

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Patah tulang atau fraktur merupakan salah satu masalah kesehatan yang cukup sering terjadi di Indonesia, dan dapat berdampak signifikan terhadap peningkatan morbiditas, penurunan produktivitas, serta beban ekonomi pada masyarakat [1]. Prevalensi cedera fraktur di Indonesia diperkirakan mencapai 5,5%–5,8% dari populasi, dengan insiden tertinggi terjadi pada kelompok usia produktif dan pada laki-laki [1]. Penyebab utama fraktur di Indonesia adalah trauma, terutama akibat kecelakaan lalu lintas, diikuti oleh kecelakaan kerja dan kecelakaan domestik [2]. Jenis fraktur yang paling umum terjadi adalah fraktur tulang panjang seperti femur, tibia, dan humerus, dengan lokasi terbanyak ditemukan pada ekstremitas bawah [3].

Selain pada usia produktif, fraktur juga banyak terjadi pada kelompok usia lanjut akibat penurunan kepadatan tulang atau osteoporosis. Penurunan massa tulang menyebabkan tulang menjadi rapuh dan mudah mengalami fraktur bahkan dengan trauma ringan [4]. Studi oleh Pratama dkk. (2025) menunjukkan bahwa pasien berusia di atas 50 tahun dengan fraktur leher femur, fraktur kompresi vertebra torakal dan lumbal, serta fraktur distal radius umumnya memiliki kepadatan tulang yang menurun secara signifikan [4]. Hal ini menunjukkan perlunya perhatian khusus terhadap penanganan fraktur pada populasi lansia.

Namun, penanganan fraktur di Indonesia masih menghadapi berbagai tantangan. Salah satu kendala utama adalah masih banyaknya masyarakat yang mempercayakan pengobatan fraktur pada pengobatan tradisional seperti dukun patah tulang. Praktik ini sering kali tidak disertai dengan pemahaman anatomi dan prinsip stabilisasi tulang yang benar, sehingga menimbulkan komplikasi serius seperti malunion, non-union, gangguan neurovaskular, bahkan gangren dan amputasi [5]. Studi kasus menunjukkan bahwa beberapa pasien datang ke rumah sakit dengan kondisi fraktur yang telah memburuk akibat keterlambatan penanganan medis [3].

Salah satu metode medis yang umum digunakan dalam penanganan fraktur adalah pemasangan implan tulang. Implan ortopedi berfungsi untuk menstabilkan fragmen tulang, memungkinkan proses penyembuhan berlangsung optimal, serta mengembalikan fungsi gerak pasien [6]. Namun demikian, kebutuhan akan implan ortopedi di Indonesia sebagian besar masih dipenuhi oleh produk impor. Ketergantungan ini menyebabkan biaya pengobatan menjadi mahal dan ketersediaan produk tidak selalu terjamin [7]. Produksi implan dalam negeri masih terbatas, baik dari sisi kapasitas produksi, ragam produk, maupun teknologi untuk menghasilkan implan kompleks [8].

Sebagai solusi jangka panjang, beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengembangkan biomaterial lokal yang dapat digunakan sebagai bahan dasar implan. Salah satu material yang menjanjikan adalah hydroxyapatite yang disintesis dari cangkang siput, yang terbukti biokompatibel dan cocok digunakan sebagai pengganti material tulang [9]. Selain itu, pengembangan filamen 3D printing berbasis biomaterial dari kerang juga mulai dilakukan sebagai pendekatan baru dalam produksi implan ortopedi lokal [10].

Salah satu material yang saat ini sedang banyak dikaji adalah magnesium (Mg). Magnesium memiliki beberapa keunggulan sebagai material implan tulang, antara lain densitas dan modulus elastisitas yang serupa dengan tulang manusia, serta kemampuannya untuk terdegradasi secara hayati (biodegradable) dalam lingkungan tubuh. Hal ini menjadikannya sangat ideal sebagai material implan sementara, yang dapat menyatu dan terurai seiring proses penyembuhan tulang, sehingga tidak memerlukan operasi pengangkatan implan seperti pada logam inert konvensional (misalnya titanium dan stainless steel) [11].

Namun, kelemahan utama dari magnesium murni adalah laju korosinya yang terlalu tinggi dalam cairan tubuh. Degradasi yang terlalu cepat dapat menurunkan integritas mekanik implan sebelum tulang sembuh sempurna, serta menghasilkan gelembung gas hidrogen yang dapat menyebabkan inflamasi atau

terbentuknya rongga di jaringan lunak sekitar [12]. Oleh karena itu, diperlukan modifikasi pada komposisi magnesium agar memiliki ketahanan korosi yang lebih baik.

