

## Pengaruh Temperatur Dan Waktu Pengovenan Tulang Sapi Timor Terhadap Hasil Uji FTIR

Makxy Melian<sup>1</sup>, Dominggus G.H. Adoe<sup>2</sup>, Erich U.K.Maliwemu<sup>3</sup>

<sup>1-3</sup>) Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknik Universitas Nusa Cendana  
Jl. Adisucipto, Penfui-Kupang, NTT 85001, Tlp. (0380)881597

\*Corresponding author: godlielmesin@staf.undana.ac.id

### ABSTRAK

Penelitian ini mengevaluasi pengaruh temperatur dan waktu pengovenan terhadap hasil uji Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) pada tulang sapi Timor. Tulang sapi dari Nusa Tenggara Timur, yang kaya akan kalsium dan fosfor, diolah melalui pembersihan, perebusan, dan perendaman H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> sebelum dikalsinasi pada temperatur (100°C) dan durasi (1 dan 2 jam). Hasil FTIR menunjukkan perubahan signifikan dalam struktur kimia tulang, dengan suhu dan waktu pengovenan mempengaruhi kualitas dan karakteristik tulang. Penelitian ini menyimpulkan bahwa pengaturan tepat parameter pengovenan dapat meningkatkan kualitas produk berbasis tulang sapi, seperti hidroksiapatit.

### ABSTRACT

*This study evaluates the effect of temperature and oven time on the results of the Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) test on Timorese cow bones. Cow bones from East Nusa Tenggara, which are rich in calcium and phosphorus, are processed through cleaning, boiling, and soaking H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> before calcining at temperature (100°C) and duration (1 and 2 hours). The FTIR results showed significant changes in the chemical structure of the bones, with temperature and baking time affecting the quality and characteristics of the bones. The study concluded that the precise setting of the ovening parameters can improve the quality of beef bone-based products, such as hydroxyapatite.*

**Keywords:** *Timorese Beef Bone, FTIR, Oven Temperature, Baking Time, Hydroxyapatite*

### PENDAHULUAN

Pulau Timor merupakan daerah yang memproduksi sapi dengan penghasil (supplier) sapi potong yang jumlahnya cukup tinggi. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik, (Badan Pusat Statistik 2021) Provinsi Nusa Tenggara Timur Jumlah konsumsi daging sapi meningkat mulai tahun 2020 hingga 2021 yaitu mencapai 2. 576 779 ekor sapi yang dipotong setiap tahun, sehingga limbah tulang sapi yang dihasilkan melimpah setiap tempat pemotongan hewan. Tulang merupakan salah satu jaringan tubuh yang bersifat kuat, kaku dan keras yang berfungsi sebagai sistem penggerak, penunjang, pelindung organ tubuh, penyimpan mineral dan energi serta penghasil sel darah merah. Tulang sendiri memiliki sifat dinamis karena secara konstan memperbaharui dirinya sendiri, sebuah proses yang disebut

*remodeling. Remodeling tulang adalah proses yang melibatkan resorpsi tulang diikuti dengan pembentukan tulang baru. Tujuan remodeling tulang adalah untuk mengatur homeostasis kalsium, memperbaiki kerusakan yang disebabkan oleh olahraga atau cedera stres ringan, dan membentuk struktur rangka selama pertumbuhan (Anon 1998)*

Tulang sapi selama ini banyak dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan tepung sebagai pelengkap mineral dalam pembuatan hidroksiapatit. Tulang sapi mengandung komposisi mineral berupa unsur kalsium dan fosfor. Kalsium yang terkandung dalam tulang sapi adalah sebesar 7,07% dalam bentuk senyawa CaCO<sub>3</sub>, 1,96% dalam bentuk senyawa CaF<sub>2</sub>, fosfor sebanyak 2,09% dalam bentuk senyawa Mg<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>, dan 58,30% dalam bentuk senyawa Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> (Perwitasari 2008) Komposisi tulang sapi yang terdiri dari 93% HA dan 7% β-tricalcium phosphate (Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>, β-TCP) (Barakat et al. 2009).

