BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Penelitian dalam bidang material terus berkembang mendorong kemajuan teknologi di berbagai aspek kehidupan. Ilmu material memiliki dampak yang signifikan pada sektor industri, transportasi, perumahan, pakaian, komunikasi, energi, hingga produksi pangan. Salah satu material yang berperan penting adalah logam, yang dikenal akan kekerasannya dan banyak digunakan dalam pembuatan alat sehari-hari (Shidik *et al.*, 2022). Logam memiliki sifat kekerasan yang tinggi, menjadikannya lebih banyak dimanfaatkan dibandingkan material lainnya (Alisjahbana, 2023). Akan tetapi, penggunaan logam tidak lepas dari kelemahan, seperti kerentanan terhadap korosi dan keausan, yang dapat menurunkan kualitasnya. Secara umum, logam diproduksi karena sifat khasnya, seperti deformasi elastis, konduktivitas panas dan listrik yang baik, ketahanan terhadap goresan, serta kekuatan tinggi (Ramadhani *et al.*, 2024). Keterbatasan pada kuantitas dan kualitas material logam konvensional memicu pengembangan bahan baru melalui perbaikan permukaan, penambahan penguat, dan modifikasi struktural (Widodo *et al.*, 2022).

Korosi yaitu penurunan mutu logam akibat reaksi elektrokimia dengan lingkungannya, yang menyebabkan logam mengalami reaksi oksidasi dalam lingkungan berair atau beroksigen. Untuk mengatasi masalah ini, pelapisan komposit menjadi teknik yang menjanjikan dalam meningkatkan ketahanan korosi, ketahanan aus, dan sifat mekanik logam (Mita *et al.*, 2024). Pelapisan komposit ini sangat bermanfaat bagi aplikasi teknik pada alat-alat dengan operasi kecepatan dan temperatur tinggi, seperti pengeboran, pemotongan, dan penggilingan (Aas, 2023).

Metal Matrix Composite (MMC), atau komposit matriks logam, yaitu jenis komposit yang menggunakan logam sebagai matriks. Komposit ini populer dalam aplikasi industri karena kekuatan, ketahanan aus, stabilitas dimensi,

konduktivitas listrik yang baik, dan kemampuan bertahan pada suhu tinggi (Yoedono *et al.*, 2023). MMC tidak hanya meningkatkan kekerasan dan ketangguhan, tetapi juga ketahanan korosi dan suhu tinggi (Erico, 2019). Komposit ini terdiri dari matriks yang berperan sebagai pengikat serta penguat dengan kekuatan tarik dan sifat elastis yang baik, menghasilkan material dengan sifat fisik dan mekanik yang lebih unggul (Arisudana, 2020).

Elektrodeposisi menjadi metode pelapisan yang umum dipilih untuk meningkatkan ketahanan terhadap korosi, kekerasan, tekstur, dan insulasi material, serta memperpanjang umur pakainya (Agustin *et al.*, 2018). Endapan hasil elektrodeposisi pada permukaan material diketahui mampu meningkatkan kekuatan mekanik (Rasyad *et al.*, 2018). Proses ini dilakukan berdasarkan prinsip elektrokimia, kation logam direduksi di permukaan katoda untuk menghasilkan lapisan pelindung (Sebastyantito, 2019). Elektrodeposisi menawarkan keuntungan karena tidak memerlukan ruang vakum atau suhu tinggi, sehingga lebih ekonomis dan efisien dibandingkan metode pelapisan lain. Teknik ini juga memungkinkan pelapisan permukaan kompleks dan dapat diulang untuk memperoleh ketebalan yang diinginkan. Proses pelapisan arus pulsa dalam elektrodeposisi mampu menghasilkan struktur unik dan memberikan kontrol yang lebih baik atas kualitas akhir material dibandingkan arus *Direct Current* (DC). Kelebihan arus pulsa, seperti nukleasi yang lebih tinggi dan konsentrasi polarisasi yang rendah, memungkinkan endapan lebih halus dan lapisan lebih melekat pada katoda (Nuryadin, 2020).

Nikel, sebagai salah satu material matriks logam, banyak digunakan dalam industri, terutama di sektor minyak dan gas karena ketahanan korosi dan panasnya (Suprpto, 2023). Namun, nikel memiliki kelemahan, seperti pelunakan pada suhu tinggi, yang diatasi dengan pelapisan aditif berupa partikel nitrida seperti TiN dan Si₃N₄ (Budi, 2015). Titanium Nitrida (TiN) memiliki ketahanan aus, konduktivitas listrik, dan stabilitas kimia yang baik, sementara Silikon Nitrida (Si₃N₄) menawarkan kekuatan mekanik yang tinggi dan ketahanan aus pada suhu tinggi (Muflikhun, 2022). Penggabungan TiN dan Si₃N₄ dalam pelapisan nikel terbukti meningkatkan kekerasan dan ketahanan

korosi melalui modifikasi struktur. Aluminium sebagai matriks komposit dengan partikel penguat Al_2O_3 banyak dikembangkan untuk digunakan sebagai komponen mesin yang membutuhkan daya tahan tinggi terhadap keausan. Namun, sejauh mana penambahan partikel penguat ini dapat meningkatkan kekerasan material, yang pada gilirannya meningkatkan ketahanan terhadap keausan, masih memerlukan penelitian lebih lanjut (Rusianto, 2019).

