

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Tulang adalah suatu jaringan kompleks yang terus-menerus mengalami bioremodeling dinamis, proses gabungan di mana osteoclast menyerap jaringan tulang yang matang atau rusak, dan osteoblast, kemudian menghasilkan tulang baru untuk mempertahankan homeostasis (Rezkinov,shahar, 2014). Namun, tulang dapat menderita cacat berukuran kritis yang tidak dapat diperbaiki oleh respon penyembuhan alami tubuh (Bauer dan Muschler, 2000). Hal ini dapat disebabkan oleh osteoporosis, kanker, cedera traumatis dan kekurangan nutrisi (Sarkar et al, 2006). Menanggapi hal ini, rekayasa jaringan yang menggabungkan biomaterial sebagai perancah sangat dibutuhkan untuk mendukung atau mengembalikan fungsi mekanis tulang dan pembuluh darah yang memandu pertumbuhan jaringan tulang baru (Dhandayuthapeni et al,2011).

Dengan munculnya teknologi Manufaktur Aditif (AM), implan dimungkinkan untuk diproduksi dengan struktur seluler terbuka periodik yang disesuaikan dalam dimensi yang telah ditentukan sebelumnya. Teknologi ini sedang berkembang pesat, memberikan manfaat dalam kemampuan kontrol pada sifat material dan geometri internal, menghasilkan respons mekanis dan biologis yang menjanjikan terhadap tulang alami. (Zaharin *et al.*, 2018)

Prosedur bedah ortopedi yang melibatkan rekayasa jaringan tulang telah berkembang pesat dalam beberapa dekade terakhir menjadikan tulang sebagai salah satu jaringan yang paling banyak ditransplantasikan. Autograft atau rekayasa dengan mengambil perancah dari tulang di bagian lain dari pasien tetap menjadi solusi terbaik untuk sekarang. Namun metode ini masih memiliki banyak kelemahan seperti ketersediaan jaringan yang terbatas, nyeri, infeksi luka operasi, dan peningkatan waktu operasi. Pilihan rekayasa jaringan yang lain seperti allograft yang mengambil donor dari orang lain dan xenograft yang mengambil donor dari spesies lain kurang umum digunakan karena biaya, potensi penularan penyakit dan penolakan oleh imun tubuh (FADHLURRAHMAN and Basri, 2020).

Dari sudut pandang teknik, salah satu tantangan utama perancah berpori adalah memanipulasi struktur morfologis untuk mencapai perilaku mekanis yang baik sebagai prasyarat biologis untuk regenerasi jaringan tulang. (Dubin, 2021). Metode tissue engineering (TE) dapat digunakan untuk memajukan ilmu perbaikan tulang dan jaringan. Ilmu biomedis yang dikenal dengan “tissue engineering” bertujuan untuk mengembangkan, mengganti, memperbaiki, melestarikan atau meningkatkan fungsi jaringan tulang. Pembuatan kerangka untuk penempatan pada organ dan jaringan yang rusak merupakan aplikasi rekayasa jaringan tulang. Perancah tulang membantu membentuk pembuluh darah baru selama pembentukan tulang. Karena struktur tulang dapat melekat pada jaringan tulang, mereka harus memenuhi persyaratan tertentu, seperti Permukaan yang dapat bertindak sebagai tempat perlekatan sel, biokompatibel, dapat terurai secara hayati, cukup berpori untuk menyediakan ruang yang cukup bagi perlekatan sel, regenerasi di luar jaringan. Matriks dan memungkinkan sel memadat melalui perancah untuk memfasilitasi pembangunan jaringan yang koheren dan memiliki sifat mekanik yang baik. (Hutama and Nugroho, 2020)

