

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Biomaterial merupakan material sintetik yang dibuat sebagai alat kesehatan yang mana pemakaiannya sangat berinteraksi dengan sistem biologi, dan biomaterial biasanya dipakai dalam membuat implan dan *devices* yang tentunya akan menjadi pengganti peran atau fungsi dari beberapa organ tubuh dengan cara yang aman serta ekonomis. Biomaterial ini biasanya berupa suatu material dengan unsur murni, dapat juga berupa paduan ataupun campuran yang berasal dari alam ataupun sintesis yang digunakan dalam perbaikan, yang mendukung, mengganti, ataupun memulihkan fungsi dari organ pada tubuh manusia [1]. Material-material tersebut dikembangkan menjadi sebuah implan yang akan menggantikan bagian tubuh manusia, implan merupakan alat medis yang digunakan struktur biologis yang hilang. Dimana pada pengaplikasian ortopedik, penyembuhan pada fraktur biasanya tulang diperkuat dengan bantuan penggunaan implan berupa logam [2].

Fraktur tulang dapat disebabkan oleh kecelakaan atau bencana. Data BPS menunjukkan terjadinya peningkatan angka kecelakaan lalu lintas di Indonesia pada tahun 2019 hingga 2021 yang mencapai 103.645 kasus dengan 10.553 korban luka berat [3]. Salah satu luka berat yang umum terjadi adalah fraktur Os Clavicle, tulang panjang berbentuk S yang termasuk rangka aksial tubuh manusia [4]. Trauma pada lengan yang terputar atau tertarik keluar sering menyebabkan fraktur klavikula [5]. Menurut Dr. Made Bramantya Karna, Sp.OT(K), fraktur klavikula umum terjadi pada usia muda dan aktif, dengan insidensi sekitar 2.6–4% dari seluruh fraktur [6]. Penanganan fraktur ini meliputi metode operatif dan non-operatif, termasuk pemasangan implan logam berupa plat untuk menopang tulang hingga menyatu kembali. Proses penyembuhan pascaoperasi berlangsung minimal 6 minggu, dengan pemulihan total dalam 6 bulan, meski pada usia tertentu penyembuhan bisa lebih cepat yaitu 3 minggu sudah memulai proses penyembuhan [7][8].

Implan logam untuk fraktur klavikula ini sangat dibutuhkan, namun ukuran tulang pada manusia masyarakat Indonesia berbeda dengan ukuran tulang manusia

di wilayah luar Indonesia, dan kebanyakan implan yang digunakan di desain dengan ukuran *Western* [9]. Berdasarkan survei oleh kemenkes, Indonesia hanya memiliki 6% alat kesehatan berasal dari produk lokal, hal ini menandakan bahwa Indonesia masih menunjukkan ketergantungan yang tinggi terhadap impor [1]. Maka diperlukan pengembangan industri alat kesehatan yang tentunya sudah sejalan dengan program pemerintah yaitu RIPIN (Rencana Induk Pembangunan Nasional) dari tahun 2015 hingga 2035 yang didasari oleh intruksi Presiden Nomor 6 Tahun 2016, yang disebutkan bahwa KEMENPERIN perlu meningkatkan ketersediaan bahan kimia dasar dan komponen alat kesehatan (Peta Jalan Pengembangan Alat Kesehatan Nasional 2015-2035) [10]. Oleh karena itu, produktifitas dari implan logam lokal ini dapat berkembang dengan penimbangan ukuran dari tulang masyarakat Indonesia. Namun selain berhubungan dengan ukuran, penggunaan implan yang ditanam tentu harus memiliki spesifikasi yang lebih baik dari segi mekanik serta tidak bersifat toksin atau berbahaya bagi tubuh sehingga diperlukan material yang memiliki biokompabilitas yang baik.