Dengan memahami peran dan pentingnya tulang sapi serta proses pengolahan yang tepat diharapkan dapat meningkatkan kualitas dan keamanan produk yang menggunakan tulang sapi sebagai bahan baku. Salah satu faktor yang dapat mempengaruhi kualitas tulang sapi adalah temperatur dan waktu pengovenan. Temperatur dan waktu pengovenan tulang sapi dapat mempengaruhi sifat-sifat kimia dari tulang sapi.

Metode yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi perubahan sifat kimia dari tulang sapi akibat perubahan temperatur dan waktu pengovenan adalah uji FTIR. FTIR merupakan suatu metode analisis spektroskopi yang menggunakan radiasi inframerah untuk mengukur interaksi molekuler pada sampel. Pengujian FTIR dapat memberikan informasi tentang perubahan struktur molekul pada tulang sapi akibat perubahan temperatur dan waktu pengovenan.

Penelitian mengenai pengaruh temperatur dan waktu pengovenan tulang sapi timor terhadap hasil uji FTIR dapat memberikan informasi yang berguna dalam pengembangan produk-produk yang menggunakan tulang sapi timor sebagai bahan dasar. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi yang berguna mengenai pengaruh temperatur dan waktu pengovenan terhadap kualitas tulang sapi timor sebagai bahan baku berbagai produk. Oleh karena itu, penelitian mengenai pengaruh temperatur dan waktu pengovenan tulang sapi timor terhadap hasil uji FTIR perlu dilakukan.

## METODE PENELITIAN

Proses pengovenan dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin dan spesimen sampel akan dilakukan di Laboratorium Mineral dan Material Maju, Fakultas Matematika dan Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Negeri Malang. Dalam penelitian di lab diperlukan alat-alat untuk memudahkan penelitian. Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini, antara lain:

- A. alat
  1. Timbangan digital
  2. Ayakan 200 mesh
  3. Gelas ukur
  4. Gelas kimia
  5. Pipet tetes
  6. Mortar
  7. Gerinda
  8. Oven
  9. FTIR
- B. bahan
  1. Tulang sapi timor
  2. Aquades (Aquadest)
  3. Hidrogen peroksida ( $H_2O_2$ )

## Prosedur Penelitian

Tahap awal yaitu, mengambil beberapa tulang sapi timor dari rumah potong hewan (RPH) kemudian dibersihkan dari daging dan jaringan ikat yang menempel. Tulang sapi kemudian dipotong sesuai ukuran yang dibutuhkan dan simpan dalam wadah yang tertutup rapat. Tulang yang digunakan adalah tulang sapi bagian kaki dan yang masih berumur 3 tahun.

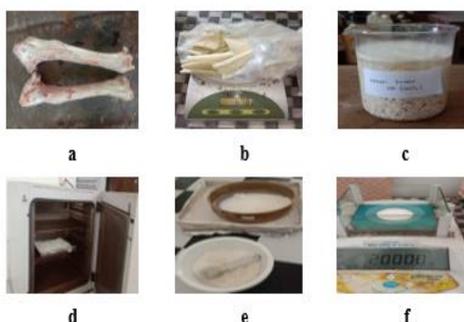
Tulang sapi yang telah dipotong kecil-kecil dengan ukuran 4 cm, setelah dipotong tulang sapi dicuci dengan aquades, lalu direbus dengan menggunakan air selama 2 jam. Tujuannya untuk menghilangkan lemak yang menempel pada tulang sapi. Setelah direbus tulang sapi dicuci kembali menggunakan aquades. Setelah dicuci tulang sapi ditimbang massanya 678 gr, tulang sapi dihancurkan menjadi cacahann kecil dan tulang sapi dicuci menggunakan aquades. Lalu tulang sapi direndam dengan larutan  $H_2O_2$  3% selama 5 jam. Tujuannya untuk mengubah warna tulang sapi yang awalnya putih kekuningan menjadi putih dan untuk membunuh bakteri-bakteri yang masih menempel pada tulang sapi. Selanjutnya tulang sapi dikeringkan dan dihaluskan dengan menggunakan mortar alu dan diayak dengan menggunakan ayakan 200 mesh. Setelah diayak sampel ditimbang 20 gr dan dibagi menjadi 2 sampel. Selanjutnya tulang sapi dikalsinasi menggunakan oven selama 1

dan 2 jam pada suhu 100°C, Setelah itu sampel ditimbang 5 gr dari masing-masing sampel untuk dilakukan pengujian menggunakan FTIR.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