Berbagai penelitian telah dilakukan untuk memahami dan mengembangkan lapisan komposit berbasis nikel dengan metode elektrodeposisi arus pulsa. Salah satu penelitian yang relevan adalah karakterisasi morfologi dan komposisi lapisan komposit Ni-TiN-AlN/Si₃N₄ yang diterapkan pada substrat Tungsten Karbida (WC) menggunakan rapat arus pulsa sebesar 0,4 mA/mm². Penelitian ini berhasil menghasilkan lapisan dengan kandungan unsur Ni, Ti, Al, dan Si, seperti yang ditunjukkan oleh analisis SEM-EDS, serta ketebalan lapisan mencapai 1,121 μm . Namun, permukaan lapisan cenderung kasar dan menunjukkan adanya aglomerasi partikel. Keunggulan penelitian ini adalah penggunaan metode elektrodeposisi arus pulsa yang memungkinkan kontrol lebih baik terhadap komposisi dan ketebalan lapisan komposit. Meskipun demikian, kelemahan berupa permukaan yang kasar dan aglomerasi partikel menjadi tantangan, karena dapat mempengaruhi sifat mekanik dan ketahanan korosi dari lapisan tersebut (Alayya, 2023).

Pada penelitian ini, substrat yang digunakan adalah WC karena kekerasannya dan kekuatannya pada suhu tinggi, yang akan dilapisi komposit Ni-TiN-AlN/Si₃N₄-Al₂O₃ menggunakan variasi arus pulsa. Setelah pelapisan, kekerasan lapisan diuji menggunakan *Vickers Hardness Test*, morfologi dan komposisi dianalisis menggunakan SEM-EDS, dan struktur kristal diidentifikasi dengan *X-Ray Diffraction (XRD)*. Dari hasil karakterisasi, diperoleh pengaruh variasi rapat arus pulsa terhadap morfologi, komposisi, struktur kristal, dan kekerasan lapisan tersebut. Tujuan akhir dari penelitian ini adalah mengoptimalkan parameter proses, khususnya pada metode elektrodeposisi, untuk memperoleh parameter yang ideal dalam pembuatan lapisan berbasis nikel pada permukaan material.

B. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang dijelaskan sebelumnya, maka rumusan masalah yang dapat dikaji dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana cara mensintesis lapisan komposit Ni-TiN-AlN/Si₃N₄-Al₂O₃ dengan menggunakan metode elektrodposisi untuk mencapai struktur mikro yang diharapkan, sifat mekanik unggul, dan ketahanan terhadap korosi?
2. Bagaimana variasi rapat arus pulsa pada proses elektrodposisi mempengaruhi komposisi dan morfologi struktur lapisan komposit Ni-TiN-AlN/Si₃N₄-Al₂O₃?
3. Bagaimana variasi rapat arus pulsa pada proses elektrodposisi mempengaruhi struktur kristal lapisan komposit Ni-TiN-AlN/Si₃N₄-Al₂O₃?
4. Bagaimana variasi rapat arus pulsa pada proses elektrodposisi mempengaruhi kekerasan lapisan komposit Ni-TiN-AlN/Si₃N₄-Al₂O₃?

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan perumusan masalah yang telah dijabarkan, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Melakukan sintesis komposit Ni-TiN-AlN/Si₃N₄-Al₂O₃ yang dihasilkan melalui metode elektrodposisi untuk memperoleh struktur mikro yang diharapkan, sifat mekanik unggul, dan ketahanan terhadap korosi.
2. Menganalisis komposisi dan morfologi struktur dari lapisan komposit Ni-TiN-AlN/Si₃N₄-Al₂O₃ yang dihasilkan melalui metode elektrodposisi dengan variasi rapat arus pulsa.
3. Mengkaji fasa serta struktur kristal yang terbentuk dalam proses pembentukan lapisan komposit Ni-TiN-AlN/Si₃N₄-Al₂O₃ melalui metode elektrodposisi dengan variasi rapat arus pulsa.
4. Menguji kekerasan mekanik lapisan komposit Ni-TiN-AlN/Si₃N₄-Al₂O₃ pada substrat WC dengan metode uji kekerasan Vickers, yang dilakukan dengan menggunakan metode elektrodposisi dengan variasi rapat arus pulsa.

D. Manfaat Penelitian

Berdasarkan latar belakang, perumusan masalah, dan tujuan penelitian, maka manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menghasilkan metode pembuatan lapisan komposit Ni-TiN-AlN/Si₃N₄-Al₂O₃ berbasis elektrodeposisi dengan variasi rapat arus pulsa yang dapat menghasilkan struktur mikro yang diharapkan, sifat mekanik unggul, dan ketahanan korosi tinggi.
2. Menghasilkan kontribusi terhadap pengembangan material komposit berbasis nikel dengan kekuatan mekanik yang lebih tinggi dan ketahanan terhadap korosi yang lebih baik, yang dapat diterapkan di berbagai industri seperti otomotif, dirgantara, dan industri alat berat.
3. Menyediakan data ilmiah yang komprehensif mengenai pengaruh partikel penguat keramik (TiN, AlN, Si₃N₄, Al₂O₃) terhadap karakteristik fisik dan mekanik lapisan komposit, guna memperluas pengetahuan dalam pengembangan material komposit yang lebih inovatif.
4. Mengeksplorasi dan mengidentifikasi potensi metode elektrodeposisi rapat arus pulsa sebagai teknik yang lebih unggul dalam menghasilkan lapisan komposit dengan distribusi partikel yang lebih homogen dibandingkan metode konvensional, sehingga meningkatkan efisiensi dan ketahanan material.