



Penyuluhan Pemanfaatan Limbah Tulang Ikan sebagai Hidroksiapatit dan Pemeriksaan Gula Darah

Fendi Fendi^{1*}, Farida Tandi Bara², Nurbeti Nurbeti³, Satriana Dardi⁴

¹Pusat Studi Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil, Sekolah Tinggi Ilmu Pertanian Wuna Raha, Indonesia

²Program Studi D3 Kebidanan, Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Bhakti Pertiwi Luwu Raya, Indonesia

³Program Studi Radiologi, Politeknik Muhammadiyah Makassar, Indonesia

⁴Program Studi S1 Ilmu Keperawatan, Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Gunung Sari Makassar, Indonesia
fenstip@gmail.com^{1*}, faridatandibara@gmail.com², nurbetisalam@gmail.com³, nhanatriyana87@gmail.com⁴

Diterima: 14 Agustus 2025

Disetujui: 20 Desember 2025

Dipublikasi: 9 Januari 2026

ABSTRAK

Abstrak: Kegiatan pengabdian masyarakat ini bertujuan untuk mengedukasi masyarakat tentang pentingnya pemanfaatan limbah tulang ikan. Selain itu, pemeriksaan glukosa darah juga dilakukan untuk deteksi dini diabetes. Metode pengabdian masyarakat di Desa Bontokasi, Sulawesi Selatan, meliputi penyuluhan, demonstrasi pembuatan HAp alami, pemeriksaan gula darah, dan wawancara singkat. Hasil kegiatan menunjukkan antusiasme masyarakat dalam mengikuti penyuluhan dan peningkatan pengetahuan masyarakat tentang pentingnya pemanfaatan limbah tulang ikan. Masyarakat juga mulai memahami bahwa limbah tulang ikan memiliki nilai ekonomis setelah diolah menjadi HAp, yang terungkap dalam sesi diskusi. Hasil pemeriksaan glukosa darah juga menunjukkan kondisi kesehatan masyarakat yang relatif baik, dengan responden dikategorikan normal (95%), pradiabetes (5%), dan diabetes (0%). Kegiatan pemeriksaan glukosa darah ini juga memberikan pemahaman kepada masyarakat tentang pentingnya pola hidup sehat dan pemeriksaan glukosa darah secara teratur untuk mendeteksi diabetes sejak dini. Hasil ini dapat menjadi informasi yang bermanfaat bagi pemerintah daerah dalam menyusun program pemanfaatan sumber daya lokal dan pencegahan diabetes.

Kata Kunci: *biomedis; diabetes; glukosa darah; hidroksiapatit; tulang ikan*

Abstract: *This community service activity aims to educate the public about the importance of utilizing fish bone waste. In addition, blood glucose testing was also conducted for early detection of diabetes. The community service methods in Bontokasi Village, South Sulawesi, included counseling, demonstrations on making natural HAp, blood sugar testing, and short interviews. The results of the activity showed community enthusiasm in participating in the counseling and increased public knowledge about the importance of utilizing fish bone waste. The community also began to understand that fish bone waste has economic value after being turned into HAp, which was revealed in the discussion session. The results of the blood glucose testing also showed a relatively good public health condition, with respondents categorized as normal (95%), pre-diabetic (5%), and diabetic (0%). The blood glucose testing activity also provided public understanding of the importance of a healthy lifestyle and regular blood glucose testing to identify diabetes early. These results can be useful information for the local government in developing programs for utilizing local resources and preventing diabetes.*

Keywords: *biomedical; diabetes; blood glucose; hydroxyapatite; fishbone*

PENDAHULUAN

Sampah organik, khususnya limbah tulang ikan, mencapai beberapa ribu ton per tahun. Sehingga para peneliti berfokus pada biokonversi sampah organik menjadi bahan untuk keperluan biomedis (Surya *et al.*, 2021). Produk limbah alami tulang ikan dapat dimanfaatkan untuk pembuatan hidroksiapatit (HAp) sebagai komponen pengelolaan limbah biologis. HAp dianggap sebagai bahan yang diinginkan untuk implan tulang karena kemiripan komposisinya dengan tulang asli dan kualitas osteokonduktifnya (Shi *et al.*, 2018). Secara spesifik, HAp yang berasal dari ikan lebih mudah diproduksi dibandingkan dengan kebanyakan protokol yang menggunakan proses kalsinasi. biomaterial ini menunjukkan biokompatibilitas yang baik karena sifat non-sitotoksitas dan karakteristik penanganannya, yang menunjukkan keunggulan dibandingkan HAp sintetis. Keuntungan signifikan lainnya dari pemanfaatan HAp dari tulang ikan adalah dampak positifnya terhadap lingkungan, karena metode ini secara substansial mengurangi limbah. Konversi ikan menjadi HAp merupakan prosedur ramah lingkungan yang berpotensi menurunkan biaya perawatan untuk perbaikan atau penggantian tulang dengan dampak lingkungan yang minimal (Granito *et al.*, 2018).

