

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Revolusi industri 4.0 mendorong penggunaan teknologi untuk memaksimalkan kemampuan berbagai bidang fisik, digital maupun biologis diantaranya *artificial intelligent*, *internet of things*, *robotic*, *3D printing* dan lainnya (Hermann et al, 2015). *3D printing* digunakan secara luas untuk membuat objek sesuai dengan desain yang diinginkan serta memungkinkan adanya benda dengan bentuk maupun antarmuka rumit (Al'Aref, 2018). Penggunaan *3D printing* pada bidang kedokteran diaplikasikan yang salah satu pengembangannya adalah *tissue engineering* berupa *scaffold*. *Scaffold* adalah bahan yang telah direkayasa sebagai tempat pembentukan dan tumbuhnya jaringan fungsional baru. Singh, pada tahun 2016 telah meneliti peran *3D printing scaffold* sebagai kemajuan teknik jaringan kulit dalam membantu regenerasi dan penyembuhan area yang luka. Karena sifatnya yang dapat terdegradasi *scaffold* juga berfungsi sebagai *drug delivery*, contohnya pada kasus tuberkulosis.

Indonesia merupakan negara urutan ke 3 sedunia yang mengalami tuberkulosis. Tuberkulosis adalah penyakit yang menjadi salah satu kematian tertinggi di dunia dengan 10 juta kasus, secara global penderita tuberkulosis yang meninggal sebanyak 1,3 juta penderita (WHO, 2017). Indonesia menjadi negara urutan ke 2 sedunia yang mengalami tuberkulosis pada tahun 2020. Dengan penderita tuberkulosis meninggal sebanyak 1,4 juta secara global (WHO, 2020). Menurut WHO, 95 % kematian pada kasus tuberkulosis terjadi pada negara yang memiliki penghasilan rendah dan menengah, orang yang menggunakan rokok, obat - obatan dan alkohol.

Spinal tuberculosis merupakan salah satu penyakit tuberkulosis yang menyerang tulang belakang dan mengakibatkan gangguan pada sistem saraf serta deformasi permanen terhadap sendi (Wardhani et al, 2019). *Spinal tuberculosis* biasanya dialami oleh anak - anak dan usia awal 20 tahun (Chiang G, 2018) yang

jika sudah parah akan mengakibatkan kelumpuhan bahkan kematian. Penyakit ini disebabkan oleh bakteri *Mycobacterium tuberculosis*. Salah satu cara pengobatan *spinal tuberculosis* adalah dengan operasi pembersihan tulang. Tulang yang rusak akibat bakteri *Mycobacterium tuberculosis* dibersihkan sampai tidak ada bakteri yang tersisa, setelah tulang telah bersih, tulang diberikan implan berupa *scaffold* sebagai tempat tumbuh jaringan untuk mengganti tulang yang hilang. *Scaffold* dari polimer memiliki keunggulan biokompatibilitas, fleksibilitas biologi dan kimia yang baik dalam penerapan rekayasa jaringan dan pergantian organ.

Dibutuhkan *pedicle screw* sebagai pengikat sistem stabilisasi tulang belakang dalam masa penyembuhan tulang pasca pembersihan. *Pedicle screw* pada umumnya berbahan dasar titanium karena sifatnya yang biokompatibilitas, tidak mudah korosi dan memiliki sifat mekanik yang baik, namun penggunaan *pedicle screw* berbahan titanium ini masih memiliki kelemahan. Jika tulang yang dipasang *pedicle screw* titanium sudah sembuh ada pilihan untuk membiarkan berada ditubuh maupun dilepaskan dengan *re-operation* yang membutuhkan biaya. *Re-operation* yang dilakukan dapat menimbulkan komplikasi setelah dilakukan pembedahan. Untuk meminimalisir terjadinya *re-operation* diperlukan *pedicle screw* yang dapat terdegradasi dengan sendirinya.

