

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Patah tulang (*fractures*)/ kerusakan tulang yaitu terputusnya kontinuitas struktur tulang hal ini disebabkan oleh trauma akibat aktivitas fisik, kecelakaan, baik kecelakaan kerja maupun kecelakaan lalu lintas [1], [2]. Tulang memiliki kemampuan untuk penyembuhan atau regenerasi, hal ini tidak dapat dicapai dengan sendirinya untuk kerusakan tulang segmental yang besar. Cacat atau cedera, patah tulang yang disebabkan oleh usia tua, kecelakaan lalu lintas, tumor dan lain-lain, menyebabkan penurunan produktivitas kerja, kecacatan dan penurunan kualitas hidup [3], [4]. Berdasarkan data *International Osteoporosis Foundation*, osteoporosis menyebabkan 8,9 juta kasus retak tulang setahunnya [5]. Indonesia menjadi negara yang paling banyak mengalami patah tulang, dimana 1,3 juta pertahun dari jumlah penduduk yaitu sekitar 238 juta jiwa [6]. Kasus patah tulang mengalami peningkatan signifikan dari tahun ke tahun sehingga memerlukan penanganan medis yang tepat. Salah satunya dengan penggunaan biomaterial sebagai material penyangga dalam prosedur rekonstruksi tulang.

Biomaterial bertujuan untuk memulihkan, memperbaiki, atau mengganti jaringan yang rusak dengan menyatukannya dengan bagian yang bermasalah untuk meningkatkan harapan hidup [7]. Biomaterial menyebabkan biomineralisasi aktif karena mampu menimbulkan pertumbuhan tulang [1]. Solusi untuk kerusakan tulang besar adalah cangkok tulang (*bone graft*) autologus, alogenik dan *bone graft* sintesis [8]. Saat ini *bone graft* autologus memiliki permasalahan seperti trauma pada pasien. *Bone graft* alogenik juga memiliki keterbatasan seperti mengurangi aktivitas biologis, penolakan kekebalan dan penularan patogen. Untuk mengatasi keterbatasan yang dimiliki oleh *bone graft* alogenik, dikembangkan berbagai alternatif biomaterial yang mampu mendukung proses regenerasi tulang, salah satunya adalah biokeramik.

Biokeramik merupakan kelas biomaterial yang digunakan dalam perangkat biomedis. Hidroksiapatit (HA), $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$, rasio Ca/P sebesar 1,67 merupakan jenis biokeramik, salah satu senyawa Ca-P serta mineral utama tulang dan gigi. HA adalah salah satu biomaterial rekayasa dan regenerasi tulang dengan biokompatibilitas yang sangat baik, osteokonduktivitas tinggi dan aktifitas biologis [9], [10]. HA digunakan untuk aplikasi biomedis khususnya di bidang ortopedi, odontologi dan sebagai bahan pelapis untuk implan logam [11].

Umumnya HA diperoleh dengan menggunakan dua proses utama yaitu sintesis dari bahan kimia dan ekstraksi dari bahan alam [12]. HA yang berasal dari bahan kimia memiliki kemurnian yang tinggi dan ukuran partikelnya sangat halus, namun proses pembuatannya yang rumit menyebabkan proses pembuatannya membutuhkan waktu yang lama menyebabkan harganya sangat mahal. Sigma Aldrich menjual HA berukuran 5 μm , 50 g dengan harga Rp. 3.830.000. Semakin meningkatnya kasus yang menyebabkan kerusakan pada tulang menyebabkan kebutuhan HA semakin meningkat. Khususnya di Indonesia masih ketergantungan produk HA import [13]. Untuk mengatasi permasalahan ini bahan organik/ alami dapat dimanfaatkan sebagai bahan utama pembuatan HA. HA yang terbuat dari bahan organik selain bahannya mudah didapat, biaya pembuatannya yang murah serta memiliki elemen jejak (*trace element*) seperti Mg, Na, Cl, K, Sr, Si, Zn dan S berguna untuk metabolisme tulang, meningkatkan biofungsionalitas dan biokompatibilitas HA [14], [15].