Beberapa sumber tulang ikan yang dapat dimanfaatkan untuk memproduksi HAp alami dengan menggunakan metode kalsinasi diantaranya adalah ikan trout pelangi (*Onchorynchus mkiiss*), ikan kod (*Gadus*), dan ikan salmon (*Oncorhynchus keta*) (Shi *et al.*, 2018), ikan nila (*Oreochromis niloticus*) (Nam, Hoa and Trung, 2019; Khamkongkaeo *et al.*, 2021), ikan lele (*Pangasius hypophthalmus*), kakap putih (*Lates cal carifer*), tuna sirip kuning (*Thunnus albacares*) (Nam, Hoa and Trung, 2019), ikan baronang (*Siganus sp.*) (Fendi *et al.*, 2024), dan tulang ikan spesies lainnya. Informasi tersebut tentu akan memberikan manfaat yang lebih luas apabila proses edukasi bagi masyarakat berjalan, diantaranya melalui program penyuluhan. Selaras dengan hal tersebut, hasil pendataan podes 2024 dilaporkan bahwa masyarakat desa/kelurahan di Kabupaten Takalar khususnya di Galesong Selatan sebagian bekerja dan sumber penghasilannya di bidang perikanan (Badan Pusat Statistik Kabupaten Takalar, 2024). Hal ini menjadi relevan akan pentingnya pelaksanaan program penyuluhan di Kabupaten Takalar.

Disisi lain, insiden dan populasi penderita diabetes terus meningkat akibat perubahan kebiasaan makan, aktivitas fisik, gaya hidup, dan demografi global yang menua. Akibatnya, dampak signifikan diabetes terhadap kesehatan dan ekonomi akan meningkat. Oleh karena itu, penanganan diabetes sangat penting bagi efektivitas respons komprehensif terhadap penyakit tidak menular (PTM). Di banyak negara, kewajiban yang ditetapkan oleh Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs) untuk mengurangi kematian dini akibat PTM. Hal ini memerlukan upaya terkonsentrasi dalam pencegahan dan pengendalian diabetes (WHO, 2016). Lebih lanjut, pemantauan glukosa darah memungkinkan deteksi pola variabilitas glukosa darah akibat nutrisi, olahraga, pengobatan, dan proses penyakit yang berkaitan dengan variasi tersebut, seperti diabetes melitus. Kadar glukosa darah yang abnormal, baik yang meningkat maupun menurun, dapat mengakibatkan penyakit akut dan kronis yang mengancam jiwa (Mathew, Zubair and Tadi, 2025).

Dengan demikian, program penyuluhan bagi masyarakat di Desa Bontokasi, Galesong Selatan, Takalar, dilaksanakan dengan tujuan utama untuk memberikan pemahaman bagi masyarakat akan potensi pemanfaatan limbah tulang ikan menjadi HAp, dan memberikan kesadaran bagi masyarakat akan pentingnya melakukan pemeriksaan glukosa darah secara berkala sebagai bentuk deteksi dini terhadap penyakit diabetes yang trendnya meningkat.

METODE

Kegiatan dilaksanakan pada bulan Juli 2025 di Balai Desa Bontokasi Kecamatan Galesong Selatan Kabupaten Takalar dengan metode pelaksanaan antara lain:

