

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Salah satu cara untuk menghindari korosi dan aus pada logam ialah dengan melapisi logam. Dalam bidang industri, pelapisan material sangat penting untuk mengatasi kerusakan komponen. Metode pelapisan telah digunakan selama bertahun-tahun untuk meningkatkan kinerja tribologis, memperpanjang masa pakai, daya tahan komponen, dan memungkinkan penggunaan bahan substrat dengan lebih mudah (Rajendran dkk., 2022). Peristiwa korosi merupakan salah satu faktor pertimbangan dalam pemilihan material yang tepat untuk mengurangi dampak kerugian akibat terjadinya korosi. Korosi merupakan kerusakan atau degradasi logam akibat reaksi redoks antara suatu logam dengan berbagai zat di lingkungan dimana menghasilkan senyawa – senyawa yang tidak dikehendaki (Prasetyo, 2018). Logam paduan dapat digunakan sebagai mata bor, komponen mobil, peralatan rumah tangga, dan alat perkakas. Namun, korosi dan aus pada logam dapat menyebabkan penggunaan dan daya tahan logam berkurang (Li dkk., 2019).

Logam umumnya digunakan sebagai matriks pada material komposit karena memiliki banyak sifat mekanik yang baik, seperti kekuatan, modulus elastisitas, kekerasan, daya konduksi listrik, dan panas yang tinggi (S. Liu dkk., 2017). *Metal Matrix Composite* (MMC) dikenal sebagai komposit matriks logam, banyak digunakan dalam aplikasi industri. Ini disebabkan oleh kekuatan, ketahanan aus, dimensi yang stabil, konduktivitas listrik yang baik, dan kemampuan untuk bertahan pada suhu tinggi (Sharma dkk., 2020). MMC tidak hanya dapat meningkatkan nilai kekerasan, koefisien gesekan rendah, dan ketangguhan tinggi, tetapi juga dapat meningkatkan ketahanan terhadap korosi dan suhu tinggi (Lekka & Hall, 2018). Komposit bersifat kompleks karena terdiri dari komposisi dua material atau unsur zat tambahan lain yang digabungkan secara bersamaan pada skala makroskopik untuk membentuk produk baru. Produk ini dirancang untuk menghasilkan kualitas atau sifat fisik terbaik. Komposit terdiri dari matriks dan

penguat (*reinforcement*). Matriks memiliki karakteristik yang ulet dan berperan sebagai pengikat ketika mencapai titik bekunya, sedangkan penguat memiliki kekuatan tarik yang baik dan sifat elastis (S. Liu dkk., 2017).

Nikel sering digunakan dalam bahan rekayasa dalam bentuk matriks logam, dan lapisan tipis komposit yang terdiri dari partikel penguat yang tersebar di dalamnya (Portillo dkk., 2019). Nikel banyak digunakan dalam berbagai industri minyak dan gas karena ketahanan korosi dan panasnya yang baik. Aplikasi ini terutama mencakup saluran pipa, tangki, dan peralatan serupa, yang memerlukan perawatan teratur karena korosi dan masalah yang terkait (Fayyad dkk., 2018). Nikel memiliki kelemahan di balik keunggulannya. Nikel dapat melunak ketika suhunya tinggi. Untuk mengatasi hal ini, lapisan nikel harus dilapisi dengan bahan aditif yang mengandung partikel nitrida (Budi, 2015). Penggunaan bahan aditif berupa oksida, karbida, nitrida dan borida menghasilkan peningkatan sinterabilitas, sifat fisik dan mekanik (Alhosseini & Mousavi, 2019). Beberapa senyawa nitrida sebagai bahan aditif seperti TiN (Aranzales dkk., 2019) dan Si₃N₄ (Fayomi dkk., 2021). Titanium Nitrida (TiN) berperan sebagai bahan aktif untuk elektroda dalam sel bahan bakar karena titik leleh super tinggi (3000°C), memiliki kekerasan, ketahanan aus, konduktivitas listrik yang tinggi, dan stabilitas kimia yang baik (Zhang, 2019). Silikon Nitrida (Si₃N₄) merupakan partikel keramik keras dengan kekuatan mekanik yang tinggi dan ketahanan aus yang baik (Sharma & Khanduja, 2015). Silikon Nitrida (Si₃N₄) sering digunakan karena memiliki kekerasan yang tinggi, ketahanan aus yang tinggi, kestabilan kimia dan tahan pada temperatur tinggi (Lu dkk., 2013). Pelapisan fase amorf Si₃N₄ pada fase kristal TiN memberikan antarmuka yang kuat dan akhirnya mencapai kekerasan maksimum (Maulida, 2023). Penambahan partikel nitrida seperti Si₃N₄ sebagai senyawa ke dalam lapisan nikel telah terbukti meningkatkan kekerasan, ketahanan aus dan korosi melalui modifikasi morfologi dan struktur (Maulida, 2023). Dalam penelitian ini, Tungsten Karbida (WC) digunakan sebagai substrat karena memiliki kekerasan dan kekuatan yang tinggi bahkan pada suhu tinggi (Rishadi, 2022). Oleh karena itu, digunakan sebagai lapisan komposit Ni-TiN/Si₃N₄ melalui metode elektrodeposisi dengan variasi rapat arus pulsa.