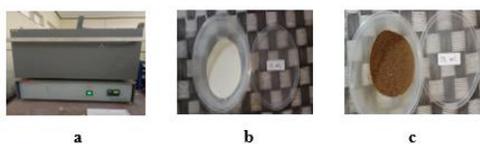
### Proses Preparasi dan Pengovenan Tulang Sapi Timor

Tulang sapi yang mentah yang di ambil dari rumah potong hewan ( a ), kemudian direbus menggunakan air selama 2 jam fungsinya untuk menghilangkan lemak yang masih menempel pada tulang setelah dibersihkan tulang kemudian di potong ukuran kecil dan dilakukan penimbangan pada tulang sapi ( b ), setelah dihancurkan tulang sapi direndam dalam larutan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 3% selama 5 jam ( c ).



Gambar 1. Tahap Awal Dan Proses Preparasi Sampel Tulang Sapi Timor (Dokumentasi Pribadi).

Selanjutnya sampel tulang di masukan kedalam oven untuk dikalsinasi pada tahap kalsinasi pertama yaitu menggunakan temperatur 100°C ( a ), dengan variasi waktu 1 jam dan 2 jam.



Gambar 2. Proses Pengovenan dan hasil Tulang Sapi Timor (Dokumentasi Pribadi).

Hasil kalsinasi dari sampel pertama dengan menggunakan suhu 100°C dengan lama waktu 1 jam warna sampel putih kekuningan (b), lalu pada sampel kedua dengan suhu 100°C dengan lama waktu 2 jam warna sampel coklat muda (c).

Tabel 1 Pengambilan Data Tulang Sapi Timor

No	Sampel Tulang Sapi	Suhu	Waktu Pengovenan	Berat Awal	Berat Akhir	Selisih Berat	Rendemen %
1	F537-100 A	100°C	1 jam	20 gr	18,80 gr	1,2 gr	94%
2	F538-100 B	100°C	2 jam	20 gr	17,21 gr	2,79 gr	86,05%

- Sampel F537-100 A (100°C, 1 jam):

Dipanaskan pada suhu 100°C selama 1 jam. Berat awal 20 gr dan berat akhir 18,80 gr, terjadi penurunan berat sebesar 1,2 gr. Rendemen 94%, Rendemen 94% menunjukkan bahwa sebagian besar komponen-komponen penyusun tulang seperti air, lemak, kolagen, dan mineral tetap ada, dengan hanya sedikit bahan organik yang hilang selama proses pemanasan.

- Sampel F538-100 B (100°C, 2 jam):

Dipanaskan pada suhu 100°C selama 1 jam. Berat awal 20 gr dan berat akhir 17,21 gr, terjadi penurunan berat sebesar 2,79 gr. Rendemen 86,05%, menunjukkan pengurangan berat yang lebih besar dari pada pada 100°C selama 1 jam. Ini menunjukkan bahwa peningkatan suhu mulai mempengaruhi kehilangan komponen-komponen yang menyusun tulang, seperti air, lemak, kolagen, dan mineral. Suhu yang lebih tinggi menyebabkan lebih banyak air menguap dan bahan organik (seperti lemak dan kolagen) terdekomposisi sehingga mengurangi berat tulang secara keseluruhan.

Pengaruh suhu dan pengaruh waktu pengovenan :

1. Pengaruh Suhu:

Semakin tinggi suhu pemanasan, semakin besar penurunan berat yang terjadi. Ini terlihat dari rendemen yang menurun dengan meningkatnya suhu dari 94% pada

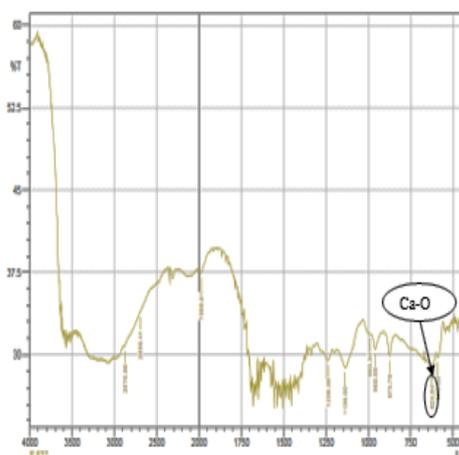
100°C selama 1 jam menjadi 86,05% pada 100°C selama 2 jam.

