

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Penelitian dalam bidang material yang semakin berkembang adalah salah satu faktor yang mendorong kemajuan teknologi saat ini. Kemajuan dalam ilmu material memiliki dampak penting pada berbagai aspek kehidupan manusia, mulai dari sektor industri, transportasi, perumahan, pakaian, komunikasi, energi, produksi makanan, hingga aspek-aspek lainnya. Material yang memiliki kekerasan seperti logam sangat berguna dalam aktivitas sehari-hari, termasuk dalam pembuatan perkakas (Sandra dan rekan, 2020). Logam merupakan salah satu material yang paling banyak dimanfaatkan dalam kehidupan sehari-hari dibandingkan dengan material lain, karena logam mempunyai kelebihan tersendiri salah satunya sifat kekerasan yang tinggi (Muarief, 2015). Meskipun demikian, logam memiliki beberapa kelemahan, seperti masalah korosi dan keausan yang dapat mempengaruhi kualitasnya (Fu et al., 2021). Logam, terutama logam murni, diproduksi secara luas karena memiliki karakteristik unik, seperti deformasi elastis, konduktivitas panas dan listrik yang baik, ketahanan terhadap goresan, dan kekuatan yang tinggi (Sinaga et al., 2023). Namun, terbatasnya ketersediaan material logam konvensional, baik dari segi kuantitas maupun kualitasnya, telah memicu pertimbangan untuk mengembangkan bahan melalui berbagai metode, termasuk perbaikan permukaan, penambahan bahan penguat, dan modifikasi struktural (Suprpto dan rekan, 2017).

Penggunaan logam dapat menimbulkan beberapa permasalahan seperti korosi dan aus. Kennet dan Chamberlain dalam Prihasa (2009) menyatakan bahwa korosi adalah penurunan mutu logam akibat reaksi elektrokimia dengan lingkungannya. Korosi atau pengkaratan merupakan fenomena kimia pada bahan-bahan logam yang pada dasarnya merupakan reaksi logam menjadi ion pada permukaan logam yang kontak langsung dengan lingkungan berair dan oksigen (Saugi, W. 2021). Untuk meningkatkan ketahanan logam dari korosi dan aus serta meningkatkan sifat mekanik logam adalah dengan menggunakan salah satu teknik material yang sedang dikembangkan yaitu dengan pelapisan komposit. Pelapisan komposit sangat berguna

untuk aplikasi teknik, seperti pada peralatan mesin dengan operasi kecepatan tinggi (pengeboran, pemotongan dan penggilingan) pada temperatur tinggi (H. Ichimura dkk, 2000).

Komposit Matriks Logam (*Metal Matrix Composite* atau *MMC*) merupakan salah satu material yang banyak digunakan di industri manufaktur. Pengembangan MMC menjadi salah satu inovasi utama di bidang material pada 25 tahun terakhir. Logam-logam ringan yang diperkuat partikel penguat telah menjadi perhatian para produsen bahan dan pengguna akhir karena keunggulan sifat fisik serta mekanik yang dicapai, serta dimungkinkan untuk melakukan modifikasi sifat fisik bahan membuat MMC bermanfaat dalam berbagai aplikasi. Kelebihan dari MMC tidak hanya terbatas pada peningkatan ketahanan aus, koefisien gesekan yang rendah, dan kekuatan yang tinggi, tetapi juga meliputi peningkatan ketahanan terhadap suhu tinggi, korosi, gangguan elektromagnetik, dan sifat optik. MMC bukan hanya digunakan dalam bentuk material berukuran besar (*bulk*), tetapi juga sebagai pelapis untuk melindungi komponen logam (Lekka, 2018). Komposit Matriks Aluminium (*Aluminium Matrix Composites/AMCs*) adalah jenis komposit yang paling banyak diminati dengan tingginya rasio kekuatan-per-massa (*strength-to-weight ratio*) dengan dimungkinkannya peningkatan kekuatan mekanik, ketahanan aus, ketahanan korosi serta penurunan koefisien ekspansi termal yang lebih besar dibanding material konvensional. Komposit matriks logam berbasis aluminium sering digunakan karena merupakan salah satu bahan mineral yang paling melimpah dan murah di dunia, karena logam ini mempunyai berat jenis yang rendah (H. Sulaikan dkk, 2013).

