SKRIPSI

PEMANFAATAN LIMBAH KULIT UDANG VANAME (*Litopenaeus vannamei*) SEBAGAI SUMBER KALSIUM UNTUK SINTESIS MINERAL TULANG MENGGUNAKAN METODE XRD (*X-Ray Diffraction*) DAN FTIR (*Fourier-Tranform Infrared*)

RIKHA SAFITRI

D1B120122

PROGRAM STUDI S1 FARMASI

FAKULTAS FARMASI

UNIVERSITAS MEGAREZKY

MAKASSAR

2025

SKRIPSI

PEMANFAATAN LIMBAH KULIT UDANG VANAME (*Litopenaeus vannamei*) SEBAGAI SUMBER KALSIUM UNTUK SINTESIS MINERAL TULANG MENGGUNAKAN METODE XRD (*X-Ray Diffraction*) DAN FTIR (*Fourier-Tranform Infrared*)

DDisusun Dan Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Farmasi (S. Farm) Universitas Megarezky Makassar

RIKHA SAFITRI
NIM: D1B120122

PROGRAM STUDI SARJANA FARMASI

FAKULTAS FARMASI

UNIVERSITAS MEGAREZKY

MAKASSAR

2025

HALAMAN PERSETUJUAN

Skripsi dengan judul :

PEMANFAATAN LIMBAH KULIT UDANG VANAME (*Litopenaeus vannamei*) SEBAGAI SUMBER KALSIUM UNTUK SINTESIS MINERAL TULANG MENGGUNAKAN METODE XRD (*X-Ray Diffraction*) DAN FTIR (*Fourier-Tranform Infrared*)

Telah disetujui untuk dipertahankan dihadapan
Tim Penguji Skripsi
Fakultas Farmasi Universitas Megarezky
Pada hari Senin, tanggal 21 Juli 2025

Pembimbing I	Pembimbing II
Mirfaidah Nadjamuddin, S.Si., M.Si	**apt. A. Suparlan Isya Syamsu, S.Farm., M.Si**
NIDN. 09 07078902	**NIDN. 09 18058402**

Mengetahui,

Ketua Program Studi S1 Farmasi

Dr. apt. Nurhikma A, S.Farm., M.Si
NIDN. 09 22029102

HALAMAN PENGESAHAN

Pada hari ini, Senin tanggal 21 Juli 2025, bertempat di Ruang Koordinator Kepala Laboratorium Farmasi, lantai 2 gedung E Universitas Megarezky, telah dilaksanakan Ujian Skripsi sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan Program Sarjana Farmasi terhadap mahasiswa atas nama:

Nama	:	RIKHA SAFITRI
NIM	:	D1B120122
Program Studi	:	Farmasi
Jenjang	:	Strata 1
Judul Skripsi	:	Pemanfaatan Limbah Kulit Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*) Sebagai Sumber Kalsium Untuk Sintesis Mineral Tulang Menggunakan Metode XRD (*X-Ray Diffraction*) dan FTIR (*Fourier-Tranform Infrared*)

Yang telah diuji oleh **Tim Penguji Skripsi**, sebagai berikut:

Tim Penguji	**Tanda Tangan**
1. Mirfaidah Nadjamuddin, S.Si., M.Si	(.....)
2. apt. A. Suparlan Isya Syamsu, S.Farm., M.Si	(.....)
3. Nurfiddin Farid, S.Farm., M.Si	(.....)

Mengetahui,

Dekan,	**Ketua Program Studi,**
Dr. apt. Besse Yuliana, S.Si., M.Si	**Dr. apt. Nurhikma A, S.Farm., M.Si**
NIDN. 09 27099701	**NIDN. 09 22029102**

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamualaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah Subhanahu wa Ta'ala atas segala limpahan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan **skripsi** ini yang berjudul: **"Pemanfaatan Limbah Kulit Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*) Sebagai Sumber Kalsium Untuk Sintesis Mineral Tulang Menggunakan Metode XRD (*X-Ray Diffraction*) dan FTIR (*Fourier-Tranform Infrared*)"**

Penyusunan karya tulis ini merupakan salah satu syarat dalam menyelesaikan **Program Sarjana Farmasi pada Fakultas Farmasi, Universitas Megarezky Makassar**. Penuli menyadari bahwa tanpa bimbingan, bantuan, dan dukungan dari berbagai pihak, karya tulis ini tidak dapat terselesaikan dengan baik.

Dengan penuh hormat dan cinta, penulis menyampaikan **ucapan terima kasih yang tak terhingga kepada kedua orang tua tercinta Bapak Abd. Rahim dan Ibu Syahriah**, yang senantiasa mendoakan, mendampingi, serta memberikan semangat, kasih sayang, dan dukungan moril maupun material tanpa henti. Tanpa keikhlasan dan doa Ayah dan Ibu, penyusunan **Skripsi** ini tidak akan terwujud.

Ucapan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya juga penuls sampaikan kepada:

1. **Bapak Dr. H. Alimuddin, S.H., M.H., M. Kn sebagai Pembina Yayasan Pendidikan Islam Mega Rezky Makassar**, atas arahan dan pembinaan yang senantiasa menjadi fondasi dalam pengembangan institusi dan mahasiswa.
2. **Ibu Alm. Hj. Suryani, SH., MH sebagai Pendiri Yayasan Pendidikan Islam Mega Rezky Makassar**, atas dedikasi dan kontribusi luar biasa dalam mendirikan pembaga pendidikan yang menjadi wadah pengembangan ilmu dan karakter.
3. **Bapak Adv. Moch Noer Alim Qolby, S.H., L.LM sebagai Ketua Yayasan Pendidikan Islam Megarezky Makassar**, atas dukungan dan kebijakan strategis yang memfasilitasi proses pendidikan dan penelitian secara berkelanjutan.
4. **Bapak Prof. Dr. Anwar Ramli, S.E., M.Si sebagai Rektor Universitas Megarezky**, atas motivasi dan arahannya dalam membangun budaya akademik yang unggul dan berdaya saing.
5. **Ibu Dr. apt. Besse Yuliana, S.Si., M.Si sebagai Dekan Fakultas Farmasi**, atas kesempatan dan dukungan yang diberikan selama masa studi.
6. **Ibu Dr. apt. Nurhikma Awaluddin, S.Farm., M.Si sebagai Ketua Program Studi S1 Farmasi**, atas bimbingan akademik yang berkelanjutan dan inspiratif.
7. **Dosen Pembimbing Ibu Mirfaidah Nadjamuddin S.Si., M.Si** dan **Bapak apt. A. Suparlan Isya Syamsu, S.Farm., M.Si**, yang telah memberikan arahan, saran, dan evaluasi dalam penyusunan karya tulis ini dengan penuh kesabaran dan keikhlasan.

8. **Bapak Nurfiddin Farid S.Farm., M.Si sebagai penguji utama,** yang telah bersedia meluangkan waktu dan tenaga untuk menguji, memberikan masukan dan saran kepada penulis.
9. **Ibu Suhrah Febrina Karim, S.Farm., M.Farm sebagai Pembimbing Akademik (PA)**, atas pendampingan dan bimbingan akademik selama masa studi penulis.
10. **Seluruh Dosen dan Staf Akademik Universitas Megarezky**, atas ilmu, perhatian, dan pelayanan yang diberikan selama proses studi.
11. **Laboratorium Biologi, Laboratorium Kimia, Laboratorium Teknolog Farmasi Universitas Megarezky**, atas izin, dukungan, dan kerja samanya selama pelaksanaan penelitian.
12. **Nenek saya Hj. Rusnaini**, yang selalu mendukung dan mendoakan saya.
13. **Saudara kandung saya Reny Apriliani dan Risma Fauchiah** atas dukungan serta motivasinya selama ini.
14. **Terima kasih kepada keluarga besar**, atas semua doa dan dukungannya baik materi dan segala apapun yang telah didekasikan selama ini.
15. **Sahabat saya Rasyika, Sulis, Rahmi, Hasna**, untuk dukungan serta bantuan dan motivasinya serta yang telah meminjamkan laptop.
16. **Kepada rekan pharmacy_C020**, yang selalu saling mendukung untuk mendapatkan gelar sarjana farmasi.
17. **Teruntuk Muhammad Fadly** yang telah memberikan bantuan dan juga motivasinya.

18. **Terakhir, Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada Rikha Safitri diri saya sendiri**, yang telah berjuang sampai di titik ini, telah bertahan sejauh ini dengan keyakinan kepada Allah *Subhanahu wa Ta'la* untuk selalu berpikir positif untuk setiap keadaan yang dilewati, apresiasi untuk diri sendiri karena telah menyelesaikan apa yang telah dimulai. Untuk tidak pernah menyerah dan selalu berusaha. Ini bukan akhir tapi awal dari perjuangan menjemput kesuksesan yang sedang menunggu.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa skripsi ini jauh dari kata kesempurnaan yang diharapkan. Sehingga penulis sangat mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun kesempurnaan skripsi ini.

Makassar, 21 Juli 2025

Rikha Safitri

ABSTRAK

Rikha Safitri (D1B120122) Pemanfaatan Limbah Kulit Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*) Sebagai Sumber Kalsium Untuk Sintesis Mineral Tulang Menggunakan Metode XRD (*X-Ray Diffraction*) dan FTIR (*Fourier-Tranform Infrared*) (Dibimbing oleh Mirfaidah dan A. Suparlan Isya Syamsu)

Kulit udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) mengandung kalsium karbonat ($CaCO_3$) dalam jumlah yang cukup tinggi, sehingga berpotensi untuk dimanfaatkan dalam sintesis mineral tulang. Kulit udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) diteliti untuk mengetahui nilai kalsium dan mengetahui potensinya sebagai sumber kalsium untuk sintesis mineral tulang dengan menggunakan metode XRD dan FTIR. Metode penelitian ini dilakukan secara eksperimental, dimulai dengan proses kalsinasi limbah kulit udang pada suhu 800°C selama 3 jam untuk mengubah kalsium karbonat menjadi kalsium oksida (CaO), kemudian dilanjutkan dengan sintesis hidroksiapatit melalui metode presipitasi dan sampel dikarakterisasi menggunakan XRD (*X-Ray Diffraction*) dan FTIR (*Fourier-Tranform Infrared*). Hasil menunjukkan bahwa limbah kulit udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) mengandung fasa CaO mencapai 84% berdasarkan hasil karakterisasi XRD secara semi-kuantitatif dari pola difraksi, pola XRD menunjukkan terbentuknya struktur kristal hidroksiapatit, yang didukung oleh spektrum FTIR dengan keberadaan gugus PO_4^{3-}, –OH, serta CO_3^{2-} sebagai karakteristik apatit biologis. Sehingga dapat disimpulkan bahwa limbah kulit udang vaname memiliki nilai kalsium tinggi dalam bentuk CaO dan berpotensi dimanfaatkan sebagai sumber kalsium alternatif untuk sintesis mineral tulang.

Kata kunci : FTIR, hidroksiapatit, kalsium oksida (CaO), kulit udang vaname, XRD

ABSTRACT

Rikha Safitri *(D1B120122) Utilization of Whiteleg Shrimp (Litopenaeus vannamei) Shell Waste as a Calcium Source for Bone Mineral Synthesis Using XRD (X-Ray Diffraction) and FTIR (Fourier-Transform Infrared) Methods (Supervised by Mirfaidah and A. Suparlan Isya Syamsu)*

Whiteleg shrimp (Litopenaeus vannamei) shell contains a high amount of calcium carbonate (CaCO3), making them potentially useful in bone mineral synthesis. Whiteleg shrimp (Litopenaeus vannamei) was studied to determine its calcium content and potential as a calcium source for bone mineral synthesis using XRD and FTIR methods. This research method was conducted experimentally, starting with the calcination of shrimp shell waste at 800°C for 3 hours to convert calcium carbonate to calcium oxide (CaO). Then, the synthesis of hydroxyapatite was carried out through precipitation. The samples were characterized using XRD (X-Ray Diffraction) and FTIR (Fourier-Transform Infrared). The results showed that whiteleg shrimp (Litopenaeus vannamei) shell waste contained 84% CaO, based on semi-quantitative XRD characterization of the diffraction pattern. The XRD pattern indicated the formation of a hydroxyapatite crystal structure, supported by the FTIR spectrum with the presence of PO_4^{3-}, -OH, and CO_3^{2-} groups, characteristic of biological apatite. Therefore, it can be concluded that whiteleg shrimp shell waste has a high calcium content in the form of CaO and has the potential to be used as an alternative calcium source for bone mineral synthesis.

Keywords*: FTIR, hydroxyapatite, calcium oxide (CaO), whiteleg shrimp shell, XRD*

UNIVERSITAS MEGAREZKY
UNIMERZ
LEMBAGA BAHASA
01/08/24

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL ..... **ii**
HALAMAN PERSETUJUAN ..... **iii**
HALAMAN PENGESAHAN ..... **iv**
KATA PENGANTAR ..... **v**
ABSTRAK ..... **ix**
ABSTRACT ..... **x**
DAFTAR ISI ..... **xi**
DAFTAR TABEL ..... **xiii**
DAFTAR GAMBAR ..... **xiv**
DAFTAR LAMPIRAN ..... **xvi**
BAB I PENDAHULUAN **1**
A. Latar Belakang 1
B. Rumusan Masalah 4
C. Tujuan Penelitian 4
D. Manfaat Penelitian 5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA **6**
A. Uraian Udang Vaname 6
B. Mineral 9
C. Kalsium 11
D. Tulang 13
E. Biomaterial Tulang 17
F. Sintesis Material Hidroksiapatit 19
G. XRD (*X-Ray Diffraction*) 23
H. FTIR (*Fourier-Transform Infrared*) 27
I. Kerangka Teori 29
J. Kerangka Konsep 29
K. Hipotesis 30
BAB III METODE PENELITIAN **31**
A. Jenis Penelitian 31
B. Waktu dan Tempat Penelitian 31
C. Alat dan Bahan 31
D. Sampel 31
E. Prosedur Kerja 32
F. Analisis Data 33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN **35**
A. Hasil 35
B. Pembahasan 40
BAB V PENUTUP **45**

A. Kesimpulan 45
B. Saran 45
DAFTAR PUSTAKA 46
LAMPIRAN 50
BIOGRAFI 71

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Hasil analisis menggunakan XRD dari kalsinasi serbuk kulit udang vaname (Litopenaeus vannamei) 35
Tabel 4. 2 Hasil analisis menggunakan XRD dari sintesis apatit 37
Tabel 4. 3 Hasil analisis menggunakan FTIR dari sintesis apatit 38

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Udang vaname (Dokumentasi Pribadi) 6
Gambar 2. 2 Morfologi udang vaname (Kurniawan et al., 2021) 7
Gambar 2. 3 Alat XRD (X-Ray Diffraction) (Meirawaty et al., 2022)..... 23
Gambar 2. 4 Pola XRD dari serbuk cangkang telur (a) ayam dan (b) bebek yang dihasilkan melalui kalsinasi pada suhu 1000°C selama 5 jam..... 26
Gambar 2. 5 Alat FTIR (Fourier-Tranform Infrared)..... 27
Gambar 2. 6 Spektrum FTIR dari sampel komposit apatit-kitosan yang berasal dari kalsium cangkang telur ayam. 28
Gambar 4. 1 Grafik hasil XRD pada serbuk kulit udang vaname (Litopenaeus vannamei) setelah mengalami proses kalsinasi..... 36
Gambar 4. 2 Persentase XRD hasil kalsinasi 36
Gambar 4. 3 Hasil XRD sampel hidroksiapatit (HAp) 38
Gambar 4. 4 Hasil FTIR hidroksiapatit..... 39
Gambar 5.1 Sampel udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) 52
Gambar 5.2 Pembersihan kulit udang vaname (*Litopenaeus vannamei*)..... 52
Gambar 5.3 Proses pencucian kulit udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) 52
Gambar 5.4 Kulit udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) setelah dibersihkan ... 52
Gambar 5.5 Proses pengeringan kulit udang vaname (*Litopenaeus vannamei*).... 52
Gambar 5.6 Sampel kulit udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) setelah dikeringkan 52
Gambar 5.7 Penimbangan sampel 53
Gambar 5.8 Sampel kulit udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) dioven..... 53
Gambar 5.9 Proses penghalusan sampel kulit udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) 53
Gambar 5.10 Proses ayakan sampel serbuk kulit udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) 53
Gambar 5.11 Penimbangan serbuk kulit udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) 53
Gambar 5.12 Serbuk kulit udang vaname (*Litopenaeus vannamei*)..... 53
Gambar 5.13 Proses kalsinasi serbuk kulit udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) menggunakan tanur/*furnace* 54
Gambar 5.14 Serbuk kulit udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) setelah kalsinasi 54
Gambar 5.15 Proses penimbangan serbuk kulit udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) hasil kalsinasi..... 54
Gambar 5.16 Sampel kulit udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) untuk XRD . 54
Gambar 5.17 Proses XRD serbuk kulit udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) . 54
Gambar 5.18 Proses penimbangan serbuk monopotasium fosfat (KH_2PO_4) 55
Gambar 5.19 Proses pengadukan larutan monopotasium fosfat (KH_2PO_4)..... 55
Gambar 5.20 Proses penuangan larutan KH_2PO_4 dari gelas kimia ke labu ukur .. 55
Gambar 5.21 Larutan KH_2PO_4 55

Gambar 5.22 Penimbangan Serbuk kulit udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) atau serbuk CaO 55
Gambar 5.23 Proses pembuatan larutan CaO 55
Gambar 5.24 Proses penuangan larutan CaO dari gelas kimia ke labu ukur 56
Gambar 5.25 Larutan CaO 56
Gambar 5.26 Proses pengadukan larutan CaO menggunakan *magnetic stirrer* 56
Gambar 5.27 Penetesan larutan KH_2PO_4 kedalam larutan CaO 56
Gambar 5.28 Larutan hasil sintesis apatit 56
Gambar 5.29 Larutan setelah disimpan selama 12 jam 56
Gambar 5.30 Penyaringan endapan sintesis apatit 57
Gambar 5.31 Penimbangan hasil endapan sintesis apatit 57
Gambar 5.32 Hasil endapan sintesis apatit 57
Gambar 5.33 Pengeringan endapan sintesis apatit menggunakan oven 57
Gambar 5.34 Setelah pengeringan endapan hasil sintesis apatit 57
Gambar 5.35 Penimbangan hasil sintesis apatit 57
Gambar 5.36 Serbuk sintesis apatit untuk XRD 58
Gambar 5.37 Proses analisis menggunakan XRD 58
Gambar 5.38 Serbuk sintesis apatit untuk FTIR 58
Gambar 5.39 Proses analisis menggunakan FTIR 58

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Skema Kerja 50
Lampiran 2. Perhitungan 51
Lampiran 3. Dokumentasi Penelitian 52
Lampiran 4. Hasil Analisis XRD dan FTIR 59
Lampiran 5. Persuratan 63

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Tulang merupakan organ tubuh yang sangat penting bagi manusia karena memiliki fungsi penting dalam tubuh, seperti memberikan struktur, dan dukungan, melindungi organ-organ internal, memungkinkan gerakan berirama dengan otot, dan menyimpan mineral (terutama kalsium dan fosfat). Sehingga ketika tulang mengalami kerusakan, fungsi tubuh pun dapat terganggu. Kerusakan tulang sering terjadi di berbagai belahan dunia, termasuk di Indonesia. Menurut Nurlaela *et al.*, (2014), kecelakaan, bencana alam, faktor kelahiran, infeksi, dan tumor adalah beberapa penyebab yang dapat mengakibatkan kerusakan tulang. Usia juga dapat berpengaruh terhadap kerusakan tulang, karena penuaan alami mengakibatkan berkurangnya kepadatan tulang dan kualitas jaringan tulang, sehingga dapat menyebabkan osteoporosis dan meningkatkan risiko patah tulang. Kerusakan tulang yang tidak ditangani dengan baik dapat mengakibatkan penurunan kualitas hidup, mengurangi mobilitas, dan menyebkan komplikasi kesehatan lainnya.