Titanium dan stainless steel merupakan material logam yang umum digunakan sebagai implan ortopedik karena ketahanan korosinya yang baik. Namun, keduanya memiliki sifat mekanis yang terlalu tinggi dibandingkan sifat mekanis tulang, sehingga dapat menghambat proses penyembuhan akibat potensi kegagalan penumbuhan jaringan [11]. Magnesium dapat menjadi alternatif material karena merupakan unsur penting dalam jaringan tulang setelah sodium, potasium, dan kalsium [12]. Magnesium lebih ringan (densitas $1,74 \text{ g/cm}^3$) dengan modulus elastisitas 45 GPa, mendekati tulang manusia (10–40 GPa) [13]. Selain itu, sifat *degradable* magnesium memungkinkan implan larut tanpa memerlukan operasi lanjutan. Namun, magnesium murni memiliki kelemahan berupa degradasi terlalu cepat akibat laju korosi yang tinggi, menyebabkan implan larut sebelum tulang pulih [14]. Untuk mengatasi ini, dilakukan pemaduan seperti magnesium AZ31, yang memiliki sifat mekanis lebih baik dan potensi besar sebagai biomaterial implan [15]. Meski begitu, pemaduan saja belum cukup karena laju korosi di lingkungan fisiologis masih tinggi dan menghasilkan gas hidrogen (H_2) sehingga berpotensi kehilangan stabilitas mekanis sebelum penyembuhan total (≥ 12 minggu)

[16]. Oleh karena itu, diperlukan perlakuan lanjutan untuk meningkatkan resistansi korosi dari magnesium.

Surface treatment seperti *anodizing*, salah satu metode yang dapat digunakan dalam menurunkan laju korosi. *Anodizing* merupakan proses elektrokimia yang manumbuhkan lapisan oksida dengan fungsi mempertebal dan memperkuat lapisan protektif pada logam [12]. Proses ini melibatkan beberapa tahap, mulai dari pembersihan untuk menghilangkan oksida sebelum *anodizing* hingga *sealing* untuk menutup pori lapisan anodik. Berdasarkan beberapa literatur *sealing* pada magnesium umumnya dilakukan dengan memanaskan sampel dalam cairan mendidih selama ± 1 jam [17]. Penelitian Dikdik Gumelar (2018) menggunakan campuran beeswax dan colophony sebagai alternatif *sealing*. Campuran ini dinilai cocok untuk aplikasi biomedis karena sifat biodegradabel dan biokompatibel [12]. Beeswax berasal dari lilin sekresi lebah, sementara colophony adalah resin alami dari pinus yang berfungsi sebagai perekat. Kombinasi *surface treatment* dan pepaduan diharapkan mampu meningkatkan proteksi magnesium secara efektif.

Riset terkait magnesium teranodisasi sebagai material implan telah dilakukan sebelumnya. Zaffora, A. et al. [18] meneliti *anodizing* pada Magnesium AZ31 menggunakan cairan *glycerol phosphate* dengan elektrolit, adapun penelitian lain menggunakan Na_2SiO_3 , NaAlO_2 , dan Na_3PO_4 yang mana menunjukkan bahwa penggunaan Na_3PO_4 sebagai larutan elektrolit memberikan hasil lapisan yang lebih tebal dari larutan lain. Na_3PO_4 diaplikasikan dalam penelitian Dikdik Gumelar (2018) [12] yang menggunakan *anodizing* dengan variasi waktu 2, 5, 10 menit pada tegangan 5V untuk menghasilkan lapisan oksida pada Magnesium AZ31, selanjutnya dilakukan pelapisan dengan *beeswax-colophony* sebagai *sealing agent*, yang mampu meningkatkan ketahanan korosi hingga 100 kali dengan hasil uji in vitro selama 14 hari menunjukkan hasil yang optimal, tetapi biokompatibilitas Magnesium AZ31 belum sepenuhnya teruji karena ion belum mampu menembus lapisan anodik sehingga diperlukan penelitian lanjutan dengan perendaman lebih dari 14 hari.

