih berbagai prestasi, di antaranya Medali Emas di *Innovation Science, Youth National Science Fair 2023*, *Gold Medal & Special Award* di *International Science and Invention Fair (ISIF) 2023* di Bali, *Silver Medal* di *Arau International Creativity Exhibition (ACE) 2023* di Perlis, Malaysia, dan *Special Award & Silver Medal* di *Perlis International Engineering Invention and Innovation Exhibition 2024*. Penulis juga menjadi Mahasiswa Berprestasi Utama Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya pada tahun 2023, serta memperoleh pendanaan PKM-K dengan judul "BELINA: Susu Kedelai dengan Fortifikasi dari Spirulina untuk Pencegahan Defisiensi Vitamin B12 pada Vegetarian dan Intoleransi Laktosa" pada tahun 2023. Penulis juga menerima hibah PMW UNSRI 2021 dengan produk "Sea Boba: Boba Rumput Laut, Minuman Sehat Rendah Kalori". Di bidang debat, penulis berhasil meraih Juara 1 di Lomba Debat Himapfis Expo 2022, Juara 2 di tahun 2021, dan Juara 3 di *Batam Politeknik English Olympiad 2022*. Penulis juga meraih Juara 1 di NUDC Tingkat Fakultas Pertanian pada tahun 2021 dan 2022.

Selain prestasi akademik dan non-akademik, penulis aktif dalam berbagai organisasi seperti UKM U-READ, dimana penulis menjabat sebagai Sekretaris Manajer Departemen Kreasi dan Inovasi, HIMASILKAN sebagai Ketua Divisi Akademik Departemen Minat Bakat, dan IAAS LC UNSRI sebagai Koordinator Departemen *Exchange*. Dan berkesempatan mengikuti program Magang & Studi Independen Bersertifikat (MSIB) di Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) sebagai fasilitator keamanan pangan pada tahun 2024.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “*Profiling Nano-Powder* Dari Tulang Ikan Gabus (*Channa Striata*) Dengan Perbedaan Suhu Kalsinasi Dan Bantuan Gelombang Ultrasonik”. Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana di Universitas Sriwijaya.

Penulisan skripsi ini tidak lepas dari bimbingan, dukungan, dan bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Dr. Taufiq Marwa, S.E., M.Si., selaku Rektor Universitas Sriwijaya atas dukungan dan fasilitas yang diberikan selama penulis menempuh pendidikan di Universitas Sriwijaya.
2. Prof. Dr. Ir. A. Muslim, M. Agr., selaku Dekan Fakultas Pertanian, yang telah memberikan izin dan dukungan untuk penelitian ini.
3. Dr. Ferdinand Hukama Taqwa, S.Pi., M.Si., selaku Ketua Jurusan Perikanan, yang telah memberikan dukungan selama proses penelitian ini.
4. Prof. Dr. Ace Baehaki, S.Pi., M.Si., selaku Koordinator Program Studi Teknologi Hasil Perikanan, yang telah memberikan bimbingan dan saran yang sangat berharga.
5. Ibu Indah Widiastuti, S.Pi., M.Si., Ph.D., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, serta motivasi yang sangat berarti selama proses penulisan skripsi ini.
6. Bapak Herpandi, S.Pi., M.Si., Ph.D., sebagai dosen pembimbing akademik yang telah memotivasi dan membimbing hingga penulis dapat memiliki beragam pengalaman yang sangat bernilai selama proses studi.
7. Ibu Siti Hanggita R., S.Pt., M.Si., Ph.D selaku dosen penguji, yang telah memberikan penilaian dan masukan berharga dalam proses skripsi.
8. Seluruh Bapak dan Ibu dosen jurusan perikanan yang telah memberikan ilmu dan bimbingan selama proses studi.

9. Seluruh staff admin dan pegawai yang membantu proses administrasi kampus di Universitas Sriwijaya.
10. Keluarga, Ibunda Irvia Sofianti, Adinda Hadifah Hanim dan Al-Haqqi, serta keluarga besar lainnya, atas doa, dukungan, dan cinta tiada henti, yang telah menjadi sumber semangat dan kekuatan selama menempuh pendidikan ini.
11. Teman-teman Jurusan, teman-teman Kos, teman-teman Organisasi, teman-teman Lomba, teman-teman KKN, teman-teman SMA, teman-teman Mawapres, teman-teman Kedaerahan dan teman-teman lainnya, atas dukungan moral dan bantuan dalam proses penulisan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna dan mungkin masih terdapat kekurangan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan saran dan kritik konstruktif dari pembaca untuk perbaikan dimasa mendatang.

