

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Peningkatan jumlah tingkat kecelakaan yang menyebabkan rusaknya struktur tulang mengakibatkan naiknya permintaan akan bahan-bahan material yang mampu menggantikan tulang manusia. Kerusakan tulang umumnya dapat disebabkan oleh cedera traumatis berat akibat kecelakaan terutama kecelakaan lalu lintas yang mengakibatkan fraktur pada tulang dan kehilangan sebagian jaringan keras tulang (Ghuman dan Words, 2022). Implan adalah salah satu cara yang dapat digunakan untuk menggantikan tulang yang telah rusak. Implan atau pen biasanya terbuat dari logam tahan karat yang berfungsi untuk mempertahankan tulang pada posisi normal selama proses penyembuhan.

Penggunaan *stainless steel* atau logam sering digunakan untuk implan permanen seperti sendi buatan maupun implan sementara seperti pin dan sekrup yang digunakan untuk mengatasi patah tulang. Jenis logam yang digunakan adalah AISI 316L memiliki kadar besi yang rendah sehingga tahan korosi dan memiliki kekerasan yang baik (Bekmurzayeva dkk., 2018). Logam tahan karat juga memiliki beberapa kelemahan, diantaranya dapat mengganggu pengambilan gambar X-ray ataupun MRI (*Magnetic Resonance Imaging*) saat memantau penyembuhan pasien. Selain itu, dibutuhkan operasi kedua untuk pengangkatannya sehingga berpotensi menyebabkan kerusakan tulang baru akibat adanya ruang yang ditinggalkan oleh implan setelah pengangkatan (Hermanto dkk., 2016).

Implan tulang pada tubuh manusia dapat menggunakan bahan biomaterial berupa komposit keramik, logam atau polimer (Akbar dkk., 2019). Keterbatasan yang dimiliki implan berbahan logam membuat para peneliti terus mencari material alternatif yang lebih kompatibel dengan tubuh manusia dan memiliki resiko komplikasi yang lebih rendah.

Biomaterial merupakan bahan sintetis yang bersentuhan langsung dengan tubuh manusia yang berfungsi untuk memperbaiki, menggantikan, dan mengembalikan fungsi tulang yang telah rusak (Sukmana dkk., 2022).

Saat ini juga banyak terdapat kasus penurunan kepadatan tulang (osteopenia) akibat kekurangan kalsium yang akan berkembang menjadi osteoporosis (Faizah dan Fitrianti, 2015). Kasus kekurangan kalsium ini tidak hanya diderita pada lansia (Limbong dan Syahrul, 2015), namun juga terjadi pada remaja dan dewasa baik pria maupun wanita (Safitri dan Fitrianti, 2015). Faktanya, kasus osteoporosis telah menjadi perhatian global, dengan perkiraan sembilan juta orang menderita osteoporosis setiap tahunnya (Ukon dkk., 2019).

Banyaknya kasus yang menyebabkan rusaknya struktur tulang pada manusia menyebabkan diperlukannya suatu bahan (material) yang dapat memperbaiki tulang tersebut. Salah satu contoh jenis cangkang siput air tawar yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan remineralisasi adalah langkitang (Tanjung, 2015). Langkitang merupakan hewan yang populer di masyarakat pedesaan, khususnya di daerah pesisir (Efda dkk., 2021). Langkitang biasanya dimanfaatkan sebagai olahan makanan oleh masyarakat Sumatera Barat (Jamil dan An, 2015). Jumlah siput jenis ini sangat banyak karena sering dijumpai pada sungai-sungai kecil di sekitar danau, sehingga membuat jumlah hewan ini terus bertambah (Efda dkk., 2021). Beberapa daerah penghasil siput air tawar ini adalah Danau Maninjau yang terletak di Kabupaten Agam, Pantai Padang dan Padang Pariaman.

Cangkang langkitang sering terbuang dan menjadi limbah yang jarang dimanfaatkan. Pemanfaatan limbah dalam penelitian ini membantu memperoleh produk baru yang dapat digunakan manusia, memberikan nilai tambah, dan dapat mengurangi limbah yang dapat mencemari lingkungan (Jamil dan An, 2015). Cangkang langkitang merupakan produk limbah yang mengandung senyawa kalsium karbonat, protein, dan fosfor (Efda dkk., 2021). Kalsium merupakan unsur penting untuk pertumbuhan dan perkembangan tubuh manusia. Sumber kalsium terdapat pada berbagai

makanan dan minuman, diantaranya susu, daging, telur, buah-buahan, sayuran, ikan dan berbagai jenis makanan laut seperti *seafood* (Vannucci dkk., 2018).

Tulang manusia mengandung beberapa senyawa, dimana kalsium (Ca) dan fosfor (P) yang paling tinggi kadarnya. Selain itu, terdapat mineral lain seperti bikarbonat (HCO_3^-), magnesium (Mg), natrium (Na), kalium (K), tembaga (Cu), seng (Zn), dan mangan (Mn) (Kalfas, 2001). Komposisi tulang dan cangkang langkitang memiliki kesamaan sehingga cangkang langkitang berpotensi untuk mengembalikan atau memperbaiki tulang yang telah rusak.

