BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kerusakan jaringan tulang umumnya terjadi karena cedera akibat kecelakaan dan penyakit *degeneratif* seperti *osteoporosis*. Berdasarkan *global status report on road safety* yang dirilis *WHO*, sekitar 1,25 juta orang di dunia meninggal akibat kecelakaan setiap tahunnya (WHO, 2015). Selain itu berdasarkan data *International Osteoporosis Foundation*, osteoporosis menyebabkan 8,9 juta kasus tulang retak setiap tahunnya (Johnell and Kanis, 2006). Data di Indonesia menunjukkan bahwa insiden patah tulang cukup tinggi, yaitu sekitar delapan juta orang mengalami patah tulang dengan penyebab yang beragam, dimana 45% mengalami cacat secara fisik (Depkes RI, 2013). Seluruh data tersebut mengindikasikan bahwa setiap tahun kebutuhan akan substitusi tulang bertambah, baik yang disebabkan kecelakaan yang mengakibatkan patah tulang, maupun penyakit bawaan dan non-bawaan (Ficai *et al.*, 2007).

Dengan semakin berkembangnya pengetahuan, dimana *bone graft* yang dikenal sebagai proses pencangkokan tulang digunakan untuk menstimulasi perbaikan dan proses regenerasi tulang. Saat ini sekitar 400.000 operasi *bone graft* telah dilakukan di Amerika dan Eropa, sehingga kebutuhan *bone graft* terus meningkat (Hamman, 2010). Akan tetapi, *bone graft* terbentur dengan ketersediaan yang terbatas dan adanya kemungkinan transfer penyakit (Amini, Laurencin and Nukavarapu, 2012).

Keterbatasan *bone graft* mendorong perkembangan akan implan tulang sebagai alternatif untuk perbaikan dan regenerasi tulang. Salah satu biomaterial yang dipertimbangkan sebagai implan untuk *bone scaffold* adalah Hidroksiapatit (HA) dengan rumus kimia $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$. Hal ini disebabkan karena HA memiliki sifat biokompatibilitas yang baik dengan tubuh manusia (Masaeli *et al.*, 2016; Heidari *et al.*, 2017; Juliadmi *et al.*, 2017; Mao *et al.*, 2018; Nie *et al.*, 2019; Sha and Struct, 2019; Vassal *et al.*, 2019). Selain itu HA juga merupakan

komponen anorganik utama dari jaringan keras tulang, dan menyumbang 60-65% dari fase mineral dalam tulang manusia (Venkatesan and Kim, 2010).

Idealnya, suatu *scaffold* memiliki kekuatan yang sebanding dengan kekuatan mekanik tulang. Sistem biomekanik tulang terdiri dari *cortical bone* yang memiliki permukaan padat dan keras dengan *compressive strength* 100-200 MPa, *Young's modulus* 15-20 GPa, dan *cancellous bone* yang bagian dalam berpori dengan *compressive strength* 2-20 MPa, *Young's modulus* 0,1-2 GPa. Selain itu, *scaffold* memiliki kombinasi ukuran pori-pori 100-400 µm untuk memfasilitasi difusi nutrisi, molekul pembawa sinyal, dan penempelan sel untuk pertumbuhan tulang (Whang *et al.*, 1999; Li *et al.*, 2005) dan lebih kurang 70% porositas (Wake, Patrick and Mikos, 1994) dan atau 60-90% porositas (Roohani-Esfahani, Newman and Zreiqat, 2016; Mahammod *et al.*, 2020). Untuk itu diperlukan desain implan yang akurat serta memiliki sifat yang sesuai dengan tulang asli.