Pembuatan lapisan komposit dapat dilakukan melalui proses elektrodeposisi. Elektrodeposisi merupakan sebuah teknik yang dapat digunakan untuk membuat lapisan komposit dengan berdasarkan elektrokimia (E. Budi et al, 2017). Teknik pelapisan ini digunakan untuk mendeposisikan partikel berukuran mikro atau sub-mikro pada matriks logam atau bukan logam (E. Budi dkk, 2015). Lapisan yang dihasilkan dengan menggunakan metode elektrodeposisi dipengaruhi oleh beberapa parameter yaitu temperatur, rapat arus, konsentrasi larutan, laju pengadukan dan keasaman larutan (pH) (M. Jiang dkk, 2016). Metode pelapisan elektrodeposisi mempunyai sejumlah keunggulan dibandingkan dengan metode pelapisan lainnya

yaitu proses biaya yang rendah, lapisannya lebih merata, daya rekatnya lebih baik, proses pelapisan listriknya tidak membutuhkan tegangan terlalu tinggi, dapat meningkatkan ketahanan korosi dan membuat tampilan strukturnya cerah/mengkilap sehingga menarik serta kualitasnya meningkat (Muarief, 2015). Pelapisan dengan teknik ini umumnya dilakukan karena relatif mudah dioperasikan dan lebih terkontrol (Z. Yang et al, 2022).

Pada metode elektrodposisi, Nikel merupakan bahan yang sering digunakan sebagai matriks logam karena Nikel memiliki daya hantar listrik dan termal yang baik, keuletan yang baik, kekuatan dan kekerasan sedang (Sutomo dkk, 2010). Selain itu Nikel juga mempunyai ketahanan korosi yang baik dalam pelapisan dan dapat menurunkan laju korosi pada logam (R. R. Saputra dkk, 2017). Namun sifat Nikel yang lunak khususnya pada suhu tinggi, dapat mengurangi sifat ketahanan aus dan korosi (Restu et al, 2015). Untuk mempertahankan sifat ketahanan aus dan korosi nikel khususnya pada suhu tinggi, dapat ditambahkan senyawa keras partikel nitrida ke dalam lapisan Nikel. Beberapa senyawa keras partikel nitrida yang sering digunakan yaitu TiN (H. Ichimura dkk, 2000), Si₃N₄ (H. Maharana dkk, 2019), AlN (F. Hidayanti dkk, 2020) dan ZrN (Polycarp dan rekan, 2017).

Salah satu faktor yang memiliki dampak signifikan pada hasil pelapisan dalam proses elektrodposisi adalah rapat arus. Dalam konteks elektrodposisi, rapat arus diukur sebagai jumlah arus yang melewati suatu permukaan tertentu dan dinyatakan dalam satuan A/m² (Suarsana dan rekan, 2019). Pemilihan variasi rapat arus dalam penelitian ini menjadi penting untuk memastikan bahwa endapan yang dihasilkan memiliki kualitas yang optimal dan tidak mengalami kegagalan proses, seperti terjadinya pembakaran (Huriyati dan rekan, 2010). Variasi rapat arus yang digunakan dalam proses elektrodposisi dapat mempengaruhi sejumlah aspek, termasuk ketebalan lapisan permukaan, morfologi, orientasi butir, dan sifat mekaniknya (Wang dkk, 2017; Fahmi & Zamrud, 2021).