HA yang berasal dari tulang ikan dan kerang memiliki potensi besar untuk aplikasi biomedis [16]. Selain HA berasal dari tulang ikan [16]–[19] dan cangkang kerang [20], [21], HA juga dapat berasal dari sisik ikan [22]–[25], tulang sapi [9], [26]–[28], tulang babi [29], cangkang telur [30]–[32]. Metode sintesis HA yaitu hidrolisis [33]–[35], sol gel [36], hidrotermal [37], [38], pemanasan (kalsinasi) [39]–[41].

Metode pemanasan banyak digunakan dikarenakan proses ini sederhana dan *low cost*. Pemanfaatan tulang sapi telah banyak menghasilkan HA, namun tulang sapi cukup keras sehingga proses penghalusan partikelnya cukup rumit dan membutuhkan waktu yang lama. Sedangkan penggunaan tulang babi (tidak halal) sehingga tidak disarankan karena umumnya penduduk Indonesia muslim. Pemanfaatan cangkang kerang, cangkang telur hanya menghasilkan kalsium sehingga dibutuhkan tambahan bahan kimia untuk menghasilkan HA sehingga membutuhkan proses, waktu yang lama serta biayanya mahal. Sintesis HA dari tulang ikan tidak perlu tambahan prekursor fosfat karena pada komposisi tulang ikan sudah terdapat kandungan fosfat [42]. Tulang ikan digunakan karena mudah untuk didapatkan serta mudah untuk diproses mendapatkan HA.

Sintesis HA dari tulang ikan kakap putih (*lates calcarifer*) dengan metode pemanasan pada temperatur 650 °C diperoleh rasio Ca/P sebesar 1,85 [43]. HA dari tulang ikan nila (*black tilapia*) dengan temperatur pemanasan 700 °C dan 900 °C rasio Ca/P yang diperoleh yaitu 1,65 dan 1,56 [44] sementara itu penelitian menggunakan ikan nila temperatur pemanasan 700 °C rasio Ca/P yang dihasilkan 2,11 [45]. Penelitian dengan menggunakan

temperatur pemanasan 700 °C dan 900 °C dengan menggunakan ikan tuna (*thunnus thynnus*) rasio Ca/P yang didapat sebesar 1,60 dan 1,34 [15], temperatur pemanasan 800 °C diperoleh rasio Ca/P sebesar 4,69 [46].

Proses *ball mill* merupakan proses mekanik yang dimanfaatkan untuk menghaluskan/mereduksi ukuran serbuk. Penghalusan ukuran serbuk menggunakan *planetary ball mill* tergantung pada gaya percepatan sentrifugal [47]. Proses *ball mill* merupakan proses yang diatur oleh banyak parameter seperti ukuran bola, jumlah bola, dan kecepatan putaran [48], [49]. *Planetary ball mill* digunakan untuk menghaluskan serbuk karena serbuk menerima energi impact yang sangat tinggi saat berbenturan dengan bola penggiling dan dinding jar penggiling. Energi impact sangat bervariasi tergantung pada kondisi penggilingan dan menyebabkan pecahnya partikel, yang menyebabkan berkurangnya ukuran serbuk dan peningkatan jumlah serbuk [50]. Berbagai jenis mangkuk (*jar*) dan bola yang digunakan untuk menghaluskan serbuk seperti *stainless steel*, *agate*, alumina dan zirkonia.

Proses *ball mill* tulang ikan nila yang telah dipanaskan dengan temperatur 1000 °C selama 2 jam, dihaluskan selama 48 jam hasilnya 7 µm dan rasio Ca/P sebesar 1,79 [22]. Proses *ball mill* serbuk Al₂O₃ dengan menggunakan ukuran bola yang berbeda yaitu 1 mm, 2 mm, 5 mm, dan 10 mm dengan kecepatan 50 rpm, 100 rpm, dan 153 rpm selama 12 jam dengan metode basah, hasil yang diperoleh bola dengan diameter 2 mm menggunakan kecepatan 153 rpm diperoleh ukuran yang optimal yaitu 0,84 µm dengan ukuran serbuk awal 6 µm [49]. Dari penelitian yang dilakukan oleh Shin et al., semakin kecil ukuran diameter bola maka energi kinetik yang dihasilkan bola kecil, namun titik kontak antara bola semakin banyak [49]. Ukuran bola yang besar dapat menghasilkan energi impact sehingga menghasilkan tumbukan yang besar sehingga memudahkan pemecahan ukuran serbuk.