Pada kasus kerusakan tulang (*bone deffect*), seperti yang disebabkan oleh kanker tulang, periodontitis, serta kondisi lainnya, seringkali dibutuhkan penggantian tulang yang rusak melalui transplantasi tulang. Di bidang ortopedi, graft tulang alami adalah yang paling umum digunakan. Jenis graft tulang ini termasuk tulang dari pasien yang sama, allograft (tulang dari donor manusia lain), dan xenograft (tulang dari sapi). Namun, penggunaan tulang sapi sebagai graft tulang tidak bisa dilakukan secara langsung, sebaliknya, itu dapat digunakan

sebagai bahan untuk membuat biomaterial HAp. Hidroksiapatit (HAp) dengan rumus kimia $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$ adalah senyawa kalsium fosfat yang termasuk dalam kelompok mineral (Noviyanti *et al.*, 2017). Hidroksiapatit (HAp) mendukung aplikasinya dalam bidang medis, terutama dalam ortopedi dan kedokteran gigi serta saat ini, HAp juga sedang banyak dikembangkan sebagai material substitusi tulang.

Pada material substitusi tulang terdapat syarat yang harus dipenuhi, yaitu serbuk biomaterial untuk substitusi tulang perlu dipadukan dengan matriks organik, karena tulang secara alami terdiri dari 30% bahan organik, 55% bahan anorganik, dan 15% air. Fase mineral tulang merupakan komponen utama dari substansi inorganik tulang, dikenal sebagai kristal hidroksiapatit (HAp). Secara stoikiometri, rumus kimia HAp adalah $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$, yang memiliki struktur kristal heksagonal padat, dengan rasio kalsium terhadap fosfat (Ca/P) sebesar 1,67 (Nurlaela *et al.*, 2014). Biotematerial substitusi harus menyerupai komposisi tulang alami, yang berarti harus mencakup komponen organik dan inorganik yang mendukung integrasi dan pertumbuhan sel. Hidroksiapatit sebagai komponen utama fase mineral tulang, harus memiliki struktur kristal yang stabil untuk memberikan kekuatan dan kestabilan mekanis yang diperlukan untuk fungsi tulang. Mineral tulang, terutama hidroksiapatit memiliki peran penting dalam proses penyembuhan dan regenerasi tulang.

Mineral tulang merupakan apatit biologi Apatit biologi yang ditemukan dalam jaringan makhluk hidup. Dalam jaringan makhluk hidup, apatit mengandung sejumlah besar karbonat (CO_3^{2-}). Pada HAp, ion CO_3^{2-} dapat

menggantikan gugus fosfat $(PO_4)^{3-}$ atau hidroksil (OH^-), menghasilkan mineral apatit yang tidak memiliki stoikiometri. Senyawa kalsium fosfat yang memiliki sifat kimia serupa dengan mineral tulang, seperti HAp, dapat disintesis menggunakan kulit udang sebagai sumber kalsium (Ca) dan KH_2PO_4 sintetis sebagai sumber fosfat $(PO_4)^{3-}$. Karena sifat kimia yang serupa dengan mineral tulang, senyawa kalsium fosfat ini dapat dimanfaatkan sebagai bahan pengganti tulang (Nurlaela *et al*., 2014).

Secara umum limbah kulit udang mengandung 3 komponen utama, yaitu kitin (15%-20%), protein (25%-40%) serta kalsium karbonat (45%-50%) (Ritonga *et al.*, 2021). Kalsium karbonat adalah salah satu sumber kalsium yang digunakan dalam sintesis mineral tulang. Kalsium merupakan komponen utama dari mineral tulang, terutama hidroksiapatit, yang memberikan kekuatan dan kekakuan pada tulang. Ketika seseorang mengonsumsi kalsium, tubuh menggunakan mineral ini untuk memperkuat dan memperbaiki tulang. Kalsium karbonat mendukung pembentukan dan pemeliharaan tulang yang sehat, serta menjaga keseimbangan kalsium dan tubuh.

Pada penelitian yang telah dilakukan oleh Hartanti *et al.*, (2022), hasil uji XRF (*X-Ray Fluorescence*) menunjukkan bahwa kandungan unsur terbesar dalam kalsinasi serbuk limbah kulit udang adalah kalsium (Ca), yaitu sebesar 84,96% dan dalam bentuk oksida (CaO) sebesar 77,87%. Menurut Asmawati (2018), kulit udang mengandung sekitar 40-50% kalsium karbonat, sehingga memiliki potensi untuk digunakan dalam sintesis hidroksiapatit. Pada penelitian yang telah dilakukan oleh Judprasong *et al.*, (2017), kulit udang menyumbang sekitar 35%

dari total berat udang dan merupakan limbah utama dari industri pengolahan udang. Komponen mineral utama pada udang vaname adalah kalsium dan fosfor, yang masing-masing memiliki persentase sekitar 44,75% dan 7,06% dari total mineral.

Berdasarkan uraian diatas maka, penulis ingin melakukan penelitian mengenai Pemanfaatan limbah kulit udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) sebagai sumber kalsium untuk sintesis mineral tulang.

B. Rumusan Masalah

1. Apakah limbah kulit udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) memiliki nilai kalsium tinggi sebagai sumber sintesis mineral tulang ?
2. Apakah limbah kulit udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) memiliki potensi sebagai sumber kalsium untuk sintesis mineral tulang dengan menggunakan metode XRD dan FTIR ?

C. Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui nilai kalsium dari limbah kulit udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) sebagai sumber sintesis mineral tulang
2. Untuk mengetahui potensi dari limbah kulit udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) dapat dimanfaatkan sebagai sumber kalsium untuk sintesis mineral tulang dengan menggunakan metode XRD dan FTIR

D. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan penelitian ini adalah pemberian informasi bahwa limbah kulit udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) dapat disintesis menjadi hidroksiapatit, sehingga dapat dimanfaatkan selanjutnya di bidang kesehatan (medis).

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Uraian Udang Vaname

1. Klasifikasi Udang Vaname

Klasifikasi udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) (Yuwono *et al.*, 2020):

Kingdom : Animalia

Family : Nenaeidae

Phylum : Arthopoda

Genus : Penaeus

Class : Crustacean

Ordo : Decapoda

Species : *Litopenaeus vannamei*

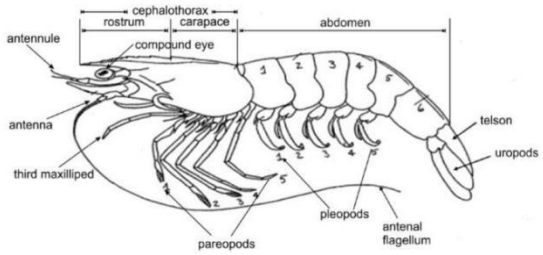


Gambar 2. 1 Udang vaname (Dokumentasi Pribadi)

2. Morfologi Udang Vaname

Tubuh udang vaname terbagi menjadi dua bagian, yaitu kepala dan badan. Bagian *cephalothorax* mencakup kepala dan dada yang menyatu, dengan lima ruas di bagian kepala dan delapan ruas di bagian dada. Sementara itu, badan dan abdomen udang vaname terdiri dari enam ruas, dimana pada masing-

masing ruas terdapat sepasang kaki renang. Ujung segmen keenam udang vaname memiliki ekor kipas dengan empat lembar dan telson yang runcing. Udang vaname termasuk dalam genus Penaeus, yang memiliki gigi dibagian rostrum atas dan bawah, dua gigi di bagian perut rostrum, serta 8-9 gigi di bagian punggung. Selain itu, udang ini juga memiliki antena yang panjang. Bagian kepala udang vaname terdiri dari tiga pasang antena, antenula, dan maxilla. Kepala udang vaname juga memiliki lima pasang kaki jalan (periopoda). Ujung kaki jalan ini beruas dan berbentuk seperti capit (daktilus), yang terdapat pada kaki pertama, kedua, dan ketiga. Abdomen udang vaname terdiri dari enam ruas, termasuk ruas kaki renang dan ruas uropoda. Ruas-ruas ini, bersama dengan telson membentuk ekor kipas. (Kurniawan *et al.*, 2021)



Gambar 2. 2 Morfologi udang vaname (Kurniawan *et al.*, 2021)

3. Kandungan Udang Vaname

Udang memiliki banyak senyawa aktif, terutama asam amino. Selain itu, udang mengandung senyawa aktif yang memiliki nilai ekonomis tinggi seperti kitosan, mineral, lipid, karotenoid, dan protein. Dalam 100 gram udang, terdapat 21 gram protein, 0,2 gram lemak, 0,1 gram karbohidrat, dan 8,0 mg zat besi. Protein menjaga dan meningkatkan sistem metabolisme

tubuh, meningkatkan energi, membuat tubuh lebih segar dan menyenangkan untuk aktivitas sehari-hari. Ukuran udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) tidak secara signifikan mempengaruhi kandungan kalsiumnya. Baik udang kecil maupun besar, cangkangnya tetap mengandung kalsium yang tinggi. Sebagian besar kalsium dalam udang terdapat pada cangkangnya, sehingga mengonsumsi udang dengan cangkangnya akan memberikan asupan kalsium yang optimal (Ujianti & Muflihati, 2020).

Kulit udang mengandung berbagai jenis komponen, seperti kitin (15-30%), protein (19-24%), $CaCO_3$ (13-14%), karbohidrat (6-9%), H_2O (>10%), $MgCO_3$ dalam jumlah kecil, dan pigmen astaxantin. Selain itu, kulit udang juga mengandung astaxantin, yang merupakan provitamin A untuk pembentukan warna kulit, serta protein kasar (25-40%), kalsium karbonat (45-50%), dan kitin (15-20%). Kitosan sangat bermanfaat dalam berbagai industri, seperti bioteknologi, makanan, pengolahan air limbah, antioksidan, antiinflamasi, kosmetik, antikanker, dan antibakteri (Nadia *et al.*, 2022).

Kulit udang dapat digunakan sebagai sumber kolagen yang penting. Kolagen mendominasi sebagai protein terbanyak dalam tubuh hewan, Menyumbang sekitar 30% dari total protein dalam tubuh, yang merupakan komponen utama dalam jaringan ikat, otot, gusi, dan kulit (Nurul *et al.*, 2023). Gambaran mengenai kandungan protein dan mineral yang tinggi pada limbah udang menunjukkan bahwa meskipun kulit udang mengandung protein kasar yang tinggi, hal ini terhambat oleh tingginya kandungan kitin. Kulit udang mengandung kitin, yang merupakan 30% dari bahan keringnya. Protein dalam

kulit udang memiliki ikatan yang kuat dengan kitin dan kalsium karbonat. Kalsium adalah penyusun utama kulit udang vaname. Dalam proses fisikokimia dan fisiologis, bioavailabilitas kalsium memengaruhi penyerapan kalsium tubuh, yang memungkinkan tubuh menggunakan mineral untuk melakukan fungsinya (Asmawati, 2018).

B. Mineral

Mineral merupakan senyawa alami yang terbentuk melalui proses geologis. Istilah "mineral" mencakup tidak hanya komposisi kimia tetapi juga struktur mineral itu sendiri. Mineral mencakup unsur murni dan garam sederhana hingga silikat dengan ribuan bentuk yang telah diidentifikasi (biasanya tidak termasuk senyawa organik). Mineralogi adalah ilmu yang mempelajari tentang mineral. Mineral sangat penting untuk berbagai fungsi sel tubuh. Tubuh tidak dapat berfungsi secara optimal tanpa mineral. Selain itu, mineral juga memiliki peran penting dalam proses pembekuan darah, kerja enzim, kontraksi otot, dan pembentukan struktural jaringan keras dan lunak. Mineral sendiri hanya diperlukan dalam jumlah kecil sehingga disebut sebagai mikronutrien (Putri *et al.*, 2023).

Mineral membentuk empat persen penyusun tubuh manusia. Manusia memerlukan nutrisi esensial dalam jumlah kecil, termasuk mineral, agar tubuh dapat berfungsi dengan baik. Makanan mengandung mineral yang penting, dan mineral ini dapat ditemukan dalam berbagai jumlah pada beberapa jenis makanan, seperti daging, sereal, ikan, susu, sayuran, buah, dan kacang-kacangan. Mineral dibagi menjadi makromineral dan mikromineral berdasarkan jumlah yang

dibutuhkan tubuh. Makromineral mencakup kalium (K), kalsium (Ca), natrium (Na), fosfor (P), magnesium (Mg), belerang (S), dan klor (Cl). Sementara itu, mikromineral adalah mineral yang diperlukan tubuh dalam jumlah kecil, seperti besi (Fe), seng (Zn), iodium (I), selenium (Se), tembaga (Cu), mangan (Mn), kobalt (Co), kromium (Cr), dan fluor (F) (Agustini, 2019).

Adapun beberapa fungsi mineral, yaitu (Agustini, 2019):

1. Sebagai komponen dalam pembentukan struktur rangka tubuh atau sebagai elemen penting dalam struktur rangka. Mineral yang paling umum adalah kalsium dan fosfor, yang terdapat di gigi dan kerangka tubuh.
2. Menjaga jumlah koloid dalam cairan tubuh serta mengatur berbagai sifat fisik sistem koloid, seperti difusi, tekanan osmotik, dan viskositas.
3. Pemeliharaan keseimbangan asam-basa: Ion-ion anorganik berperan dalam menjaga keseimbangan asam-basa. pH darah dan cairan tubuh lainnya perlu tetap dalam kisaran yang sempit untuk mempertahankan aktivitas organisme yang normal.
4. Bagian dari hormon
5. Pengaktif enzim atau kofaktor
6. Mengawasi keseimbangan cairan di dalam dan di luar sel
7. Berpartisipasi pada produksi energi dari makanan
8. Berfungsi sebagai katalisator untuk reaksi biologis yang terjadi di dalam tubuh
9. Mengirim sinyal/pesan ke sel saraf

Mineral dibedakan menjadi makromineral dan mikromineral sesuai dengan jumlah yang dibutuhkan tubuh. Unsur hara makro antara lain kalium (K),

kalsium (Ca), natrium (Na), fosfor (P), magnesium (Mg), belerang (S), dan klor (Cl). Mikromineral adalah mineral yang dibutuhkan tubuh dalam jumlah yang sedikit. Contohnya adalah besi (Fe), seng (Zn), yodium (I), selenium (Se), tembaga (Cu), magnesium (Mn), kobalt (Co), kromium (Cr) dan lem.

C. Kalsium

Kalsium adalah mineral terbanyak dalam tubuh dan merupakan komponen struktural utama gigi dan tulang. Olahraga tidak meningkatkan kebutuhan kalsium. Tubuh kita hampir tidak kehilangan kalsium dalam air seni atau keringat kami. Tinja adalah satu-satunya cara tubuh kita mengeluarkan kalsium. Tubuh kita dapat mendapatkan kalsium dari tulang kita jika ia membutuhkannya. Pada anak-anak, rakhitis atau riket adalah penyakit olek yang disebabkan oleh kekurangan vitamin D. Salah satu gejala penderitanya adalah kakinya terlihat seperti X atau O. Hal ini disebabkan karena tulangnya lunak dan kaki tidak kuat menopang beban tubuh. Tubuh Anda membutuhkan 500 mg kalsium sehari. Kalsium dalam tubuh berjumlah 1,5 hingga 2% dari berat badan (Putri *et al*., 2023).

Asupan kalsium yang tinggi (lebih dari 1000 mg) mempengaruhi penumpukan lemak dan kolesterol. Kalsium berperan penting dalam mencegah dan mengobati tekanan darah tinggi serta menurunkan kadar kolesterol darah. Magnesium dan kalsium juga bersaing untuk diserap dalam susu. Meningkatnya asupan mineral tersebut akan berdampak pada absorbsi mineral lain. Osteomalasia (semacam rakhitis), tetani, atau kejang adalah hasil dari kekurangan kalsium pada orang dewasa. Hal ini disebabkan oleh peran kalsium dalam darah yang penting

untuk transmisi sinyal saraf, kontraksi otot, pembekuan darah, dan aktivitas enzim. Oleh karena itu, kekurangan kalsium dapat menyulitkan proses pembekuan darah saat terjadi luka terbuka. Rapuh tulang dapat terjadi pada ibu hamil, ibu menyusui, atau orang tua (Putri *et al.*, 2023). Menurut Wahid *et al.*, (2023), kalsium merupakan mineral esensial yang berperan penting dalam menjalankan fungsi metabolisme tubuh serta dalam proses pembentukan struktur. Jika asupan kalsium tidak mencukupi selama masa pertumbuhan, anak-anak dapat berisiko mengalami gangguan pertumbuhan tulang. Sementara itu, pada orang dewasa, kekurangan kalsium dapat menyebabkan tulang menjadi keropos akibat berkurangnya massa tulang.

Magnesium disimpan di dalam tulang, terutama tulang yang tidak dapat diserap, dan tubuh membutuhkan 0,8 gram per hari. Kegunaannya dalam tubuh ditentukan oleh kelenjar tiroid yang menghasilkan hormon kalsitonin yang menurunkan kadar kalsium dalam darah, dan kelenjar paratiroid yang menghasilkan hormon paratiroid yang meningkatkan kadar kalsium dalam darah. Absorbsi Ca meningkat dengan adanya vitamin D. Kekurangan kalsium dapat menyebabkan penyakit diantaranya, yaitu riketsia, penyakit tulang rawan darah mengalami kesulitan membeku, kista, hiperkoagulasi, terlambatan pertumbuhan. Adapun akibat dari kelebihan kalsium dapat berupa hiperkalsemia, penumpukan kalsium dalam jaringan tubuh, serta pengerasan pada tulang rawan (Putri *et al.*, 2023).

Kalsium merupakan mineral yang terlibat dalam sejumlah besar fungsi vital. Meskipun penelitian tentang peran kalsium terutama difokuskan pada kesehatan

tulang, efek dari kalsium makanan atau suplemen kalsium akhir-akhir ini berorientasi pada hasil kesehatan lainnya. Asupan kalsium sering kali dikaitkan dengan konsumsi produk seperti susu, yogurt, dan keju, karena merupakan sumber kalsium yang baik. Makanan yang diperkaya seperti mentega dan air merupakan sumber kalsium yang sangat baik (Cormick & Belizán, 2019).

Asupan kalsium penting untuk massa tulang dan mineralisasi tulang yang baik, namun juga untuk pencegahan dan pengobatan osteoporosis. Pada beberapa negara, produk susu memberikan kontribusi penting terhadap penyediaan kalsium total. Hal ini terutama karena produk susu kaya akan kalsium yang dapat diserap dan nutrisi terkait lainnya (misalnya protein, vitamin D, magnesium) dan tersedia dengan harga yang relatif rendah (Papageorgiou *et al.*, 2022).

D. Tulang

Tulang adalah material komposit yang terdiri dari fraksi organik (terutama kolagen dan sejumlah kecil protein non-kolagen, lipid, dan proteoglikan), matriks anorganik (karbonat hidroksiapatit, atau c-HAp), dan air (struktural, terikat, bebas, dan teradsorpsi). Secara struktural, tulang terdiri dari kristal mineral kecil seperti pelat memanjang (panjang hingga 100 nm, tebal 2-4 nm) yang tertanam dalam matriks protein (Nesseri *et al.*, 2020). Matriks mineral matang berbentuk partikel kalsium fosfat berkarbonasi berukuran nano dan memanjang seperti trombosit yang arah memanjangnya diselaraskan sepanjang sumbu panjang fibril kolagen tipe I. Fibril kolagen tersebut menyusun matriks organik, bersama dengan berbagai jenis biomakromolekul, termasuk proteoglikan dan protein non-kolagen

(NCP). Mineral tulang diketahui memiliki kesamaan komposisi dan struktur dengan mineral hidroksiapatit (HAp) (Von Euw *et al.*, 2019).

Tulang merupakan jaringan tubuh yang terdiri dari osteon, struktur silindris di lapisan kortikal, dan trabekula di bagian dalam, yang memberikan kekuatan dan elastisitas pada tulang. Pada osteon terdapat saluran haversian, yang terdiri dari jaringan ikat endosteum yang berisi pembuluh darah dan serat saraf, serta saluran Volkmann yang mengalirkan pembuluh darah dan saraf menuju periosteum, yaitu lapisan luar tulang. Struktur di dalam osteon disebut lacunae, yang terdiri dari jaringan dewasa tulang, yaitu osteosit, yang saling terhubung dengan kanaliculi, saluran yang sangat sempit yang berfungsi untuk mengalirkan nutrisi dan mengeluarkan produk buangan. Lamella merupakan material komposit alami yang sebagian besar terdiri dari matriks organik dan mineral, yang membentuk lapisan yang mengelilingi kanal haversian dalam struktur tulang (Milla *et al.*, 2021).