Arus merupakan parameter terpenting dari proses elektrodposisi. Secara praktis, hasil elektrodposisi bergantung pada rapat arus yang digambarkan sebagai rasio arus listrik terhadap luas permukaan elektroda, dalam hal ini adalah luas permukaan substrat yang akan dilapisi (Gheraout dkk, 2019). Jika variasi rapat arus yang

digunakan semakin besar, maka lapisan komposit yang terbentuk pada substrat akan semakin tebal. Tetapi, rapat arus yang terlalu tinggi akan membuat lapisan permukaan tampak kasar dan hangus. Jika arus yang melalui tidak terdistribusi ke seluruh permukaan katoda, akan menyebabkan arus mengumpul pada titik tonjolan dan pinggir tepi permukaan. Apabila deposisi terlalu banyak pada bagian tertentu permukaan substrat yang dilapisi, hal ini merupakan pemborosan. Oleh karena itu, letak katoda harus ditempatkan sedemikian rupa dalam wadah, atau bentuk katoda diatur agar plating seragam. Hal ini dilakukan agar saat proses pelapisan, anoda dan katoda mendapatkan arus yang merata (Septiana, 2018).

Karakterisasi morfologi dan komposisi dari lapisan komposit Ni-TiN-AlN telah banyak dilakukan dengan menggunakan *Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive Spectroscopy* (SEM-EDS) (M. Alizadeh dkk, 2019; (H. Maharana dkk, 2019) . Karakterisasi morfologi dengan SEM merupakan teknik analisis yang dilakukan untuk mengetahui tekstur, ukuran, dan susunan partikel penyusun yang berada di permukaan lapisan. Teknik analisis ini digunakan untuk mengamati morfologi permukaan dalam skala mikro maupun nano pada suatu sampel. Sedangkan, karakterisasi EDS merupakan teknik analisis yang dilakukan untuk mengetahui informasi mengenai komposisi unsur yang terdapat pada suatu material (F. Hidayanti dkk, 2020).

Rapat arus adalah faktor yang sangat penting, untuk melakukan variasi rapat arus agar endapan yang diperoleh memiliki kualitas terbaik dan tidak terbakar (Huriati & Haris, 2010). Penelitian sebelumnya, seperti yang dilakukan oleh Grace Natalia (2023) dalam pembentukan lapisan komposit Ni-AlN untuk mengkaji pengaruh variasi rapat arus terhadap morfologi permukaan dan komposisi lapisan. Proses pelapisan dilakukan dengan metode elektrodeposisi. Lapisan komposit Ni-AlN terbentuk pada substrat Tungsten Karbida (WC) dengan komposisi larutan elektrolit yang terdiri dari 0.17 M $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, 0.38 M $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, 0.49 M H_3BO_3 , 0.6 g/l *Sodium Dodecyl Sulfate* dan partikel serbuk penguat AlN sebesar 10 g/l. Elektrodeposisi pada substrat dilakukan selama 30 menit dan variasi rapat arus yang digunakan sebesar 0.4 mA/mm², 0.6 mA/mm², dan 0.8 mA/mm². Lapisan komposit Ni-AlN dikarakterisasi dengan menggunakan SEM-EDS (*Scanning Electron*

Microscopy-Energy Dispersive Spectroscopy). Hasil menunjukkan bahwa morfologi permukaan dan komposisi lapisan komposit Ni-AlN dipengaruhi oleh rapat arus yang digunakan. Penelitian serupa dilakukan oleh Li dan rekan (2014) dalam pembentukan lapisan komposit Ni-AlN dengan elektrodeposisi pada variasi rapat arus 3-5 A/dm^2 menyimpulkan bahwa kondisi rapat arus optimal terjadi pada 4,5 A/dm^2 . Pada kondisi tersebut, morfologi lapisan menjadi lebih padat dan seragam karena adanya penurunan ukuran butir, dan nilai kekerasan tertinggi mencapai 987 HV. Dari penelitian relevan yang telah diuraikan, diketahui bahwa penerapan rapat arus yang terlalu rendah juga dapat mengakibatkan pembentukan lapisan yang tidak baik dan meningkatnya kandungan pengotor dalam endapan. Oleh karena itu, untuk mencapai kisaran rapat arus yang optimal, faktor-faktor seperti komposisi garam, kondisi operasional, dan jenis pelapisan yang diinginkan harus diperhatikan. Kepadatan arus anoda juga merupakan parameter penting dalam proses pelapisan yang perlu diatur dengan cermat, dan ini dapat dicapai dengan mengatur luas total anoda dan proporsi logam yang diendapkan (Kumar dkk, 2015).

