

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Seiring dengan meningkatnya populasi usia lanjut dan tingginya angka kecelakaan, kebutuhan akan biomaterial untuk aplikasi implan tulang dan gigi terus berkembang pesat, pada tahun 2019 dari 14.127 trauma benda tajam atau benda tumpul yang mengalami fraktur sebanyak 236 orang, 2.775 orang di Indonesia mengalami fraktur akibat kecelakaan, yang merupakan 3,8% dari total kasus tersebut (Kusuma dan Surakarta, 2024). Ketika terjadi patah tulang, pembedahan sering kali diperlukan untuk menanamkan material implan pada area tulang yang cedera guna mendukung proses penyembuhan atau menggantikan jaringan tulang yang hilang hingga pemulihan tulang selesai, material yang digunakan dalam prosedur ini disebut sebagai biomaterial (Ramdhani dkk., 2024). Biomaterial adalah material sintetik untuk membuat alat kesehatan dan dalam pemakaiannya berinteraksi dengan sistem biologi. Klasifikasi pada biomaterial dibagi menjadi empat kelompok berdasarkan materialnya, yaitu polimer, keramik, komposit dan logam (Sukmana dkk., 2022).

Umumnya, logam sering dipilih sebagai bahan biomaterial dalam bidang ortopedik dan kedokteran gigi karena sifat mekaniknya yang baik dari material lain. Keunggulan logam meliputi kekuatan tarik yang baik, modulus Young yang menyerupai tulang manusia, ketangguhan, ketahanan terhadap korosi, kemudahan dalam proses penempaan, serta kemampuan untuk direkayasa (Putra dkk., 2021). Menurut Gunawarman dan tim (2022), biasanya implan logam yang digunakan saat ini berbasis *bioinert* sehingga setelah tulang sembuh

diperlukan operasi tambahan untuk pengangkatannya dan memungkinkan terjadinya risiko inflamasi lokal akibat keberadaan material dalam waktu jangka panjang. Oleh karena itu, diperlukan material implan yang bersifat *biodegradable*. Material *biodegradable* adalah material yang terurai di dalam tubuh tanpa meninggalkan residu berbahaya, sehingga menjadikannya pilihan yang aman untuk implan tulang. Keunggulan utama dari implan *biodegradable* yaitu implan tersebut tidak perlu dikeluarkan setelah proses penyembuhan selesai. Salah satu material logam yang memenuhi kriteria sebagai material *biodegradable* adalah magnesium (Mg) (Aritonang dkk., 2024).

Biomaterial berbasis Mg dan paduannya merupakan material yang memiliki sifat-sifat menarik untuk implan *biodegradable*, seperti densitas rendah, modulus elastisitas yang mendekati tulang, dan biokompatibilitas tinggi (Setyadi dkk., 2024). Namun, aplikasi Mg masih terbatas oleh angka laju korosi yang tinggi yaitu sebesar 19-44 mg/cm²/hari untuk total area muka implan seluas 9 cm². Karakteristik tersebut dapat menurunkan kekuatan mekanik Mg sebelum jaringan baru terbentuk dan sembuh sepenuhnya. Oleh karena itu, peningkatan ketahanan korosi pada paduan Mg menjadi isu penting yang perlu ditangani untuk mencapai ketahanan korosi yang lebih baik (Fish, 2020).

Sharma dan tim (2022), dalam penelitiannya menjelaskan cara untuk mengatasi kekurangan pada Mg sebagai material implan adalah dengan melakukan perbaikan, baik melalui modifikasi permukaan, modifikasi struktur mikro, maupun penggunaan paduan. Penggunaan paduan sangat penting dilakukan karena dapat memperbaiki kekurangan pada material implan. Beberapa unsur yang

biasa digunakan untuk paduan Mg dalam material implan yaitu aluminium (Al), stannum (Sn), kalsium (Ca), zink (Zn), zirkonium (Zr), strontium (Sr), dan logam tanah jarang (RE).