Tulang mempunyai fungsi penting dalam tubuh, seperti penggerak, dukungan dan perlindungan jaringan lunak, penyimpanan kalsium dan fosfat, dan penyimpanan sumsum tulang. Meskipun bentuknya inert, tulang merupakan organ yang sangat dinamis yang terus-menerus diserap oleh osteoklas dan dibentuk kembali oleh osteoblas. Osteoblas adalah sel kuboid yang terletak di sepanjang permukaan tulang, terdiri dari 4-6% dari total sel tulang yang ada dan sebagian besar dikenal karena fungsi pembentukan tulangnya (Florencio-Silva *et al.*, 2015).

Tulang terdiri dari hidroksiapatit (HAp) (69-80%), kolagen (17-20 berat%), dan zat lain (air, protein, dll.). Bahan komposit berdasarkan biopolimer dan kalsium fosfat banyak digunakan untuk penggantian tulang. Polimer alami

merupakan pengganti yang baik untuk polimer sintetik. Komposisinya meniru matriks ekstraseluler (ECM); bahan-bahan tersebut bersifat bioabsorbable, biokompatibel, biodegradable, dan mampu mengadsorpsi molekul bioaktif. Komposit biopolimer untuk aplikasi medis harus memiliki kemiripan dengan arsitektur kompleks tubuh manusia dan komposit polimer. Selain itu, sistem pelepasan obat dan agen bioaktif berbasis biopolimer harus dikembangkan sebagai sistem pelepasan multifungsi untuk mempertahankan fungsi molekul biologis. Keramik kalsium fosfat terbentuk secara alami di jaringan padat tubuh manusia melalui biomineralisasi. Dari sudut pandang biokompatibilitas, bahan buatan yang terbuat dari kalsium fosfat harus memiliki sifat kimia dan fisiologis yang optimal. Namun, kalsium fosfat biologis menunjukkan karakteristik penting seperti kristalinitas yang buruk, tingkat substitusi unsur yang tinggi dalam komposisinya, dan kristalit yang sangat kecil yang sering berkontak dekat dengan matriks protein yang muncul (Mishchenko *et al*., 2023).

Sekitar 80% dari total berat tulang dalam tubuh terdiri dari tulang kortikal, yang merupakan bagian luar yang padat dan kuat dari tulang. Tulang trabekula di bagian dalam membentuk sisanya. Tulang trabekula memiliki banyak area permukaan dan porositas yang besar, yang menyebabkan perbedaan densitas yang mencolok antara kedua lapisan tulang ini. Tulang trabekula tidak memiliki osteon dan terdiri dari trabekula-trabekula yang tidak dilewati oleh pembuluh darah. Mereka mendapatkan nutrisi dari endosteum melalui proses difusi. Jaringan sumsum tulang terletak di antara trabekula (Milla *et al*., 2021).

Struktur dasar cangkok tulang harus memiliki karakteristik yang mirip dengan tulang manusia untuk membantu memperbaiki jaringan tulang. Osteoblas, osteosit, osteoklas, dan sel pembungkus tulang adalah sel-sel penyusun tulang. Selain itu, matriks ekstraseluler mengandung komponen bahan organik dan anorganik. Protein kolagen kolagen tipe I dan protein non-kolagen, seperti faktor pertumbuhan, sialoprotein II tulang, osteonektin, osteopontin, fibronektin, dan osteokalsin, termasuk dalam matriks organik. Kombinasi protein kolagen dan mineral hidroksiapatit ini akan membuat jaringan tulang lebih kaku dan tahan terhadap cedera (Milla *et al*., 2021).

Material aloplastik yang digunakan untuk cangkok tulang, tiga komponen utama harus dipahami: komposisi biokimia, porositas, dan stabilitas mekanik. Struktur tulang pada skala makro dapat berbeda dalam ukuran kolagen dan hidroksiapatit. Namun, kedua bahan tersebut masih berfungsi sebagai struktur inti penyusun tulang. Untuk menggunakan tulang manusia sebagai bahan cangkok tulang, atau allograft, yang terdiri dari mineral hidroksiapatit (HAp) dan matriks organik kolagen, produksi allograft harus melalui berbagai regulasi untuk memastikan keamanan penggunaan dan keamanan obat dan makanan. Sterilisasi dan asepsis secara kimiawi dan fisik adalah salah satu prosesnya. Proses ini dilakukan untuk menghilangkan antigen yang berpotensi mengaktifkan sistem kekebalan host. Debris selular, bakteri, dan bahan organik lain biasanya dihilangkan dengan menggunakan deterjen dan surfaktan (Milla *et al*., 2021).

Tulang yang terdiri dari kolagen dan hidroksiapatit menanggapi berbagai jenis zat kimiawi dengan cara yang berbeda. Penggunaan cairan yang bersifat

asam dalam produksi allograft dapat memengaruhi kandungan mineral dalam tulang yang menjadi bahan baku allograft karena kalsium fosfat yang terkandung dalam tulang alami mudah larut dalam asam. Selain itu, bahan kimia berbahaya memiliki kemampuan untuk mengubah kandungan protein kolagen, yang dapat menyebabkan respons awal host. Selain itu, tertinggalnya detergen dan surfaktan di bahan allograft dapat menyebabkan peradangan, yang dapat memperlama proses penyembuhan. Selain itu, proses sterilisasi fisik, seperti penggunaan radiasi gamma yang umum digunakan untuk sterilisasi bahan allograft, dapat merusak kolagen dalam allograft. Rasio kalsium (Ca) dan fosfat (P) sedian allograft rata-rata berbeda pada Rasio kalsium (Ca) dan fosfat (P) sedian allograft berkisar antara 1,39 dan 1.62. Rasio Ca-P pada tulang berkisar antara 1,39 dan 1.62, meskipun berbeda pada beberapa merk allograft. Hal ini menunjukkan bahwa proses pembuatan allograft tidak banyak dipengaruhi oleh kandungan mineralnya (Milla *et al*., 2021).

E. Biomaterial Tulang

Struktur dasar cangkok tulang harus memiliki karakteristik yang mirip dengan tulang manusia untuk membantu memperbaiki jaringan tulang. Osteoblas, osteosit, osteoklas, dan sel pembungkus tulang adalah sel-sel penyusun tulang. Selain itu, ada bagian-bagian yang termasuk dalam matriks ekstraseluler, mengandung komponen bahan organik dan anorganik. Protein kolagen kolagen tipe I dan protein non-kolagen, seperti faktor pertumbuhan, sialoprotein II tulang, osteonektin, osteopontin, fibronektin, dan osteokalsin, termasuk dalam matriks organik. Kristal hidroksiapatit [$Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$] merupakan komponen non-

organik dari tulang, yang terutama terdiri dari ion fosfat dan kalsium, dan berperan penting dalam memberikan kekuatan dan struktur pada tulang. Kombinasi protein kolagen dan mineral hidroksiapatit ini akan membuat jaringan tulang lebih kaku dan tahan terhadap cedera (Milla *et al*., 2021).

Untuk material aloplastik yang digunakan untuk cangkok tulang, tiga komponen utama harus dipahami: komposisi biokimia, porositas, dan stabilitas mekanik. Struktur tulang pada skala makro dapat berbeda dalam ukuran kolagen dan hidroksiapatit. Namun, kedua bahan tersebut masih berfungsi sebagai struktur inti penyusun tulang. Untuk menggunakan tulang manusia sebagai bahan cangkok tulang, atau allograft, yang terdiri dari mineral hidroksiapatit (HAp) dan matriks organik kolagen, produksi allograft harus melalui berbagai regulasi untuk memastikan keamanan penggunaan dan keamanan obat dan makanan. Sterilisasi dan asepsis secara kimiawi dan fisik adalah salah satu prosesnya. Proses ini dilakukan untuk menghilangkan antigen yang berpotensi mengaktifkan sistem kekebalan host. Debris selular, bakteri, dan bahan organik lain biasanya dihilangkan dengan menggunakan deterjen dan surfaktan (Milla *et al*., 2021).

Tulang yang terdiri dari kolagen dan hidroksiapatit menanggapi berbagai jenis zat kimiawi dengan cara yang berbeda. Penggunaan cairan yang bersifat asam dalam produksi allograft dapat memengaruhi kandungan mineral dalam tulang yang menjadi bahan baku allograft karena kalsium fosfat yang terkandung dalam tulang alami mudah larut dalam asam. Selain itu, bahan kimia berbahaya memiliki kemampuan untuk mengubah kandungan protein kolagen, yang dapat menyebabkan respons awal host. Selain itu, tertinggalnya detergen dan surfaktan

di bahan allograft dapat menyebabkan peradangan, yang dapat memperlama proses penyembuhan. Selain itu, proses sterilisasi fisik, seperti penggunaan radiasi gamma yang umum digunakan untuk sterilisasi bahan allograft, dapat merusak kolagen dalam allograft. Rasio kalsium (Ca) dan fosfat (P) sedian allograft rata-rata berbeda pada Rasio kalsium (Ca) dan fosfat (P) sedian allograft berkisar antara 1,39 dan 1.62. Rasio Ca-P pada tulang berkisar antara 1,39 dan 1.62, meskipun berbeda pada beberapa merk allograft. Hal ini menunjukkan bahwa proses pembuatan allograft tidak banyak dipengaruhi oleh kandungan mineralnya (Milla *et al*., 2021).

F. Sintesis Material Hidroksiapatit

Hidroksiapatit merupakan kalsium fosfat yang telah dipelajari selama beberapa dekade karena keanekaragamannya. Diantara beberapa aplikasi, perlu disebutkan biomaterial dalam cangkok tulang dan pelapis gigi, penghilangan kontaminan dalam tanah dan air, katalisis senyawa organik dan lain-lain. Beberapa metode sintesis seperti reaksi keadaan padat, sintesis mekanokimia, pembakaran dalam larutan, pirolisis, sol-gel, mikroemulsi, metode hidrotermal dan iradiasi gelombang mikro telah digunakan. sebagai teknik untuk mendapatkan fosfat ini (Castro *et al*., 2022)

HAp telah banyak digunakan untuk rekonstruksi tulang karena sifat osteokonduktifnya properti dan akhirnya HAp terdegradasi karena aktivitas osteoklas. Hidroksiapatit [$Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$] (HAp) menarik perhatian dalam penelitian karena kesamaan kimia dan strukturnya dengan mineral tulang sehingga juga dianggap sebagai bahan yang baik untuk pengganti tulang. HAp dapat

digunakan sebagai integrasi tulang dan memiliki potensi untuk meningkatkan proliferasi sel sehingga meningkatkan integrasi implan dan penyembuhan luka tanpa menghasilkan respons imunogenik apa pun. Hal ini dapat digunakan untuk memahami sifat dan perilaku fisikokimia fase mineral biologis yang ditemukan pada manusia. Selain itu, HAp secara termodinamika merupakan kalsium fosfat yang paling stabil pada pH, suhu, dan komposisi cairan biologis (Mehta *et al.*, 2014).

HAp dapat berikatan langsung dengan jaringan dan merangsang pertumbuhan jaringan. Oleh karena itu, HAp berpotensi untuk diterapkan dalam bidang biomedis, khususnya untuk aplikasi tulang dan gigi. HAp termasuk dalam jenis biokeramik. Dalam dunia medis, bahan keramik dibedakan menjadi dua golongan, yaitu keramik bioinert dan keramik bioaktif. Keramik bioinert tidak berpengaruh dan berinteraksi dengan jaringan tubuh. Sedangkan keramik bioaktif dapat berikatan dengan jaringan tulang hidup, seperti HAp dan kalsium fosfat. HAp dapat digunakan dalam berbagai aplikasi biomedis, termasuk matriks untuk pengendalian pelepasan obat, perancah untuk pembentukan tulang baru, dan pengisi dan pelapis untuk memperbaiki kerusakan tulang (Supriyono *et al*., 2023).

Kesamaan komposisi HAp dengan komponen mineral tulang menyebabkan meluasnya penggunaan HAp sintetik dalam pengobatan sebagai bahan pengisi untuk perbaikan kerusakan tulang, sebagai sistem penghantaran obat, sebagai bahan tambahan dalam pasta gigi dan deterjen, untuk produksi implan keramik atau pelapis pada implan logam, dan untuk pembuatan semen tulang (Chaikina *et al*., 2022).

Hidroksiapatit (HAp) adalah salah satu material yang digunakan sebagai implan untuk melapisi permukaan logam, seringkali dalam konteks medis atau bedah untuk meningkatkan biokompatibilitas. Hidroksiapatit merupakan senyawa biomaterial keramik yang terbuat dari kalsium dan fosfat dengan rumus molekul $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$. Hidroksiapatit termasuk bahan biokeramik kuat namun rapuh dengan biokompatibilitas tinggi. Khasiat ini membuatnya sangat cocok untuk memperbaiki jaringan tulang dan gigi yang rusak. Hidroksiapatit adalah jenis bahan yang bersifat biokompatibel dan bioaktif di dalam jaringan manusia serta mudah diserap ke dalam tubuh. Biokompatibilitas mengacu pada kemampuan suatu bahan untuk beradaptasi dan tidak membahayakan lingkungan implan. Bioaktivitas adalah kemampuan suatu bahan untuk berikatan dengan jaringan di sekitar tubuh manusia. Selain sifat biokompatibilitas dan bioaktifnya, HAp juga berguna sebagai pelapis. HAp bertindak sebagai reservoir ion kalsium dan fosfat, merangsang pertumbuhan jaringan tulang di dalam implan dan memastikan ikatan antarmuka yang kuat dengan jaringan biologis. HAp juga menunjukkan daya tarik/afinitas yang sangat kuat terhadap karena struktur kimianya mirip dengan jaringan tulang manusia (Yusuf *et al.*, 2024).

Apatite mengacu pada senyawa yang mempunyai struktur yang sama, namun belum tentu mempunyai komposisi yang sama, sehingga apatit bukanlah suatu senyawa, melainkan suatu ciri dari suatu golongan senyawa. Secara teoritis, beberapa ion dapat digabungkan untuk membentuk apatit, namun dalam praktiknya hanya struktur yang stabil secara termodinamika yang dapat terbentuk. Khususnya hidroksiapatit dengan rumus kimia Ca struktur kristal merupakan

kombinasi kalsium fosfat, yang membentuk tubuh utama jaringan tulang gigi, cangkang dan telur. Partikel hidroksiapatit yang terdapat pada tulang dan gigi masing-masing memiliki morfologi pelat dan pinion dengan dimensi nano. Hidroksiapatit berbentuk putih bersih, meskipun dalam keadaan normal dapat juga berwarna kuning kecoklatan atau hijau (Emtiazi *et al.*, 2019).

Apatite biologis adalah bentuk HAp non-stoikiometri yang mengandung ion jejak dan kekurangan $Ca^{2+.}$ Ion jejak mencakup ion bermuatan positif (seperti Mg^{2+}, Na^{+}, dan K^{+}) dan ion bermuatan negatif (seperti CO_3^{2}, Cl^{-}, dan F^{-}), dan ion pengganti yang paling umum adalah karbonat (CO_3^{2-}), yang dapat menggantikan OH dan PO_4^{3-}, masing-masing. Tergantung pada jenis jaringan kerasnya, apatit biologis menunjukkan morfologi kristal yang berbeda (Okada & Matsumoto, 2015).

Hidroksiapatit digunakan dalam bidang farmasi sebagai sistem penghantaran obat atau sistem penghantaran obat “DDS” dan sistem pengiriman obat. Struktur HAp yang berpori berisi obat yang sesuai membentuk sistem yang secara tepat mengantarkan obat ke area yang terkena dan berfungsi sebagai perancah untuk tulang yang baru direkonstruksi. Sistem penghantaran obat berbasis HAp dapat diperoleh melalui berbagai metode yaitu adsorpsi, hubungan kimia atau fisik, dan aspek mekanis (Yusuf *et al*., 2024).

G. XRD (*X-Ray Diffraction*)



Gambar 2. 3 Alat XRD (X-Ray Diffraction) (Meirawaty *et al.*, 2022)

Metode XRD (*X-ray diffraction*) telah berkembang dengan cepat sejak alat *X-Ray* ditemukan oleh Wilhelm Conrad Roentgen pada tahun 1895. Metode ini digunakan untuk menganalisis berbagai aspek mineral, termasuk struktur kristalnya, ukuran atom yang menyusunnya, simetri serta jarak antar atom, dan komposisi kimianya. Mineral yang sangat kecil atau berukuran halus tidak dapat dilihat dengan menggunakan mikroskop optik biasa tetapi dapat dianalisis dengan menggunakan metode ini dengan sangat baik. Teknik ini banyak digunakan, tidak hanya dalam bidang geologi, tetapi juga diterapkan dalam industri kimia, pembangunan infrastruktur, dan sektor manufaktur. Sampel dapat diuji menggunakan metode XRD baik dalam bentuk kristal tunggal maupun dalam bentuk serbuk. Metode ini sangat efisien dalam menjelaskan struktur kristal dan sifat atom di dalamnya, serta merupakan metode yang murah dan cepat untuk mengidentifikasi mineral (Meirawaty *et al*., 2022).

Prinsip kerja XRD melibatkan pengarahan sinar X ke permukaan objek yang akan dianalisis, yang bisa berupa kristal tunggal yang halus atau serbuk batuan dengan berat minimal lima gram. Di sisi lain, sinar X-ray memiliki

kemampuan untuk menangkap spektrum elektromagnetik dengan panjang gelombang antara 100 hingga 0.02 Å, sedangkan mata manusia hanya dapat mendeteksi sinar dengan panjang gelombang antara 7200 hingga 4000 Å (atau 720-400 nm). Dengan panjang gelombang yang lebih pendek, energi yang dikeluarkan oleh sinar *X-Ray* menjadi lebih besar. Akibatnya, metode ini memiliki kemampuan menembus bahan dengan sangat baik dan tingkat energi yang tinggi. Objektif mineral akan menanggapi sinar X dengan menyerap atau mendifraksikan sinar tersebut. Alat yang disebut XRD dapat mendeteksi sinar X yang dipantulkan (difraksi) oleh kristal mineral ketika sinar tersebut mengenai permukaan mineral. Proses difraksi menghasilkan sinar X yang memiliki sudut difraksi (e) tertentu, yang kemudian diukur oleh detektor (difraktometer) dan ditampilkan sebagai grafik dengan puncak intensitas yang spesifik. Ukuran spasi interplanar (d) dan intensitas relatifnya (1) ditunjukkan oleh *peak* yang ditunjukkan oleh difraktometer. Dengan demikian, untuk mengetahui jenis mineral dalam serbuk, kita dapat merujuk pada daftar difraksi mineral yang telah diterbitkan oleh *International Center for Diffraction Data* (ICDD) (Meirawaty *et al*., 2022).

XRD merupakan metode analisis yang efisien dan cepat, digunakan untuk membedakan antara bahan yang memiliki struktur kristal dan yang tidak teratur (amorf) dalam suatu sampel. Metode ini memungkinkan untuk memahami struktur kristal serta berbagai jenis ketidakaturan dan penyimpangan dalam kristal. Selain itu, metode ini juga dapat memberikan karakterisasi material kristal, baik secara kualitatif maupun kuantitatif, untuk mineral yang berukuran halus. Sebuah sample dapat berupa satu kristal saja atau serbuk batuan terdiri dari banyak kristal

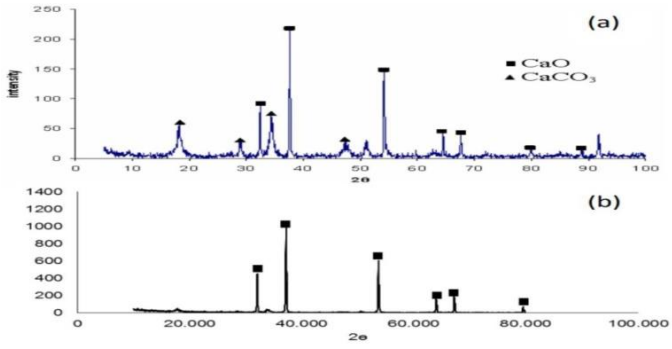
mineral, jumlahnya bisa mencapai ratusan hingga ribuan. Meskipun begitu, metode XRD sangat efisien dalam mengidentifikasi unsur-unsur material, baik organik maupun anorganik, dalam waktu yang singkat. Metode XRF (*X-Ray Fluorescence*) dianjurkan untuk digunakan dalam analisis kuantitatif karena dapat memberikan pengukuran yang lebih akurat mengenai persentase jumlah dan kadar suatu bahan (Meirawaty *et al*., 2022).