Metode elektrodeposisi dapat digunakan untuk membentuk lapisan. Elektrodeposisi merupakan cara untuk membuat endapan logam pada katoda dengan bantuan energi listrik dan campuran larutan elektrolit (Georgopoulou dkk., 2016). Elektrodeposisi merupakan teknik yang efektif sebagai pelapisan nanopartikel pada bahan konduktif dengan keunggulan proses sintesis (Vanrenterghem dkk., 2018). Produksi pelapis komposit menggunakan elektrodeposisi logam memiliki banyak keuntungan dibandingkan dengan metode produksi lainnya (Karimzadeh dkk., 2019). Kekuatan material ditingkatkan oleh lapisan logam yang dielektrodeposisikan pada substrat (Fu et al., 2021). Dalam elektrodeposisi, berbagai parameter harus dioptimalkan untuk mencapai kualitas material yang optimal. Nilai pH, temperatur, dan komposisi larutan rendaman adalah komponen yang harus diperhatikan selama proses elektrodeposisi (Ghosh, 2019). Larutan elektrolit biasanya mengandung logam pelapis. Konsentrasi larutan elektrolit sangat mempengaruhi proses elektroplating, sehingga perbandingan bahan kimia dengan zat pelarut pada penumbuhan lapisan tipis harus sangat diperhentikan (Rohil, 2021).

Dengan menggunakan rapat arus pulsa, variasi rapat arus dapat digunakan untuk membuat logam struktur nano, paduan, dan pelapis nanokomposit yang memiliki kemurnian tinggi dan porositas rendah (Natalia, 2023). Rapat arus adalah faktor yang harus diperhatikan dalam metode elektrodeposisi, sangat penting untuk melakukan variasi rapat arus supaya endapan yang diperoleh memiliki kualitas terbaik dan tidak terbakar (Maulida, 2023). Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses deposisi elektrokimia, struktur, dan karakteristik komposit sangat dipengaruhi oleh kerapatan arus dan waktu pengendapan. Nanokomposit dengan rapat arus 3 A/dm^2 memiliki struktur terbaik, menurut dianalisis pengaruh variasi rapat arus $3\text{-}5 \text{ A/dm}^2$ terhadap pembentukan lapisan komposit Ni-W-TiN (Li, dkk., 2019). Elektrodeposisi dengan arus pulsa memungkinkan elektrolisis dengan kerapatan arus tinggi dalam waktu yang singkat dengan adanya parameter yang perlu diperhatikan yakni *duty cycle* (Zhao & Fan, 2021). Selain itu, elektrodeposisi nanokomposit dengan arus pulsa meningkatkan kekerasan dan ukuran butir daripada arus searah (Sivasakthi & Sangaranarayanan, 2019). Dengan besar rapat