1. Penyuluhan bagi masyarakat mengenai pemanfaatan limbah tulang ikan menjadi HAp.
2. Demonstrasi mengenai proses memproduksi HAp alami dari limbah tulang ikan.
3. Pemeriksaan glukosa darah dengan menggunakan glukometer kepada seluruh peserta, dimana peserta terdiri dari sejumlah perangkat desa dan masyarakat setempat. Jumlah responden pemeriksaan glukosa berjumlah 21 orang. Data diperoleh melalui observasi, dokumentasi, dan wawancara singkat.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan Pengabdian Masyarakat dalam bentuk penyuluhan di Desa Bontokasi di Kecamatan Galesong Selatan, Kabupaten Takalar, Sulawesi Selatan menunjukkan adanya antusias bagi masyarakat. Penyuluhan yang diikuti oleh sejumlah perangkat desa, dan elemen masyarakat merupakan program baru di Desa tersebut yang diinisiasi oleh Aliansi Dosen Perguruan Tinggi Swasta Indonesia (ADPERTISI). Penyuluhan ini juga memberikan masyarakat wawasan dan pengetahuan yang berharga mengenai pengelolaan limbah khususnya limbah tulang ikan. Pemaparan materi penyuluhan yang dirangkaikan dengan sesi diskusi nampak masyarakat sebelumnya tidak menyadari adanya potensi yang dimiliki limbah tulang ikan, dan pemanfaatannya yang bernilai ekonomi. Sebab, sebelum penyuluhan dilaksanakan, pengetahuan masyarakat pada tulang ikan terbatas pada anggapan bahwa tulang ikan sebagai limbah yang tidak bernilai. Namun, adanya materi penyuluhan, memberikan pengetahuan baru bagi masyarakat akan pentingnya limbah tulang ikan apabila dimanfaatkan secara optimal. Hal ini dapat dimanfaatkan menjadi HAp.



Gambar 1. Penyampaian materi penyuluhan

Melalui kegiatan penyuluhan, diperkenalkan bahwa Hidroksiapatit ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$, HAp) adalah bahan keramik bioaktif yang biasanya digunakan sebagai pengisi untuk cacat tulang di bidang medis. Ini memiliki struktur kristal dan komposisi kimia yang mirip dengan kerangka manusia (Zhang *et al.*, 2019). HAp yang diperoleh dari sumber ikan laut juga dapat digunakan untuk aplikasi biomedis (Piccirillo *et al.*, 2015). Selain itu, HAp juga dapat diperoleh dari limbah tulang ikan mas yang mana dapat digunakan dalam aplikasi biomedis. Tulang ikan mas yang diproses melalui kalsinasi dianggap sebagai sumber HAp yang ramah lingkungan dan tergolong murah (Hammood *et al.*, 2019).

Lebih lanjut, dijelaskan bahwa HAp merupakan kalsium fosfat yang menunjukkan karakteristik fisikokimia dan biologi mirip dengan tulang manusia sebenarnya. HAp telah dimanfaatkan dalam produksi material biomedis karena biokompatibilitasnya dan minimnya efek samping. HAp telah digabungkan dengan berbagai senyawa kimia untuk meningkatkan sifat mekanik, struktural, dan bioaktifnya, menghasilkan keunggulan signifikan dalam bidang suplemen makanan, penghantaran farmasi, kosmetik, kedokteran gigi, dan implantasi tulang (Hernández-Ruiz *et al.*, 2022).

Pemanfaatan limbah ikan sebagai biomaterial untuk mencapai nol limbah juga akan berkontribusi pada Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs). Diantaranya, hal ini mengatasi masalah kesehatan dengan menyediakan HAp yang berasal dari limbah ikan, yang dapat digunakan untuk memperbaiki kerusakan tulang akibat kelainan bawaan, patah tulang, atau tumor pascaoperasi (SDG 3: Kesehatan dan Kesejahteraan yang Baik). Selain itu, mendorong kemajuan industri dengan mengubah limbah ikan menjadi material bernilai tinggi, seperti HAp, yang dapat diterapkan di sektor medis (SDG 9: Industri, Inovasi, dan Infrastruktur) (Fendi *et al.*, 2023).