Proses kalsinasi dapat menguraikan $CaCO_3$ menjadi CaO. Kalsinasi adalah teknik untuk mengekstraksi zat yang mudah menguap bahan kimia dari padatan dengan memanaskannya pada suhu tinggi, mengoksidasi sebagian massa, atau membuatnya rapuh. Kalsinasi sering dianggap sebagai metode pemurnian. $CaCO_3$ dikalsinasi menggunakan dua metode: pembakaran dengan CO_2 atau gas oksigen (O_2) atau uap. Proses tersebut menghasilkan zat yang terurai sempurna tergantung pada suhu yang dipilih. $CaCO_3$ terurai sempurna pada kisaran suhu 500–900°C (Razali *et al.*, 2022). Untuk mengamati sampel yang berhasil diperoleh, dilakukan karakterisasi XRD. Karakterisasi ini dilakukan untuk mengamati apakah CaO sudah terbentuk atau sudah terbentuk pengotor lain sehingga kemurnian CaO yang dihasilkan tidak maksimal. Selain itu, karakterisasi XRD dilakukan untuk menganimasikan fasa kristal CaO yang dihasilkan (Daniaty Malau, 2021).

Pada penelitian yang telah dilakukan oleh (Nurlaela *et al*., 2014), sebelum menggunakan cangkang telur sebagai sumber kalsium (Ca), diperlukan proses kalsinasi untuk memastikan pelepasan seluruh senyawa organik dan CO_2 melalui reaksi seperti berikut:

$$\text{(Panas)} \qquad CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$$

Proses kalsinasi ini menyebabkan penurunan berat cangkang telur. Dari kalsinasi cangkang telur ayam, diperoleh serbuk sebanyak 65,67% (b/b), sedangkan dari cangkang telur bebek dihasilkan 55,02% (b/b). Analisis XRD dilakukan untuk memeriksa apakah kalsium karbonat ($CaCO_3$) yang terdapat dalam cangkang telur telah diubah menjadi kalsium oksida (CaO) melalui proses kalsinasi. Pada pola XRD serbuk cangkang telur ayam, terdeteksi puncak difraksi untuk kalsium karbonat ($CaCO_3$) dan kalsium oksida (CaO), yang menunjukkan bahwa masih ada sebagian $CaCO_3$ yang belum terkonversi menjadi CaO. Di sisi lain, pada pola XRD serbuk cangkang telur bebek, hanya terdeteksi puncak difraksi untuk kalsium oksida (CaO), yang menunjukkan bahwa hampir semua kalsium karbonat ($CaCO_3$) telah terkonversi menjadi CaO. Hal ini menunjukkan bahwa kemurnian CaO dalam serbuk cangkang telur bebek lebih tinggi dibandingkan dengan cangkang telur ayam. Berikut ini hasil pola XRD yang telah dilakukan (Nurlaela *et al.*, 2014):



Gambar 2. 4 Pola XRD dari serbuk cangkang telur (a) ayam dan (b) bebek yang dihasilkan melalui kalsinasi pada suhu 1000°C selama 5 jam

H. FTIR (*Fourier-Tranform Infrared*)



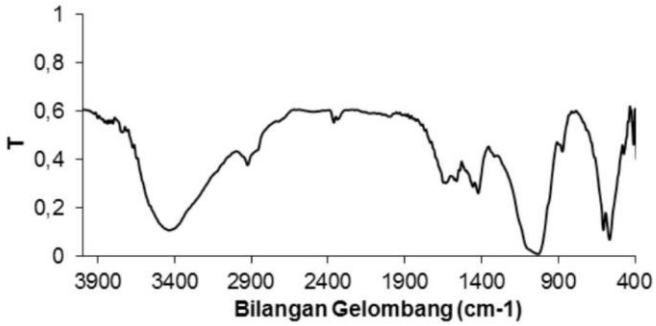
Gambar 2. 5 Alat FTIR (*Fourier-Tranform Infrared*)

Fourier-Tranform Infrared (FTIR) adalah suatu alat yang bisa digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsi, mendeteksi senyawa, dan menganalisis campuran dalam suatu sampel tanpa merusaknya. Dengan menggunakan FTIR (*Fourier Transformed Infrared*), seseorang dapat melakukan identifikasi gugus fungsi, menemukan senyawa, dan menganalisis campuran dari sampel yang sedang dianalisis tanpa merusak sampel tersebut. Spektrum gelombang elektromagnetik mencakup area inframerah dengan panjang gelombang antara 14000 cm^{-1} hingga 10^{-1}. Daerah inframerah dekat (14000-4000 cm^{-1}) sensitif terhadap vibrasi overtone, sedangkan daerah inframerah sedang (4000-400 cm^{-1}) berkaitan dengan transisi energi vibrasi molekul, memberikan informasi tentang gugus fungsi molekul. Daerah inframerah jauh (400-10 cm^{-1}) memungkinkan untuk analisis molekul (Wulan Sari *et al.*, 2018).

Prinsip kerja FTIR melibatkan interaksi antara energi dan materi. Sinar inframerah yang melewati celah menuju sampel berfungsi untuk mengontrol jumlah energi yang diberikan. Sebagian sinar inframerah diserap oleh sampel, sementara sisanya ditransmisikan melalui permukaan sampel. Sinar yang lolos

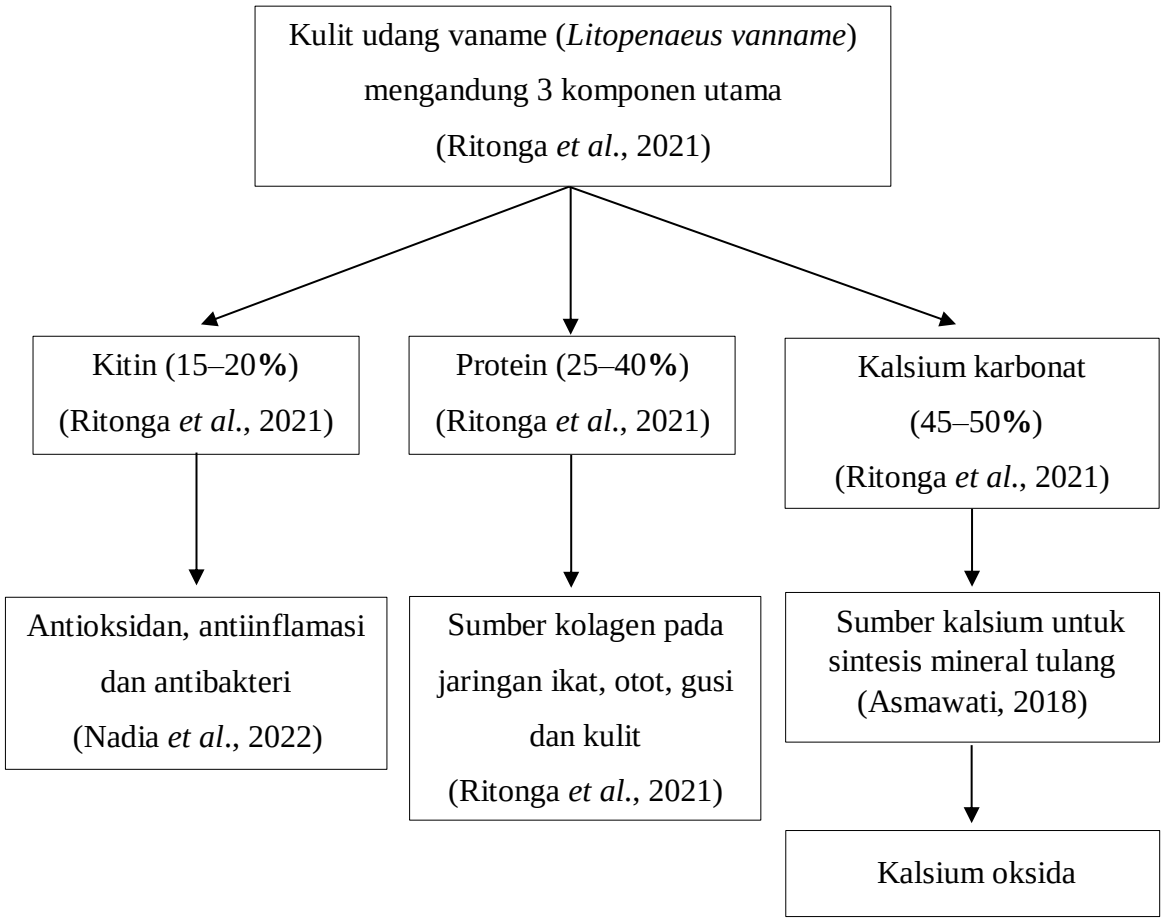
menuju detektor menghasilkan sinyal yang kemudian dikirim ke komputer untuk direkam sebagai puncak-puncak. Alat ini digunakan untuk mengidentifikasi senyawa, terutama senyawa organik, baik secara kualitatif maupun kuantitatif, yaitu spektrofotometer FTIR (Wulan Sari *et al*., 2018).

Pada penelitian yang telah dilakukan oleh (Nurlaela *et al*., 2014), spektrum FTIR dari kristal hidroksiapatit (HAp) menunjukkan pita serapan yang berkaitan dengan mode vibrasi gugus fosfat (PO_4^{3-}) dan hidroksil (OH^-). Namun, dalam apatit yang bersifat biologis, ion karbonat (CO_3^{2-}) dapat menggantikan sebagian ion PO_4^{3-} atau OH^-, yang menyebabkan munculnya pita serapan tambahan dari CO_3^{2-} meskipun dalam jumlah kecil. Sampel dalam penelitian ini menunjukkan ciri khas apatit biologis, yang ditandai dengan munculnya pita serapan tajam pada bilangan gelombang sekitar 1033 cm^{-1} (PO_4 ν_3), 565 dan 604 cm^{-1} (PO_4 ν_4), 873 cm^{-1} (CO_3 ν_2), serta 1422 dan 1461 cm^{-1} (CO_3 ν_3). Selain itu, pita pada 1633 dan 3432 cm^{-1} mengindikasikan keberadaan gugus OH^- di permukaan material.

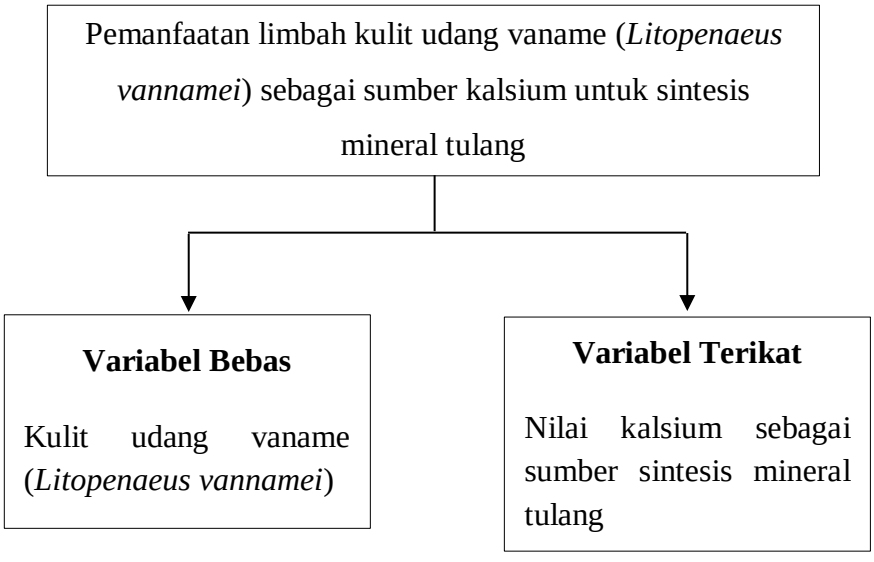


Gambar 2. 6 Spektrum FTIR dari sampel komposit apatit-kitosan yang berasal dari kalsium cangkang telur ayam.

I. Kerangka Teori



J. Kerangka Konsep



K. Hipotesis

1. Hipotesis nol (H0): Limbah kulit udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) tidak dapat digunakan sebagai sumber kalsium untuk sintesis mineral tulang.
2. Hipotesis satu (H1): Limbah kulit udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) tidak dapat digunakan sebagai sumber kalsium untuk sintesis mineral tulang.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen di laboratorium bertujuan untuk mengetahui potensi limbah kulit udang vaname sebagai sumber kalsium untuk sintesis mineral tulang dengan menggunakan metode XRD dan FTIR.

B. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Biologi, Laboratorium Kimia Farmasi, Teknologi Sediaan Farmasi Universitas Megarezky Makassar, Laboratorium Kimia Organik Universitas Hasanuddin, Laboratorium Penelitian dan Pengembangan Sains (LPPS) Universitas Hasanuddin pada Agustus 2024-Februari 2025.

C. Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini, yaitu ayakan, batang pengaduk, blender (*Fomach*), botol kaca, corong (*Pyrex*), FTIR (*Shimadzu IRPrestige-21*), gelas kimia (*Iwaki*), labu ukur (*Iwaki*), *magnetic stirrer* (B-One), oven (*B-One type OV-45*), tanur/*furnace*, timbangan dan XRD (*Shimadzu type XRD-7000*).

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini, yaitu aquadest, kertas saring, limbah kulit udang vaname (*Litopenaeus vannamei*), monopotasium fosfat (KH_2PO_4) dan tissue.

D. Sampel

Sampel yang akan digunakan dalam penelitian ini, yaitu limbah kulit udang vaname (*Litopenaeus vannamei*), diambil sampel ini akan diperoleh dari Burancie,

Kelurahan Mangkoso Kecamatan Soppeng Riaja Kabupaten Barru Sulawesi Selatan.

E. Prosedur Kerja

1. Persiapan sampel

a. Pengambilan Sampel

Diambil sampel udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) dalam kondisi masih segar dipisahkan antara kulit dan isinya di Burancie, Kelurahan Mangkoso, kecamatan Soppeng Riaja Kabupaten Barru Sulawesi Selatan.

b. Preparasi Sampel

Langkah awal dalam pengolahan kulit udang adalah mencucinya dengan air mengalir untuk menghilangkan kotoran. Setelah itu, kulit udang dijemur dibawah sinar matahari selama 3-4 hari hingga kering. Selanjutnya, kulit udang dipanaskan dalam oven pada suhu 120°C selama 1 jam untuk mengurangi kadar air. Setelah proses pemanasan, kulit udang dihaluskan dan diayak menggunakan ayakan 100 mesh. Tujuan dari proses ini adalah agar limbah kulit udang dapat terdekomposisi dengan baik dan mengurangi waktu yang diperlukan untuk kalsinasi $CaCO_3$ (Hartanti *et al*., 2022).

2. Kalsinasi Serbuk Kulit Udang

Kalsinasi dilakukan pada suhu 800°C selama 3 jam untuk menghilangkan komponen organik dan mengubah kalsium karbonat ($CaCO_3$) menjadi kalsium oksida (CaO). Setelah proses kalsinasi, kulit udang yang dihasilkan dianalisis

menggunakan XRD untuk memastikan bahwa $CaCO_3$ telah berhasil diubah menjadi CaO. (Nurlaela *et al*., 2014).

3. Sintesis Apatit

Langkah-langkah sintesis apatit menggunakan metode *presipitasi in situ*. Proses dimulai dengan meneteskan larutan KH_2PO_4 kedalam larutan CaO sambil diaduk pada *magnetic stirrer* dengan suhu konstan 37°C. Setelah presipitasi, pengadukan dilanjutkan selama 30 menit, lalu larutan disimpan selama 12 jam. Hasil larutan, kemudian disaring untuk memperoleh endapan putih, yang selanjutnya dipanaskan dalam oven pada suhu 110°C selama 3 jam untuk menghasilkan serbuk putih. Serbuk ini kemudian dianalisis menggunakan XRD dan FTIR untuk mengkarakterisasi komposisi dan strukturnya. (Nurlaela *et al*., 2014).

F. Analisis Data

1. Karakterisasi XRD (*X-Ray Diffraction*)

Hasil uji XRD (X-Ray Diffraction) disajikan dalam bentuk grafik spektrum dan tabel. Grafik menunjukkan pola difraksi, dengan sudut difraksi (2θ) pada sumbu horizontal dan intensitas difraksi pada sumbu vertikal. Untuk mengidentifikasi fase yang ada, pola difraksi dari sampel dibandingkan dengan data hidroksiapatit yang terdapat dalam database JCPDS (*Joint Committee on Powder Diffraction Standards*) atau COD (*Crystallography Open Database*). Proses analisis ini menggunakan perangkat lunak *X'Pert HighScore Plus*. Selain itu, analisis dari hasil pemanasan serbuk kulit udang juga dilakukan dengan perangkat lunak yang sama untuk mengenali fase-fase

yang terbentuk, dengan cara membandingkan pola difraksi sampel dengan database yang tersedia dalam perangkat lunak tersebut.

