

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan dunia medis menuntut kemajuan pada berbagai bidang pendukung, salah satunya adalah pengembangan material untuk aplikasi implan. Implan merupakan material yang ditanamkan ke dalam tubuh manusia untuk menggantikan, memperkuat, atau mendukung fungsi jaringan biologis yang rusak (Jiwa et al., 2023). Material implan ortopedi yang umum digunakan saat ini berbasis logam seperti *stainless steel* (SS 316L), paduan *titanium* (Ti-6Al-4V), dan *cobalt-chromium* (Co-Cr). Material ini memiliki sifat mekanik yang sangat baik (UTS > 500) (Prasad et al., 2017).

Setelah jaringan tubuh sembuh, implan dengan logam konvensional ini sering kali memerlukan operasi kedua untuk mengangkat kembali implan. Prosedur operasi lanjutan akan menyebabkan ketidaknyamanan, juga meningkatkan resiko komplikasi seperti infeksi, kerusakan jaringan lunak, dan peningkatan biaya. Oleh karena itu, fokus peneliti saat ini bergeser ke arah pengembangan material *biodegradable*, yaitu material yang dapat larut atau terdegradasi dalam tubuh secara terkendali tanpa menimbulkan efek toksik (Hermawan & Hermawan, 2012).

Magnesium (Mg), besi (Fe), dan *zinc* (Zn) merupakan material logam *biodegradable* yang telah banyak diteliti (Wang et al., 2022). Dimana masing-masing material memiliki kelebihan dan kekurangan tersendiri. Magnesium (Mg) memiliki biokompabilitas yang baik, tetapi laju degradasi yang terlalu cepat sehingga kekuatannya cepat menurun sebelum jaringan tulang selesai beregenerasi, yang dapat menyebabkan kegagalan implan. Mg juga menghasilkan gas hidrogen dalam jumlah besar yang dapat menyebabkan gangguan jaringan (Kannan et al., 2017)(Istrate et al., 2024). Sementara itu, besi (Fe) memiliki kekuatan mekanik yang tinggi, tetapi laju degradasinya di dalam tubuh terlalu lambat, sehingga material dapat bertahan terlalu lama di dalam tubuh dan menghambat proses penyembuhan (Kong et al., 2023). Terakhir, *zinc* (Zn) menunjukkan performa yang optimal karena memiliki laju degradasi yang

moderat, dengan laju korosi $-0,76$ V, nilai ini berada diantara besi ($-0,44$ V) dan magnesium ($-2,37$ V) (Shao et al., 2022). *Zinc* (Zn) tidak menghasilkan gas H_2 , serta *zinc* memiliki ion Zn^{2+} yang dapat di metabolisme oleh tubuh (Bowen et al., 2015). Oleh karena itu, Zn dianggap sebagai kandidat unggul untuk aplikasi implan *biodegradable*.

Logam Zn murni memiliki kelemahan pada sifat mekaniknya, yaitu kekuatan dan kekerasannya yang tergolong rendah. Untuk mengatasi hal tersebut, logam Zn dipadukan dengan logam lain (Vojtěch et al., 2011). Salah satunya adalah logam magnesium (Mg). Penambahan Mg ke dalam Zn terbukti secara signifikan meningkatkan kekuatan dan kekerasan material melalui pembentukan fasa intermetalik Mg_2Zn_{11} (Jin et al., 2018). Di sisi lain, penambahan Mg yang berlebihan justru dapat menurunkan keuletan material akibat terbentuknya fasa getas yang dominan (Kabir et al., 2021). Oleh karena itu, penelitian terhadap komposisi Mg menjadi penting. Tujuannya adalah untuk mengeksplorasi komposisi terbaik yang dapat meningkatkan kekerasan dan kekuatan material tanpa mengorbankan keuletannya secara drastis.

