

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Dalam dunia industri saat ini, kebutuhan akan material yang mampu bertahan dalam kondisi lingkungan ekstrem, seperti korosi, aus, dan suhu tinggi semakin meningkat. Kerusakan yang disebabkan oleh korosi dan aus ini juga sering kita temui dalam kehidupan sehari-hari, misalnya pada mata bor, komponen kendaraan, peralatan rumah tangga, serta alat perkakas yang sangat bergantung pada kekuatan dan ketahanan materialnya. Untuk mengatasi masalah ini, salah satu cara yang dapat digunakan adalah pelapisan material, yang berfungsi melindungi permukaan dari berbagai faktor perusak (Gusty, S., dkk., 2024). Metode pelapisan ini telah digunakan selama bertahun-tahun untuk meningkatkan kinerja tribologis, memperpanjang masa pakai dan daya tahan komponen, serta memungkinkan penggunaan bahan substrat yang lebih mudah dan ekonomis tanpa mengorbankan ketahanannya terhadap kondisi ekstrem (Yilong, R., dkk., 2020).

Meskipun pelapisan material telah berhasil meningkatkan ketahanan terhadap korosi dan aus, tantangan baru muncul ketika material tersebut dihadapkan pada kondisi suhu tinggi. Pada suhu tinggi, banyak material pelapis yang mulai kehilangan efektivitasnya, terutama logam-logam yang cenderung teroksidasi lebih cepat dalam kondisi ini. Salah satu contoh adalah nikel, meskipun nikel murni memiliki ketahanan korosi yang baik pada suhu kamar, nikel murni menjadi rentan terhadap serangan oksigen pada suhu tinggi (Grégoire, B., dkk., 2018). Oksigen yang sangat reaktif pada suhu tersebut dapat dengan mudah menembus lapisan pelindung nikel karena pori-pori mikro pada permukaannya membesar, sehingga menyebabkan degradasi dan hilangnya kemampuan lapisan dalam melindungi substrat di bawahnya (Awasthi, S., 2024).

Untuk mengatasi permasalahan ini, nikel sering dikombinasikan dengan bahan penguat untuk membentuk komposit, yang mampu meningkatkan ketahanan aus dan memperkuat kemampuan lapisan dalam menahan korosi, bahkan pada suhu tinggi (Wu, M., dkk., 2017). Penambahan bahan penguat seperti titanium nitrida

(TiN) dan alumina (Al_2O_3) ke dalam nikel bertujuan meningkatkan kekerasan dan ketahanan terhadap oksidasi (Zhang, H., dkk., 2021). Dengan meningkatnya kebutuhan akan material yang tahan lama dan kuat, penggunaan nikel dalam bentuk komposit telah menjadi pilihan yang lebih efektif daripada nikel murni (Sivasakthi, P., & Sangaranarayanan, M. V., 2019).

TiN dikenal sebagai material keramik dengan modulus elastisitas yang relatif tinggi, sifat kekerasan yang sangat tinggi dan ketahanan yang baik terhadap oksidasi serta korosi. Oleh karena itu, nanopartikel TiN banyak digunakan sebagai pengisi fase kedua dalam pelapisan elektrodeposisi berdasarkan pelapis komposit matriks nikel (Xia, F., dkk., 2015). Dalam material komposit, TiN berfungsi untuk meningkatkan kekerasan dan ketahanan aus, sehingga komposit menjadi lebih tahan terhadap gesekan dan abrasi. Selain itu, TiN memiliki stabilitas termal yang baik, sehingga membantu menjaga integritas struktural komposit pada suhu tinggi, di mana oksidasi biasanya menjadi masalah besar (Zhang, J., dkk., 2019). Penambahan TiN ke dalam matriks nikel juga dapat membantu memperbaiki sifat tribologis komposit, yaitu mengurangi koefisien gesekan dan meningkatkan umur pakai material dalam aplikasi yang melibatkan beban mekanis tinggi. Dengan demikian, kehadiran TiN dalam komposit tidak hanya memperkuat material, tetapi juga meningkatkan daya tahan komposit terhadap kondisi kerja ekstrem, seperti suhu tinggi dan lingkungan korosif (Blugan, G., dkk., 2014).

Kemudian, Al_2O_3 dipilih karena pada suhu tinggi terbukti lebih stabil dibandingkan bahan penguat lain seperti titanium atau silikon, yang cenderung terdegradasi atau terlepas dari lapisan komposit (Jiang, S. W., dkk., 2016). Dengan menggunakan kombinasi nikel dan alumina, diharapkan komposit ini dapat mempertahankan sifat-sifat unggulnya bahkan pada kondisi ekstrem. Dengan menggunakan kombinasi Ni, Al_2O_3 , dan TiN, komposit ini diharapkan dapat mempertahankan sifat-sifat unggulnya bahkan pada kondisi ekstrem dan memberikan perlindungan yang lebih efektif terhadap korosi, aus, dan degradasi termal dibandingkan material yang hanya menggunakan nikel murni atau tanpa bahan penguat.

