

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Biomaterial merupakan material yang digunakan untuk menggantikan, memperbaiki, atau mendukung fungsi jaringan tubuh yang mengalami kerusakan [1]. Dalam bidang ortopedi, biomaterial banyak dimanfaatkan sebagai material implan untuk menggantikan fungsi tulang maupun sendi. Jenis implan yang umum digunakan meliputi *stainless steel* (SS 316L), paduan kobalt-kromium (Co-Cr), titanium murni (Ti), dan paduan titanium, yang banyak diaplikasikan pada prostesis pinggul, lutut, serta fiksasi fraktur internal maupun eksternal [2].

Di antara berbagai jenis biomaterial logam tersebut, paduan titanium banyak digunakan sebagai material implan ortopedi karena memiliki sifat mekanis yang unggul, antara lain kekuatan dan kelenturan yang tinggi serta ketahanan korosi yang baik. Salah satu paduan titanium yang banyak dikembangkan adalah Ti-29Nb-13Ta-4.6Zr (TNTZ), yang termasuk ke dalam paduan titanium tipe β . TNTZ memiliki modulus Young yang mendekati tulang kortikal sehingga diharapkan mampu mengurangi fenomena *stress shielding*. Selain itu, paduan ini tersusun atas unsur-unsur yang tidak bersifat toksik maupun menimbulkan reaksi alergi sehingga memiliki biokompatibilitas yang baik [3]. Namun demikian, salah satu kelemahan utama paduan titanium, termasuk TNTZ, adalah kemampuannya yang terbatas dalam membentuk osseointegrasi yang baik dengan jaringan tulang. Karakteristiknya yang bersifat inert menjadikan titanium tidak memiliki sifat bioaktif, sehingga belum mampu merangsang pertumbuhan jaringan tulang baru setelah proses implantasi. Oleh karena itu, modifikasi permukaan diperlukan untuk meningkatkan bioaktivitas material [4]. Upaya ini umumnya dilakukan dengan menambahkan lapisan bioaktif yang mampu memicu proses osseointegrasi, sekaligus mengurangi potensi korosi dan pelepasan ion logam dari permukaan implan [5].

Salah satu pendekatan yang banyak dikembangkan adalah dengan melakukan pelapisan menggunakan material bioaktif, seperti hidroksiapatit (HA) [3]. HA diketahui menyumbang sekitar 69% dari total massa tulang murni serta merupakan

senyawa yang paling stabil di dalam cairan tubuh. Sifat biokompatibilitas HA yang tinggi dan kemampuannya untuk diterima oleh jaringan tubuh menjadikan material ini banyak dimanfaatkan sebagai bahan dasar pembuatan biomaterial, baik untuk menambah maupun menggantikan jaringan tubuh yang rusak. Selain itu, HA menunjukkan sifat bioaktif yang unggul, mampu merangsang pertumbuhan tulang serta berintegrasi langsung dengan jaringan tulang di sekitarnya, sehingga mendukung proses osseointegrasi dengan baik [6].

Berbagai metode telah dikembangkan untuk proses pelapisan hidroksiapatit pada logam, antara lain plasma *spraying*, *pulsed laser ablation*, *dip coating*, *sol-gel*, serta *electrophoretic deposition* [7]. Di antara berbagai metode tersebut, *dip coating* merupakan salah satu teknik pelapisan yang sederhana dan ekonomis serta dapat menghasilkan lapisan yang relatif seragam. Metode ini banyak diterapkan baik dalam skala industri maupun penelitian di laboratorium karena kemudahan proses dan efisiensinya [8]. Selain itu, metode ini juga memungkinkan pelapisan pada substrat dengan geometris atau bentuk yang kompleks [9].

Meskipun demikian, kualitas lapisan hidroksiapatit yang dihasilkan melalui metode *dip coating* masih sangat dipengaruhi oleh parameter proses. Hingga saat ini, kondisi pelapisan yang mampu menghasilkan lapisan hidroksiapatit dengan karakteristik terbaik pada paduan titanium TNTZ masih terus dikembangkan. Di antara berbagai parameter proses, kecepatan penarikan (*withdrawal speed*) dan massa hidroksiapatit dalam suspensi merupakan dua parameter yang diketahui berpengaruh terhadap proses pembentukan lapisan. Peningkatan kecepatan penarikan umumnya menghasilkan lapisan yang lebih tebal, karena laju penarikan yang lebih tinggi menyebabkan proses penguapan dan pengeringannya berlangsung lebih cepat [10]. Sedangkan peningkatan massa hidroksiapatit dalam suspensi menyebabkan massa HA yang terdeposisi pada permukaan substrat meningkat, sehingga ketebalan lapisan ikut bertambah [11].