Biomaterial digunakan sebagai bahan awal pembuatan *scaffold*. Biomaterial adalah bahan untuk memulihkan jaringan tulang. Mereka dirancang untuk mendorong pertumbuhan sel yang akan melanjutkan fungsi siklus hidup dari jaringan yang diganti. Ada dua jenis biomaterial: biomaterial alami dan sintesis. Kolagen, elastin, dan kitin adalah contoh biomaterial alami, sedangkan logam, polimer, keramik, dan komposit adalah contoh biomaterial buatan. Aplikasi medis sering menggunakan aplikasi untuk penggunaan biomaterial buatan. Keramik (biokeramik) merupakan biomaterial yang sering digunakan dalam produksi tulang tiruan. Biokompatibilitas, ketahanan aus yang tinggi, dan kesamaan bentuk mineral jaringan keras yang ada ditubuh (tulang dan gigi) adalah beberapa keunggulan biokeramik. Hidroksiapatit (HA) merupakan salah satu jenis biokeramik yang telah banyak dipelajari. (Hutama, Masruroh and Herliansyah, 2015).

1.2. Perumusan Masalah

1. Bagaimana mendesain mikroarsitektur *Bone Scaffold* model *Triply Periodic Minimal Surfaces* (TPMS) jenis *Schwars Primitive Structure* dengan tingkat porositas 60% dan pore size maksimal 1000 μm .
2. Bagaimana proses manufacture pemodelan *Bone Scaffold* model *Schwars Primitive Structure* dengan masing-masing sel satuan 3,175 mm, 2,54 mm, 2,12 mm dan 1.8 mm.
3. Bagaimana hasil pengujian kekuatan tekan, uji image processing struktur *Bone Scaffold* model *Schwars Primitive Structure* dengan masing-masing sel satuan 3,175 mm, 2,54 mm, 2,12 mm dan 1.8 mm.

1.3. Batasan Masalah

Agar dapat mencapai hasil akhir yang diinginkan dan tidak menyimpang dari masalah yang ditinjau, maka batasan masalah pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Desain mikroarsitektur *Bone Scaffold* model *Schwars Primitive Structure* dengan tingkat porositas 60% dan poresize maksimal 1000 μm menggunakan software perangkat lunak.
2. Mencetak hasil desain *Bone Scaffold* berbahan *Polylactic Acid* (PLA) menggunakan 3D Printing dengan metode Additif Manufactur sistem *Fused Deposition Modelling* (FDM).
3. Pengujian tekan dan uji image processing hasil desain *Bone Scaffold* model *Schwars Primitive Structure* dengan masing-masing sel satuan 3,175 mm, 2,54 mm, 2,12 mm dan 1.8 mm.

1.4. Tujuan

Tujuan dari dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mampu mendesain alat perancah tulang berpori dengan tingkat porositas 60% dan pore size maksimal $1000 \mu m$ sebagai alat bantu pengganti tempat sel-sel tulang yang cacat akibat kecelakaan ataupun osteoporosis.
2. Mampu menghasilkan bentuk manufaktur *Bone Scaffold* model *Triply Periodic Minimal Surfaces* (TPMS) jenis *Schwars Primitive Structure* dengan mesin 3D Printing.
3. Mampu menghasilkan data hasil desain, data hasil printing, dan data hasil pengujian *Bone Scaffold* model *Triply Periodic Minimal Surfaces* (TPMS) jenis *Schwars Primitive Structure* dengan masing-masing sel satuan 3,175 mm, 2,54 mm, 2,12 mm dan 1,8 mm.

1.5. Sistematika penulisan

Sistematika dalam penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut:

a. BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian dan sistematika penulisan.

b. BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menjelaskan tentang uraian sifat mekanis tulang, Aditif manufaktur dan penjabaran tentang *Bone Scaffold*.

c. BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tentang uraian proses pencetakan spesimen pada mesin 3D *printing*, Perancangan spesifikasi spesimen, Desain spesimen, Persiapan proses manufaktur, Pelaksanaan proses manufaktur dan Pengambilan data.

d. BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi data hasil desain, data hasil printing dan perbandingan antara data hasil desain dengan data hasil printing dan pembahasannya.

e. BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan dari penelitian tugas akhir ini dan saran untuk pengembangan dari tugas akhir ini.