Pada penelitian ini akan dilakukan proses *anodizing* dan *coating* yang berfokus pada peningkatan ketahanan korosi pada paduan magnesium untuk memberikan waktu laju degradasi implan yang lebih lama dengan memperhatikan penelitian

sebelumnya. Dimana penelitian ini akan dilakukan pada paduan magnesium Mg-5,3Al-0,3Si-0,5Zn. Kemudian perlakuan *anodizing* dilakukan menggunakan katoda titanium karena sifat *inert* juga konduktifitas yang baik serta harga yang cukup ekonomis dibandingkan dengan logam katoda lain. Lalu tegangan 5 volt dipilih berdasarkan rujukan penelitian sebelumnya karena mengurangi potensi *overheat* larutan juga memastikan proses akan berjalan stabil dengan variasi waktu yang direncanakan, dan durasi proses *anodizing* 5, 10, hingga 15 menit dengan pertimbangan interval yang sistematis untuk mengevaluasi kualitas lapisan, dan perpanjangan waktu hingga 15 menit dari penelitian sebelumnya bertujuan untuk memberikan ketebalan optimal tanpa risiko menurunkan kualitas lapisan. Kemudian proses *anodizing* dilakukan dalam larutan trisodium fosfat (Na_3PO_4) untuk memberikan lapisan yang tebal dengan kualitas yang baik. Setelah *anodizing*, sampel dilapisi dengan *coating* berbahan beeswax dan colophony dengan rasio 60:40 untuk menutup pori dan menjaga lapisan oksida yang terbentuk. lalu Uji in vitro dilakukan dengan merendam sampel dalam larutan SBF (ringer laktat) selama 21 hari untuk mengukur ketahanan korosi dan biokompatibilitas hasil perlakuan *anodizing* serta *coating*.

1.2 Identifikasi Masalah

Sesuai dengan uraian latar belakang yang disajikan, maka dapat diidentifikasi permasalahan yang berkaitan, diantaranya:

1. Kekurangan alat kesehatan produksi lokal masih kurang dibandingkan dengan negara tetangga, hal ini mendukung opini bahwa Indonesia masih belum bisa terlepas dari import produk asing, yang mana kekurangan dalam alat kesehatan pada produk asing sebagai salah satunya implan tulang yang didesain tidak khusus disesuaikan dengan kondisi tubuh manusia Indonesia yang tentu berbeda bentuk ukuran tubuh dibanding dengan negara luar khususnya *western*.
2. Penggunaan material Magnesium dirasa tepat dengan memiliki sifat mekanis yang sama seperti tulang dengan ketangguhan patah yang lebih besar dibanding dengan keramik, dan memiliki modulus elastisitas mendekati modulus elastis tulang manusia. Akan tetapi tingkat ketahanan

terhadap korosi dari magnesium yang rendah, membuat magnesium memerlukan perlakuan selanjutnya agar layak untuk diaplikasikan sebagai biomaterial pengganti jaringan tulang, dikarenakan kondisi dalam tubuh manusia yang sangat kompleks dan bersifat korosif karena dalam tubuh manusia terdapat elektrolit-elektrolit. Oleh karenanya, magnesium haruslah diperkuat untuk meningkatkan ketahanan korosi, dimana diperlukannya pepaduan dengan logam lain, walaupun sudah dipadu untuk memberikan hasil yang terbaik maka paduan tersebut haruslah diberikan beberapa perlakuan untuk dapat menurunkan angka laju korosi dimana salah satu tindakan yaitu dengan diberikan perlakuan *anodizing*.

3. Pelapisan dengan proses *anodizing* dan *coating* sangat efektif untuk mengurangi laju korosi dari paduan magnesium, dengan lama proses *anodizing* selama 10 menit dalam larutan Na_3PO_4 dan diberikan proses *coating* dengan campuran *beeswax-colophony* mampu menghasilkan ketahanan terhadap korosi 100x lebih besar dibandingkan magnesium AZ31 tanpa perlakuan, akan tetapi dengan perubahan komposisi menjadi Paduan magnesium Mg-5,3Al-0,3Si-0,5Zn tentu akan menghasilkan hasil laju korosi yang berbeda akibat perubahan komposisi tersebut, dan kemudian penambahan dari lama waktu *anodizing* menjadi 15 menit dengan tegangan 5V diharapkan memberikan pengaruh yang baik terhadap peningkatan kekuatan ketahanan laju korosi.