Akhir kata, semoga skripsi ini dapat memberikan kontribusi dan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan serta menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya.

Indralaya, Juli 2024

Chalidazia

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan.....	2
1.4. Manfaat.....	3
1.5. Hipotesis	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Ikan Gabus.....	4
2.2. Tulang Ikan.....	5
2.3. Nanopartikel	5
2.4. Kalsinasi	6
2.5. Sonikasi	7
2.6. Hidroksiapatit	7
2.7. <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM).....	8
2.8. <i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy</i> (FTIR).....	9
2.9. X-ray Diffraction (XRD).....	10
BAB 3 PELAKSANAAN PENELITIAN.....	11
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian	11
3.2. Alat dan Bahan.....	11
3.3. Metode Penelitian.....	11
3.4. Cara Kerja	12
3.4.1. Pembuatan Tepung Tulang Ikan Gabus (<i>Channa striata</i>)	12
3.4.2. Proses Ekstraksi dengan Pelarut NaOH dan <i>Ultrasonic Bath</i>	12
3.4.3. Proses Kalsinasi	13

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	14
4.1. SEM (<i>Scanning Electron Microscopy</i>)	14
4.2. FTIR (<i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy</i>)	18
4.3. XRD (<i>X-ray Diffraction</i>).....	19
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	22
5.1. Kesimpulan	22
5.2. Saran.....	22
DAFTAR PUSTAKA	23
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Ikan Gabus	4
Gambar 4.1. Morfologi hasil <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM) pada perbesaran 15000x	15
Gambar 4.2. Histogram kandungan kalsium dan fosfor hasil analisis EDX Elemental	17
Gambar 4. 3. <i>Result Spectrum</i> FTIR	18
Gambar 4. 4. Difatogram struktur kristal <i>nano-powder</i> tulang ikan gabus	20

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. hasil analisis EDX Elemental.....	16
Tabel 4.2. <i>Peak Area/Height</i> hasil analisis FTIR.....	19
Tabel 4.3. Persentase Kristalinitas	21

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. <i>Mapping</i> Dispersi Logam <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM) Sampel A (Tepung Tulang Ikan Tanpa Perlakuan)	26
Lampiran 2. <i>Mapping</i> Dispersi Logam <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM) Sampel B (Perlakuan Sonikasi)	27
Lampiran 3. <i>Mapping</i> Dispersi Logam <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM) Sampel X (kalsinasi pada suhu 500°C)	28
Lampiran 4. <i>Mapping</i> Dispersi Logam <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM) Sampel X (kalsinasi pada suhu 750°C)	29
Lampiran 5. <i>Mapping</i> Dispersi Logam <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM) Sampel X (kalsinasi pada suhu 1000°C)	30

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Konsumsi ikan gabus (*Channa striata*) di Sumatra Selatan cukup besar. Ikan gabus biasanya digunakan sebagai bahan baku pembuatan berbagai produk olahan khas seperti pempek, model, tekwan, dan sejenisnya. Fenomena ini menghasilkan sisa samping yang cukup banyak salah satunya adalah tulang ikan gabus. Tulang ikan gabus memiliki potensi yang tinggi dan dapat dimanfaatkan lebih lanjut. Menurut Mulyani *et al.*, (2021), tulang ikan gabus kaya akan kandungan kalsium karena unsur utama dalam komposisi tulang ikan adalah kalsium, fosfor, dan karbonat.

Kalsium merupakan mineral penting dengan fungsi kritis dalam sistem rangka, kardiovaskular, endokrin, dan saraf. Sekitar 99% dari total kalsium dalam tubuh terdapat dalam tulang, dimana kalsium memberikan kekakuan dan struktur pada sistem rangka dan berperan sebagai reservoir kalsium. Sementara itu fraksi sisanya berpartisipasi dalam proses-proses metabolisme termasuk kontraksi pembuluh darah dan otot, transmisi sistem saraf, transportasi melalui membran sel, aktivasi enzim, dan fungsi hormon (Shlisky *et al.*, 2022).