Gambar 2. Sesi diskusi dengan peserta

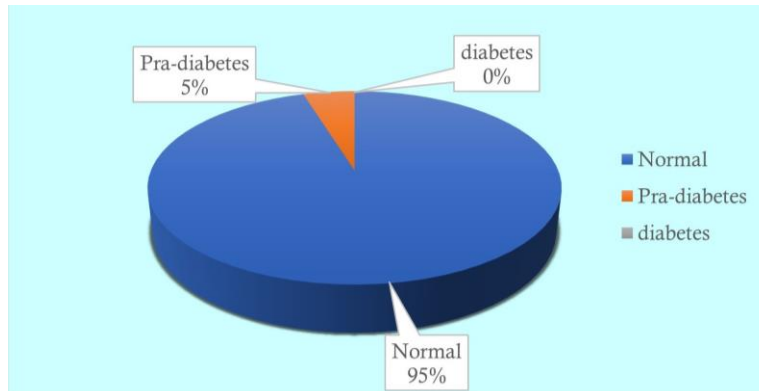
Selain penyuluhan pemanfaatan limbah tulang ikan, juga dilakukan penyuluhan mengenai penyakit diabetes. Sehingga masyarakat dapat meningkatkan kesadaran akan pentingnya menjaga kesehatan dan menjalankan pola hidup sehat. Dipaparkan bahwa diabetes adalah gangguan kondisi kronis parah yang ditandai dengan kurangnya produksi insulin oleh pankreas (hormon yang mengatur glukosa darah) atau ketidakmampuan tubuh untuk memanfaatkan insulin yang diproduksi secara efektif. Peningkatan glukosa darah, akibat umum dari diabetes yang tidak tertangani dengan baik, pada akhirnya dapat mengakibatkan kerusakan signifikan pada jantung, sistem pembuluh darah, struktur mata, fungsi ginjal, dan sistem saraf. Lebih dari 400 juta orang menderita diabetes (WHO, 2016).



Gambar 3. Pemeriksaan glukosa darah, dan wawancara singkat.

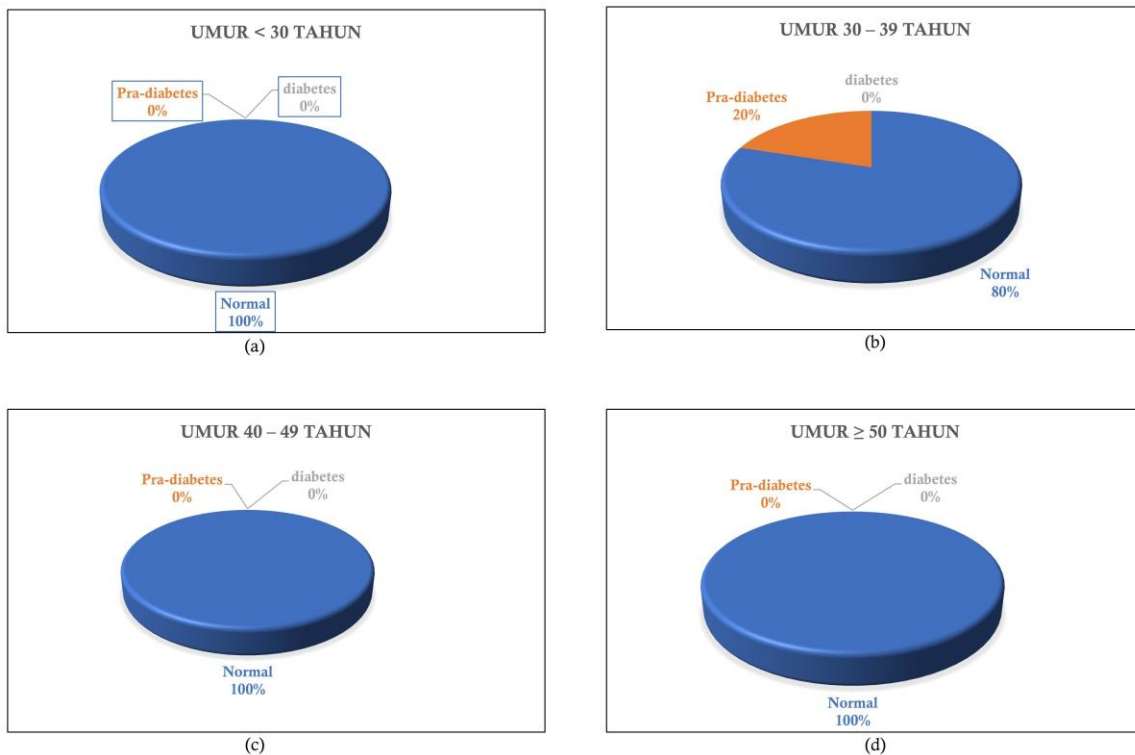
Berkaitan dengan penyuluhan diabetes, pemeriksaan glukosa darah dilakukan pada 21 responden dengan tingkat umur yang berbeda-beda. Sebelum pemeriksaan, ditanya kepada responden apakah mereka tahu tentang diabetes melitus, dan apakah pernah menjalani pemeriksaan glukosa darah. Sebagian besar dari mereka menjawab pernah melakukan pemeriksaan pada saat ke puskesmas, namun untuk mendeteksi penyakit apa mereka masih belum mempunyai pengetahuan yang memadai. Oleh karena itu, tim pengabdian kepada masyarakat (PKM) memberikan penjelasan kepada responden tentang diabetes melitus, pencegahan dan pentingnya pemeriksaan gula darah untuk mendeteksi kejadian tersebut. Kepada responden juga dijelaskan makna hasil pemeriksaannya. Lebih lanjut, hasil pemeriksaan glukosa darah dari 21 responden tersebut diklasifikasi dengan menggunakan kriteria **Normal:** < 140 mg/dL, **Pra-diabetes:** $140\text{--}199$ mg/dL, dan **Diabetes:** ≥ 200 mg/dL (WHO, 2016). Pemeriksaan glukosa darah dari 21 responden menunjukkan terdapat kategori normal sebanyak 20