Salah satu metode yang banyak digunakan adalah dengan menambahkan unsur paduan seperti zinc (Zn) dan aluminium (Al). Zinc merupakan elemen yang penting dalam metabolisme tulang, dan diketahui memiliki efek stimulatif terhadap aktivitas osteoblast serta proses mineralisasi. Penambahan Zn dalam kadar tertentu juga terbukti mampu memperbaiki ketahanan korosi dan sifat mekanik magnesium. Penelitian oleh Lu dkk. (2023) menunjukkan bahwa paduan Mg-Zn/HA memiliki mikrostruktur yang seragam, ketahanan korosi tinggi, serta biokompatibilitas yang sangat baik dalam lingkungan simulasi tubuh [13]. Penelitian lain oleh Hu dkk. (2022) juga menemukan bahwa paduan Mg dengan kandungan Zn bervariasi dapat menunjukkan performa mekanik dan bioaktif yang stabil, terutama pada kadar Zn antara 2% hingga 6% [14].

Selain Zn, penambahan aluminium dalam jumlah kecil (sekitar 1%) juga diketahui dapat memperbaiki kekuatan tarik dan ketahanan korosi magnesium, tanpa membentuk fase intermetalik rapuh seperti yang sering muncul pada penambahan Al di atas 3%. Adzali dkk. (2018) menemukan bahwa paduan AZ31 (Mg-Al-Zn) dapat membentuk lapisan apatite yang lebih baik dan meningkatkan bioaktivitas dibanding magnesium murni saat direndam dalam simulated body fluid (SBF), yang menunjukkan potensi aplikatif dalam bidang implan tulang [15]. Pada penelitian ini penulis akan melakukan variasi penambahan zinc pada paduan magnesium dengan tujuan merubah sifat mekanik pada magnesium. Penelitian ini hanya memfokuskan pada zinc saja tidak ada penambahan unsur yang lain.

1.2 Identifikasi Masalah

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

1. Tingginya angka kasus patah tulang di Indonesia mendorong kebutuhan akan implan tulang yang efektif dan ekonomis, dan dapat diproduksi secara lokal

2. Ketergantungan terhadap produk implan impor, yang menimbulkan tantangan dari segi ketersediaan dan biaya, khususnya di fasilitas pelayanan kesehatan dalam negeri.
3. Paduan magnesium memiliki potensi sebagai material implan karena bersifat *biodegradable* dan biokompatibel, serta memiliki sifat mekanik yang mendekati tulang manusia. Namun demikian, penggunaannya masih terbatas karena laju korosi yang relatif tinggi dalam lingkungan tubuh manusia.
4. Saat implan terpasang pada tulang yang mengalami fraktur atau trauma, implan akan menerima gaya dari berbagai arah, jika implan tidak kuat menahan gaya tersebut maka akan terjadi bengkok atau lebih parah akan mengalami kepatahan pada implan. Maka dari itu kekuatan dari implan akan sangat berpengaruh pada proses penyembuhan tulang.
5. Diperlukan upaya modifikasi material untuk merubah sifat mekanik magnesium yaitu dengan penambahan unsur zinc.

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. Variasi zinc yang digunakan terbatas pada jumlah tertentu dalam proses pengecoran.
2. Pengujian hanya mencakup uji komposisi, struktur mikro, uji tarik, dan uji kekerasan.
3. Pembahasan berfokus kepada efek penambahan komposisi paduan magnesium terhadap sifat mekanis paduan.

1.4 Rumusan Masalah

Merujuk pada latar belakang hingga pembatasan masalah yang telah dijelaskan. Penelitian ini merumuskan masalah permasalahan berupa bagaimana

pengaruh variasi zinc (Zn) terhadap struktur mikro dan sifat mekanik paduan (Mg) sebagai material implan?

1.5 Tujuan Penelitian

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

1. Mengetahui pengaruh variasi zinc (Zn) terhadap struktur mikro paduan Mg-Al-Zn.
2. Mengetahui pengaruh variasi zinc (Zn) terhadap kekuatan tarik paduan Mg-Al-Zn.
3. Mengetahui pengaruh variasi zinc (Zn) terhadap kekerasan paduan Mg-Al-Zn.
4. Mengevaluasi potensi paduan Mg-Al-Zn dengan komposisi zinc sebagai material implan tulang yang *biodegradable* dan biokompatibel.

1.6 Manfaat Penelitian

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

1.6.1 Manfaat Teoritis

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

1.6.2 Manfaat Praktis

1. Menjadi sumber informasi terkait "Pengaruh Variasi Zinc Terhadap Struktur Mikro dan Sifat Mekanik Pada Paduan Mg-Al-Zn Sebagai Material Implan Tulang" bagi mahasiswa
2. Manfaat bagi peneliti, dapat menjadi acuan untuk penelitian terkait.