2. Karakteristik FTIR

Hasil uji FTIR memberikan informasi mengenai panjang gelombang dan nilai transmitansi dari berbagai gugus fungsi yang terdapat dalam sampel. Untuk mengidentifikasi gugus fungsi tersebut, spektrum FTIR sampel dibandingkan dengan referensi yang ada, seperti penelitian sebelumnya. Proses analisis dilakukan menggunakan perangkat lunak Origin.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

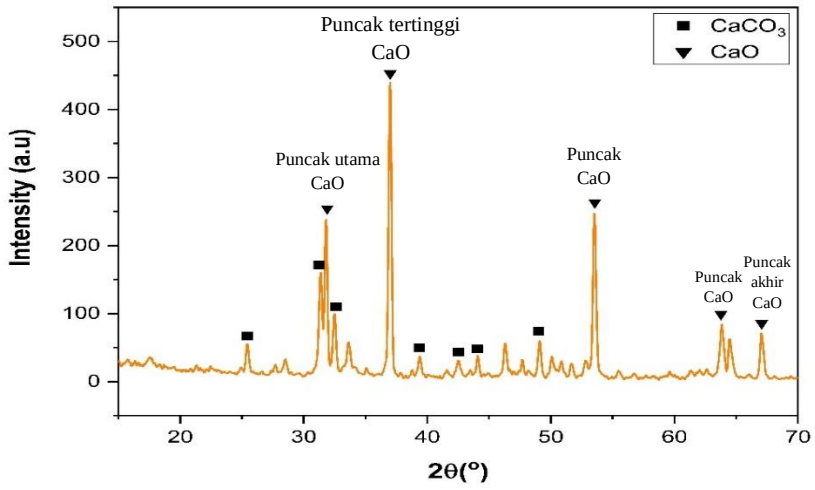
1. Hasil analisis menggunakan XRD dari Kalsinasi Serbuk Kulit Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*)

Tabel 4. 1 Hasil analisis menggunakan XRD dari kalsinasi serbuk kulit udang vaname (*Litopenaeus vannamei*)

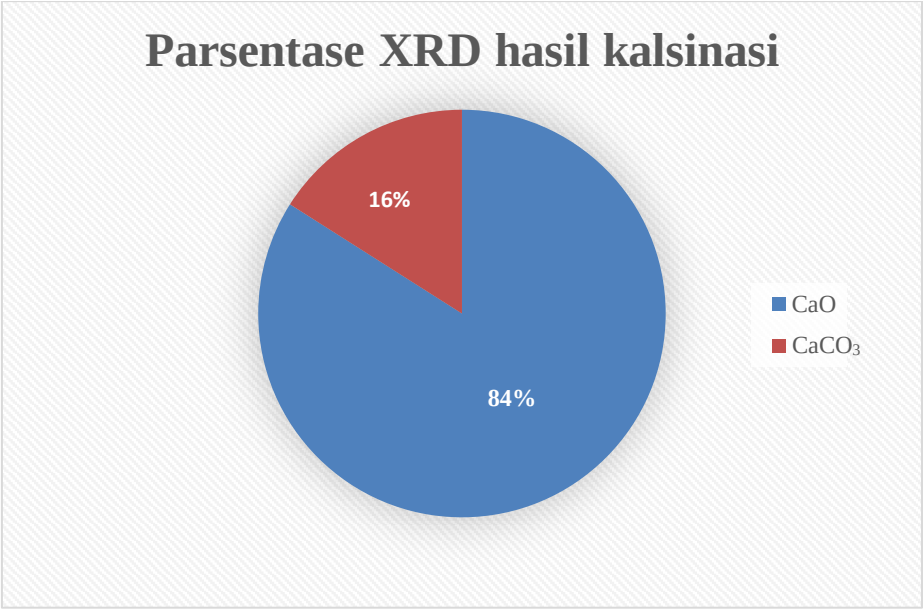
No.	Sudut 2θ (°)	Fase yang teridentifikasi	Keterangan
1.	25.440°	$CaCO_3$	-
2.	31.388°	$CaCO_3$	-
3.	31.799°	CaO	Puncak utama CaO
4.	32.503°	$CaCO_3$	-
5.	37.007°	CaO	Puncak tertinggi CaO
6.	39.393°	$CaCO_3$	-
7.	42.521°	$CaCO_3$	-
8.	44.102°	$CaCO_3$	-
9.	49.089°	$CaCO_3$	-
10.	53.495°	CaO	Puncak CaO
11.	63.857°	CaO	Puncak CaO
12.	67.075°	CaO	Puncak akhir CaO

Ket:
CaO : Kalsium oksida
$CaCO_3$: Kalsium karbonat
Puncak utama CaO : Puncak awal yang menunjukkan keberadaan senyawa CaO

Puncak tertinggi CaO : Puncak dengan intensitas (kekuatan sinyal) tertinggi, menunjukkan CaO paling dominan
Puncak CaO : Puncak yang terdeteksi CaO
Puncak akhir CaO : Puncak terakhir yang menunjukkan keberadaan CaO



Gambar 4. 1 Grafik hasil XRD pada serbuk kulit udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) setelah mengalami proses kalsinasi



Gambar 4. 2 Persentase XRD hasil kalsinasi

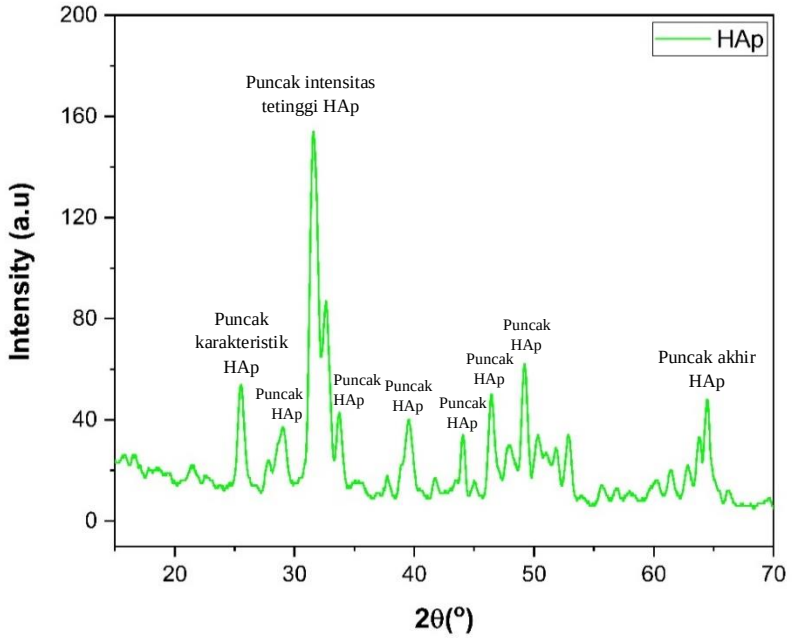
2. Hasil XRD dan FTIR dari Sintesis Apatit Serbuk Kulit Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*)

   a. Hasil XRD (*X-Ray Diffraction*) dari Sintesis Apatit Serbuk Kulit Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*)

Tabel 4. 2 Hasil analisis menggunakan XRD dari sintesis apatit

No.	Sudut 2θ (°)	Fase yang teridentifikasi	Keterangan
1.	25.529°	Hidroksiapatit (HAp)	Puncak karakteristik HAp
2.	28.775°	Hidroksiapatit (HAp)	Puncak HAp
3.	31.668°	Hidroksiapatit (HAp)	Puncak intensitas tertinggi
4.	33.578°	Hidroksiapatit (HAp)	Puncak HAp
5.	39.474°	Hidroksiapatit (HAp)	Puncak HAp
6.	44.020°	Hidroksiapatit (HAp)	Puncak HAp
7.	46.430°	Hidroksiapatit (HAp)	Puncak HAp
8.	49.159°	Hidroksiapatit (HAp)	Puncak HAp
9.	64.364°	Hidroksiapatit (HAp)	Puncak akhir HAp

Ket:
Puncak karakteristik HAp : Puncak difraksi khas yang menjadi indikator terbentuknya kristal hidroksiapatit (HAp)
Puncak intensitas tertinggi : Puncak difraksi HAp dengan sinyal paling kuat, menunjukkan kristal HAp terbentuk dengan baik
Puncak HAp : Puncak yang terdeteksi HAp
Puncsk akhir HAp : Puncak terakhir keberadaan hidroksiapatit (HAp)



Gambar 4. 3 Hasil XRD sampel hidroksiapatit (HAp)

b. Hasil analisis FTIR dari Sintesis Apatit Serbuk Kulit Udang Vaname (*Fourier Transform Infrared*)

Tabel 4. 3 Hasil analisis menggunakan FTIR dari sintesis apatit

No.	Bilangan Gelombang (cm^{-1})	Gugus Fungsi	Keterangan
1.	570.1	PO_4^{3-}	Vibrasi ikatan P–O (grup fosfat)
2.	605.4	PO_4^{3-}	Vibrasi ikatan P–O (grup fosfat)
3.	874.2	PO_4^{3-}	Vibrasi stretching dari ikatan P-O dalam grup fosfat
4.	1035.0	PO_4^{3-}	Vibrasi stretching dari ikatan P-O dalam grup fosfat
5.	1424.0	CO_3^{2-}	Vibrasi dari ikatan C-O

6.	1463.0	CO_3^{2-}	Vibrasi dari ikatan C-O
7.	1642	H_2O	Vibrasi bending dari H_2O
8.	3446	–OH	Vibrasi stretching dari ikatan O-H, keberadaan gugus hidroksil (-OH)
9.	3566	–OH	Vibrasi stretching dari ikatan O-H, keberadaan gugus hidroksil (-OH)

Ket:

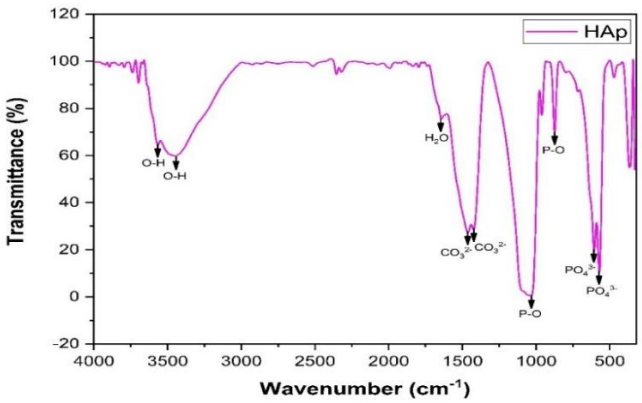
Vibrasi ikatan P-O : Menunjukkan adanya gugus fosfat, yaitu bagian utama dari hidroksiapatit (HAp)

Vibrasi stretching ikatan P-O : Getaran yang terjadi saat ikatan P dan O seperti ditarik dan dilepas, menandakan fosfat aktif dan membentuk struktur HAp

Vibrasi ikatan C-O : Menunjukkan ada gugus karbonat, artinya HAp yang terbentuk mirip dengan mineral tulang (apatit biologis)

Vibrasi bending ikatan H_2O : Getaran pada molekul air karena sudut ikatannya bergerak, menandakan air terserap dalam bahan

Vibrasi stretching ikatan O-H : Getaran seperti ditarik pada ikatan H-O, menunjukkan ada gugus hidroksil yang merupakan bagian dari HAp



Gambar 4. 4 Hasil FTIR hidroksiapatit

B. Pembahasan

Pada penelitian ini digunakan limbah kulit udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) yang dimanfaatkan sebagai sumber kalsium untuk sintesis mineral tulang karena mengandung kalsium karbonat ($CaCO_3$) yang dapat dijadikan sebagai sumber alternatif yang ekonomis dan berkelanjutan untuk produksi hidroksiapatit (HAp), mineral utama pembentuk jaringan tulang manusia.

Proses kalsinasi dilakukan pada suhu 800°C selama 3 jam untuk menghilangkan komponen organik dan mengubah kalsium karbonat ($CaCO_3$) menjadi kalsium oksida (CaO). Setelah proses kalsinasi, kulit udang yang dihasilkan dianalisis menggunakan XRD untuk memastikan bahwa konversi $CaCO_3$ ke CaO telah berhasil. Berdasarkan tabel 4.1 hasil kalsinasi yang diporeleh setelah dianalisis menggunakan XRD, puncak-puncak intensitas tinggi yang terdeteksi pada 2θ sebesar 31.799°, 37.007°, 53.495°, 63.857°, dan 67.075°, sesuai dengan pola difraksi standar JCPDS No. 96-900-6700, mengindikasikan keberadaan fasa kristalin CaO. Intensitas tertinggi pada 2θ = 37.007° menunjukkan bahwa fasa CaO terbentuk dominan setelah proses kalsinasi. Hal ini menunjukkan bahwa dekomposisi $CaCO_3$ berjalan dengan efektif dalam suhu tinggi tersebut.

Menurut penelitian yang dilakukan Pornchai *et al.* (2016), yang melakukan kalsinasi limbah cangkang telur pada suhu 800°C selama 3 jam, melaporkan puncak-puncak XRD CaO pada posisi 2θ seperti 32.2° 37.4° 53.9° 64.2° 67.4° dan puncak XRD $CaCO_3$ seperti 29.4° 39.5° 43.2° 47.6° 48.6°, sesuai dengan data

JCPDS. Kemiripan posisi puncak tersebut menunjukkan bahwa proses kalsinasi dalam penelitian ini berhasil mengubah $CaCO_3$ menjadi CaO.

Pada hasil kalsinasi tersebut juga masih terdeteksi beberapa puncak difraksi tambahan pada posisi 2θ seperti 25.440°, 31.388°, 32.503°, 39.393°, 42.521°, 44.102°, 49.089°, yang mengindikasikan keberadaan residu $CaCO_3$ dalam bentuk kalsit, sesuai dengan referensi JCPDS No. 96-810-3714. Fakta ini menunjukkan bahwa dekomposisi $CaCO_3$ belum sepenuhnya sempurna.

Hasil semi-kuantitatif dari pola difraksi, diperoleh bahwa kandungan CaO dalam sampel mencapai 84%, sedangkan sisa $CaCO_3$ berjumlah sekitar 16%. Persentase pada gambar 4.2 mencerminkan keberhasilan proses kalsinasi dalam mengonversi mayoritas senyawa $CaCO_3$ menjadi CaO. Hasil ini sejalan dengan penelitian Hartanti *et al.* (2022), yang menunjukkan kandungan kalsium sebesar 84,94% dan sebagai kalsium oksida (CaO) sebesar 77,87% melalui uji XRF pada kulit udang yang telah dikalsinasi.

Menurut penelitian Handayani *et al.* (2020), suhu dan durasi pemanasan sangat mempengaruhi konversi $CaCO_3$ menjadi CaO. Pada suhu di bawah 900°C, konversi $CaCO_3$ menjadi CaO belum berlangsung sempurna, sehingga kandungan CaO yang dihasilkan relatif lebih rendah. Sebaliknya, pada suhu di atas 900°C, CaO yang terbentuk dapat mengalami reaksi balik dengan gas CO_2 atau uap air dari udara, membentuk kembali $CaCO_3$ atau $Ca(OH)_2$, sehingga kandungan CaO justru dapat menurun. Oleh karena itu, suhu kalsinasi 800°C selama 3 jam yang digunakan dalam penelitian ini dianggap optimal untuk menghasilkan CaO dalam jumlah dominan.

Keberhasilan pembentukan CaO dari kulit udang memberikan peluang besar dalam pemanfaatan limbah perikanan sebagai bahan baku sintesis material bernilai tambah, khususnya untuk aplikasi biomaterial. Dalam sintesis hidroksiapatit, CaO hasil kalsinasi direkasikan dengan KH_2PO_4. Hasil karakterisasi XRD terhadap produk sintesis HAp menunjukkan puncak-puncak pada posisi 2θ = 25.529°, 28.775°, 31.668°, 33.578°, 39.474°, 44.020°, 46.430°, 49.159°, dan 64.364°, yang sesuai dengan referensi JCPDS No. 96-901-3630. Kesamaan posisi dan pola puncak ini mengindikasikan bahwa struktur kristalin hidroksiapatit berhasil terbentuk dengan baik. Puncak intensitas tertinggi teramati pada sekitar 2θ = 31.668°, yang merupakan salah satu puncak utama dari hidroksiapatit, dan merupakan indikasi kuat terhadap keberadaan fasa HAp.

Pola difraksi yang tajam dan jelas menunjukkan tingkat kristalinitas yang tinggi, berkaitan erat dengan kestabilan termal, kekuatan mekanik, serta bioaktivitas yang baik ketika diaplikasikan dalam bidang biomedis, terutama dalam rekayasa jaringan tulang. Hal ini didukung oleh penelitian Kumar *et al.* (2021), yang melaporkan spektrum XRD hdiroksiapatit muncul jelas tanpa campuran senyawa lain pada 2θ daerah sudut dengan intensitas 26.2592°, 29.2448°, 32.2435°, 32.5316°, 33.2780°, 34.4827°, 40.1658°, 47.0536°, 48.3762°, 49.7381°, 50.9428°, 51.6892°, 52.4356°, 53.4831°, 56.1807°, 60.3519°, 62.0078°, 63.3566°, 64.4041°, 65.4517°, 72.0384°, 74.1335°, 77.5905°, 77.5905° dan 78.6381° sesuai dengan ICDD File.No.01-079-8093 yang membuktikan bahwa proses sintesis berhasil. Hal ini menguatkan hasil pada penelitian ini bahwa CaO

dari kulit udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) dapat bereaksi efektif dengan fofast untuk membentuk hidroksiapatit (HAp).

Analisis FTIR pada sampel hidrosiapatit (HAp) memberikan informasi penting mengenai gugus fungsi yang terdapat dalam struktur kristal. Pola FTIR menunjukkan beberapa puncak dengan bilangan gelombang (*wavelength*) yang terdeteksi pada posisi tertentu, yang masing-masing merepresentasikan vibrasi molekuler dari ikatan-ikatan tertentu dalam struktur HAp. Hasil analisis menggunakan FTIR tersebut menujukkan sejumlah puncak utama terdeteksi pada bilangan gelombang 570.1, 605.4, 874.2, 1035.0, 1424.0, 1463.0, 1642, 3446, dan 3566 cm^{-1}. Puncak yang terdeteksi pada bilangan gelombang 570.1 cm^{-1} dan 605.4 cm^{-1} merupakan indikasi adanya vibrasi pada ikatan P-O yang berasal dari grup fosfat (PO_4^{3-}), yang merupakan komponen utama dalam struktur kristal HAp (Gheisari *et al.*, 2015). Puncak berikutnya yang terdeteksi pada 874.2 cm^{-1} dan 1035.0 cm^{-1} mengacu pada vibrasi stretching dari ikatan P-O dalam grup fosfat, yang mengindikasikan adanya simetri yang kuat dalam struktur kristal HAp. Puncak ini menjadi bukti bahwa struktur hidroksiapatit yang terbentuk memiliki karakteristik fosfat yang jelas dan stabil. Di samping itu, puncak pada 1424.0 cm^{-1} dan 1463.0 cm^{-1} menunjukkan adanya vibrasi dari ikatan C-O, yang dapat dikaitkan dengan kontaminasi karbonat (CO_3^{2-}) yang sering terjadi dalam sampel hidroksiapatit yang disintesis (Kumar *et al.*, 2021). Puncak pada 1642 cm^{-1} umumnya dikaitkan dengan vibrasi bending dari H_2O yang teradsorpsi pada permukaan kristal, yang mengindikasikan adanya kelembaban atau kontaminasi air dalam sampel. Terakhir, puncak pada 3446 cm^{-1} dan 3566 cm^{-1} menunjukkan

adanya vibrasi stretching dari ikatan O-H, yang mengindikasikan keberadaan gugus hidroksil (-OH) dalam struktur hidroksiapatit (Hossain & Ahmed, 2023). Gugus hidroksil ini sangat penting dalam stabilitas dan aktivitas biologis HAp, terutama dalam aplikasi biomaterial.

Pada penelitian yang telah dilakukan oleh Gheisari *et al.* (2015) dan Kumar *et al.* (2021), menujukkan spektrum FTIR yang serupa dimana gugus fosfat (PO_4^{3-}), karbonat (CO_3^{2-}) dan hidroksil (-OH) ditemukan pada posisi gelombang yang mendekati. Kesamaan ini memperkuat bahwa struktur yang dihasilkan dalam penelitian ini adalah hidroksiapatit dengan karakteristik menyerupai HAp alami.

Secara keseluruhan, hasil XRD dan FTIR menunjukkan bahwa limbah kulit udang vaname berhasil dikonversi menjadi CaO dan digunakan untuk sintesis hidroksiapatit dengan struktur dan komposisi yang sesuai. Hal ini membuktikan bahwa kulit udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) memiliki potensi sebagai sumber kalsium alternatif dalam pembuatan biomaterial tulang.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Limbah kulit udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) memiliki nilai kalsium tinggi dalam bentuk kalsium oksida (CaO), yaitu mencapai 84% yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber sintesis mineral tulang.
2. Limbah kulit udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) berpotensi dimanfaatkan sebagai sumber kalsium untuk sintesis mineral tulang, dibuktikan melalui karakterisasi hasil sintesis menggunakan metode XRD yang menunjukkan terbentuknya struktur kristal hidroksiapatit (HAp), serta FTIR yang mengidentifikasi keberadaan gugus PO_4^{3-}, –OH, dan CO_3^{2-} sebagai ciri khas apatit biologis.

B. Saran

Diharapkan kepada peneliti selanjutnya untuk melakukan optimasi parameter kalsinasi seperti suhu dan waktu agar memperoleh CaO dengan kemurnian lebih tinggi. Selain itu, disarankan agar hasil sintesis hidroksiapatit dari limbah kulit udang vaname dilakukan uji biokompatibilitas untuk memastikan keamanannya dalam aplikasi medis.

DAFTAR PUSTAKA

Agustini, R. (2019). *Mineral: Fungsi dan Metabolismenya*. Karunia.