orang (95%), kategori pra-diabetes sebanyak 1 orang (5%), dan kategori diabetes sebanyak 0 orang (0%) sebagaimana ditunjukkan oleh gambar 4.



Gambar 4. Persentase responden pemeriksaan glukosa darah.

Sedangkan pemeriksaan glukosa darah yang dikelompokkan berdasarkan umur responden ditunjukkan melalui gambar 5. Hasil pemeriksaan glukosa darah adalah sebagai berikut: umur < 30 tahun terdapat kategori normal sebanyak 8 orang (100%), pra-diabetes 0 orang (0%), dan diabetes 0 orang (0%); umur 30-39 terdapat kategori normal sebanyak 4 orang (80%), kategori pra-diabetes sebanyak 2 orang (20%), dan kategori diabetes 0 orang (0%); umur 40-49 tahun terdapat kategori normal sebanyak 6 orang (100%), kategori pra-diabetes 0 orang (0%), dan diabetes 0 orang (0%); dan umur ≥ 50 tahun terdapat kategori normal sebanyak 2 orang (100%), kategori pra-diabetes 0 orang (0%), dan diabetes 0 orang (0%).



Gambar 5. Persentase responden pemeriksaan glukosa darah: (a) klasifikasi umur < 30 Tahun; (b) klasifikasi umur 30-39 tahun; (c) klasifikasi umur 40-49 tahun; (d) klasifikasi umur ≥ 50 tahun.

Diabetes dapat dikategorikan ke dalam klasifikasi umum berikut: (1). Diabetes tipe 1 (disebabkan oleh kerusakan sel β akibat autoimun, yang biasanya menyebabkan insufisiensi insulin total, termasuk diabetes autoimun laten pada orang dewasa); (2). Diabetes tipe 2 disebabkan oleh penurunan bertahap non-autoimun dalam produksi insulin sel β yang cukup, yang sering dikaitkan dengan resistensi insulin dan sindrom metabolik; (3). Berbagai bentuk diabetes yang disebabkan oleh etiologi alternatif, termasuk sindrom diabetes monogenik (misalnya, diabetes neonatal dan diabetes onset maturitas pada anak muda), gangguan pankreas eksokrin (misalnya, fibrosis kistik dan pankreatitis), dan diabetes yang diinduksi oleh agen farmakologis atau bahan kimia (misalnya, pemberian glukokortikoid, pengobatan HIV/AIDS, atau pascatransplantasi organ); (4). Diabetes melitus gestasional (diabetes yang didiagnosis pada trimester kedua atau ketiga kehamilan yang sebelum tidak diketahui) (ElSayed *et al.*, 2023).

Penggunaan pengukuran glukosa darah vena dengan glukometer yang dirancang untuk sampel kapiler memudahkan pengambilan keputusan penanganan yang cepat. Pendekatan ini menawarkan beberapa keuntungan: tidak memerlukan spesimen kapiler, sehingga meminimalkan ketidaknyamanan pasien; mengurangi bahaya bagi staf akibat paparan jarum suntik tambahan; dan mengurangi kemungkinan hiperglikemia buatan akibat kontaminasi glukosa dari pulpa jari (Boyd, Leigh and Stuart, 2005). Lebih lanjut, pemantauan glukosa darah memungkinkan deteksi pola variasi kadar glukosa darah akibat nutrisi, olahraga, pengobatan, dan proses patologis yang berkaitan dengan fluktuasi glukosa darah, seperti diabetes melitus. Kadar glukosa darah yang abnormal, baik yang terlalu tinggi maupun terlalu rendah, dapat menyebabkan penyakit akut dan kronis yang mengancam jiwa (Mathew, Zubair and Tadi, 2025).