Salah satu metode pengolahan cangkang kerang adalah dengan metode presipitasi. Metode presipitasi umum digunakan karena prosesnya yang sederhana dan dapat dikombinasikan dengan beberapa metode lain serta menggunakan suhu yang rendah (Cox, 2015). Sumber kalsium alami yang dapat dimanfaatkan untuk sintesis hidroksiapatit dapat berupa gipsum alami, tulang sapi, cangkang telur, kerang, dan cangkang kepiting (Prasetyawan, 2023). Kadar kalsium karbonat dalam cangkang kerang bisa diperkirakan dari tingkat kekerasannya. Semakin keras cangkang, maka semakin tinggi kadar kalsium karbonatnya (Ningsih dkk., 2014).

Hidroksiapatit dari cangkang kerang dara dan kerang hijau telah disintesis menggunakan metode solvothermal dengan memanaskan serbuk $\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7$ (Akbar dkk., 2019). Hasil XRD kerang hijau menunjukkan terdapatnya beberapa fase pengotor setelah dilakukan proses solvothermal dan sintering. Citra *Scanning Electron Microscope* (SEM) menunjukkan ukuran dan bentuk partikel yang tidak seragam. Tidak murnian dan ketidakseragaman nanopartikel mempengaruhi sifat fisis dan mekanis material.

Afifah dan Cahyaningrum (2020) melakukan penelitian menggunakan tulang sapi dengan metode kalsinasi. Proses kalsinasi menghasilkan hidroksiapatit dengan rendemen sebesar 83,41% dan dengan tingkat kristalinitas yang tinggi (95%). Kristalinitas tinggi dan struktur rapat

dengan pori kecil cocok untuk aplikasi biomedis. Proses kalsinasi pada suhu tinggi yaitu 900°C dalam waktu yang lama mengubah warna serbuk pada tulang sapi dari putih menjadi kehitaman.

Gintu (2022) melakukan sintesis hidroksiapatit dari cangkang kerang mutiara air tawar (*Anodonta woodiana*) menggunakan metode presipitasi. Pada penelitian ini digunakan dua variasi suhu dan waktu yaitu pada suhu 600°C selama 2 jam dan pada suhu 980°C selama 5 jam. Karakterisasi XRD menunjukkan proses ini berhasil menghasilkan hidroksiapatit dengan rendemen sebesar 50,25%, namun didapatkan puncak yang kurang tajam dan masih terdapat fase pengotor berupa kalsium fosfat lain yang tidak diinginkan akibat kontaminasi material organik cangkang. Cangkang mutiara terbungkus oleh lapisan lamella organik yang sulit dihilangkan meskipun telah dicuci dengan H₂O₂ dan disikat.

Nikmah dan Kurniawan (2024) melakukan sintesis hidroksiapatit dari limbah cangkang bekicot dengan menggunakan metode sol-gel dengan empat variasi suhu yaitu 150 °C, 200 °C, 250 °C, 300 °C dan tiga durasi waktu 2, 4, dan 6 jam. Hasil karakterisasi XRD menunjukkan bahwa cangkang bekicot memiliki kristalinitas yang rendah. Hal ini dapat membatasi penggunaannya dalam beberapa aplikasi dikarenakan struktur cangkang yang dimilikinya sangat rapuh.

Pada penelitian ini cangkang langkitang dapat digunakan sebagai sumber kalsium oksida (CaO) yang selanjutnya dimanfaatkan untuk sintesis hidroksiapatit. Pada penelitian ini digunakan suhu kalsinasi sebesar 800 °C dan empat variasi waktu yaitu 2, 4, 6, dan 8 jam. Penggunaan suhu dan variasi waktu kalsinasi yang lebih lama diharapkan menghasilkan material anorganik dengan kemurnian tinggi dan kekuatan mekanik yang sesuai sebagai implan.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisis pengaruh variasi waktu kalsinasi terhadap sifat fisika dan kimia nanopartikel dari cangkang langkitang.
2. Menguji kesesuaian sifat mekanik hidroksiapatit dari cangkang langkitang untuk implan tulang manusia.

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Mengurangi limbah lingkungan dengan memanfaatkan cangkang langkitang yang sering terbuang sebagai biomaterial untuk kesehatan.
2. Menghasilkan material berbasis hidroksiapatit ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$) yang bermanfaat untuk menggantikan tulang yang rusak.
3. Meningkatkan nilai tambah limbah cangkang langkitang yang sebelumnya hanya dimanfaatkan sebagai makanan lokal menjadi produk bernilai medis.

1.4 Ruang Lingkup

Batasan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Limbah cangkang langkitang digunakan sebagai sumber hidroksiapatit.
2. Karakterisasi hidroksiapatit menggunakan metode presipitasi, proses kalsinasi, XRD, dan SEM.
3. Suhu yang digunakan pada proses kalsinasi yaitu 800°C dengan variasi waktu 2, 4, 6, dan 8 jam.

1.5 Hipotesis

Hipotesis penelitian ini adalah proses kalsinasi menggunakan 4 variasi waktu yaitu 2, 4, 6, dan 8 jam akan menghasilkan serbuk hidroksiapatit yang memiliki tingkat kemurnian yang optimal. Semakin lama durasi kalsinasi maka cangkang langkitang akan berubah menjadi serbuk berwarna putih yang mengandung kalsium karbonat yang tinggi.