Asmawati. (2018). Potensi cangkang udang (Litopenaeus vannamei) sebagai bahan remineralisasi gigi Potency of shrimp shell (Litopenaeus vannamei) as a material of tooth remineralization. *Makassar Dental Journal*, *7*(1), 46. https://doi.org/10.35856/mdj.v7i1.16

Castro, M. A. M., Portela, T. O., Correa, G. S., Oliveira, M. M., Rangel, J. H. G., Rodrigues, S. F., & Mercury, J. M. R. (2022). Synthesis of hydroxyapatite by hydrothermal and microwave irradiation methods from biogenic calcium source varying pH and synthesis time. *Boletin de La Sociedad Espanola de Ceramica y Vidrio*, *61*(1), 35–41. https://doi.org/10.1016/j.bsecv.2020.06.003

Chaikina, M. V., Bulina, N. V., Vinokurova, O. B., Gerasimov, K. B., Prosanov, I. Y., Kompankov, N. B., Lapina, O. B., Papulovskiy, E. S., Ishchenko, A. V., & Makarova, S. V. (2022). Possibilities of Mechanochemical Synthesis of Apatites with Different Ca/P Ratios. *Ceramics*, *5*(3), 404–422. https://doi.org/10.3390/ceramics5030031

Cormick, G., & Belizán, J. M. (2019). Calcium intake and health. *Nutrients*, *11*(7), 1–16. https://doi.org/10.3390/nu11071606

Daniaty Malau, N. (2021). The Effect of Calcination Time Variation on CaO Synthesa from Limestone. *International Journal of Progressive Sciences and Technologies (IJPSAT*, *25*(2), 684–689. http://ijpsat.ijsht-journals.org

Emtiazi, G., Shapoorabadi, F. A., & Mirbagheri, M. (2019). Chemical and Biological Synthesis of Hydroxy Apatite: Advantage and Application. *International Journal of Microbiology and Current Research*, *1*(1), 20–22. https://doi.org/10.18689/ijmr-1000103

Florencio-Silva, R., Sasso, G. R. D. S., Sasso-Cerri, E., Simões, M. J., & Cerri, P. S. (2015). Biology of Bone Tissue: Structure, Function, and Factors That Influence Bone Cells. *BioMed Research International*, *2015*. https://doi.org/10.1155/2015/421746

Gheisari, H., Karamian, E., & Abdellahi, M. (2015). A novel hydroxyapatite - Hardystonite nanocomposite ceramic. *Ceramics International*, *41*(4), 5967–5975. https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2015.01.033

Handayani, L., Zuhrayani, R., Putri, N., & Nanda, R. (2020). Pengaruh Suhu Kalsinasi Terhadap Nilai Rendemen CaO Cangkang Tiram (Crassostrea

Gigas). *Jurnal TILAPIA*, *1*(1), 1–6. https://doi.org/10.30601/tilapia.v1i1.1007

Hartanti, E. R., Setiani, V., & Nindyapuspa, A. (2022). Persentase Kandungan Kalsium Oksida (CaO) Pada Katalis Limbah Kulit Udang. *Conference Proceeding on Waste Treatment Technology*, *5*(2623), 10–13.

Hossain, M. S., & Ahmed, S. (2023). FTIR spectrum analysis to predict the crystalline and amorphous phases of hydroxyapatite: a comparison of vibrational motion to reflection. *RSC Advances*, *13*(21), 14625–14630. https://doi.org/10.1039/d3ra02580b

Judprasong, K., Tangsuphoom, N., Dechapinan, S., & On-Nom, N. (2017). Calcium from Pacific White Shrimp (Litopeneaus vannamei) Shells: Properties and Function as Fortificant in Soy Milk Vitamin D in foods View project Food Composition Database View project Calcium from Pacific White Shrimp (Litopeneaus vannamei) Shells: Pro. *Food and Applied Bioscience Journal*, *5*(3), 176–195. https://www.researchgate.net/publication/336983876

Kumar, V. K. C., Subha, T. J., Ahila, K. G., Ravindran, B., Chang, S. W., Mahmoud, A. H., Mohammed, O. B., & Rathi, M. A. (2021). Spectral characterization of hydroxyapatite extracted from Black Sumatra and Fighting cock bone samples: A comparative analysis. *Saudi Journal of Biological Sciences*, *28*(1), 840–846. https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2020.11.020

Kurniawan, A., Pramudia, Z., Raharjo, Y. T., Julianto, H., & Amin, A. A. (2021). *Kunci Budidaya Udang Vaname: Pengelolaan Akuakultur Berbasis Ekologi Mikroba*. UB Press.

Mehta, D., George, S., & Mondal, P. (2014). Synthesis of Hydroxyapatite by Chemical Precipitation Technique and Study of Its Biodegradability. *International Journal of Research in Advent Technology*, *2*(4), 159–161.

Meirawaty, M., Nugraheni, R. D., & Riyandhani, C. P. (2022). *Minerologi*. Zahira Media Publisher.

Milla, L. El, Mardiyantoro, F., Fitriani, D., Hapsari, D. N., Rahmitasari, F., & Savitri, I. J. (2021). *Peran Cangkok Tulang pada Regenerasi Tulang Rahang*. UB Press.

Mishchenko, O., Yanovska, A., Kosinov, O., Maksymov, D., Moskalenko, R., Ramanavicius, A., & Pogorielov, M. (2023). Synthetic Calcium–Phosphate Materials for Bone Grafting. *Polymers*, *15*(18), 1–49. https://doi.org/10.3390/polym15183822

Nadia, L. M. H., Suptijah, P., Huli, L. O., Effendy, W. N. A., & Nurmaladewi, N. (2022). Pemanfaatan Kitosan Sebagai Antibakteri Alternatif Dalam Formulasi Hand Sanitizer Gel. *Jurnal Fish Protech*, *5*(1), 65. https://doi.org/10.33772/jfp.v5i1.25108

Nesseri, E., Boyatzis, S. C., Boukos, N., & Panagiaris, G. (2020). Optimizing the biomimetic synthesis of hydroxyapatite for the consolidation of bone using diammonium phosphate, simulated body fluid, and gelatin. *SN Applied Sciences*, *2*(11), 1–20. https://doi.org/10.1007/s42452-020-03547-8

Noviyanti, A. R., Haryono, Pandu, R., & Eddy, D. R. (2017). Cangkang Telur Ayam Sebagai Sumber Kalsium dalam Pembuatan Hidroksiapatit untuk Aplikasi Graft Tulang. *Chimica et Natura Acta*, *5*(3), 107–111.

Nurlaela, A., Dewi, S. U., Dahlan, K., & Soejoko, D. S. (2014). Pemanfaatan Limbah Cangkang Telur Ayam dan Bebek Sebagai Sumber Kalsium Untuk Sintesis Mineral Tulang. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia (Indonesian Journal of Physics Education)*, *10*(1), 81–85. https://doi.org/10.15294/jpfi.v10i1.3054

Nurul, N. A. A., Rahmat, I., & Rezki. (2023). Sumber Daya Kolagen Dari Tulang Ikan Cakalang Katsuwonus Pelanis Dan Tulang Ikan Nila Oreochronis Niloticus. *Jurnal Suara Kesehatan*, *9*(1), 29–35. https://doi.org/10.56836/journaliskb.v9i1.74

Okada, M., & Matsumoto, T. (2015). Synthesis and modification of apatite nanoparticles for use in dental and medical applications. *Japanese Dental Science Review*, *51*(4), 85–95. https://doi.org/10.1016/j.jdsr.2015.03.004

Papageorgiou, M., Merminod, F., Ferrari, S., Rizzoli, R., & Biver, E. (2022). Associations of Calcium Intake and Calcium from Various Sources with Blood Lipids in a Population of Older Women and Men with High Calcium Intake. *Nutrients*, *14*(6), 1–18. https://doi.org/10.3390/nu14061314

Pornchai, T., Imkum, A., & Apipong, P. (2016). Effect of Calcination Time on Physical and Chemical Properties of CaO- catalyst Derived from Industrial-eggshell Wastes. *J Sci Technol MSU*, *35*(March), 693–697.

Putri, G. E., Ritonga, A. H., Putri, V. D., Gusfiyesi, & Futeri, R. (2023). *Biokimia Kesehatan* (S. Arief (ed.)). Mega Press Nusantara.

Razali, N., Jumadi, N., Jalani, A. Y., Kamarulzaman, N. Z., & Pa'ee, K. F. (2022). Thermal Decomposition of Calcium Carbonate in Chicken Eggshells: Study on Temperature and Contact Time. *Malaysian Journal of Analytical Sciences*, *26*(2), 347–359.

Ritonga, H., Nurdin, H. M., Rembon, F. S., & Ramadhan, L. O. A. N. (2021). *Hidrogel: Aplikasinya Sebagai Soil Conditioner*. Penerbit NEM.

Supriyono, Kartikowati, C. W., Poerwadi, B., Wulandari, C., Hikma, L. L. F., Azzahra, A., Ghanyysyafira, K., & Pinastika, H. L. (2023). The Formation Process of Hydroxyapatite Nanoparticles by Electrolysis and Their Physical Characteristics. *International Journal of Technology*, *14*(2), 330–338. https://doi.org/10.14716/ijtech.v14i2.4452

Ujianti, R. M. D., & Muflihati, I. (2020). *Diversifikasi Produk Olahan Hasil Perikanan Laut*. Penerbit NEM.

Von Euw, S., Wang, Y., Laurent, G., Drouet, C., Babonneau, F., Nassif, N., & Azaïs, T. (2019). Bone mineral: new insights into its chemical composition. *Scientific Reports*, *9*(1), 1–11. https://doi.org/10.1038/s41598-019-44620-6

Wahid, H., Yustisi, A. J., Setiawan, P., Najamuddin, M., Junita, N., & Amir, A. D. L. (2023). *Pemanfaatan Limbah Tulang Ikan Bandeng (Chanos chanos) sebagai Suplemen Kalsium untuk Tulang*. Penerbit NEM. https://books.google.co.id/books?hl=id&lr=&id=htfpEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR1&dq=mirfaidah+nadjamuddin+kalsium&ots=9tZn0uvzVN&sig=8a_iLzHDd6T9gl_NLxeDWwV3xJw&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false

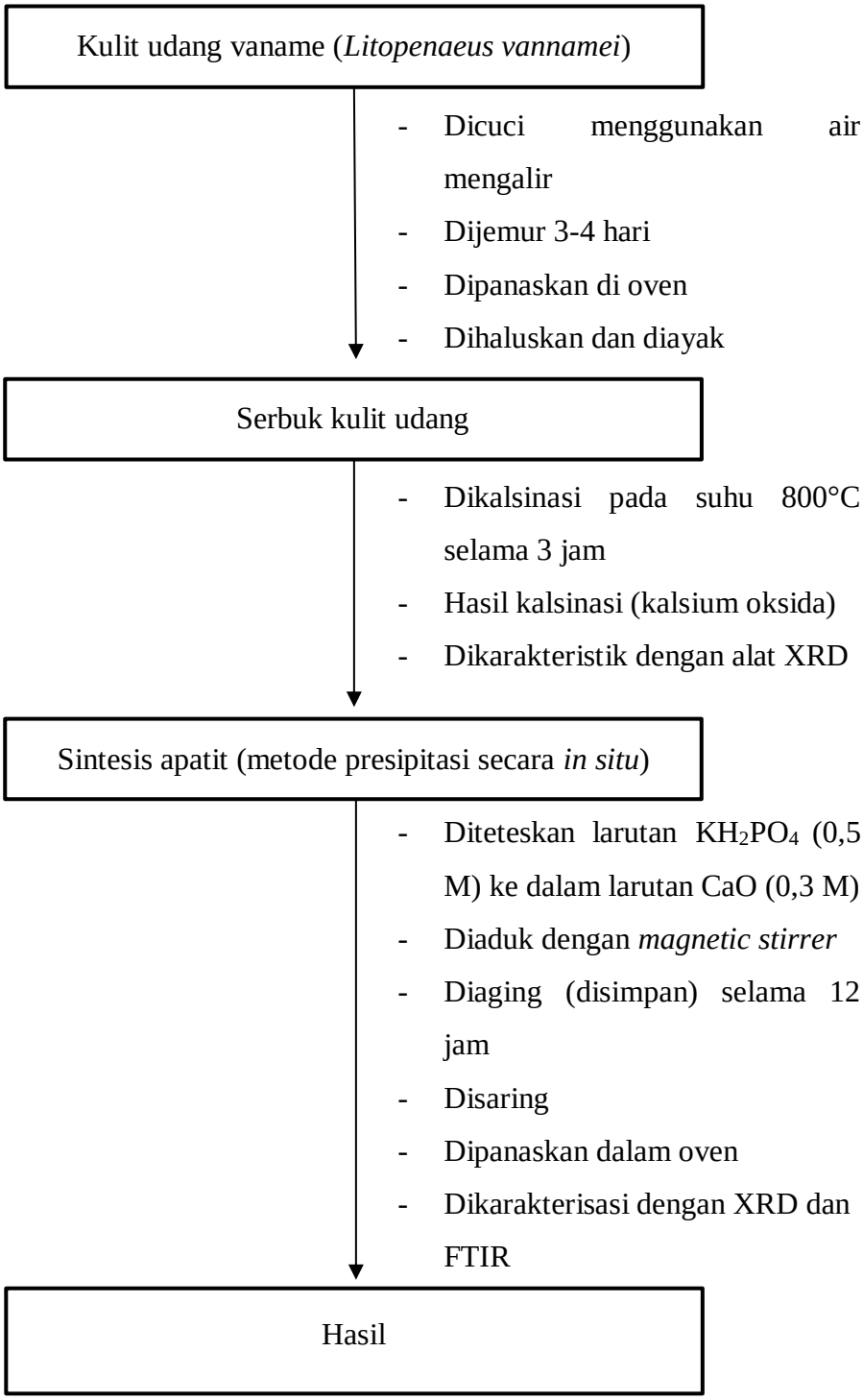
Wulan Sari, N., Fajri, M., & W., A. (2018). Analisis Fitokimia dan Gugus Fungsi dari Ekstrak Etanol Pisang Goroho Merah (Musa Acuminate (L)). *IJOBB (Indonesian Journal of Biotechnology and Biodiversity)*, *2*(1), 30.

Yusuf, Y., Khasanah, D. U., Syafaat, F. Y., Sari, I. P., & Mawuntu, V. J. (2024). *Hidroksiapatit Berbahan Dasar Biogenik* (Ifan (ed.)). Gadjah Mada University Press.

Yuwono, S. S., Fibrianto, K., & Wulandari, E. S. (2020). *Teknologi Pengolahan pada Industri Ikan dan Hasil Laut*. Media Nusa Creative.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Skema Kerja



Lampiran 2. Perhitungan

1. Perhitungan Pembuatan Larutan

   a. Monopotasium fosfat (KH_2PO_4) 0,5 M

   $$\text{gr } KH_2PO_4 = \frac{\text{M} \times \text{Mr} \times \text{V (ml)}}{1000}$$

   $$= \frac{0{,}5 \text{ M} \times 136 \times 50 \text{ ml}}{1000}$$

   $$= 3{,}4 \text{ gr}$$

   b. Kalsium Oksida (CaO) 0,3 M

   $$\text{gr CaO} = \frac{\text{M} \times \text{Mr} \times \text{V (ml)}}{1000}$$

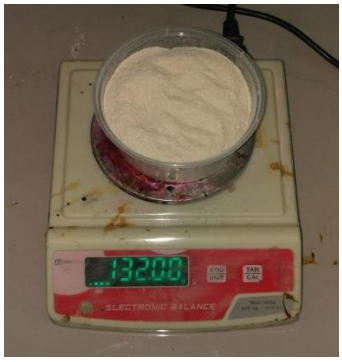
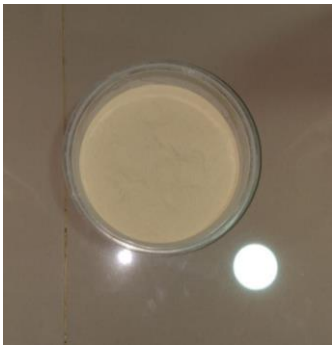
   $$= \frac{0{,}3 \text{ M} \times 56 \times 50 \text{ ml}}{1000}$$

   $$= 0{,}84 \text{ gr}$$

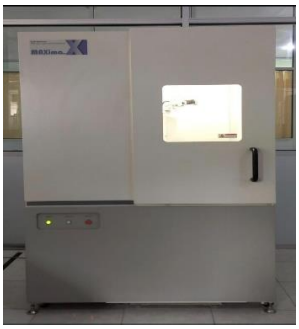
Lampiran 3. Dokumentasi Penelitian

1. Proses Pengolahan Sampel

	
Gambar 5.1 Sampel udang vaname (*Litopenaeus vannamei*)	Gambar 5.2 Pembersihan kulit udang vaname (*Litopenaeus vannamei*)
	
Gambar 5.3 Proses pencucian kulit udang vaname (*Litopenaeus vannamei*)	Gambar 5.4 Kulit udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) setelah dibersihkan
	
Gambar 5.5 Proses pengeringan kulit udang vaname (*Litopenaeus vannamei*)	Gambar 5.6 Sampel kulit udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) setelah dikeringkan

	
Gambar 5.7 Penimbangan sampel	Gambar 5.8 Sampel kulit udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) dioven
	
Gambar 5.9 Proses penghalusan sampel kulit udang vaname (*Litopenaeus vannamei*)	Gambar 5.10 Proses ayakan sampel serbuk kulit udang vaname (*Litopenaeus vannamei*)
	
Gambar 5.11 Penimbangan serbuk kulit udang vaname (*Litopenaeus vannamei*)	Gambar 5.12 Serbuk kulit udang vaname (*Litopenaeus vannamei*)

2. Kalsinasi Serbuk Kulit Udang

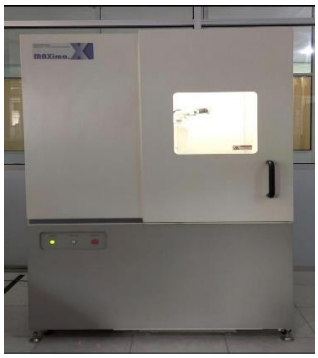
	
Gambar 5.13 Proses kalsinasi serbuk kulit udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) menggunakan tanur/*furnace*	Gambar 5.14 Serbuk kulit udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) setelah kalsinasi
	
Gambar 5.15 Proses penimbangan serbuk kulit udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) hasil kalsinasi	Gambar 5.16 Sampel kulit udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) untuk XRD
	
Gambar 5.17 Proses XRD serbuk kulit udang vaname (*Litopenaeus vannamei*)	

3. Proses Sintesis Apatit

	
Gambar 5.18 Proses penimbangan serbuk monopotasium fosfat (KH_2PO_4)	Gambar 5.19 Proses pengadukan larutan monopotasium fosfat (KH_2PO_4)
	
Gambar 5.20 Proses penuangan larutan KH_2PO_4 dari gelas kimia ke labu ukur	Gambar 5.21 Larutan KH_2PO_4
	
Gambar 5.22 Penimbangan Serbuk kulit udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) atau serbuk CaO	Gambar 5.23 Proses pembuatan larutan CaO

	
Gambar 5.24 Proses penuangan larutan CaO dari gelas kimia ke labu ukur	Gambar 5.25 Larutan CaO
	
Gambar 5.26 Proses pengadukan larutan CaO menggunakan *magnetic stirrer*	Gambar 5.27 Penetesan larutan KH_2PO_4 kedalam larutan CaO
	
Gambar 5.28 Larutan hasil sintesis apatit	Gambar 5.29 Larutan setelah disimpan selama 12 jam

	
Gambar 5.30 Penyaringan endapan sintesis apatit	Gambar 5.31 Penimbangan hasil endapan sintesis apatit
	
Gambar 5.32 Hasil endapan sintesis apatit	Gambar 5.33 Pengeringan endapan sintesis apatit menggunakan oven
	
Gambar 5.34 Setelah pengeringan endapan hasil sintesis apatit	Gambar 5.35 Penimbangan hasil sintesis apatit

	
Gambar 5.36 Serbuk sintesis apatit untuk XRD	Gambar 5.37 Proses analisis menggunakan XRD
	
Gambar 5.38 Serbuk sintesis apatit untuk FTIR	Gambar 5.39 Proses analisis menggunakan FTIR

Lampiran 4. Hasil Analisis XRD dan FTIR

1. Hasil XRD setelah Kalsinasi

*** Basic Data Process ***

Group : Standard
Data : kulit#udang

Strongest 3 peaks

no. peak no.	2Theta (deg)	d (A)	I/I1	FWHM (deg)	Intensity (Counts)	Integrated Int (Counts)
1 10	36.9620	2.43004	100	0.26410	310	4403
2 23	53.4923	1.71163	64	0.23260	198	2403
3 6	31.7759	2.81381	50	0.24820	155	1985