Proses sintesis HA dari berbagai sumber tulang ikan sebelumnya belum menghasilkan kemurnian/ rasio Ca/P ataupun ukuran serbuk yang optimal. Hal ini disebabkan oleh jenis kandungan mineral pada tulang ikan yang berbeda sehingga mempengaruhi hasil HA. selain itu parameter proses kalsinasi dan *ball mill* sangat mempengaruhi kualitas serbuk HA yang dihasilkan. Penelitian ini memanfaatkan limbah organik dari tulang ikan sapu-sapu (*Pterygoplichthys pardalis*) sebagai bahan baku untuk sintesis HA. Ikan sapu-sapu memiliki kandungan kalsium fosfat yang tinggi sehingga dapat disintesis menjadi HA

melalui proses pemanasan. Ikan ini merupakan spesies invasif yang populasinya terus meningkat dan sering dianggap sebagai limbah oleh masyarakat perikanan. Pemanfaatan tulangnya sebagai sumber kalsium fosfat, tidak hanya menghasilkan HA yang bernilai untuk aplikasi medis, tetapi juga mendukung konsep ekonomi sirkular dalam pengelolaan limbah organik. Metode yang digunakan adalah pemanasan dan *ball mill* karena efektif dalam menghilangkan senyawa organik, proses sederhana dan ekonomis. Dari penelitian sebelumnya waktu *ball mill* yang digunakan untuk menghaluskan serbuk seperti 12 dan 48 jam menghasilkan ukuran 0,84 dan 7 μm . pada penelitian ini memvariasikan ukuran bola yang digunakan dalam proses *ball mill* dengan tujuan untuk mendapatkan serbuk ukuran submikron dengan waktu yang lebih singkat dan efisien.

Kebaruan dari penelitian ini adalah variasi ukuran diameter bola zirkonia 1 mm, 2 mm dan 5 mm. Pemanfaatan diameter ukuran bola yang kecil untuk meningkatkan titik kontak antara bola dengan serbuk sehingga seluruh permukaan bola dan serbuk bertumbukan, sementara itu pemanfaatan ukuran diameter bola yang besar dimanfaatkan untuk meningkatkan energi impak antara bola dengan serbuk sehingga dapat mengoptimalkan dalam penghalusan serbuk.

B. Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, yang menjadi masalah utama kenapa sulitnya mendapatkan karakteristik HA yang sesuai dengan sifat fisiknya yaitu ukuran, kemurnian dan rasio Ca/P. Apakah pembuatan HA dengan metode pemanasan dapat meningkatkan kemurnian dan tercapainya rasio Ca/P HA? Apakah proses penghalusan HA dengan memkombinasikan ukuran bola zirkonia pada proses *ball mill* dapat mereduksi serbuk HA pada skala submikron?

C. Tujuan Penelitian

Umum:

Mendapatkan HA dari bahan organik dengan kualitas tinggi ditinjau dari tingkat kemurnian dan ukuran partikel.

Khusus:

1. Mendapatkan HA dari tulang ikan sapu-sapu dengan metode pemanasan
2. Proses penghalusan serbuk HA dengan proses mekanik menggunakan *planetary ball mill* dengan kombinasi ukuran bola zirkonia

3. Pembuatan *sintered body* HA dari tulang ikan sapu-sapu/ FHA dan membandingkannya dengan HA komersil dari tulang sapi/ BHA

D. Hipotesis

Pembuatan HA dari tulang ikan sapu-sapu dengan metode pemanasan, menghaluskan HA dengan kombinasi ukuran bola diprediksi akan menghasilkan ukuran serbuk HA yang lebih halus sehingga dapat meningkatkan sifat mekanik *sintered body* HA.

E. Manfaat Penelitian

1. Memberikan kontribusi terhadap pengembangan ilmu pengetahuan pada pembuatan HA serta pemanfaatan limbah organik
2. Memberikan tambahan data khususnya sifat fisik dan mekanik HA dari tulang ikan sapu-sapu
3. Mendapatkan sifat mekanik yang lebih baik
4. Menghasilkan HA dari tulang ikan sapu-sapu sebagai bahan dasar pembuatan *sintered body* dengan harga yang lebih murah, dengan target mengurangi ketergantungan Indonesia terhadap HA import.