## 2. Pengaruh Waktu Pengovenan:

Penambahan waktu pengovenan juga berpengaruh terhadap penurunan berat. Pada suhu yang sama, waktu yang lebih lama cenderung menyebabkan banyak komponen – komponen penyusun tulang yang hilang pada 100°C, rendemen turun dari 94% selama 1 jam menjadi 86,05% selama 2 jam.

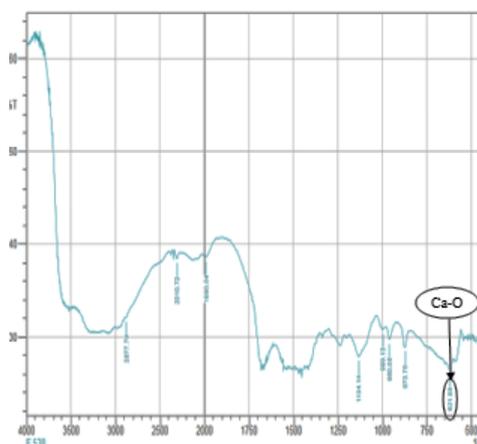
### Hasil Analisis Menggunakan FTIR

Spektroskopi FTIR merupakan suatu metode analisis yang dipakai untuk karakterisasi bahan polimer dan analisis gugus fungsi. Dengan cara menentukan dan merekam hasil spektra residu dengan serapan energi oleh molekul organik dalam sinar infra merah. Dengan infra merah didefinisikan sebagai daerah yang memiliki panjang gelombang dari 1-500  $\text{cm}^{-1}$ . Setiap gugus dalam molekul umumnya mempunyai karakteristik sendiri sehingga spektroskopi FTIR dapat digunakan untuk mendeteksi gugus yang spesifik pada polimer. Intensitas pita serapan merupakan ukuran konsentrasi gugus yang khas yang dimiliki oleh polimer. Metode ini didasarkan pada interaksi antara radiasi infra merah dengan materi (interaksi atom atau molekul dengan radiasi elektromagnetik). Interaksi ini berupa absorbansi pada frekuensi atau panjang gelombang tertentu yang berhubungan dengan energi transisi antara berbagai keadaan energi vibrasi, rotasi dan molekul. Radiasi infra merah yang penting dalam penentuan struktur atau analisis gugus fungsi terletak pada 500  $\text{cm}^{-1}$  – 4000  $\text{cm}^{-1}$ . Sampel yang digunakan dalam proses penelitian ini adalah tulang sapi timor yang berasal dari rumah potong hewan (RPH). Selanjutnya sampel tulang sapi timor ini dilakukan beberapa tahapan penelitian yang dimulai dari proses separasi sampel, proses pengovenan dan yang terakhir dilakukan proses pengujian dengan *Fourier Transform Infrared spectroscopy* (FTIR).



Gambar 3. Hasil Karakterisasi FTIR Selama 1 Jam Pada Temperatur 100°C A

Serapan pada bilangan gelombang 624.94  $\text{cm}^{-1}$  dalam sampel F537 pada suhu 100°C A mengindikasikan adanya gugus Ca-O. Ini menunjukkan adanya senyawa yang mengandung ikatan kalsium-oksida, yang mengalami perubahan struktur atau terdekomposisi pada suhu tersebut, menghasilkan serapan pada spektrum inframerah.



Gambar 4. Hasil Karakterisasi FTIR Selama 2 Jam Pada Temperatur 100°C B

Serapan pada bilangan gelombang 621.08  $\text{cm}^{-1}$  dalam sampel F538 pada suhu 100°C B mengindikasikan adanya gugus Ca-O. Ini menunjukkan adanya senyawa yang mengandung ikatan kalsium-oksida, yang mengalami perubahan struktur atau terdekomposisi pada suhu tersebut, menghasilkan serapan pada spektrum inframerah.