Peak Data List

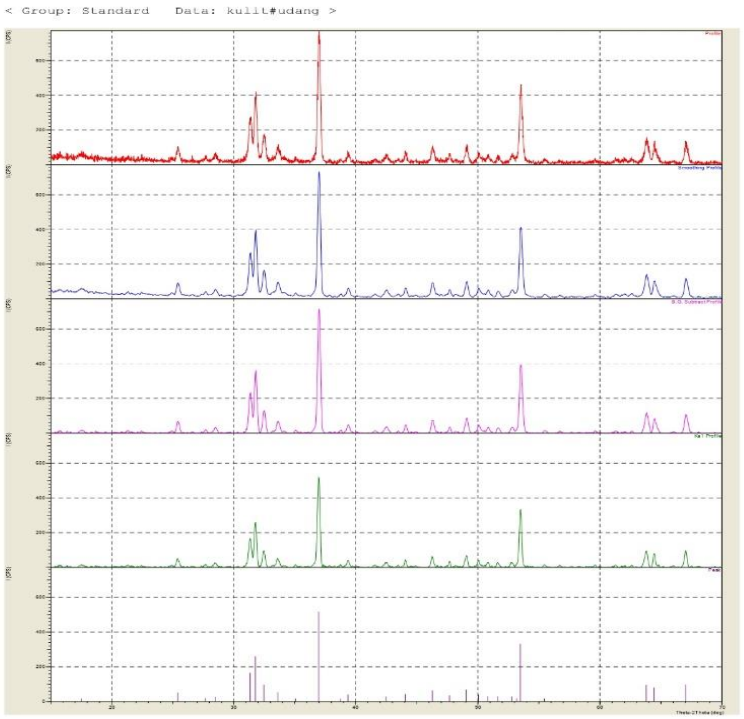
peak no.	2Theta (deg)	d (A)	I/I1	FWHM (deg)	Intensity (Counts)	Integrated Int (Counts)
1	17.5000	5.06365	3	0.24000	9	173
2	25.4193	3.50120	10	0.25470	30	493
3	27.6800	3.22016	3	0.22000	10	130
4	28.4883	3.13061	5	0.24330	15	254
5	31.3435	2.85163	32	0.29700	98	1564
6	31.7759	2.81381	50	0.24820	155	1985
7	32.4650	2.75564	18	0.26340	57	808
8	33.6225	2.66337	10	0.29500	31	615
9	35.0550	2.55775	3	0.15000	9	95
10	36.9620	2.43004	100	0.26410	310	4403
11	38.7500	2.32193	3	0.14000	9	89
12	39.3650	2.28706	7	0.23000	23	354
13	42.4800	2.12628	5	0.30660	16	339
14	44.0641	2.05345	8	0.17830	25	275
15	46.2700	1.96056	12	0.22000	37	494
16	47.6840	1.90566	6	0.16800	20	216
17	49.0520	1.85567	13	0.25600	40	565
18	50.0475	1.82107	7	0.21500	23	340
19	50.8216	1.79513	5	0.22330	17	277
20	51.6400	1.76859	5	0.20000	17	208
21	52.7866	1.73284	5	0.30670	16	247
22	53.1800	1.72094	3	0.20000	10	169
23	53.4923	1.71163	64	0.23260	198	2403
24	55.4500	1.65575	3	0.18000	9	100
25	63.7914	1.45787	18	0.30290	56	894
26	64.4505	1.44454	15	0.20760	47	586
27	67.0278	1.39512	19	0.24430	58	788

*** Basic Data Process ***

Data Infomation
- Group : Standard
- Data : kulit#udang
- Sample Nmae : serbuk
- Comment :
- Date & Time : 12-24-24 13:37:53

Measurement Condition
- X-ray tube
  - target : Cu
  - voltage : 40.0 (kV)
  - current : 30.0 (mA)
- Slits
  - Auto Slit : Used
  - divergence slit : 1.00000 (deg)
  - scatter slit : 1.00000 (deg)
  - receiving slit : 0.30000 (mm)
- Scanning
  - drive axis : Theta-2Theta
  - scan range : 15.0000 - 70.0000 (deg)
  - scan mode : Continuous Scan
  - scan speed : 2.0000 (deg/min)
  - sampling pitch : 0.0200 (deg)
  - preset time : 0.60 (sec)

Data Process Condition
- Smoothing [AUTO]
  - smoothing points : 15
- B.G.Subtruction [AUTO]
  - sampling points : 15
  - repeat times : 30
- Kal-a2 Separate [MANUAL]
  - Kal a2 ratio : 50 (%)
- Peak Search [AUTO]
  - differential points : 15
  - FWHM threhold : 0.050 (deg)
  - intensity threhold : 30 (par mil)
  - FWHM ratio (n-1)/n : 2
- System error Correction [NO]
- Precise peak Correction [NO]



2. XRD Hasil Sintesis Apatit

*** Basic Data Process ***

Group : Standard
Data : kulit#udang#setelah#sintesis

Strongest 3 peaks

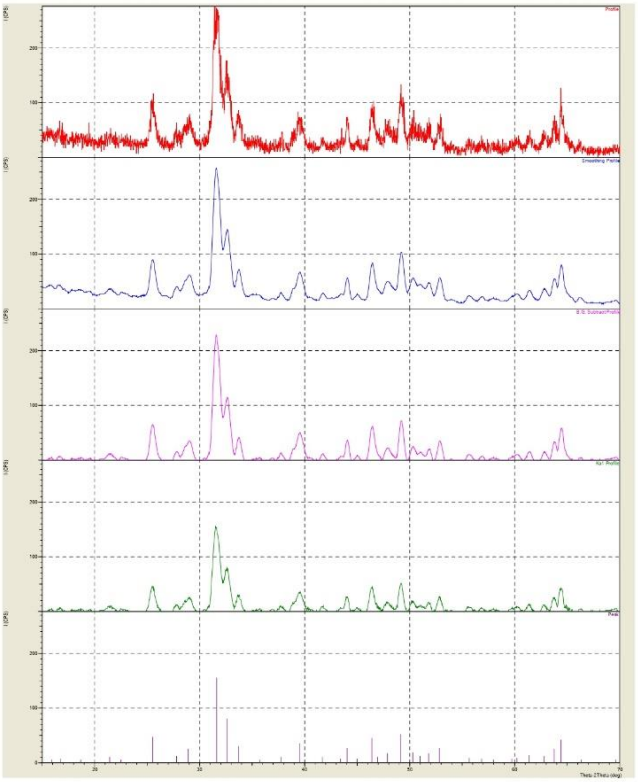
no. peak no.	2Theta (deg)	d (A)	I/I1	FWHM (deg)	Intensity (Counts)	Integrated Int (Counts)
1 9	31.6150	2.82776	100	0.81000	93	3739
2 10	32.6200	2.74290	52	0.64000	48	1672
3 22	49.1600	1.85185	33	0.48000	31	797

Peak Data List

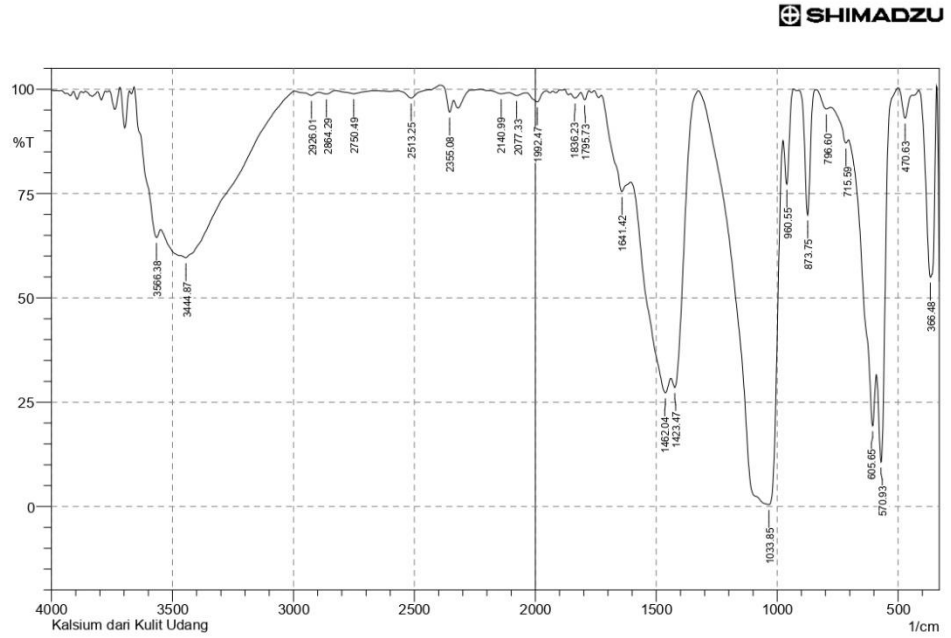
peak no.	2Theta (deg)	d (A)	I/I1	FWHM (deg)	Intensity (Counts)	Integrated Int (Counts)
1	15.9000	5.56942	3	0.04000	3	20
2	16.7400	5.29179	4	0.20000	4	73
3	18.6650	4.75014	3	0.05000	3	21
4	21.4300	4.14309	6	0.46000	6	227
5	22.5000	3.94843	3	0.08000	3	33
6	25.5133	3.48851	30	0.57330	28	859
7	27.7900	3.20767	8	0.38000	7	163
8	28.9000	3.08694	16	0.80000	15	663
9	31.6150	2.82776	100	0.81000	93	3739
10	32.6200	2.74290	52	0.64000	48	1672
11	33.7133	2.65641	19	0.54670	18	504
12	35.7200	2.51164	3	0.08000	3	32
13	37.7250	2.38263	6	0.31000	6	156
14	39.5100	2.27900	23	0.70000	21	995
15	41.6700	2.16572	6	0.30000	6	115
16	43.4000	2.08332	4	0.16000	4	57
17	44.0350	2.05474	17	0.39000	16	348
18	44.9900	2.01332	4	0.26000	4	82
19	46.3966	1.95550	29	0.51330	27	729
20	46.9200	1.93490	6	0.08000	6	44
21	47.8700	1.89869	11	0.66000	10	395
22	49.1600	1.85185	33	0.48000	31	797
23	50.2850	1.81302	12	0.55000	11	302
24	50.9800	1.78992	8	0.40000	7	174
25	51.8000	1.76350	11	0.44000	10	229
26	52.8200	1.73182	17	0.44000	16	389
27	55.6700	1.64972	5	0.46000	5	135
28	56.8400	1.61851	4	0.32000	4	77
29	57.9800	1.58937	3	0.04000	3	23
30	59.7300	1.54692	4	0.18000	4	55
31	60.2100	1.53573	5	0.50000	5	143
32	61.3600	1.50967	9	0.36000	8	171
33	62.7900	1.47869	8	0.38000	7	162
34	63.7500	1.45871	16	0.46000	15	353
35	64.4000	1.44555	27	0.48000	25	703
36	66.3100	1.40847	3	0.06000	3	28
37	69.6250	1.34929	3	0.21000	3	70

```
        ***  Basic Data Process  ***

# Data Infomation
         Group               : Standard
         Data                : kulit#udang#setelah#sintesis
         Sample Nmae         : serbuk
         Comment             :
         Date & Time         : 01-30-25 13:58:53

# Measurement Condition
   X-ray tube
         target              : Cu
         voltage             : 40.0 (kV)
         current             : 30.0 (mA)
   Slits
         Auto Slit           : Used
         divergence slit     :   1.00000 (deg)
         scatter slit        :   1.00000 (deg)
         receiving slit      :   0.30000(mm)
   Scanning
         drive axis          : Theta-2Theta
         scan range          :   15.0000 - 70.0000 (deg)
         scan mode           : Continuous Scan
         scan speed          :    2.0000 (deg/min)
         sampling pitch      :    0.0200 (deg)
         preset time         :    0.60 (sec)

# Data Process Condition
   Smoothing                 [ AUTO ]
         smoothing points    : 37
   B.G.Subtruction           [ AUTO ]
         sampling points     : 45
         repeat times        : 30
   Kal-a2 Separate           [ MANUAL ]
         Kal a2 ratio        : 50 (%)
   Peak Search               [ AUTO ]
         differential points : 43
         FWHM threhold       : 0.050 (deg)
         intensity threhold  : 30 (par mil)
         FWHM ratio  (n-1)/n : 2
   System error Correction   [ NO ]
   Precise peak Correction   [ NO ]
```

< Group: Standard Data: kulit#udang#setelah#sintesis >



3. FTIR Hasil Sintesis Apatit

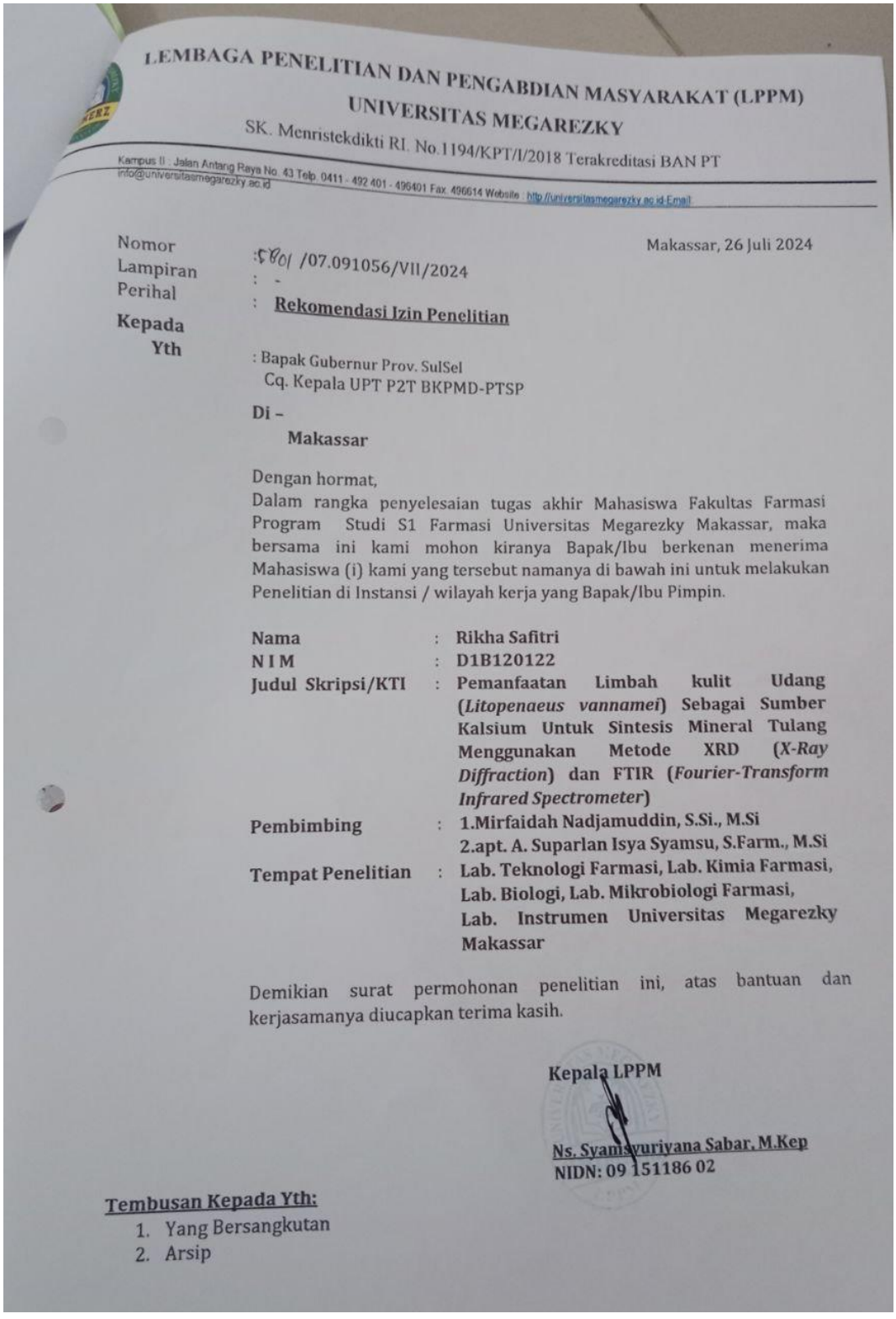


	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	366.48	54.965	45.398	412.77	341.4	9.237	9.306
2	470.63	93.072	6.376	499.56	441.7	0.854	0.714
3	570.93	10.637	34.437	588.29	501.49	25.563	9.882
4	605.65	19.352	19.794	704.02	590.22	35.193	5.608
5	715.59	87.083	1.827	777.31	705.95	2.723	0.139
6	796.6	95.276	1.619	839.03	779.24	0.799	0.212
7	873.75	69.864	29.954	910.4	840.96	3.719	3.663
8	960.55	77.21	14.967	975.98	933.55	2.514	1.375
9	1033.85	0.468	88.794	1325.1	977.91	241.485	230.893
10	1423.47	28.53	11.665	1438.9	1327.03	26.073	2.819
11	1462.04	27.251	9.529	1604.77	1440.83	58.338	7.574
12	1641.42	75.464	8.31	1726.29	1606.7	9.562	2.555
13	1795.73	97.455	1.965	1813.09	1778.37	0.23	0.142
14	1836.23	97.865	1.189	1853.59	1813.09	0.287	0.123
15	1992.47	96.953	2.434	2038.76	1953.89	0.646	0.411
16	2077.33	98.492	0.655	2110.12	2038.76	0.359	0.093
17	2140.99	98.915	0.449	2189.21	2110.12	0.273	0.074
18	2355.08	94.492	3.891	2397.52	2337.72	0.474	0.248
19	2513.25	97.891	1.825	2567.25	2438.02	0.524	0.376
20	2750.49	98.922	0.742	2827.64	2669.48	0.47	0.239
21	2864.29	98.879	0.57	2895.15	2827.64	0.247	0.09
22	2926.01	98.52	0.83	2995.45	2895.15	0.413	0.155
23	3444.87	59.614	12.875	3547.09	2995.45	66.4	17.289
24	3566.38	64.461	7.304	3658.96	3549.02	12.265	2.446

Comment;
Kalsium dari Kulit Udang

Date/Time; 2/19/2025 10:28:41 AM
No. of Scans;
Resolution;
Apodization;

Lampiran 5. Persuratan



LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN MASYARAKAT (LPPM)
UNIVERSITAS MEGAREZKY
SK. Menristekdikti RI. No.1194/KPT/I/2018 Terakreditasi BAN PT
Kampus II : Jalan Antang Raya No. 43 Telp. 0411 - 492 401 - 496401 Fax. 496614 Website : http://universitasmegarezky.ac.id E-mail: info@universitasmegarezky.ac.id

Nomor : 1801 /07.091056/VII/2024
Lampiran : -
Perihal : **Rekomendasi Izin Penelitian**

Makassar, 26 Juli 2024

Kepada
Yth

: Bapak Gubernur Prov. SulSel
Cq. Kepala UPT P2T BKPMD-PTSP

Di –
Makassar

Dengan hormat,
Dalam rangka penyelesaian tugas akhir Mahasiswa Fakultas Farmasi Program Studi S1 Farmasi Universitas Megarezky Makassar, maka bersama ini kami mohon kiranya Bapak/Ibu berkenan menerima Mahasiswa (i) kami yang tersebut namanya di bawah ini untuk melakukan Penelitian di Instansi / wilayah kerja yang Bapak/Ibu Pimpin.

Nama	:	**Rikha Safitri**
N I M	:	**D1B120122**
Judul Skripsi/KTI	:	**Pemanfaatan Limbah kulit Udang (*Litopenaeus vannamei*) Sebagai Sumber Kalsium Untuk Sintesis Mineral Tulang Menggunakan Metode XRD (*X-Ray Diffraction*) dan FTIR (*Fourier-Transform Infrared Spectrometer*)**
Pembimbing	:	**1.Mirfaidah Nadjamuddin, S.Si., M.Si** **2.apt. A. Suparlan Isya Syamsu, S.Farm., M.Si**
Tempat Penelitian	:	**Lab. Teknologi Farmasi, Lab. Kimia Farmasi, Lab. Biologi, Lab. Mikrobiologi Farmasi, Lab. Instrumen Universitas Megarezky Makassar**

Demikian surat permohonan penelitian ini, atas bantuan dan kerjasamanya diucapkan terima kasih.