Penelitian yang dilakukan oleh Hammood *et al.*, (2019) menjelaskan bahwa Tulang ikan mengandung sejumlah besar kalsium fosfat dalam bentuk mineral. Ini menjadikan tulang ikan sumber yang kaya akan kalsium (Ca) dan fosfor (P) yang merupakan komponen utama hidroksiapatit. Tulang ikan terdiri dari matriks organik (seperti kolagen) dan komponen anorganik (terutama kalsium fosfat). Matriks organik memberikan fleksibilitas dan kekuatan, sementara komponen anorganik memberikan kekakuan dan kekuatan mekanik.

Hidroksiapatit memiliki formula kimia $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{OH}_2$. Hal ini dapat digambarkan bahwa setiap unit sel hidroksiapatit mengandung 10 atom kalsium, 6 kelompok fosfat (PO_4), dan 2 kelompok hidroksil (OH). Hidroksiapatit adalah komponen utama dalam tulang dan gigi manusia yang memberikan struktur dan kekuatan. Sintesis HAp dari tulang ikan dimaksudkan untuk meniru komposisi dan sifat-sifat ini (Abdullah *et al.*, 2020).

Penelitian yang dilakukan oleh Venkatesan & Kim, (2010) berhasil mensintesis HAp dari limbah tulang ayam melalui *thermal treatment*. Hammood *et al.*, (2019) juga menjelaskan bahwa proses kalsinasi melibatkan pemanasan tulang ikan pada suhu tinggi untuk menghilangkan komponen organik seperti kolagen dan protein. Setelah komponen organik terdekomposisi, mineral yang kaya akan kalsium dan fosfor tersisa. Pada suhu ini, kalsium dan fosfat dalam tulang ikan bereaksi membentuk kristal hidroksiapatit yang murni. Selain itu, proses kalsinasi juga meningkatkan kristalinitas hidroksiapatit.

Perkembangan pemanfaatan tulang ikan juga didukung seiring berkembangnya teknologi nano. Nanoteknologi merupakan bidang ilmu yang terkait dengan desain, karakterisasi, produksi, penerapan struktur perangkat, dan sistem dengan mengendalikan bentuk dan ukuran pada skala nanometer (Iriani & Hutauruk, 2021).

Pemanfaatan gelombang ultrasonik diterapkan pada tulang ikan yang berada dalam larutan cair. Gelombang ini dapat menciptakan kondisi kavitasi. Akibat dari proses kavitasi dan pemanasan, tulang ikan dapat mengalami perubahan struktural yang menghasilkan nanopartikel (Guo *et al.*, 2022). Dengan kombinasi teknik kalsinasi pada suhu tertentu dan nanoteknologi, diharapkan nano powder yang dihasilkan tidak hanya murni tetapi juga memiliki ukuran partikel yang kecil untuk aplikasi yang lebih efektif.

1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana karakteristik *nano-powder* tulang ikan gabus dari proses tepung tulang ikan biasa hingga perlakuan kalsinasi dengan perbedaan suhu?
2. Perlakuan manakah memberikan hasil yang paling optimal?

1.3. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui suhu optimal proses kalsinasi *nano-powder* yang dihasilkan dari tulang ikan gabus (*Channa striata*) dan melakukan *profiling* terhadap *nano-powder* yang dihasilkan.

1.4. Manfaat

Manfaat dari penelitian ini dapat menyediakan informasi karakterisasi fisikokimia *nano-powder* tulang ikan gabus untuk aplikasi lebih lanjut.

1.5. Hipotesis

Hipotesis H_0 menunjukkan tidak adanya pengaruh perubahan suhu kalsinasi terhadap karakteristik profil dari *nano-powder* tulang ikan gabus.

Hipotesis H_1 menunjukkan adanya pengaruh perubahan suhu kalsinasi terhadap karakteristik profil dari *nano-powder* tulang ikan gabus.