1.3 Batasan Masalah

Mengacu pada latar belakang dan permasalahan yang telah diidentifikasi, perlu dilakukan penentuan batasan masalah. Langkah ini diambil karena adanya keterbatasan yang dimiliki peneliti, agar penelitian ini tetap fokus pada objek yang diteliti maka pembatasan masalah dilakukan sebagai berikut.

1. Material yang digunakan berupa paduan Magnesium Mg-5,3Al-0,3Si-0,5Zn serta telah dilakukan uji komposisi pada penelitian sebelumnya.
2. Penelitian ini akan melakukan perlakuan *anodizing* dengan penggunaan logam titanium sebagai katoda kedalam larutan 0,5M Na_3PO_4 , dengan variasi waktu anodisasi 5, 10, 15 menit.

3. Setelah *anodizing* maka dilakukan proses *finishing* berupa *sealing* dengan menggunakan campuran *beeswax-colophony* dengan perbandingan 60:40 B:C.
4. Ketahanan korosi akan di uji dengan menggunakan *body simulation fluid* (SBF) berupa larutan ringer laktat.
5. Pengujian laju korosi akan menggunakan teknik polarisasi.
6. Pengujian tebal lapisan menggunakan *ultrasonic testing-coating thickness gauge*.
7. Untuk mengetahui biokompabilitas dari paduan magnesium Mg-5,3Al-0,3Si-0,5Zn hasil *anodizing* dan *coating* yang telah di imersi selama 21 hari dalam larutan SBF diperlukan pengecekan morfologi permukaan dengan menggunakan SEM.

1.4 Perumusan Masalah

Merujuk pada latar belakang hingga pembatasan masalah yang telah dijelaskan, penelitian ini merumuskan permasalahan berupa bagaimana pengaruh perlakuan *anodizing* dan *coating* terhadap laju korosi serta biokompabilitas paduan magnesium Mg-5,3Al-0,3Si-0,5Zn sebagai aplikasi implan klavikula?

1.5 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah memberikan jawaban atas permasalahan yang dijelaskan dengan rincian tujuan sebagai berikut:

1. Mengetahui bagaimana variasi waktu perlakuan *anodizing* mempengaruhi bentuk lapisan oksida yang tumbuh pada permukaan paduan magnesium Mg-5,3Al-0,3Si-0,5Zn.
2. Mengetahui bagaimana variasi waktu perlakuan *anodizing* dapat mempengaruhi laju korosi pada paduan magnesium Mg-5,3Al-0,3Si-0,5Zn.
3. Mengetahui bagaimana variasi waktu perlakuan *anodizing* dengan penambahan proses *coating* dapat mempengaruhi laju korosi pada paduan magnesium Mg-5,3Al-0,3Si-0,5Zn.

4. Mengetahui biokompabilitas paduan magnesium Mg-5,3Al-0,3Si-0,5Zn yang diberikan perlakuan *anodizing* dan *coating* melalui bentuk morfologi permukaan setelah di imersi dalam larutan SBF hingga 21 hari.

1.6 Kegunaan Penelitian

Sejalan dengan tujuan penelitian yang hendak dicapai, diharapkan penelitian ini dapat memberikan manfaat terhadap pendidikan juga kesehatan, yang secara langsung maupun tidak dapat memberikan manfaat sebagai berikut.

1.6.1 Manfaat Teoritis

1. Hasil dari penelitian ini dapat memperluas pengetahuan dan wawasan bagi para pembaca.
2. Penelitian ini dapat menjadi referensi dalam penelitian selanjutnya.

1.6.2 Manfaat Praktis

1. Menjadi sumber informasi terkait “Pengaruh Perlakuan *Anodizing* Dan *Coating* Terhadap Laju Korosi Paduan Magnesium Mg-5,3Al-0,3Si-0,5Zn Sebagai Alternatif Material Implan Pada Tulang Klavikula” bagi mahasiswa.
2. Manfaat bagi peneliti, dapat menjadi acuan untuk penelitian terkait implan logam khususnya pengaruh laju korosi pada paduan magnesium Mg-5,3Al-0,3Si-0,5Zn yang diaplikasikan sebagai implan logam tulang khususnya tulang klavikula.