arus 2,5 mA/cm², penelitian dilakukan untuk mempelajari pengaruh rapat arus terhadap struktur mikro dan sifat mekanik lapisan komposit Ni-TiN/Si₃N₄. Sifat optimum lapisan komposit Ni-TiN/Si₃N₄ tanpa morfologi retak dan kekerasan maksimum ditunjukkan oleh sampel hasil elektrodeposisi pada rapat arus sekitar 2,5 mA/cm². Kekerasan yang tinggi disebabkan oleh kehalusan ukuran kristal nikel (Budi dkk., 2020). Pengaruh rapat arus pulsa dengan variasi 20 mA/cm², 60 mA/cm² dan 100 mA/cm² pada pembentukan lapisan komposit Ni-TiN menunjukkan bahwa jumlah ketebalan lapisan Ni-TiN yang diendapkan pada 20 mA/cm², 60 mA/cm² dan 100 mA/cm² masing-masing adalah 50,7 μm, 62,8 μm, dan 78,3 μm. Morfologi permukaan paling halus diperoleh pada rapat arus 60 mA/cm². Nilai kekerasan Ni-TiN tertinggi diperoleh pada rapat arus 60 mA/cm² yaitu sebesar 922,1 kgf/mm² (Xia dkk., 2021). Pembentukan lapisan Ni-TiN/Si₃N₄ menggunakan metode elektrodeposisi dengan variasi kuat arus yang berbeda menghasilkan morfologi permukaan yang berbeda. Semakin tinggi kuat arus yang digunakan morfologi permukaan lapisan yang dihasilkan akan semakin halus (Oktaviani, 2018).

Pada penelitian ini dilakukan pelapisan material guna memperbaiki dan meningkatkan kualitas material seperti sifat mekanik atau kekerasannya. Tungsten Karbida yang dilapisi kemudian dilakukan pengujian menggunakan *Scanning Electron Microscopy - Energy Dispersive Spectroscopy* (SEM – EDS) untuk menganalisis morfologi dan komposisinya, dan pengujian menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD) untuk menganalisis struktur kristal terhadap lapisan komposit Ni-TiN/Si₃N₄. Selanjutnya dilakukan uji kekerasan dengan pengujian menggunakan *Vickers Hardness Test*. Dari hasil karakterisasi didapatkan pengaruh variasi rapat arus pulsa terhadap morfologi, komposisi, struktur kristal, dan kekerasan dari lapisan tersebut. Tujuan akhir pada penelitian ini adalah melakukan optimasi proses parameter, khususnya proses parameter pada metode elektrodeposisi sehingga mendapatkan parameter yang optimum untuk membuat suatu lapisan berbasis nikel pada permukaan material.

B. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, perumusan masalah yang dapat dikaji dalam penelitian ini adalah bagaimana pembuatan sistem pembangkit arus pulsa dan bagaimana pengaruh rapat arus pulsa pada proses pelapisan terhadap struktur kristal, morfologi, komposisi, dan kekerasan dari lapisan komposit Ni-TiN/Si₃N₄ dengan metode elektrodeposisi?

C. Tujuan Penelitian

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

1. Membuat rancang bangun sistem pembangkit arus pulsa untuk digunakan dalam proses elektrodeposisi lapisan komposit Ni-TiN/Si₃N₄.
2. Menganalisis pengaruh rapat arus pulsa pada proses elektrodeposisi terhadap morfologi dan komposisi lapisan komposit Ni-TiN/Si₃N₄ yang terbentuk.
3. Menganalisis pengaruh rapat arus pulsa pada proses elektrodeposisi terhadap struktur kristal lapisan komposit Ni-TiN/Si₃N₄ yang terbentuk.
4. Menganalisis pengaruh rapat arus pulsa pada proses elektrodeposisi terhadap tingkat kekerasan lapisan komposit Ni-TiN/Si₃N₄ yang terbentuk.

D. Manfaat Penelitian

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

1. Memberikan referensi mengenai sistem pembangkit arus pulsa untuk digunakan dalam proses elektrodeposisi.
2. Memberikan referensi untuk penelitian lebih lanjut mengenai lapisan komposit Ni-TiN/Si₃N₄ dengan pengaruh variasi rapat arus pulsa.
3. Memberikan informasi mengenai hasil pengujian struktur kristal, morfologi, komposisi, dan kekerasan lapisan komposit Ni-TiN/Si₃N₄ menggunakan metode elektrodeposisi dengan variasi rapat arus pulsa.
4. Menghasilkan material lapisan komposit Ni-TiN/Si₃N₄ yang mempunyai sifat mekanik yang baik dengan metode elektrodeposisi rapat arus pulsa. Dan dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan industri.