DAFTAR PUSTAKA

- Afriani, F., Siswoyo, Amelia, R., Hudatwi, M., Zaitun, & Tiandho, Y. (2020). Hydroxyapatite from natural sources: Methods and its characteristics. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 599(1), 0–7.
- Allegretta, I., Legrand, S., Alfeld, M., Gattullo, C. E., Porfido, C., Spagnuolo, M., Janssens, K., & Terzano, R. (2022). SEM-EDX hyperspectral data analysis for the study of soil aggregates. *Geoderma*, 406, 115540.
- Bagas Pradana, T., Endro Nugroho, A., & Martien, R. (2023). Systematic Review: Nanopartikel dari Bahan dalam Obat Tradisional Indonesia Systematic Review: Nanoparticle of Substance from Indonesian Traditional Medicine. *Majalah Farmaseutik*, 19(4), 2023.
- Bunaciu, A. A., Udriștioiu, E. gabriela, & Aboul-Enein, H. Y. (2015). X-Ray Diffraction: Instrumentation and Applications. *Critical Reviews in Analytical Chemistry*, 45(4), 289–299.
- Charlena, Bikharudin, A., Wahyudi, S. T., & Erizal. (2017). Synthesis and characterization of hydroxyapatite-collagen-chitosan (Ha/Col/Chi) composite by using Ex-situ wet precipitation method. *Rasayan Journal of Chemistry*, 10(3), 766–770.
- Fadlelmoula, A., Pinho, D., Carvalho, V. H., Catarino, S. O., & Minas, G. (2022). Fourier Transform Infrared (FTIR) Spectroscopy to Analyse Human Blood over the Last 20 Years: A Review towards Lab-on-a-Chip Devices. *Micromachines*, 13(2).
- Gunawan, I., Sugeng, B., & Debbi Chrissanti. (2006). Pengaruh Quenching pada Derajat Kristalinitas dan Sifat Mekanik Polietilena dan Polipropilena. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 25–31.
- Guo, J., Zhu, S., Chen, H., Zheng, Z. (2022). Ultrasound-assisted solubilization of calcium from micrometer-scale ground fish bone particles. *Food Science*
- Hammood, A. S., Hassan, S. S., Alkhafagy, M. T., & Jaber, H. L. (2019). Effect of calcination temperature on characterization of natural hydroxyapatite prepared from carp fish bones. *SN Applied Sciences*, 1(5).
- Hammood, A. S., Hassan, S. S., Alkhafagy, M. T., & Jaber, H. L. (2019b). Effect of calcination temperature on characterization of natural hydroxyapatite prepared from carp fish bones. *SN Applied Sciences*, 1(5), 1–12.
- Han, Z., Mu, Z., Yin, W., Li, W., Niu, S., Zhang, J., & Ren, L. (2016). Biomimetic multifunctional surfaces inspired from animals. *Advances in Colloid and Interface Science*, 234, 27–50.
- Hasan, M. R., Yasin, N. S. M., Ghazali, M. S. M., & Mohtar, N. F. (2020). Proximate and Morphological Characteristics of Nano Hydroxyapatite (Nano Hap) Extracted From Fish Bone. *Journal of Sustainability Science and*

Management, 15(8), 9–21.

Henggu, K. U., Ibrahim, B., & Suptijah, P. (2019). Hidroksiapatit dari cangkang sotong sebagai sediaan biomaterial perancah tulang. *Jphpi*, 22(1), 1–13.

Ismail, N. F., Hamzah, S., Razali, N. A., Yussof, W. M. H. W., Ali, N., & Mohammad, A. W. (2019). Preparation and characterisation of hydroxyapatite extracted from fish scale waste for the removal of gallic acid as inhibitor in biofuel production. *Malaysian Journal of Analytical Sciences*, 23(6), 938–949.

Kadam, S. U., O'Donnell, C. P., Rai, D. K., Hossain, M. B., Burgess, C. M., Walsh, D., & Tiwari, B. K. (2015). Laminarin from Irish brown seaweeds *Ascophyllum nodosum* and *Laminaria hyperborea*: Ultrasound assisted extraction, characterization and bioactivity. *Marine Drugs*, 13(7), 4270–4280.

Khan, I., Saeed, K., & Khan, I. (2019). Nanoparticles: Properties, applications and toxicities. *Arabian Journal of Chemistry*, 12(7), 908–931.

Kusumawati, P., Triwitono, P., Anggrahini, S., & Pranoto, Y. (2022). Nano-calcium Powder Properties from Six Commercial Fish Bone Waste in Indonesia. *Squalen Bulletin of Marine and Fisheries Postharvest and Biotechnology*, 17(1), 1–12.

Lekahena, V., Faridah, D. N., Syarief, R. (2014) Nanokalsium Hasil Ekstraksi Tulang Ikan Nila Menggunakan Larutan Basa Dan Asam [Physicochemical Characterization Of Nano Calcium From Tilapia Bone *Jurnal Teknologi*

Lekahena, V., Faridah, D. N., Syarief, R. (2014). Physicochemical characterization of nano calcium from tilapia bone extracted by alkaline and acid solution. *Jurnal Teknologi*

Listyanto, N., & Andriyanto, S. (2009). Ikan Gabus (*Channa Striata*) Manfaat Pengembangan Dan Alternatif Teknik Budidayanya. *Media Akuakultur*, 4(1), 18.

