

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang Masalah**

Baja tahan karat telah digunakan luas selama hampir 60 tahun, khususnya dalam industri minyak dan gas bumi (Liu dkk., 2019). Material ini dikenal memiliki ketahanan terhadap korosi dan sifat mekanik yang baik. Namun, keterbatasan utama dari baja tahan karat terletak pada kandungan unsur paduan yang mahal dan langka dalam fabrikasinya, sehingga membatasi penggunaannya secara luas. Permasalahan tersebut mendorong alternatif berupa pelat berlapis, yaitu material komposit yang menggabungkan dua logam berbeda antara material dasar dan material pelapis. Material dasar biasanya dipilih dengan sifat unggul pelengkap dari material pelapis untuk mempermudah proses fabrikasi. Sifat-sifat mudah dibentuk, ulet, kemampuan pengelasan, dan kekuatan konstruksi seperti dari baja karbon menjadikannya kompatibel dengan baja tahan karat sebagai pelapis sehingga dapat menjaga stabilitas sambungan. Metode ini populer di bidang rekayasa material struktural dan telah banyak digunakan dalam pembuatan bejana tekan, tangki, otomotif, dan material elektromekanik (Liu dkk., 2018).

Saat ini, terdapat tiga metode utama dalam fabrikasi pelat berlapis, yaitu pengelasan ledakan (Yu dkk., 2022), pengelasan difusi (Zhao dkk., 2020), dan pengikatan pengerolan (Dhib dkk., 2016). Pengelasan ledakan adalah metode pengikatan dalam fase padat dengan memanfaatkan energi tinggi dari ledakan, menghasilkan gelombang kejut yang menyatukan dua permukaan logam. Meski mampu menghasilkan kekuatan geser antarmuka yang tinggi, metode ini cenderung menghasilkan ikatan antarmuka yang tidak seragam dan mengandung banyak kontaminan. Struktur mikro di sekitar antarmuka pun menjadi heterogen, menimbulkan

cacat struktur mikro yang memengaruhi kekuatan ikatan. Pengelasan difusi dilakukan dengan menekan dua logam yang dipanaskan hingga suhu tinggi, namun metode ini kurang efisien untuk produksi industri berskala besar karena keterbatasan ukuran sampel dan durasi proses yang lama. Oleh karena itu, pengikatan pengerolan panas menjadi pilihan yang cocok dalam produksi pelat berlapis skala industri. Metode ini dilakukan pada suhu tinggi, memungkinkan produksi pelat bimetal berukuran besar dengan biaya relatif rendah. Selain itu, pengerolan panas juga memberikan rekayasa sifat mekanik melalui perubahan struktur mikro akibat proses termomekanik (Kim dkk., 2021).

Pada umumnya, suhu pengerolan yang tinggi mendorong difusi unsur antarmuka yang kemudian membentuk senyawa intermetalik dan karbida. Senyawa silang dari Fe-Cr bersifat getas akibat struktur kristal yang kompleks, sehingga memiliki sistem *slip* yang sedikit (Jin dkk., 2019). Hal ini berpotensi menurunkan kualitas ikatan antarmuka serta sifat mekanik pelat berlapis. Solusi kompromi untuk hal ini adalah menurunkan suhu pengerolan dengan mempertahankan reduksi tinggi. Namun, pendekatan ini memerlukan beban pengerolan yang besar dan dapat menyebabkan keretakan parah pada pelat, sehingga kurang cocok untuk industri skala besar (Chai dkk., 2018). Sebagai alternatif, penggunaan *interlayer* nikel (Ni) diusulkan untuk mencegah difusi unsur antarmuka dan pembentukan senyawa merugikan. Beberapa peneliti menunjukkan bahwa kekuatan tarik, geser, dan elongasi patah yang lebih tinggi dibandingkan pelat tanpa *interlayer* atau dengan *interlayer* lain seperti Nb atau Fe. Hal ini disebabkan *interlayer* mampu mengontrol lapisan karburisasi yang mencegah hilangnya karbon dari sisi baja karbon. Selain itu, pembentukan larutan padat unsur Fe-Ni dapat meningkatkan kekerasan akibat distorsi kisi (Zhang dkk., 2018). Pengikatan antarmuka

juga dapat ditingkatkan melalui penyempurnaan distribusi difusi dengan pendinginan udara (Jin dkk., 2019).