Penggunaan material paduan yang sangat direkomendasikan untuk paduan Mg adalah Al dan Sn. Al sering digunakan pada paduan Mg dengan konsentrasi antara 2 hingga 9% berat pada paduan Mg-Al. Penambahan Al bertujuan untuk meningkatkan kekuatan mekanik dan ketahanan korosi. Sedangkan Sn dapat digunakan sebagai paduan Mg karena dapat memperlambat laju degradasi dan meningkatkan biokompatibilitas (Rachmadhani, 2023).

Saat proses pepaduan, ada dua metode yang dapat digunakan, yaitu pepaduan *casting* (pengecoran) dan *mechanical alloying*. *Mechanical alloying* adalah proses di mana campuran bubuk dari logam atau paduan digiling bersama-sama, prosesnya dimulai dengan pencampuran bubuk yang tepat proporsinya, kemudian memasukkan campuran tersebut ke dalam mesin *ball milling* bersama bola baja untuk penggilingan. Setelah penggilingan selesai dan distribusi elemen tercapai, serbuk dipadatkan melalui proses kompaksi dingin atau hangat (Suryanarayana, 2020).

Dylan dan tim (2023), menjelaskan untuk penggunaan metalurgi serbuk dan *hot ekstrusi* dalam fabrikasi juga merupakan metode paling penting untuk dilakukan untuk merekayasa ukuran butir paduan. Metalurgi serbuk adalah proses membuat paduan logam dalam bentuk serbuk dengan ukuran yang diinginkan tanpa melalui proses peleburan. Proses ini mencakup berbagai tahapan, termasuk pencampuran serbuk, pemadatan (kompaksi), dan sintering untuk menyatukan partikel serbuk menjadi material padat. Sedangkan *hot ekstrusi* adalah proses penekanan suatu material

sehingga mengalami deformasi plastis dan dapat menghasilkan paduan dengan mikrostruktur halus dan densitas tinggi, yang meningkatkan ketahanan terhadap korosi. Pada proses *hot ekstrusi*, logam dipanaskan terlebih dahulu hingga lunak, kemudian dimasukkan dalam mesin dan ditekan dengan ram (stempel) melalui *die* (cetakan), sehingga bahan tersebut memanjang dan terbentuk sesuai dengan penampang *die*. *Hot ekstrusi* bertujuan untuk menyebabkan *interlocking* antar partikel, sehingga mengurangi mikroporositas, meningkatkan densitas relatif, dan ikatan yang lebih seragam antara permukaan partikel (Setyadi dkk., 2024).

Pada penelitian sebelumnya oleh Wibisono (2025), telah dilakukan pengaruh penambahan Al dan Sn terhadap peningkatan kekuatan Mg berbasis serbuk yang diikuti proses *hot ekstrusi*, khususnya *mechanical alloying* Mg-5Al dan Mg-5Al-3Sn. Hasilnya cukup signifikan memperbaiki kekuatan. Studi ini merupakan studi lanjutan yang bertujuan untuk memahami pengaruh penguatan Al dan Sn terhadap laju degradasi dan struktur mikro paduan Mg. Berdasarkan latar belakang tersebut, judul penelitian ini adalah “Studi Perbandingan Laju Degradasi dan Struktur Mikro *Mechanical Alloying* Mg- 5Al dan Mg-5Al-3Sn dengan Mg *Pure* Hasil Metalurgi Serbuk dan *Hot Ekstrusi* sebagai Alternatif Material Implan Tulang.”

B. Batasan Masalah

Batasan-batasan masalah pada penelitian ini diangkat untuk kejelasan penelitian, sehingga penelitian menjadi lebih terarah dan menghindari cangkupan luas penelitian. Batasan-batasan masalah pada penelitian ini yaitu:

- a. Material yang digunakan yaitu serbuk Mg, serbuk Sn dan serbuk Al dengan spesifikasi ukuran serbuk yaitu 400 μm dan

kemurnian serbuknya yaitu 99%.