Malahayati, N., Widowati, T. W., & Alsoyuna, N. S. (2021). The effect of extraction time on the physicochemical characteristics of nanocalcium powder from chicken and duck eggshells. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 15(August), 712–722.

Meiyasa, F., & Tarigan, N. (2020). Pemanfaatan limbah tulang ikan tuna (*Thunnus sp.*) sebagai sumber kalsium dalam pembuatan stik rumput laut. *Jurnal Teknologi Pertanian Andalas*.

Mohd Pu'ad, N. A. S., Abdul Haq, R. H., Mohd Noh, H., Abdullah, H. Z., Idris, M. I., & Lee, T. C. (2019). Synthesis method of hydroxyapatite: A review. *Materials Today: Proceedings*, 29(November 2018), 233–239.

Mulyani, S., Rohmeita, D., & Legowo, A. M. (2021). Karakteristik Kalsium Dari Tulang Ikan Bandeng (*Chanos Chanos*) Yang Diekstraksi Menggunakan Larutan Hcl. *Journal of Nutrition College*, 10(4), 321–327.

Pariyanto, P., Hidayat, T., & Sulaiman, E. (2021). Studi Populasi Ikan Gabus (*Channa Striata*) Di Sungai Air Manna Desa Lembak Kemang Kabupaten

- Bengkulu Selatan. *Diksains : Jurnal Ilmiah Pendidikan Sains*, 1(2), 53–60.
- Purnama, E. F., & Lengenati, S. N. R. (2006). Dibuat Dengan Media Air Dan Cairan Tubuh Buatan (Synthetic Body Fluid) Preparasi Pelarut SBF 1 Liter Identifikasi Hidroksiapatit dengan XRD Identifikasi Hidroksiapatit dengan FTIR. *Jurnal Sains Materi Indonesia Indonesian Journal of Materials Science*, 154–159.
- Putranto, H. F., Asikin, A. N.(2016). Karakterisasi tepung tulang ikan belida (*Chitala sp.*) sebagai sumber kalsium dengan metode hidrolisis protein. *Ziraa'ah Majalah Ilmiah*
- Sedyono, J., & Tontowi, A. E. (2017). Proses Sintesis Dan Karakterisasi Ftir Hidroksiapatit Dari Gypsum Alam Kulon Progo. *Media Mesin: Majalah Teknik Mesin*, 9(1).
- Sharma, S. K., Verma, D. S., Khan, L. U., Kumar, S., & Khan, S. B. (2018). Handbook of Materials Characterization. In *Handbook of Materials Characterization* (Issue February).
- Supriyadi, S., Thaib, A., Nurhayati, N., & Handayani, L. (2023). The potential of fishery waste as an alternative source of natural calcium: a review. *Acta Aquatica: Aquatic Sciences Journal*, 10(2), 163.
- Talib, A., & Zailani, K. (2017). Extraction and Purification of Yellowfin Tuna Fishbone Flour as an Ingredient of Future Traditional Medicine. *IOSR Journal Of Pharmacy* www.Iosrphr.Org, 7(11), 8–14.
- Tawali, A. B., Wakiah, N., Qanith, K., Asfar, M., Sukendar, N. K., & Metusalach. (2019). The Effect of Sonication Time on Physicochemical Profiles of the Nanocalcium from Snake-Head Fish Bone (*Channa striata*). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 355(1).
- Terzioğlu, P., Ögüt, H., & Kalemtaş, A. (2018). Natural calcium phosphates from fish bones and their potential biomedical applications. *Materials Science and Engineering C*, 91(September 2017), 899–911.
- Trilaksani, W., Salamah, E., & Nabil, M. (2006). Pemanfaatan limbah tulang ikan tuna (*Thunnus sp.*) sebagai sumber kalsium dengan metode hidrolisis protein. *Jurnal Pengolahan Hasil*
- Venkatesan, J., & Kim, S. K. (2010). Effect of temperature on isolation and characterization of hydroxyapatite from tuna (*thunnus obesus*) bone. *Materials*, 3(10), 4761–4772.
- Venkatesan, J., Qian, Z. J., Ryu, B., Thomas, N. V., & Kim, S. K. (2011). A comparative study of thermal calcination and an alkaline hydrolysis method in the isolation of hydroxyapatite from *Thunnus obesus* bone. *Biomedical Materials*, 6(3).