Salah satu teknik yang umum digunakan untuk menghasilkan pelapisan komposit adalah metode elektrodeposisi (Aliofkhazraei, M., dkk., 2021). Metode ini memungkinkan logam nikel dilapisi dengan partikel penguat secara merata melalui aliran arus listrik. Salah satu pengembangan dari metode ini adalah elektrodeposisi pulsa (*pulse electrodeposition*), di mana arus listrik diberikan secara berdenyut atau bergelombang. Metode ini menawarkan keunggulan dalam hal kontrol kualitas lapisan yang lebih presisi, termasuk distribusi partikel penguat yang lebih merata di dalam matriks nikel, yang pada akhirnya dapat meningkatkan sifat mekanik dan ketahanan korosi dari lapisan yang dihasilkan (Kartal, M., dkk., 2017).

Dalam metode elektrodeposisi pulsa, variasi rapat arus pulsa memainkan peran penting dalam menentukan sifat akhir dari pelapisan yang dihasilkan. Setiap variasi rapat arus dapat memengaruhi struktur mikro lapisan, distribusi partikel, dan sifat mekanik material (Sivasakthi, P., & Sangaranarayanan, M. V., 2019). Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada pengaruh variasi rapat arus pulsa terhadap sifat-sifat pelapisan komposit Ni-TiN-Al₂O₃, yang diharapkan dapat menghasilkan lapisan dengan ketahanan korosi dan kekerasan yang lebih baik.

Meskipun metode elektrodeposisi pulsa menawarkan berbagai kelebihan, termasuk kemampuan untuk mengontrol ketebalan dan distribusi partikel penguat, metode ini juga memiliki tantangan tersendiri, terutama dalam hal kompleksitas pengaturan parameter seperti frekuensi pulsa dan rapat arus. Variasi yang salah dapat menghasilkan lapisan yang tidak homogen atau kurang efektif dalam melawan korosi dan aus. Oleh karena itu, penelitian lebih lanjut diperlukan untuk memahami bagaimana parameter ini mempengaruhi sifat material.

Dalam penelitian ini dilakukan pelapisan material yang bertujuan untuk mengkaji pengaruh variasi rapat arus pulsa terhadap struktur mikro dan sifat mekanis dari pelapisan komposit Ni-TiN-Al₂O₃. Material Tungsten Karbida yang telah dilapisi kemudian dianalisis menggunakan *Scanning Electron Microscopy - Energy Dispersive Spectroscopy* (SEM-EDS) untuk mengkarakterisasi morfologi dan komposisinya, serta dengan *X-Ray Diffraction* (XRD) untuk memeriksa struktur kristal pada lapisan komposit Ni-TiN-Al₂O₃. Kemudian pengujian kekerasan dilakukan dengan metode *Vickers Hardness Test*. Hasil karakterisasi

menunjukkan adanya pengaruh variasi rapat arus pulsa terhadap morfologi, komposisi, struktur kristal, dan kekerasan lapisan. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi penting untuk pengembangan material yang lebih tahan lama, sehingga dapat meningkatkan umur pakai dan nilai jual produk.

B. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, perumusan masalah yang dapat dikaji dalam penelitian ini, antara lain:

1. Bagaimana proses sintesis lapisan komposit Ni-TiN-Al₂O₃ dengan metode elektrodeposisi?
2. Bagaimana pengaruh variasi rapat arus pulsa terhadap morfologi dan komposisi lapisan komposit Ni-TiN-Al₂O₃ yang dihasilkan?
3. Bagaimana pengaruh variasi rapat arus pulsa terhadap struktur kristal lapisan komposit Ni-TiN-Al₂O₃ yang terbentuk?
4. Bagaimana pengaruh variasi rapat arus pulsa terhadap tingkat kekerasan lapisan komposit Ni-TiN-Al₂O₃?

C. Tujuan Penelitian

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

1. Membuat lapisan komposit Ni-TiN-Al₂O₃ menggunakan metode elektrodeposisi dengan variasi rapat arus pulsa.
2. Menganalisis pengaruh variasi rapat arus pulsa terhadap morfologi dan komposisi lapisan komposit Ni-TiN-Al₂O₃ yang terbentuk.
3. Menganalisis pengaruh variasi rapat arus pulsa terhadap struktur kristal lapisan komposit Ni-TiN-Al₂O₃ yang terbentuk.
4. Menganalisis pengaruh variasi rapat arus pulsa terhadap tingkat kekerasan lapisan komposit Ni-TiN-Al₂O₃ yang terbentuk.

D. Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan yang ingin dicapai, maka penelitian ini akan menghasilkan beberapa manfaat yaitu sebagai berikut:

1. Memberikan referensi untuk penelitian lebih lanjut mengenai proses sintesis lapisan komposit Ni-TiN-Al₂O₃ dengan pengaruh variasi rapat arus pulsa.
2. Memberikan informasi mengenai hasil pengujian struktur kristal, morfologi, komposisi, dan kekerasan lapisan komposit Ni-TiN-Al₂O₃ yang terbentuk menggunakan metode elektrodeposisi dengan variasi rapat arus pulsa.
3. Menghasilkan material lapisan komposit Ni-TiN-Al₂O₃ yang memiliki sifat mekanik unggul melalui metode elektrodeposisi rapat arus pulsa, yang dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan industri.
4. Menyediakan data eksperimental mengenai karakteristik struktur kristal, morfologi, komposisi, dan kekerasan lapisan komposit Ni-TiN-Al₂O₃ yang dihasilkan melalui proses elektrodeposisi.

