

# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Dalam dunia industri untuk meningkatkan ketahanan dan performa material, pelapisan material telah menjadi teknik dasar dalam berbagai aplikasi, terutama di lingkungan ekstrem seperti, temperatur tinggi, radiasi, kondisi korosif (Faraji, dkk., 2011). Pengguna material menghadapi tantangan dalam menjaga integritas dan kinerja material yang cenderung mengalami kerusakan di lingkungan ekstrem (Wijayanto & Bayuseno, 2013). Dalam meningkatkan performa material dengan menggabungkan sifat unggul dari beberapa material, logam komposit memberikan solusi yang menjajikan (Purkuncoro, A. E. 2018). Penggunaan logam komposit dalam penerapan pelapisan material menjadi salah satu solusi untuk tantangan tersebut (Setiawan, dkk., 2016).

Material komposit dibedakan menurut matriks yang digunakan seperti *Metal Matrix Composite* (MMCs), *Polymer Matrix Composite* (PMCs) dan *Ceramic Matrix Composite* (CMCs) (Sun, Liu, Zhou, Wang, & Cao, 2019). Dengan kombinasi beberapa material, logam komposit dapat menawarkan ketahanan yang lebih baik terhadap kondisi lingkungan yang ekstrem, termasuk temperatur tinggi dan korosi (Lekka & Hall, 2018). Nikel adalah salah satu material yang sering digunakan dalam pelapisan antikorosi (Tholibin, 2021). Ketahanan nikel terhadap temperatur tinggi masih menjadi masalah yang perlu diatasi meskipun nikel memiliki ketahanan yang baik terhadap oksidasi dan korosi (Djunaidi, dkk., 2018), karena nikel murni cenderung mengalami oksidasi yang signifikan pada temperatur tinggi (Mohamed, dkk., 2017). Pada temperatur tinggi, morfologi nikel mengalami perubahan signifikan, terutama disebabkan oleh rekristalisasi dan pertumbuhan butir. Struktur kristal nikel mulai bertransformasi ketika dipanaskan pada temperatur tinggi yang menyebabkan pertumbuhan butir yang tidak terkendali (Serafin, dkk., 2019). Hal ini mempengaruhi sifat mekaniknya, seperti penurunan kekerasan dan ketahanan aus. Selain itu, peningkatan temperatur juga mempercepat

difusi atom oksigen ke dalam permukaan nikel, yang menyebabkan oksidasi berlebih (Mohamed, dkk., 2020). Proses oksidasi ini menghasilkan lapisan oksida yang tebal pada permukaan nikel, yang dapat mengurangi sifat konduktivitas termal dan elektriknya serta menyebabkan keretakan pada material karena tegangan termal yang terjadi antara lapisan oksida dan substrat logam (Fayyad dkk., 2018).

Untuk mengatasi kelemahan nikel murni dalam kondisi temperatur tinggi, penambahan bahan penguat seperti partikel keramik (Budi E., dkk, 2015), misalnya  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (alumina atau aluminium oksida),  $\text{Si}_3\text{N}_4$  (silikon nitrida) (Fayomi dkk., 2021), serta oksida, karbida, nitrida, dan borida lainnya, terbukti dapat meningkatkan sifat mekanik dan ketahanan korosi dari lapisan komposit nikel (Budi, 2015). Bahan aditif ini berfungsi untuk meningkatkan sifat fisik dan mekanik material dengan mengisi pori-pori pada lapisan nikel, yang secara signifikan mengurangi laju oksidasi serta meningkatkan kekerasan material (Alhosseini & Mousavi, 2019). Sebagai substrat, tungsten karbida (WC) sering digunakan dalam pelapisan karena sifatnya yang memiliki kekerasan tinggi dan tetap kuat pada temperatur tinggi (Rishadi, 2022). Tungsten karbida memberikan fondasi yang ideal bagi lapisan pelindung untuk menjaga integritas material pada kondisi temperatur ekstrem, sehingga meningkatkan ketahanan aus dan umur pakai material tersebut (Bicherl, dkk., 2024).

Untuk membentuk lapisan logam terdapat banyak cara, salah satunya metode elektrodposisi. Metode elektrodposisi digunakan untuk membentuk lapisan komposit dengan kontrol terhadap struktur dan morfologi material (Budi & Sugihartono, 2023). Oleh karena itu, metode elektrodposisi digunakan dalam penelitian ini dengan variasi rapat arus pulsa. Variasi rapat arus dalam proses ini memainkan peranan penting dalam menentukan ukuran dan morfologi butir yang dihasilkan. Pada rapat arus yang lebih tinggi, butiran yang terbentuk cenderung lebih kecil (Maulida, 2023), sehingga menghasilkan lapisan dengan kepadatan yang lebih baik dan sifat mekanik yang lebih unggul. Sebaliknya, rapat arus yang rendah dapat menyebabkan pertumbuhan butiran yang lebih besar dan morfologi lapisan yang kurang homogen (Oktaviani, 2018). Selain itu, rapat arus juga mempengaruhi distribusi partikel penguat dalam matriks nikel, yang berimplikasi langsung pada

kekerasan lapisan dan sifat mikrostruktur material. Optimasi proses elektrodeposisi menjadi aspek yang sangat penting, mencakup parameter seperti kuat arus yang digunakan dalam proses deposisi untuk memastikan bahwa lapisan yang dihasilkan pada substrat tungsten karbida memiliki ketahanan yang optimal. Proses optimasi ini bertujuan untuk menghasilkan lapisan dengan kualitas yang konsisten dan ketahanan tinggi terhadap kondisi ekstrem, baik dari segi kekerasan maupun morfologi permukaan (Budi dkk., 2020).