Oleh karena itu, kegiatan pemeriksaan glukosa darah dapat memberikan kesadaran bagi masyarakat akan pentingnya menjaga kesehatan khususnya antisipasi dini penyakit diabetes. Selain itu, mendorong adanya peningkatan respons sistem kesehatan terhadap penyakit tidak menular (PTM), termasuk diabetes, terutama di tingkat layanan kesehatan primer. Lebih lanjut, kegiatan pengabdian masyarakat ini dapat menjadi informasi awal dalam menetapkan pedoman dan metode untuk meningkatkan diagnosis dan tata laksana diabetes dalam layanan kesehatan dasar. Kemudian pentingnya merumuskan kebijakan dan program untuk menjamin akses yang adil terhadap teknologi diagnostik, serta untuk memastikan ketersediaan dan keterjangkauan obat-obatan vital, termasuk insulin manusia, bagi semua yang membutuhkan. Hal ini dapat menjadi landasan bagi penyusunan program selanjutnya pasca pelaksanaan pengabdian masyarakat ini.

Dengan demikian, pelaksanaan kegiatan ini secara menyeluruh memberikan prespektif dalam bentuk edukasi bagi masyarakat mengenai pemanfaatan limbah dari sumber daya lokal, dan meningkatkan kesadaran kesehatan di masyarakat, serta informasi konstruktif bagi pemerintah daerah Takalar, Sulawesi Selatan.

SIMPULAN DAN SARAN

Pelaksanaan kegiatan pengabdian masyarakat mampu memberikan edukasi kepada masyarakat sehingga masyarakat mendapat pengetahuan baru terkait optimalisasi potensi limbah tulang ikan dan manfaatnya di bidang kesehatan apabila diproduksi menjadi HAp. Selain itu, kegiatan pemeriksaan glukosa darah memberikan informasi mengenai kondisi kesehatan masyarakat yang terkategori normal, pra-diabetes, dan diabetes. Hal ini sangat penting sebagai salah satu upaya preventif untuk mengantisipasi adanya penyakit diabetes. Namun demikian, pasca kegiatan pengabdian masyarakat diperlukan adanya tindak lanjut yang dapat didesain dalam bentuk pelatihan, dan monitoring kesehatan masyarakat secara berkala yang dapat dilaksanakan melalui program Pemerintah Daerah Takalar.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Kepala Lembaga Layanan Dikti (LLDikti) Wilayah IX, Aliansi Dosen Perguruan Tinggi Swasta Indonesia (ADPERTISI), Pimpinan Perguruan Tinggi Swasta tempat *homebase* tim penulis, Pemerintah Daerah Kabupaten Takalar dan Pemerintah Desa Bontokasi yang telah memfasilitasi selama pelaksanaan Pengabdian kepada Masyarakat (PKM) Nasional 2025.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik Kabupaten Takalar (2024) 'Statistik Potensi Desa Kabupaten Takalar 2024', *buku*, (Khusus), p. xxvi+240. Available at: <https://takalarkab.bps.go.id/id/publication/2025/05/23/44e6f2b830944dcdd1bc53b7/statistik-potensi-desa-kabupaten-takalar-2024.html>.
- Boyd, R., Leigh, B. and Stuart, P. (2005) 'Capillary versus venous bedside blood glucose estimations.', *Emergency medicine journal: EMJ*, 22(3), pp. 177–179. Available at: <https://doi.org/10.1136/emj.2003.011619>.
- ElSayed, N.A., Aleppo, G., Aroda, V.R., Bannuru, R.R., Brown, F.M., Bruemmer, D., Collins, B.S., Hilliard, M.E., Isaacs, D., Johnson, E.L., Kahan, S., Khunti, K., Leon, J., Lyons, S.K., Perry, M. Lou, Prahalad, P., Pratley, R.E., Seley, J.J., Stanton, R.C., Gabbay, R.A. and Association, on behalf of the A.D. (2023) '2. Classification and Diagnosis of Diabetes: Standards of Care in Diabetes-2023.', *Diabetes care*, 46(Suppl 1), pp. S19–S40. Available at: <https://doi.org/10.2337/dc23-S002>.
- Fendi, F., Abdullah, B., Suryani, S., Raya, I. and Tahir, D. (2023) 'Fish waste-derived biomaterial as a support of zero waste and Sustainable Development Goals (SDGs)', *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1272(1). Available at: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1272/1/012040>.
- Fendi, F., Abdullah, B., Suryani, S. and Tahir, D. (2024) 'Hydroxyapatite Extracted from Rabbitfish (*Siganus* sp.) Bones and Its Potential for Bone Tissue Engineering Applications', *JOM* [Preprint]. Available at: <https://doi.org/10.1007/s11837-024-06760-7>.
- Granito, R.N., Muniz Renno, A.C., Yamamura, H., de Almeida, M.C., Menin Ruiz, P.L. and Ribeiro, D.A. (2018) 'Hydroxyapatite from Fish for Bone Tissue Engineering: A Promising Approach.', *International journal of molecular and cellular medicine*, 7(2), pp. 80–90. Available at: <https://doi.org/10.22088/IJMCM.BUMS.7.2.80>.
- Hammood, A.S., Hassan, S.S., Alkhafagy, M.T. and Jaber, H.L. (2019) 'Effect of calcination temperature on characterization of natural hydroxyapatite prepared from carp fish bones', *SN Applied Sciences*, 1(5), p. 436. Available at: <https://doi.org/10.1007/s42452-019-0396-5>.
- Hernández-Ruiz, K.L., López-Cervantes, J., Sánchez-Machado, D.I., Martínez-Macias, M. del R., Correa-Murrieta, M.A. and Sanches-Silva, A. (2022) 'Hydroxyapatite recovery from fish byproducts for biomedical applications', *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 28, p. 100726. Available at: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scp.2022.100726>.
- Khamkongkao, A., Boonchuduang, T., Klysubun, W., Amonpattaratkit, P., Chunate, H., Tuchinda, N., Pimsawat, A., Daengsakul, S., Suksangrat, P., Sailuam, W., Vongpramate, D., Bootchanont, A. and Lohwongwatana, B. (2021) 'Sintering behavior and mechanical properties of hydroxyapatite ceramics prepared from Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) bone and commercial powder for biomedical applications', *Ceramics International*, 47(24), pp. 34575–34584. Available at: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2021.08.372>.
- Mathew, T.K., Zubair, M. and Tadi, P. (2025) 'Blood Glucose Monitoring.', in: *Treasure Island* (FL).