- b. *Mechanical alloying* yang dibuat memiliki perbandingan persentase sebagai berikut:
 1. Berat: 95 Mg (wt.%), 5 Al (wt.%) yang disimbolkan Mg-5Al.
 2. Berat: 92 Mg (wt.%), 5 Al (wt.%), 3 Sn (wt.%) yang disimbolkan Mg-5Al-3Sn.
- c. Metode fabrikasi yang digunakan yaitu *Mechanical Alloying*, Metalurgi Serbuk dan *Hot Ekstrusi*.
- d. Sampel uji yang digunakan berbentuk *rod* (batang) dengan diameter 12 mm hasil kombinasi proses kompaksi hangat dan *hot ekstrusi*.
- e. Pengujian yang dilakukan meliputi: uji *electrochemical corrosion* dengan metode *Polarization Potentiodynamic* (Tafel) dan *Electrochemical Impedance Spectroscopy* (EIS) menggunakan cairan SBF, uji struktur mikro (SEM/EDS/*Mapping*) dan uji XRD.

C. Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini diangkat untuk memberikan arah yang jelas bagi proses penelitian, rumusan masalah pada penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana perbandingan laju degradasi yang terjadi pada *mechanical alloying* Mg-5Al dan Mg-5Al-3Sn hasil fabrikasi melalui kombinasi proses kompaksi hangat dan *hot ekstrusi* dibandingkan dengan Mg *pure* dengan proses fabrikasi yang sama.
2. Bagaimana perbandingan struktur mikro (SEM/EDS/*Mapping*) pada *mechanical alloying* Mg-5Al dan

Mg-5Al-3Sn dengan Mg *pure* dengan proses fabrikasi yang sama.

3. Bagaimana hubungan antara struktur mikro yang terbentuk dengan laju degradasi pada *mechanical alloying* Mg-5Al dan Mg-5Al-3Sn dengan Mg *pure*.

D. Tujuan Penelitian

Tujuan pada penelitian ini agar memberikan kerangka yang jelas mengenai apa yang ingin dicapai oleh peneliti, tujuan penelitian ini yaitu:

1. Mengetahui dan menganalisis perbandingan laju degradasi yang terjadi pada *mechanical alloying* Mg-5Al dan Mg-5Al-3Sn hasil fabrikasi melalui kombinasi proses kompaksi hangat dan *hot ekstrusi* dibandingkan dengan Mg *pure* dengan proses fabrikasi yang sama.
2. Mengetahui dan menganalisis perbandingan struktur mikro (SEM/EDS/*Mapping*) pada *mechanical alloying* Mg-5Al dan Mg-5Al-3Sn dengan Mg *pure* dengan proses fabrikasi yang sama.
3. Mengetahui dan menganalisis hubungan antara struktur mikro yang terbentuk dengan laju degradasi pada *mechanical alloying* Mg-5Al dan Mg-5Al-3Sn dengan Mg *pure*.

E. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian baik secara teoritis maupun praktis, menunjukkan kontribusi dari hasil penelitian terhadap ilmu pengetahuan, masyarakat, atau bidang tertentu. Manfaat penelitian pada penelitian ini dibagi menjadi dua yaitu:

1. Manfaat Teoritis

- a. Memberikan pemahaman yang lebih dalam mengenai mekanisme ketahanan korosi pada paduan Mg, khususnya

terkait dengan pengaruh penambahan unsur Al dan Sn.

- b. Memberikan pemahaman lebih lanjut dalam menganalisis perbandingan laju degradasi dan struktur mikro dalam paduan Mg dengan Mg *pure*.

2. Manfaat Praktis

- a. Dapat mengetahui apakah penambahan Al dan Sn memberikan perbaikan laju degradasi paduan Mg-5Al dan Mg-5Al-3Sn yang dikembangkan
- b. Hasil dari penelitian ini dapat menjadi salah satu acuan untuk penelitian pengembangan selanjutnya.