Sementara pada pengembangan material fungsional untuk industri elektromekanik, paduan seperti Co-Fe-V, *Low Magnetic Stainless Steel* (LMSS), dan baja tahan karat *super duplex* sering digunakan karena kemampuannya untuk dimagnetisasi dan didemagnetisasi secara cepat. Material dengan magnetisasi saturasi yang tinggi mampu menghasilkan medan magnet yang kuat, mengurangi kehilangan energi akibat pemanasan berlebih, serta meningkatkan responsivitas perangkat dalam siklus kerja berulang (Raju dkk., 2025). Karakteristik ini menjadikannya ideal untuk aplikasi seperti aktuator dan sensor elektromagnetik. Namun, tantangan utama adalah menjaga kestabilan sifat magnetik lunak setelah melalui proses termomekanik. Pada rentang suhu 600–1000°C, terjadi difusi unsur yang memicu pembentukan fasa sekunder, seperti fasa sigma ( $\sigma$ ), yang terbentuk dari difusi unsur-unsur seperti kromium (Cr), molibdenum (Mo), dan silikon (Si) ke dalam fasa ferit. Fasa  $\sigma$  bersifat getas dan mengonsumsi fasa ferit, sehingga menurunkan kekuatan ikatan serta ketahanan korosi pelat berlapis (Ziouche dkk., 2018). Oleh karena itu, pengujian sifat magnetik diperlukan untuk mengevaluasi efektivitas *interlayer* Ni dalam menahan pembentukan senyawa intermetalik tersebut. Penggunaan *interlayer* Ni pada pelat berlapis tidak hanya menawarkan performa magnetik yang baik dengan biaya yang relatif lebih rendah, tetapi juga berkontribusi dalam mengurangi ketergantungan pada material langka yang pasokannya terbatas.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini melakukan penyelidikan penggunaan *interlayer* Ni terhadap sifat kekerasan dan sifat magnetik pelat berlapis baja tahan karat/baja karbon. Identifikasi fasa yang dikombinasikan dengan analisis sifat magnetik diharapkan menjadi pendekatan baru dalam menjelaskan transformasi sifat mekanik yang

berkaitan erat dengan kinerja material untuk aplikasi tertentu.

## **B. Rumusan Masalah**

1. Bagaimana pengaruh *interlayer* Ni terhadap fasa, struktur dan ukuran kristal pelat berlapis baja tahan karat/baja karbon yang dirol panas?
2. Bagaimana pengaruh *interlayer* Ni terhadap sifat kekerasan dan magnetik pelat berlapis baja tahan karat/baja karbon yang dirol panas?

## **C. Tujuan Penelitian**

1. Menginvestigasi fasa, struktur dan ukuran kristal pelat berlapis baja tahan karat/baja karbon yang dirol panas.
2. Mengetahui pengaruh *interlayer* Ni terhadap sifat kekerasan dan magnetik pelat berlapis baja tahan karat/baja karbon yang dirol panas.

## **D. Manfaat Penelitian**

1. Memberikan gambaran fabrikasi pelat berlapis baja tahan karat/baja karbon yang dirol panas yang efektif meningkatkan sifat kekerasan dan magnetik.
2. Mengetahui parameter pemengaruh kekuatan kekerasan dan magnetik pelat berlapis baja tahan karat/baja karbon yang dirol panas untuk diaplikasikan di industri migas dan material fungsional elektromekanik.
3. Menjadi acuan penelitian lebih lanjut terkait analisis sifat magnetik dalam proses pengerolan panas pelat berlapis baja tahan karat/baja karbon.

## **E. Batasan Masalah**

Agar penelitian yang telah dibuat penulis tidak menyimpang dan tidak terlalu luas cakupannya supaya informasi yang diperoleh menjadi

terfokus, maka penulis melakukan beberapa batasan masalah:

1. Material yang digunakan adalah baja karbon rendah, baja tahan karat *super duplex* SAF 2507, dan nikel murni.
2. *Interlayer* yang digunakan adalah Ni berupa lapisan tipis.
3. Hasil yang dianalisis dari pengujian XRD adalah fasa, struktur dan ukuran kristal.
4. Analisa kuantitatif dibatasi untuk mendapatkan informasi  $2\theta$ ,  $d$ -spacing, bidang kristal (hkl), lebar puncak setengah tinggi (FWHM), dan komposisi fasa untuk membantu menjelaskan kekerasan dan magnetik.
5. Visualisasi VESTA dibatasi untuk mengetahui bentuk struktur kristal.
6. Pengujian kekerasan menggunakan mesin uji *microhardness* Vickers.
7. Pengujian sifat magnetik menggunakan mesin uji VSM.
8. Proses pengelasan menggunakan metode las MIG sebagai perlakuan sementara untuk merekatkan pelat selama proses pengerolan.
9. Waktu penahanan untuk pemanasan *roll pass* awal ditetapkan 60 menit, dan untuk *roll pass* kedua dan ketiga 10 menit. Sementara suhu tetap pada 1050°C.
10. Karakteristik yang dianalisis dibatasi meliputi fasa, struktur kristal dan ukurannya, serta nilai kekerasan dan sifat magnet.