Pengaruh variasi rapat arus pada struktur mikro dan sifat mekanik lapisan juga sangat signifikan (Natalia, 2023). Rapat arus yang lebih tinggi dapat meningkatkan kekerasan lapisan komposit karena ukuran butir yang lebih halus dan distribusi partikel penguat yang lebih merata. Sebaliknya, rapat arus yang rendah dapat menghasilkan lapisan dengan kekerasan yang lebih rendah dan distribusi partikel penguat yang kurang optimal (Sivasakthi & Sangaranarayanan, 2019). Peningkatan kekerasan lapisan yang dihasilkan oleh rapat arus tinggi juga berkaitan dengan pengurangan porositas dan peningkatan densitas lapisan, yang berkontribusi pada ketahanan aus yang lebih baik (Budi dkk., 2020).

Penelitian yang dilakukan berfokus pada pengaruh variasi rapat arus pulsa terhadap pembentukan dan sifat mekanik lapisan komposit Ni-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> pada substrat tungsten karbida menggunakan metode elektrodeposisi dengan variasi rapat arus pulsa. Metode elektrodeposisi rapat arus pulsa dipilih karena mampu menghasilkan lapisan dengan distribusi partikel penguat yang homogen dan sifat mekanik yang unggul. Untuk menganalisis hasil lapisan yang terbentuk, digunakan beberapa metode pengujian, yaitu *Scanning Electron Microscopy - Energy Dispersive Spectroscopy* (SEM-EDS) untuk menganalisis morfologi lapisan, komposisi lapisan dan distribusi partikel penguat, *X-Ray Diffraction* (XRD) untuk menentukan struktur kristal lapisan. *Vickers Hardness Test* untuk mengukur kekerasan lapisan sebagai indikator sifat mekanik. Hasil penelitian ini mengungkap hubungan antara variasi rapat arus pulsa dengan morfologi, komposisi, struktur kristal, dan kekerasan lapisan, sehingga memberikan kontribusi pada pengembangan material pelapis dengan performa tinggi di aplikasi industri.

## **B. Perumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas, perumusan masalah yang dapat dikaji dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana sintesis lapisan komposit Ni-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> dengan metode elektrodeposisi dan variasi rapat arus pulsa memengaruhi karakteristik material yang terbentuk?
2. Bagaimana pengaruh variasi rapat arus pulsa terhadap morfologi dan komposisi lapisan komposit Ni-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>?
3. Bagaimana pengaruh variasi rapat arus pulsa terhadap struktur kristal lapisan komposit Ni-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>?
4. Bagaimana pengaruh variasi rapat arus pulsa terhadap tingkat kekerasan lapisan komposit Ni-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>?

## **C. Tujuan Penelitian**

Berdasarkan latar belakang dan perumusan masalah yang telah diuraikan di atas, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Melakukan sintesis lapisan komposit Ni-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> menggunakan metode elektrodeposisi dengan variasi rapat arus pulsa.
2. Menganalisis pengaruh variasi rapat arus pulsa terhadap morfologi dan komposisi lapisan komposit Ni-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> yang terbentuk.
3. Menganalisis pengaruh variasi rapat arus pulsa terhadap struktur kristal lapisan komposit Ni-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> yang terbentuk.
4. Menganalisis pengaruh variasi rapat arus pulsa terhadap tingkat kekerasan lapisan komposit Ni-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> yang terbentuk.

## **D. Manfaat Penelitian**

Berdasarkan tujuan yang ingin dicapai, penelitian ini diharapkan memberikan beberapa manfaat, yaitu sebagai berikut:

1. Menyediakan referensi mengenai variasi rapat arus pulsa dalam proses elektrodeposisi.

2. Menjadi acuan bagi penelitian lebih lanjut terkait lapisan komposit Ni-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> dengan pengaruh variasi rapat arus pulsa.
3. Memberikan informasi mengenai hasil pengujian struktur kristal, morfologi, komposisi, dan kekerasan lapisan komposit Ni-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> yang dihasilkan melalui metode elektrodposisi dengan variasi rapat arus pulsa.
4. Menghasilkan material lapisan komposit Ni-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> dengan sifat mekanik yang unggul melalui metode elektrodposisi rapat arus pulsa, yang dapat dimanfaatkan untuk keperluan industri.