- Nam, P.V., Hoa, N. Van and Trung, T.S. (2019) 'Properties of hydroxyapatites prepared from different fish bones: A comparative study', *Ceramics International*, 45(16), pp. 20141–20147. Available at: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2019.06.280>.
- Piccirillo, C., Pullar, R.C., Costa, E., Santos-Silva, A., E. Pintado, M.M. and L. Castro, P.M. (2015) 'Hydroxyapatite-based materials of marine origin: A bioactivity and sintering study', *Materials Science and Engineering: C*, 51, pp. 309–315. Available at: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.msec.2015.03.020>.
- Shi, P., Liu, M., Fan, F., Yu, C., Lu, W. and Du, M. (2018) 'Characterization of natural hydroxyapatite originated from fish bone and its biocompatibility with osteoblasts', *Materials Science and Engineering: C*, 90, pp. 706–712. Available at: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.msec.2018.04.026>.
- Surya, P., Nithin, A., Sundaramanickam, A. and Sathish, M. (2021) 'Synthesis and characterization of nano-hydroxyapatite from *Sardinella longiceps* fish bone and its effects on human osteoblast bone cells', *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, 119, p. 104501. Available at: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2021.104501>.
- WHO (2016) 'Global Report on Diabetes', *Isbn*, 978, pp. 6–86. Available at: https://scihub.si/https://apps.who.int/iris/handle/10665/204874%0Ahttps://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/204874/WHO_NMH_NVI_16.3_eng.pdf?sequence=1%0Ahttp://www.who.int/about/licensing/copyright_form/index.html%0Ahttp://www.who.int/about/licens.
- Zhang, L., Zhang, C., Zhang, R., Jiang, D., Zhu, Q. and Wang, S. (2019) 'Extraction and characterization of HA/ β -TCP biphasic calcium phosphate from marine fish', *Materials Letters*, 236, pp. 680–682. Available at: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.matlet.2018.11.014>.