Tabel 2. Bilangan Gelombang

Serapan		Bilangan gelombang ( $\text{cm}^{-1}$ )
		Ca-O
Bilangan gelombang	Tanpa dioven	
Bilangan gelombang	Temperatur 100°C 1 jam	624.94
Bilangan gelombang	Temperatur 100°C 2 jam	621.08

Berikut adalah penjelasan dari tabel bilangan gelombang yang terkait dengan Ca-O pada berbagai kondisi pemanasan:

Temperatur 100°C:1 jam ( $624.94 \text{ cm}^{-1}$ ): Pada pemanasan 100°C selama 1 jam, puncak serapan Ca-O berada pada  $624.94 \text{ cm}^{-1}$ . 2 jam ( $621.08 \text{ cm}^{-1}$ ): Setelah 2 jam pemanasan pada suhu yang sama, puncak serapan sedikit bergeser ke  $621.08 \text{ cm}^{-1}$ . Perubahan ini menunjukkan perubahan kecil yang terjadi dalam struktur atau komposisi kimia kalsium fosfat akibat pemanasan.

Suhu yang lebih tinggi dan durasi pemanasan yang lebih lama cenderung menyebabkan pergeseran bilangan gelombang Ca-O ke nilai yang lebih rendah, yang mengindikasikan perubahan dalam struktur kimia atau kristalinitas sampel. Pemanasan menyebabkan dehidrasi dan perubahan dalam jaringan kalsium fosfat, yang bisa mengubah posisi getaran ikatan Ca-O.

Pada 100°C, perubahan serapan kecil menunjukkan bahwa pemanasan ringan hanya menyebabkan sedikit perubahan pada struktur tulang. Pada 100°C, pergeseran signifikan setelah 1 jam dan stabilisasi setelah 2 jam menunjukkan perubahan struktur yang lebih besar diikuti oleh restrukturisasi.

Pemanasan pada suhu yang berbeda mempengaruhi serapan Ca-O dalam spektrum

FTIR, yang mencerminkan perubahan struktural dalam sampel tulang sapi. Suhu yang lebih tinggi cenderung menyebabkan perubahan lebih besar dalam struktur kalsium fosfat, di mana perubahan ini tercermin dalam pergeseran bilangan gelombang serapan Ca-O. Durasi pemanasan juga mempengaruhi hasil akhir, dengan waktu pemanasan yang lebih lama pada suhu tinggi yang menyebabkan restrukturisasi dan stabilisasi pada bilangan gelombang tertentu.

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Fifi Afifah dan Sari Edi Chayaningrum (2020). Dari hasil penelitian dinyatakan bahwa tulang sapi memiliki potensi yang cukup tinggi sebagai prekursor material dalam pembuatan hidroksiapatit. Hasil karakteristik fisika menunjukkan bahwa sintesis hidroksiapatit berbahan dasar kristalinitas sebesar 95% dan hasil karakteristik kimia menunjukkan bahwa adanya gugus  $\text{CO}_3^{2-}$  dimana gugus tersebut merupakan ciri yang dimiliki oleh hidroksiapatit.

## KESIMPULAN

### Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa temperatur dan durasi pengovenan tulang sapi Timor mempengaruhi karakteristik fisik dan kimia tulang tersebut. Peningkatan suhu dan waktu pemanasan menyebabkan penurunan berat tulang dan perubahan struktur kimia yang terdeteksi melalui uji FTIR. Perubahan signifikan terjadi pada ikatan kalsium-oksida (Ca-O), yang terlihat dari pergeseran bilangan gelombang serapan FTIR. Penemuan ini penting untuk pengembangan produk berbahan dasar tulang sapi seperti hidroksiapatit.

### Saran

Untuk penelitian selanjutnya, Selain FTIR, bisa menggunakan teknik analisis lain seperti analisis SEM-EDX untuk memeriksa morfologi dan komposisi unsur sampel. Pastikan tidak terkontaminasi dari bahan lain yang tidak diperlukan untuk menghindari

terdapat banyaknya noise yang menyebabkan banyaknya fasa yang masih tersisa pada hasil uji..