Beberapa Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa paduan Zn-Mg memiliki potensi besar untuk digunakan sebagai implan ortopedi jangka pendek, seperti *pin*, *plate*, dan *screw* sementara (Kannan et al., 2017). Namun, penelitian-penelitian saat ini menunjukkan bahwa paduan Zn-Mg dalam berbagai komposisi umumnya masih memiliki kekuatan mekanik yang lebih rendah dibandingkan material implan konvensional (Kabir et al., 2021).

Berdasarkan uraian diatas, penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh penambahan Mg terhadap struktur mikro, kekerasan, dan kekuatan logam Zn untuk aplikasi implan ortopedi. Penelitian ini difokuskan pada studi eksperimental paduan Zn-Mg dengan variasi komposisi Zn-0,6 Mg, Zn-1,2 Mg dan Zn-1,8 Mg. Harapannya, dapat ditemukan komposisi paduan yang memiliki keseimbangan antara kekuatan, kekerasan, dan keuletan, sehingga memenuhi syarat sebagai material implan ortopedi.

1.2. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, dapat diidentifikasi beberapa permasalahan sebagai berikut:

1. Material implan konvensional seperti *stainless steel*, *titanium*, dan *cobalt alloy* memiliki sifat mekanik yang baik tetapi bersifat *non-biodegradable*, sehingga memerlukan operasi kedua untuk pengangkatannya, yang beresiko dan menambah beban pasien.
2. Material berbasis Zn memiliki potensi yang seimbang sebagai implan ortopedi, namun sifat mekaniknya masih belum menyamai atau mendekati material implan konvensional. Penambahan unsur Mg ke dalam logam Zn diketahui dapat meningkatkan sifat mekanik, tetapi komposisi yang tidak tepat dapat mengurangi keuletan material karena terbentuknya fasa intermetalik yang getas.

1.3. Batasan Masalah

Untuk memfokuskan ruang lingkup penelitian, maka penelitian ini dibatasi pada beberapa hal berikut:

1. Material dasar yang digunakan adalah *zinc* (Zn) dengan tambahan unsur magnesium (Mg) sebagai elemen paduan pada variasi komposisi 0,6%; 1,2%; dan 1,8%.
2. Fokus utama penelitian adalah pengaruh variasi komposisi Mg terhadap struktur mikro, kekerasan, dan kekuatan paduan Zn-Mg untuk aplikasi implan ortopedi.
3. Proses pembuatan sampel dilakukan dengan metode *gravity casting*.
4. Pengamatan struktur mikro menggunakan mikroskop optik, pengujian kekerasan menggunakan metode Vickers dengan beban 1 kg, pengujian tarik menggunakan standar ASTM E8.

Intelligentia - Dignitas

1.4. Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi dan batasan masalah yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh penambahan logam magnesium (Mg) terhadap struktur mikro, kekerasan, dan kekuatan logam *zinc* (Zn) untuk aplikasi implan ortopedi?
2. Apakah sifat mekanik paduan Mg-Zn dengan variasi komposisi Mg tertentu dapat mendekati sifat mekanik material implan konvensional yang umumnya dipakai sebagai material implan ortopedi?

1.5. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh penambahan logam magnesium (Mg) terhadap struktur mikro, kekerasan, dan kekuatan logam *zinc* (Zn) untuk aplikasi implan ortopedi.
2. Menentukan komposisi Mg paling optimal dalam paduan Zn-Mg yang mampu menghasilkan sifat mekanik mendekati material implan konvensional.

1.6. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Menambah wawasan dan literatur mengenai pengembangan material implan berbasis paduan Zn-Mg, khususnya terkait pengaruh komposisi Mg terhadap sifat mekanik dan struktur mikro.
2. Menjadi referensi untuk penelitian lanjutan dalam pengembangan material implan ortopedi yang lebih optimal, terutama dari segi kekuatan dan keuletan.
3. Menjadi dasar pertimbangan dalam pengembangan material implan *biodegradable* yang tidak memerlukan operasi pengangkatan ulang, sehingga dapat mengurangi resiko medis dan beban biaya bagi pasien.