Kepala LPPM

Ns. Syamsyuriyana Sabar, M.Kep
NIDN: 09 151186 02

Tembusan Kepada Yth:
1. Yang Bersangkutan
2. Arsip

PEMERINTAH PROVINSI SULAWESI SELATAN

DINAS PENANAMAN MODAL DAN PELAYANAN TERPADU SATU PINTU

Jl.Bougenville No.5 Telp. (0411) 441077 Fax. (0411) 448936
Website : http://simap-new.sulselprov.go.id Email : ptsp@sulselprov.go.id
Makassar 90231

Nomor	: **20003/S.01/PTSP/2024**	**Kepada Yth.**
Lampiran	: -	Rektor Universitas Megarezky Makassar
Perihal	: **Izin penelitian**	

di-
Tempat

Berdasarkan surat Kepala LPPM Univ. Megarezky Makassar Nomor : 5801/07.091056/VII/2024 tanggal 26 Juli 2024 perihal tersebut diatas, mahasiswa/peneliti dibawah ini:

N a m a	: **RIKHA SAFITRI**
Nomor Pokok	: D1B120122
Program Studi	: Farmasi
Pekerjaan/Lembaga	: Mahasiswa (S1)
Alamat	: Jl. Antang Raya No. 43 Makassar

ptsp
PROVINSI SULAWESI SELATAN

Bermaksud untuk melakukan penelitian di daerah/kantor saudara dalam rangka menyusun SKRIPSI, dengan judul :

" PEMANFAATAN LIMBAH KULIT UDANG VANAME (Litopenaeus vannamei) SEBAGAI SUMBER KALSIUM UNTUK SINTESIS MINERAL TULANG MENGGUNAKAN METODE XRD (X-Ray Diffraction) DAN DAN FTIR (Fourier-Tranform Infrared Spectrometer) "

Yang akan dilaksanakan dari : Tgl. ***26 Juli s/d 24 Oktober 2024***

Sehubungan dengan hal tersebut diatas, pada prinsipnya kami ***menyetujui*** kegiatan dimaksud dengan ketentuan yang tertera di belakang surat izin penelitian.

Demikian Surat Keterangan ini diberikan agar dipergunakan sebagaimana mestinya.

Diterbitkan di Makassar
Pada Tanggal 26 Juli 2024

KEPALA DINAS PENANAMAN MODAL DAN PELAYANAN TERPADU SATU PINTU PROVINSI SULAWESI SELATAN

ASRUL SANI, S.H., M.Si.
Pangkat : PEMBINA TINGKAT I
Nip : 19750321 200312 1 008

Tembusan Yth
1. Kepala LPPM Univ. Megarezky Makassar di Makassar;
2. *Pertinggal.*

UNIVERSITAS MEGAREZKY

SK Menristekdikti RI No. 1194/KPT/I/2018 Terakreditasi BAN PT
Alamat : Kampus Jl. Antang Raya No. 43 Telp 0411-492401 / 496401 Fax 496614
Website: https://www.universitasmegarezky.ac.id/
Email : info@universitasmegarezky.ac.id

Nomor :
Lamp. : -
Hal : Permohonan Izin Penelitian dengan alat *Furnace*

Kepada
Yth. Kepala Laboratorium Anorganik Departemen Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin
Di –
Tempat

Dengan hormat, kami sampaikan kepada Bapak/Ibu bahwa mahasiswa di bawah ini :

Nama	: Rikha Safitri
NIM	: D1B120122
Fakultas/Jurusan	: Farmasi/S1 Farmasi
Jenis Sampel	: Serbuk Kulit Udang
Jumlah Sampel	: 1
Suhu	: 800° C
Waktu	: 3 Jam

Akan melakukan penelitian dengan alat *Furnace* di laboratorium Anorganik Departemen Kimia FMIPA Unhas. Sehubungan dengan maksud tersebut, maka dimohon kiranya kepada yang bersangkutan dapat diberikan izin. Atas bantuan dan kerjasama yang baik diucapkan terimakasih

Mengetahui

Mirfaidah Nadjamuddin, S.Si., M.Si
NID. 09 070789 02

Makassar, 01 Oktober 2024
Peneliti

Rikha Safitri

UNIVERSITAS MEGAREZKY

SK Menristekdikti RI No. 1194/KPT/I/2018 Terakreditasi BAN PT
Alamat : Kampus Jl. Antang Raya No. 43 Telp 0411-492401 / 496401 Fax 496614
Website: https://www.universitasmegarezky.ac.id/
Email : info@universitasmegarezky.ac.id

Nomor :
Lamp. : -
Hal : Permohonan Izin Penelitian dengan alat XRD

Kepada
Yth. Kepala Laboratorium Penelitian dan Pengembangan Sains dan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin
Di –
Tempat

Dengan hormat, kami sampaikan kepada Bapak/Ibu bahwa mahasiswa di bawah ini :

Nama	: Rikha Safitri
NIM	: D1B120122
Fakultas/Jurusan	: Farmasi/S1 Farmasi
Jenis Sampel	: Serbuk Kulit Udang
Jumlah Sampel	: 1

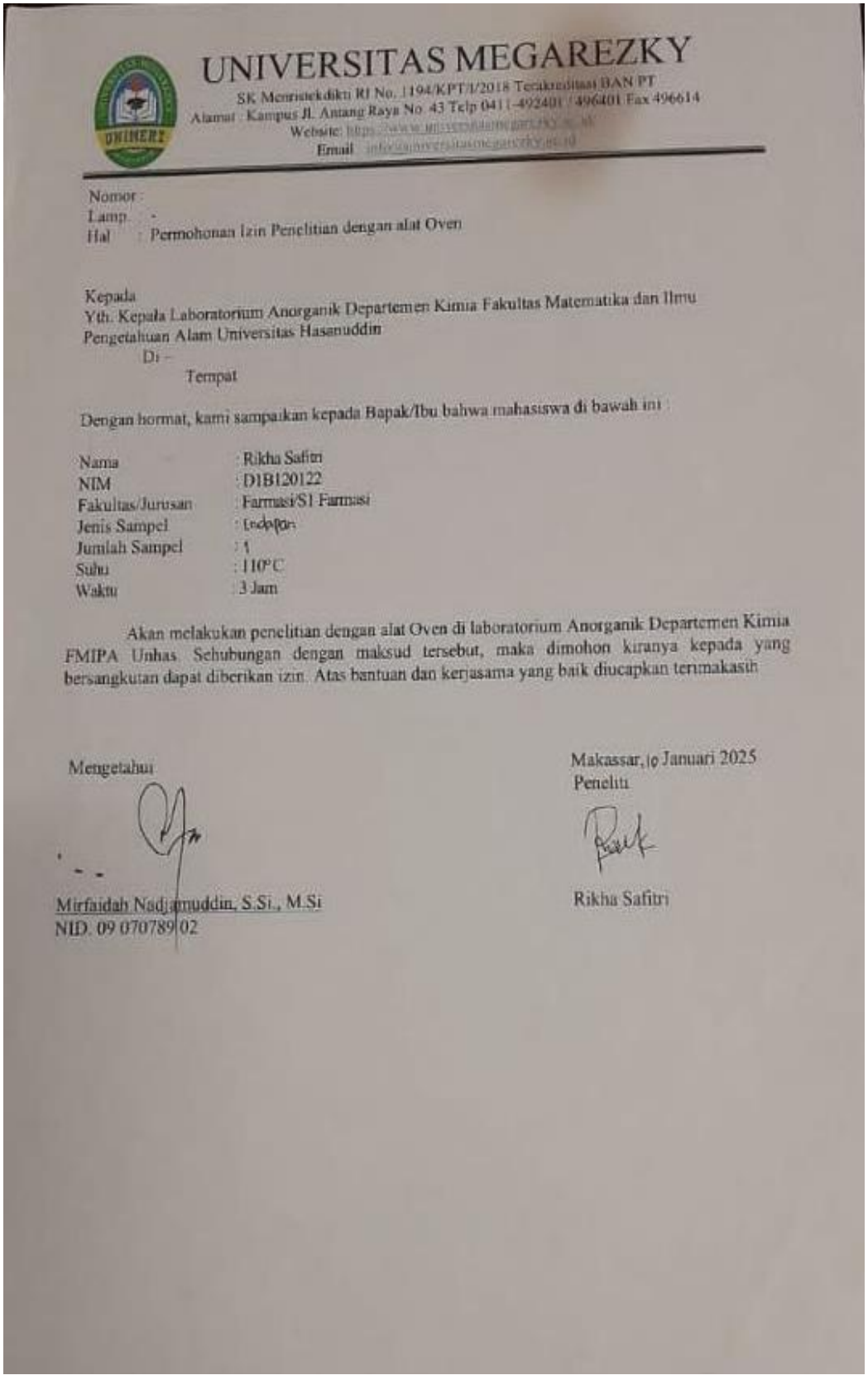
Akan melakukan penelitian dengan alat XRD di laboratorium Penelitian dan Pengembangan Sains FMIPA Unhas. Sehubungan dengan maksud tersebut, maka dimohon kiranya kepada yang bersangkutan dapat diberikan izin. Atas bantuan dan kerjasama yang baik diucapkan terimakasih

Mengetahui

Mirfaidah Nadjamuddin, S.Si., M.Si
NID. 09 070789 02

Makassar, 24 Desember 2024
Peneliti

Rikha Safitri



UNIVERSITAS MEGAREZKY

SK Menristekdikti RI No. 1194/KPT/I/2018 Terakreditasi BAN PT
Alamat : Kampus Jl. Antang Raya No. 43 Telp 0411-492401 / 496401 Fax 496614
Website: https://www.universitasmegarezky.ac.id
Email : info@universitasmegarezky.ac.id

Nomor :
Lamp : -
Hal : Permohonan Izin Penelitian dengan alat Oven

Kepada
Yth. Kepala Laboratorium Anorganik Departemen Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin
Di –
Tempat

Dengan hormat, kami sampaikan kepada Bapak/Ibu bahwa mahasiswa di bawah ini :

Nama	: Rikha Safitri
NIM	: D1B120122
Fakultas/Jurusan	: Farmasi/S1 Farmasi
Jenis Sampel	: [illegible]
Jumlah Sampel	: 1
Suhu	: 110°C
Waktu	: 3 Jam

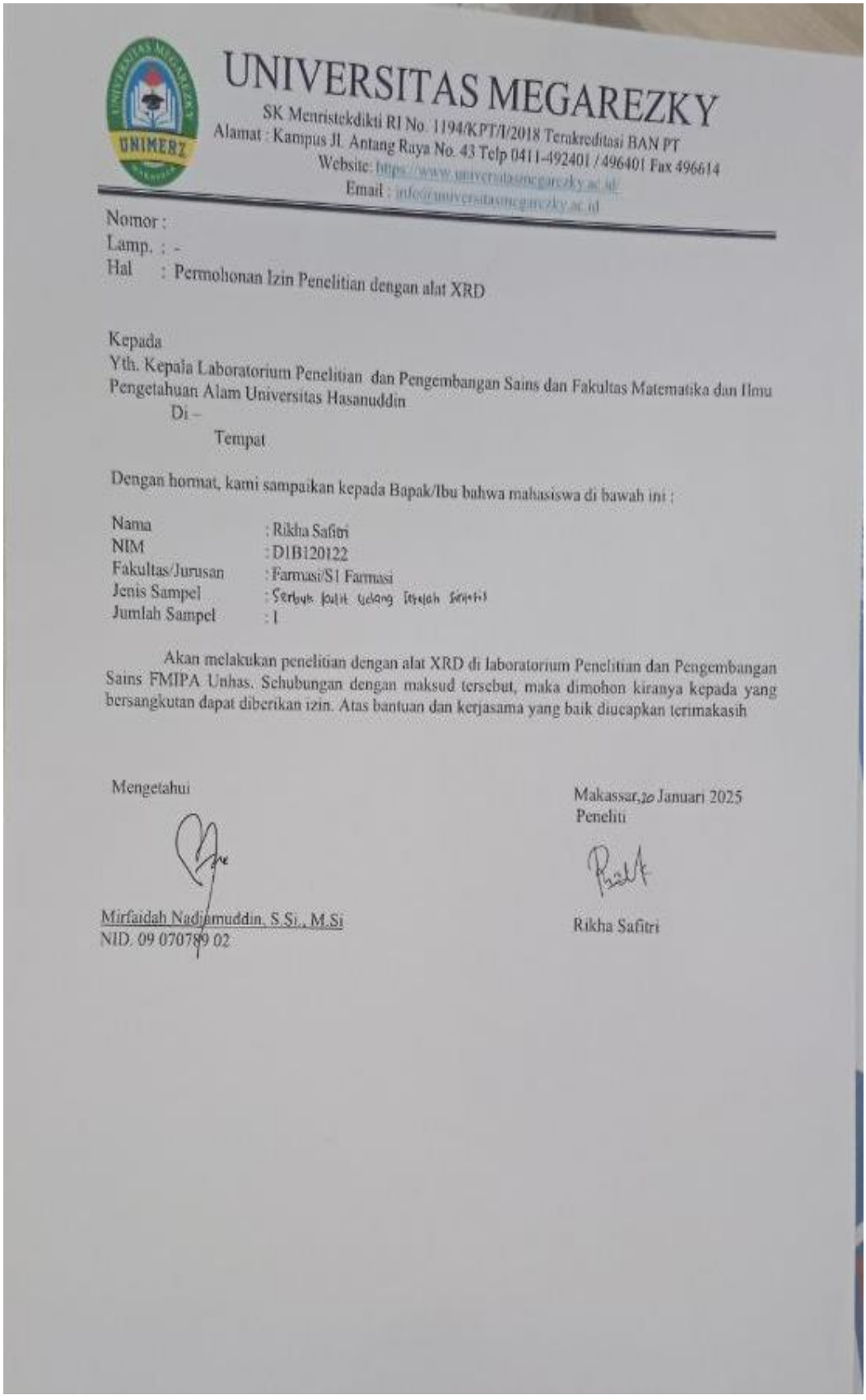
Akan melakukan penelitian dengan alat Oven di laboratorium Anorganik Departemen Kimia FMIPA Unhas. Sehubungan dengan maksud tersebut, maka dimohon kiranya kepada yang bersangkutan dapat diberikan izin. Atas bantuan dan kerjasama yang baik diucapkan terimakasih

Mengetahui

Mirfaidah Nadjamuddin, S.Si., M.Si
NID. 09 070789 02

Makassar, 10 Januari 2025
Peneliti

Rikha Safitri



UNIVERSITAS MEGAREZKY

SK Menristekdikti RI No. 1194/KPT/I/2018 Terakreditasi BAN PT
Alamat : Kampus Jl. Antang Raya No. 43 Telp 0411-492401 / 496401 Fax 496614
Website: https://www.universitasmegarezky.ac.id
Email : info@universitasmegarezky.ac.id

Nomor :
Lamp. : -
Hal : Permohonan Izin Penelitian dengan alat XRD

Kepada
Yth. Kepala Laboratorium Penelitian dan Pengembangan Sains dan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin
Di –
Tempat

Dengan hormat, kami sampaikan kepada Bapak/Ibu bahwa mahasiswa di bawah ini :

Nama	: Rikha Safitri
NIM	: D1B120122
Fakultas/Jurusan	: Farmasi/S1 Farmasi
Jenis Sampel	: Serbuk kulit ulang tayalah Safitri
Jumlah Sampel	: 1

Akan melakukan penelitian dengan alat XRD di laboratorium Penelitian dan Pengembangan Sains FMIPA Unhas. Schubungan dengan maksud tersebut, maka dimohon kiranya kepada yang bersangkutan dapat diberikan izin. Atas bantuan dan kerjasama yang baik diucapkan terimakasih

Mengetahui

Mirfaidah Nadjamuddin, S.Si., M.Si
NID. 09 070789 02

Makassar, 30 Januari 2025
Peneliti

Rikha Safitri

UNIVERSITAS MEGAREZKY

SK Menristekdikti RI No. 1194/KPT/I/2018 Terakreditasi BAN PT
Alamat : Kampus Jl. Antang Raya No. 43 Telp 0411-492401 / 496401 Fax 496614
Website: https://www.universitasmegarezky.ac.id/
Email : info@universitasmegarezky.ac.id

Nomor :
Lamp. : -
Hal : Permohonan Izin Penelitian dengan alat FTIR

Kepada
Yth. Kepala Laboratorium Kimia Terpadu Departemen Kimia Universitas Hasanuddin
Di –
Tempat

Dengan hormat, kami sampaikan kepada Bapak/Ibu bahwa mahasiswa di bawah ini :

Nama	: Rikha Safitri
NIM	: D1B120122
Fakultas/Jurusan	: Farmasi/S1 Farmasi
Jenis Sampel	: Serbuk endapan
Jumlah Sampel	: 1
Email	: rikhasafitri74@gmail.com

Akan melakukan penelitian dengan alat FTIR di laboratorium Kimia Terpadu Departemen Kimia FMIPA Unhas. Sehubungan dengan maksud tersebut, maka dimohon kiranya kepada yang bersangkutan dapat diberikan izin. Atas bantuan dan kerjasama yang baik diucapkan terimakasih

Mengetahui

Mirfaidah Nadjamuddin, S.Si., M.Si
NID. 09 070789 02

Makassar, 11 Februari 2025
Peneliti

Rikha Safitri

UNIVERSITAS MEGAREZKY
FAKULTAS FARMASI
Membina Program Studi:
D-III Farmasi, S-1 Farmasi, dan Pendidikan Profesi Apoteker
Jl. Antang Raya No. 43 Telp. (0411) 492401 – 496401
Web : http://universitasmegarezky.ac.id
Email : farmasiunimerz@gmail.com

Kode/No : UNIMERZ.11.32.AK/FM
Tanggal : 07 Januari 2019
Revisi : 00
Halaman : 1 dari

SURAT KETERANGAN SELESAI PENELITIAN

Nomor : 091056.02/VI/2025

Yang bertanda tangan di bawah ini menerangkan bahwa :

Nama Mahasiswa	:	RIKHA SAFITRI
NIM	:	D1B120122
Program Studi	:	S-1 Farmasi
Judul Penelitian	:	Pemanfaatan Limbah Kulit Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*) Sebagai Sumber Kalsium Untuk Sintesis Mineral Tulang Menggunakan Metode XRD (X-Ray Diffraction) dan FTIR (Fourier-Tranform Infrared)
Tempat Penelitian	:	Lab. Teknologi Sediaan Farmasi, Lab. Fitokimia Farmakognosi, Lab. Mikrobiologi Farmasi, Lab. Kimia Farmasi, Lab. Instrumen Farmasi **Universitas Megarezky**
Waktu Penelitian	:	26 Juli 2024 s.d 05 Mei 2025

Telah menyelesaikan penelitian. Demikian surat keterangan ini diberikan untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Makassar, 26 Juni 2025
Dekan,

Dr. apt. Besse Yuliana, S.Si., M.Si
NIDN. 09 231179 01

Tembusan Kepada Yth. :
1. Bapak Rektor UNIMERZ di Makassar sebagai laporan;
2. Ketua Prodi S-1 Farmasi di Makassar;
3. Kepada mahasiswa yang bersangkutan;
4. Arsip.

BIOGRAFI PENULIS



Penulis bernama lengkap Rikha Safitri, biasa dipanggil Rikha. Penulis lahir di Sulawesi Selatan tepatnya di kota Pare-Pare pada tanggal 29 September 2002. Penulis merupakan anak dari pasangan suami istri bernama Abd. Rahim dan Syahriah dan meruapakan anak pertama dari tiga bersaudara.

Penulis pertama kali masuk sekolah dasar SDN Lapasu pada tahun 2008 dan tamat 2014, kemudian melanjutkan ke jenjang sekolah menengah pertama di SMPN 182 Barru pada tahun 2014 dan tamat tahun 2017. Setelah itu, penulis melanjutkan pendidikan ke jenjang sekolah menengah atas di SMAN 2 Barru dan tamat pada tahun 2020, kemudian melanjutkan kuliah ke jenjang S1 Farmasi di Fakultas Farmasi Universitas Megareky Makassar.