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Anon. 1998. "P . A . H I L L , B . D . S . , F . D . S . , M . O R T H . , B . S C , M . S C . , P H . D ." 25:101–7.
- [2]. Arsista, Dede, Yosi Kusuma, Eriwati Departemen, Ilmu Material, and Kedokteran Gigi. 2021. "Penggunaan Atr-Ftir (Attenuated Total Reflection-Fourier Transform Infrared Spectroscopy) Pada Kedokteran Gigi." *Jurnal Material Kedokteran Gigi* 1–10. doi: 10.32793/jmkg.v10i2.904.
- [3]. Badan Pusat Statistik. 2021. "Provinsi Nusa Tenggara Timur Dalam Jumlah."
- [4]. Barakat, Nasser A. M., Myung Seob Khil, A. M. Omran, Faheem A. Sheikh, and Hak Yong Kim. 2009. "Extraction of Pure Natural Hydroxyapatite from the Bovine Bones Bio Waste by Three Different Methods." *Journal of Materials Processing Technology* 209(7):3408–15. doi: 10.1016/j.jmatprotec.2008.07.040.
- [5]. Costantino, P. D., and C. D. Friedman. 1994. "Synthetic Bone Graft Substitutes." *Otolaryngologic Clinics of North America* 27(5):1037–74. doi: 10.1046/j.1440-1622.2001.2128.x.
- [6]. Haley, Jennifer Anne. 2001. "Information To Users Umi." *Dissertation* 274.
- [7]. Hardiyanti. 2016. "Uin Alauddin Makassar." *Uin Alauddin Makassar* 1–86.
- [8]. Herdiana. 2013. "Pengaruh Asam, Basa, Metode Ekstraksi Dan Metode Pengeringan Terhadap Viskositas Gelatin." *Journal of Chemical Information and Modeling* 53(9):1689–99.
- [9]. Hutajulu, Adven. 2017. "Sintesis Dan Karakterisasi Material Biokomposit Polylactic Acid (PLA) Berpenguat Serbuk Tulang Sapi Sebagai Kandidat Bahan Tulang Buatan." Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya 1–124.
- [10]. Istifarah, Aminatun, and Prihartini Widiyanti. 2012. "Sintesis Dan Karakterisasi Komposit Hidroksiapatit Dari Tulang Sotong (Sepia Sp.)-Kitosan Untuk Kandidat Bone Filler." *Skripsi Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam* 1–55.
- [11]. Jaggi, Neena, and D. R. Vij. 2006. "Chapter 9 Fourier Transform Infrared." *Handbook of Applied Solid State Spectroscopy* 411–50.
- [12]. Jonathan Adrianto, Anderesas Pandu Setiawan. 2019. "Eksperimen Dengan Media Tulang Sapi Sebagai Media Alternatif Produk Interior." *Jurnal Intra* 7(2):292–97.
- [13]. Kartikasari, Niva Dian. 2014. "Sintesis Dan Karakterisasi Hidroksiapatit Dari Cangkang Keong Sawah (Pila Ampullacea) Dengan Porogen Lilin Sarang Lebah Sebagai Aplikasi Scaffold."
- [14]. Kusriani, Eny, and Muhammad Sontang. 2012. "Characterization of X-Ray Diffraction and Electron Spin Resonance: Effects of Sintering Time and Temperature on Bovine Hydroxyapatite." *Radiation Physics and Chemistry* 81(2):118–25. doi: 10.1016/j.radphyschem.2011.10.006.
- [15]. Marwanto, Melisa Oktaviani Silitinga, Yudhi Harini Bertham, Merakati Handjaningsih, and Prasetyo. 2023. "Azolla Compost-Based Organomineral Fertilizer for Increasing N Uptake, Growth, and Yield of Green Onion." *AIP Conference Proceedings* 2583(3):189–96. doi: 10.1063/5.0116207.
- [16]. Mohd Pu'ad, N. A. S., P. Koshy, H. Z. Abdullah, M. I. Idris, and T. C. Lee. 2019. "Syntheses of Hydroxyapatite from Natural Sources." *Heliyon* 5(5):e01588. doi: 10.1016/j.heliyon.2019.e01588.
- [17]. Ooi, C. Y., M. Hamdi, and S. Ramesh. 2007. "Properties of Hydroxyapatite Produced by Annealing of Bovine Bone." *Ceramics International*

