

# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang Masalah

Kasus patah tulang masih menjadi permasalahan kesehatan yang sering terjadi di Indonesia, terutama akibat kecelakaan lalu lintas, kecelakaan kerja dan cedera fisik lainnya. Berdasarkan analisis *Global Burden of Disease* (GBD) 2019, tercatat sekitar 178 juta kasus fraktur baru di seluruh dunia pada tahun tersebut. (Wu *et al.*, 2021) Di Indonesia, data Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas) Kemenkes RI tahun 2013 menunjukkan angka cedera total sebesar 8,2% dari populasi, di mana jenis cedera patah tulang (fraktur) termasuk dalam proporsi cedera. Tingginya insiden ini memperlihatkan kebutuhan mendesak akan pengembangan implan tulang yang lebih efektif, seperti implan *biodegradable* berbasis magnesium (Mg-8CAp), penanganan patah tulang yang kompleks tidak dapat hanya mengandalkan perawatan eksternal, sehingga diperlukan penggunaan implan internal yang mampu memberikan stabilitas serta mendukung proses penyembuhan secara optimal (Kamrani & Fleck, 2019).

Salah satu material implan yang saat ini berkembang adalah material *biodegradable*, yaitu material yang dapat terurai di dalam tubuh tanpa perlu dilakukan operasi pengangkatan ulang. Magnesium (Mg) menjadi kandidat utama karena memiliki biokompatibilitas baik, densitas ringan, dan modulus elastisitas mendekati tulang (Godavitarne *et al.*, 2017). Namun, magnesium murni masih memiliki kelemahan berupa kekuatan mekanik yang rendah dan laju degradasi yang terlalu cepat, sehingga perlu dilakukan peningkatan melalui pengembangan komposit. Kombinasi Mg dengan Carbonate Apatite (CAp) menghasilkan komposit Mg-xCAp, di mana CAp dikenal memiliki osteokonduktivitas tinggi, menyerupai mineral tulang alami, serta mendukung regenerasi jaringan tulang (Ayukawa *et al.*, 2015). Berdasarkan studi terdahulu (Rahyussalim *et al.*, 2019), komposisi Mg-8CAp dipilih karena dinilai mampu memberikan keseimbangan antara kekuatan mekanik, homogenitas mikrostruktur, dan biodegradabilitas yang lebih stabil dibanding variasi komposisi lainnya.

Dalam proses pembentukan material komposit, terdapat beberapa metode yang dapat digunakan, seperti *casting*, *powder metallurgy*, *extrusion*, *cold rolling*, dan *hot rolling*. Pada penelitian ini dipilih proses *hot rolling*, karena metode ini memungkinkan deformasi plastis yang lebih besar, meningkatkan homogenitas antar-fasa, memperbaiki ikatan interpartikel, serta efektif memurnikan struktur mikro melalui mekanisme rekristalisasi dinamis. Dibandingkan *cold rolling*, *hot rolling* lebih sesuai untuk komposit Mg-CAp karena magnesium termasuk logam dengan struktur HCP (*hexagonal close-packed*) yang memiliki kelenturan rendah pada suhu kamar, sehingga sulit dideformasi tanpa pemanasan. Oleh karena itu, proses *hot rolling* memberikan keuntungan berupa mudahnya deformasi, penyempurnaan ukuran butir, dan peningkatan sifat mekanik (Setyadi *et al.*, 2022).

Berdasarkan hal tersebut, berbagai upaya pengembangan telah dilakukan, salah satunya melalui pembentukan komposit berbasis magnesium, yang dinilai dapat meningkatkan sifat mekanik serta mengontrol laju degradasi material (Setyadi *et al.*, 2022). Kombinasi magnesium dengan partikel penguat seperti karbonat apatit diharapkan mampu menghasilkan material implan *biodegradable* yang lebih stabil, kuat, dan mendukung penyembuhan tulang secara optimal. Oleh karena itu, penelitian terhadap komposit Mg-8CAp menjadi relevan sebagai salah satu kandidat material implan yang potensial.