Pedicle screw berpori memiliki keuntungan diantaranya, memberikan peningkatan transportasi nutrisi ke pusat melalui jaringan saluran antar pori dan memudahkan sel meletakkan matriks ekstraseluler (Dhandayuthapani, B, et al., 2011). *Pedicle screw* yang berpori juga dapat berperan sebagai *drug delivery* setelah disisipkan dengan obat (Dorati,et al., 2017). Untuk menghilangkan kemungkinan munculnya bakteri *Mycobacterium tuberculosis* kembali, diberikan *streptomycin*. *Streptomycin* adalah obat pembunuh bakteri *Mycobacterium tuberculosis* yang sesuai untuk tubuh karena bersifat *biocompatible*, *biodegradable* dan tidak beracun (Maulida,et al.,2015).

Untuk membunuh bakteri *Mycobacterium tuberculosis*, *streptomycin* akan dimasukkan ke dalam *Injectable Bone Substitute* (IBS). *Injectable Bone Substitute* (IBS) adalah material pengganti tulang yang diinjeksikan dalam tubuh. Pemberian *Injectable Bone Substitute* (IBS) tidak bersifat beracun dan mengalami poliferasi

sehingga diharapkan membuat tulang mengalami penyerapan dan pembentukan secara kontinyu (Maulida, et al., 2015). Penelitian yang dilakukan oleh Maulida, et al. (2015) telah berhasil mensintesis *Injectable Bone Substitute* (IBS) berbentuk pasta yang berbahan dasar gelatin, HPMC, hidroksiapatit dan *streptomycin*. *Injectable Bone Substitute* (IBS) yang sudah dicampurkan *streptomycin* juga berperan sebagai *drug delivery* yang mengobati dan mengurangi infeksi pada tulang.

Pembuatan *scaffold* terdiri dari berbagai macam teknik diantaranya adalah *freeze drying*, *gas foaming*, *solvent casting / particulate leaching* dan lainnya, namun teknik – teknik ini masih memiliki kekurangan seperti belum mampu membentuk distribusi pori spasial, ukuran pori dan mikroarsitekturanya (Ronca, D., 2016). Kekurangan – kekurangan tersebut dapat diatasi dengan menggunakan *3D printing* dengan mencetak objek lapisan demi lapisan yang spesifik (De santis dalam Ronca et al., 2016). *3D printing* diawali dengan mendesain 3D pada aplikasi *Solidworks* kemudian dicetak dengan metode FDM.

Fused Deposition Modeling (FDM) adalah salah satu jenis *3D printing* yang sering digunakan karena penggunaannya yang sederhana serta dapat digunakan di ruang sempit dan banyaknya bahan yang tersedia. Oleh karena itu pencetakan *pedicle screw* ini menggunakan jenis FDM. FDM juga memiliki kelebihan seperti mampu membuat biomaterial implant tanpa sel, mampu membuat gradient fisik *multidirectional* dalam implant dan mampu mencetak geometri yang kompleks (Bracaglia et al, 2017). Cara kerjanya adalah dengan mencetak lapisan demi lapisan hingga terbentuk sesuai dengan desain. Untuk sampel *pedicle screw* bahan yang akan digunakan adalah *Polyacticacid* (PLA) dan pasta *Injectable Bone Substitute* (IBS). PLA digunakan karena memenuhi kualifikasi sifat yang dibutuhkan oleh *scaffold*. PLA bersifat biokompatibel yaitu sesuai dengan keadaan di dalam tubuh, tidak menghasilkan efek racun (Nasrin, 2017). PLA juga dapat terdegradasi dengan sendirinya sehingga tidak perlu dilakukan operasi pengambilan *pedicle screw*.