- 33(7):1171–77. doi: 10.1016/j.ceramint.2006.04.001.
- [18]. Oyerinde, A., and E. Bello. 2016. “Use of Fourier Transformation Infrared (FTIR) Spectroscopy for Analysis of Functional Groups in Peanut Oil Biodiesel and Its Blends.” *British Journal of Applied Science & Technology* 13(3):1–14. doi: 10.9734/bjast/2016/22178.
- [19]. Perwitasari, Dyah Suci. 2008. “Hidrolisis Tulang Sapi Menggunakan HCl Untuk Pembuatan Gelatin.” Makalah Seminar Nasional Soebardjo Brotohardjono “Pengolahan Sumber Daya Alam Dan Energi Terbarukan” 1–9.
- [20]. Prabaningtyas, R. Aj. Mahardhika Safanti. 2017. “Karakterisasi Hidroksiapatit Dari Kalsit (PT. Dwi Selo Giri Mas Sidoarjo) Sebagai Bon Graft Sintesis Menggunakan X-Ray Diffraction (XRD) Dan Fourier Transform Infra Red (FTIR).” *Digital Repostpry Universitas Jember* 3(3):96–104.
- [21]. Rocha, J. H. G., A. F. Lemos, S. Agathopoulos, P. Valério, S. Kannan, F. N. Oktar, and J. M. F. Ferreira. 2005. “Scaffolds for Bone Restoration from Cuttlefish.” *Bone* 37(6):850–57. doi: 10.1016/j.bone.2005.06.018.
- [22]. Sandyawan, Ignasius, Tolu Lele, Erich U. K. Maliwemu, and Dominggus G. H. Adoe. 2022. “Karakterisasi Biomaterial Hidroksiapatit Dari Cangkang Kerang Ale-Ale Pantai Oesapa Kota Kupang.” *Seminar Nasional Kimia Dan Pendidikan Kimia I, Universitas Nusa Cendana* 56–62.
- [23]. Silverstein, Robert M., Francis X. Webster, David J. Kiemle, and David L. Bryce. n.d. “Eighth Edition Spectrometric Identification of Organic Compounds Mass Spectrometry 1.”
- [24]. Sugiharto, Endang Widiastuti, and Hanny Indrat Wahyuni. 2021. *Buku Ajar Fisiologi Ternak*.
- [25]. Suhu, Pengaruh, Dan Waktu, Kalsinasi Terhadap, Kemurnian Hidroksiapatit, Berbasis Tulang, Sapi Dengan, Metode Presipitasi, Yopy Pratama, and Jurusan Teknik Mesin. 2023. *Mochamad Arif Irfa'i*.
- [26]. Szczeń, Aleksandra, Lucyna Hołysz, and Emil Chibowski. 2017. “Synthesis of Hydroxyapatite for Biomedical Applications.” *Advances in Colloid and Interface Science* 249:321–30. doi: 10.1016/j.cis.2017.04.007.
- [27]. Weiss, P., M. Lapkowski, R. Z. Legeros, J. M. Bouler, A. Jean, and G. Daculsi. 1997. “FTIR Spectroscopic Study of an Organic / Mineral Composite for Bone and Dental Substitute Materials .” *Materials Science* 8(10):621–29.
- [28]. YessyWarastuti, Emil Budiando, and Darmawan. 2015. “Jurnal Sains Materi Indonesia SINTESIS DAN KARAKTERISASI MEMBRAN KOMPOSIT HIDROKSIAPATIT TULANG SAPI-KHITOSAN-POLI ( VINIL Bahan Dan Alat.” *Sains Materi Indonesia* 16(3000):83–90.
- [29]. Yuliana, Reflin, Erwin Abdul Rahim, Jaya Hardi, Ji Soekarno, Hatta Km, Kampus Bumi Tadulako, and Tondo Palu. 2017. “SINTESIS HIDROKSIAPATIT DARI TULANG SAPI DENGAN METODE BASAH PADA BERBAGAI WAKTU PENGADUKAN DAN SUHU SINTERING [Synthesis of Hydroxyapatite from Cow Bones Under Wet Method at Various of Stirring Times and Sintering Temperatures].” *KOVALEN* 3(3):201–10.
-