Penelitian ini menerapkan variasi suhu *hot rolling* pada 350°C, 400°C, dan 450°C, karena perubahan temperatur selama proses deformasi memengaruhi perilaku material, di antaranya: mekanisme deformasi, tingkat rekristalisasi, dan densitas dislokasi yang terbentuk. Selain variasi suhu, penelitian ini juga menerapkan variasi besar reduksi ketebalan (20%, 30%, dan 40%), yang bertujuan untuk melihat seberapa besar pengaruh deformasi plastis terhadap kekuatan tarik (UTS), kekuatan luluh (YS), *elongation* (%E), kekerasan (HV), serta perubahan struktur mikro seperti ukuran butir, distribusi CAp, dan potensi terjadinya rekristalisasi.

## **B. Batasan Masalah**

Batasan masalah dari penelitian ini adalah, sebagai berikut:

1. Penelitian ini menggunakan komposit magnesium Mg-8CAp, yaitu magnesium dengan tambahan 8% berat (wt%) karbonat apatit (CAp) sebagai partikel penguat.
2. Penelitian ini menggunakan variasi besar reduksi ketebalan sebesar 20%, 30%, dan 40% selama proses *hot rolling*, dengan tiga variasi temperatur yaitu :
  - a. 350°C (S25 reduksi 19,3%, S27 reduksi 26,7%, dan S26 reduksi 32,3%)
  - b. 400°C (S38 reduksi 19,5%, S37 reduksi 32,4%, dan S35 reduksi 50,3%)
  - c. 450°C (S42 reduksi 16,0% dan S41 reduksi 40,2%).
3. Penelitian ini membandingkan antara sampel tanpa perlakuan *hot rolling* S08 dengan sampel menggunakan perlakuan *hot rolling* (S25, S27, S26, S38, S37, S35, S42, dan S41).

## **C. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana pengaruh variasi besar reduksi dan temperatur *hot rolling* terhadap perubahan sifat mekanik Mg-8CAp?
2. Bagaimana pengaruh variasi besar reduksi dan temperatur *hot rolling* berpengaruh terhadap struktur mikro Mg-8CAp?

## **D. Tujuan Penelitian**

Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini meliputi:

1. Memahami bagaimana pengaruh variasi reduksi dan temperatur *hot rolling* terhadap sifat mekanik komposit Mg-8CAp.
2. Memahami bagaimana pengaruh variasi reduksi dan temperatur *hot rolling* terhadap perubahan struktur mikro komposit Mg-8CAp.

## **E. Manfaat Penelitian**

### **1. Manfaat Teoritis**

- a. Penelitian ini dapat memperkaya kajian ilmiah mengenai pengaruh besar reduksi dalam proses *hot rolling* terhadap perubahan sifat mekanik (uji tarik, uji kekerasan) dan struktur mikro pada komposit Mg-8CAp.
- b. Memperkuat teori mengenai peran deformasi plastis, perhalusan butir, dan rekristalisasi dalam menentukan sifat mekanik material berbasis magnesium.
- c. Menjadi referensi untuk penelitian selanjutnya mengenai optimasi parameter proses *hot rolling* pada material berbasis magnesium agar diperoleh kombinasi sifat mekanik dan struktur mikro yang lebih baik.

### **2. Manfaat Praktis**

- a. Memberikan informasi teknis mengenai kondisi reduksi yang optimal dalam proses *hot rolling* untuk menghasilkan sifat mekanik dan struktur mikro terbaik pada komposit Mg-8CAp.
- b. Mendukung pengembangan material implan *biodegradable* berbasis magnesium yang memiliki kombinasi sifat mekanik optimal serta struktur mikro yang lebih homogen dan stabil.
- c. Menjadi dasar dalam merancang material Mg-8CAp hasil *hot rolling* sebagai alternatif implan sementara berbasis magnesium yang dapat menopang beban tubuh selama penyembuhan tulang, sehingga dapat mengurangi penggunaan implan permanen yang memerlukan operasi revisi.