Karakteristik lapisan hidroksiapatit umumnya dievaluasi melalui pengujian ketebalan, morfologi, dan *wettability*. Pengujian ketebalan dilakukan untuk memastikan lapisan berada pada rentang optimum sekitar 70–90 μm , yang dilaporkan mampu menghasilkan tingkat peradangan yang rendah, meningkatkan osseointegrasi, serta mendukung pertumbuhan jaringan tulang baru [12]. Analisis

morfologi dilakukan untuk mengamati homogenitas lapisan dan keberadaan retakan pada permukaan [13]. Sementara itu, pengujian *wettability* dilakukan untuk mengetahui sifat daya basah permukaan, yang berpengaruh terhadap keberhasilan osseointegrasi. *Wettability* memengaruhi energi permukaan, yang selanjutnya menentukan seberapa baik protein menempel pada permukaan implan. Proses ini akan mendukung pembentukan matriks ekstraseluler (ECM) dan pertumbuhan osteoblas, sehingga memengaruhi kualitas osseointegrasi [14].

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini dilakukan untuk memperoleh parameter *dip coating* yang mampu menghasilkan lapisan hidroksiapatit dengan karakteristik yang paling baik pada paduan titanium Ti-29Nb-13Ta-4.6Zr (TNTZ). Untuk mencapai tujuan tersebut, digunakan variasi kecepatan penarikan dan massa hidroksiapatit dalam suspensi, kemudian karakteristik lapisan dievaluasi melalui pengujian ketebalan, morfologi, dan *wettability*. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kombinasi parameter pelapisan yang menghasilkan kualitas lapisan hidroksiapatit terbaik sehingga meningkatkan performa paduan TNTZ sebagai material implan biomedis.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana parameter proses *dip coating*, melalui variasi kecepatan penarikan (*withdrawal speed*) dan massa hidroksiapatit, yang mampu menghasilkan lapisan hidroksiapatit dengan karakteristik lapisan paling baik pada paduan titanium Ti-29Nb-13Ta-4.6Zr (TNTZ) berdasarkan ketebalan, morfologi, dan *wettability*.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah menentukan parameter proses *dip coating* yang menghasilkan lapisan hidroksiapatit dengan karakteristik terbaik pada paduan titanium Ti-29Nb-13Ta-4.6Zr (TNTZ). Parameter tersebut ditentukan melalui variasi kecepatan penarikan (*withdrawal speed*) dan massa hidroksiapatit, kemudian dievaluasi berdasarkan ketebalan lapisan, morfologi permukaan, dan *wettability*.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini memiliki manfaat untuk memperoleh parameter *dip coating* yang mampu menghasilkan lapisan hidroksiapatit dengan ketebalan, morfologi, dan *wettability* terbaik pada paduan titanium TNTZ. Hasil penelitian ini diharapkan dapat mendukung pengembangan material implan dengan daya lekat dan biokompatibilitas yang lebih baik, sehingga meningkatkan performa dan ketahanan implan dalam aplikasi biomedis.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut: Penelitian ini dibatasi pada proses pelapisan hidroksiapatit pada paduan titanium Ti-29Nb-13Ta4.6Zr (TNTZ) menggunakan metode *dip coating*. Material pelapis yang digunakan berupa hidroksiapatit komersial (HA) berbahan dasar tulang sapi berukuran nano. Karakterisasi lapisan yang dilakukan dalam penelitian ini hanya meliputi pengujian ketebalan lapisan, morfologi permukaan, dan *wettability*. Selain itu, hasil penelitian yang diperoleh hanya berlaku untuk kondisi dan parameter yang digunakan dalam penelitian ini, sehingga tidak dapat digeneralisasikan untuk seluruh kondisi proses pelapisan hidroksiapatit.

1.6 Sistematika Penulisan

Tugas akhir ini terdiri atas lima bab. Bab pertama mencakup latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, serta sistematika penulisan. Bab kedua membahas teori-teori yang menjadi landasan dan mendukung pelaksanaan penelitian. Bab ketiga merupakan Metodologi Penelitian yang menjelaskan tahapan penelitian, proses pembuatan sampel, serta metode pengujian dan karakterisasi yang digunakan. Bab keempat menyajikan hasil pengujian, analisis, serta pembahasan berdasarkan teori dan penelitian terdahulu. Bab kelima merupakan kesimpulan dari hasil penelitian serta saran sebagai masukan untuk pengembangan penelitian selanjutnya.