Berdasarkan penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh Nugraheni (2019) telah diketahui tentang pemberian pori yang diinjeksikan oleh *Injectable Bone Substitute* (IBS) dan diuji degradasinya untuk mengetahui tingkat degradasi

scaffold. Husna pada tahun 2019 juga telah melakukan penelitian tentang uji porositas pada *scaffold* untuk mengetahui tinggi tingkat porositasnya dan didapatkan bahwa semakin besar ukuran pori akan semakin besar porositasnya. Keduanya telah melakukan uji terhadap sampel, namun belum melakukan uji mekanik apakah pada saat sampel di gunakan pada tubuh akan cocok dan bertahan atau tidak. Ditahun yang sama Septy juga telah melakukan penelitian tentang uji toksik dan sifat resisten pasta IBS serta uji puntir pada *pedicle screw* berbahan dasar PLA.

Penelitian ini melaporkan proses pendesainan *pedicle screw* tanpa dan dengan pori berbahan dasar PLA yang diinjek dengan *Injectable Bone Substitute* (IBS) yang kemudian diuji sifat mekaniknya. Penelitian akan dimulai dengan mendesain *pedicle screw* dengan menggunakan aplikasi *Solidworks* lalu mencetak menggunakan mesin 3D *printing* FDM dengan bahan dasar PLA dengan menggunakan pori dan tanpa pori. Sampel yang sudah dicetak dan diinjeksikan *Injectable Bone Substitute* (IBS) akan diuji FTIR untuk melihat keberadaan kandungan *Injectable Bone Substitute* (IBS) pada sampel. Setelah itu akan diuji mikroskop digital untuk melihat morfologi permukaan sampel dan diameter pori untuk mengetahui apakah ukuran pori sampel yang didesain sama dengan ukuran pori yang dicetak menggunakan filamen PLA. Uji yang akan dilakukan adalah uji mekanik berupa uji puntir, uji *pull out* dan uji *bending* sebanyak 3 kali pengujian. Uji puntir dilakukan dengan harapan mengetahui kekuatan *pedicle screw* ketika akan dipasang pada tulang, apakah mampu masuk kedalam tulang atau tidak kebanyakan kasus yang terjadi adalah bagian kepala *pedicle screw* putus dari batangnya. Uji *pull out* dilakukan untuk mengetahui kuat rekat ulir dari *pedicle screw* sehingga meminimalisir kemungkinan *pedicle screw* lepas atau bergeser sesudah dipasang ketika melakukan pergerakan. Uji *bending* dilakukan untuk mengetahui keelastisitan *pedicle screw* sehingga pada saat dipasang akan bertahan ketika mengalami beban.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimanakah hasil desain dan cetak *pedicle screw* berbasis PLA dan berpasta IBS berbasis HA, gelatin, HPMC dan streptomisin?

2. Bagaimanakah hasil uji puntir, uji *pull out* dan uji *bending pedicle screw* berbasis PLA yang tidak dilapisi IBS dan dilapisi IBS?

1.3 Batasan Masalah

1. Bahan utama *pedicle screw* dibuat dengan PLA.
2. Variasi ukuran panjang *pedicle screw* yang digunakan adalah 45 mm dan 35 mm dengan diameter 6 mm dan 1 mm untuk diameter pori.
3. Karakterisasi meliputi uji gugus fungsi dengan FTIR, uji morfologi dengan mikroskop digital.
4. Uji mekanik *pedicle screw* meliputi uji puntir, *pull out* dan *bending*.

1.4 Tujuan Penelitian

1. Menghasilkan gambaran hasil cetak desain *pedicle screw* berbasis PLA menggunakan *3D printing*.
2. Menganalisis pengaruh pemberian pasta *Injectable Bone Substitute* (IBS) pada pori terhadap sifat mekanik *pedicle screw* dari hasil uji yang telah dilakukan.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Memberikan pengetahuan tentang perbedaan sampel *pedicle screw* yang diinjeksikan dan tidak diinjeksikan pasta *Injectable Bone Substitute* (IBS).
2. Mengetahui pentingnya sifat mekanik dari *pedicle screw* setelah dilakukan uji mekanik.