Banyak penelitian telah dilakukan untuk membuat *bone scaffold* sebagai implan pengganti tulang *cancellous*, namun masih terkendala dengan sifat yang saling bertentangan. *Bone scaffold* membutuhkan porositas yang tinggi yaitu lebih kurang 60-90% dan ukuran pori-pori yang relatif besar 100-400 µm. Selain itu *bone scaffold* juga membutuhkan *compressive strength* yang relatif tinggi yaitu 2-20 MPa. Hasil dari pemetaan penelitian-penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa, ketika sifat fisik (ukuran pori dan persentase porositas) memenuhi syarat, maka sifat mekanik (*compressive strength*) tidak memenuhi syarat, dan begitu juga sebaliknya.

B. Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang, yang menjadi masalah utama kenapa sulitnya mendapatkan karakteristik *bone scaffold* yang sesuai dengan sifat fisik dan mekaniknya adalah ketidakmampuan *scaffold* menahan beban *compressive* pada porositas yang tinggi. Seperti penelitian-penelitian sebelumnya dimana belum mengkaji mengenai distribusi ukuran partikel yang sesuai untuk satu bagian *scaffold* terkecil, sehingga kekuatan *scaffold* pada umumnya belum memenuhi syarat sesuai dengan sifat tulang asli. Cai *et al.*, (2009) mengemukakan bahwa sifat mekanik dipengaruhi oleh bentuk, ukuran, dan distribusi ukuran

partikel. Permasalahan lain juga disebabkan karena pemakaian *binder* disaat pencetakan belum menjadi kajian, sementara kontak tangensial yang terjadi disaat pencetakan akan lebih sempurna jika partikel diberikan *binder* yang cukup, sehingga proses ikatan antar butir terjadi lebih sempurna pada saat *sintering*.

C. Tujuan Penelitian

Umum:

Mengembangkan metode pembuatan *bone scaffold* untuk material implan *cancellous bone* dari biokeramik hidroksiapatit (HA) yang memenuhi syarat sifat fisik dan mekaniknya.

Khusus:

1. Mendapatkan jumlah *binder* yang optimum pada saat pencetakan *uniaxial pressing* sehingga terjadi kontak tangensial yang kuat antara partikel.
2. Mengetahui pengaruh distribusi ukuran partikel HA melalui kombinasi partikel mikron dan nano terhadap sifat fisik dan mekanik HA.
3. Mendapatkan temperatur *sintering* yang optimum pada produk bio-keramik HA pada ukuran partikel yang dikombinasikan antara mikron dan nano.
4. Mendapatkan persentase rasio antara HA dengan *PMMA* sebagai material pembuat pori, sehingga diperoleh jumlah porositas, ukuran pori, dan kekuatan yang memenuhi syarat untuk sebuah produk *bone scaffold*.

UNIVERSITAS ANDALAS
UNTUK KEDJAJAAN BANGSA

D. Hipotesis

Pembuatan *bone scaffold* dari biokeramik HA dengan mendistribusikan ukuran partikel HA, mengatur rasio HA dengan PMMA, pencetakan *uniaxial pressing* dengan menambahkan *binder* PVA sebagai pengikat antar partikel, diprediksi akan menghasilkan sifat fisik dan mekanik yang memenuhi syarat untuk sebuah produk *bone scaffold*, dengan target *compressive strength* 2-20 MPa, ukuran pori 100-400 µm, dan porositas 60-90%.

E. Manfaat Penelitian

1. Memberikan kontribusi terhadap pengembangan ilmu pengetahuan dibidang pembuatan implan tulang khususnya untuk aplikasi *cancellous bone*
2. Memberikan tambahan data-data, khususnya sifat fisik dan mekanik dari *scaffold* berbahan biokeramik hidroksiapatit komersil.
3. Metode yang dikembangkan pada penelitian ini juga berpotensi untuk diaplikasikan pada material HA yang berasal dari bahan alami seperti tulang sapi, cangkang kerang, dan lainnya sehingga akan menghasilkan produk *bone scaffold* dengan harga yang lebih murah, dengan target dapat membantu kebutuhan implan berbasis biokeramik bagi pasien miskin.

UNIVERSITAS ANDALAS
UNTUK KEDJAJAAN BANGSA