Penelitian selanjutnya juga telah dilakukan oleh Alizadeh dan Cheshmpish (2019) dalam pembentukan lapisan nano-komposit Ni-Mo/Al₂O₃ dengan metode elektrodeposisi pada variasi rapat arus 2,4,6, dan 8 A/dm^2 , menunjukkan bahwa kondisi rapat arus optimal terjadi pada 4 A/dm^2 . Pada kondisi tersebut, morfologi lapisan menjadi lebih halus dan padat, dengan ukuran kristal minimum. Kekerasan maksimum tercapai pada rapat arus 4 A/dm^2 , yaitu sebesar 785 HV. Dari hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa penerapan rapat arus yang tinggi memiliki potensi untuk mengubah morfologi dari struktur yang awalnya padat dan halus menjadi tampak lebih kasar. Perubahan ini dipicu oleh perbedaan laju pengendapan yang signifikan di berbagai wilayah, menyebabkan munculnya morfologi yang lebih kasar.

Dalam penelitian ini, lapisan komposit Ni-TiN-AlN akan dideposisikan pada substrat Tungsten Karbida (WC) menggunakan metode elektrodeposisi dengan variasi rapat arus sebesar 0,15 mA/mm², 0,25 mA/mm², dan 0,35 mA/mm². Substrat Tungsten Karbida yang telah dilapisi akan menjalani pengujian kekerasannya menggunakan uji *Vickers Hardness Test*, sementara morfologi dan

komposisinya akan dikarakterisasi dengan menggunakan teknik Scanning Electron *Microscopy-Energy Dispersive Spectroscopy* (SEM-EDS). Struktur kristal lapisan Ni-TiN-AlN akan diidentifikasi melalui penggunaan *X-Ray Diffraction* (XRD), dan ketahanan aus akan diuji menggunakan uji drill (mata bor). Dengan melakukan karakterisasi tersebut, diharapkan penelitian ini mampu memberikan informasi yang mendalam mengenai dampak variasi rapat arus terhadap morfologi, komposisi, struktur kristal, dan kekerasan Vickers dari lapisan Ni-TiN-AlN.

B. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah

1. Bagaimana komposisi dan struktur morfologi lapisan komposit Ni-TiN-AlN pada variasi rapat arus pulsa yang rendah menggunakan metode elektrodeposisi?
2. Bagaimana fasa dan struktur kristal yang dihasilkan pada proses pembentukan lapisan komposit Ni-TiN-AlN dengan metode elektrodeposisi pada variasi rapat arus pulsa?
3. Bagaimana sifat mekanik kekerasan lapisan komposit Ni-TiN-AlN pada substrat Tungsten Karbida (WC) dengan *Vickers Hardness Test* pada variasi rapat arus pulsa?

C. Tujuan Penelitian

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

1. Menganalisis komposisi dan struktur morfologi lapisan komposit Ni-TiN-AlN yang dihasilkan dari variasi rapat arus pulsa.
2. Menganalisis fasa dan struktur kristal yang dihasilkan pada proses pembentukan lapisan komposit Ni-TiN-AlN berdasarkan variasi rapat arus pulsa dengan metode elektrodeposisi.

3. Menguji sifat mekanik kekerasan lapisan komposit Ni-TiN-AlN pada Tungsten Karida (WC) dengan menggunakan *Vickers Hardness test* pada variasi rapat arus pulsa.

D. Manfaat

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

1. Mengetahui kondisi maksimal untuk menghasilkan material yang mempunyai sifat mekanik yang baik dan dapat dimanfaatkan pada bidang tertentu.
2. Memberikan informasi penelitian mengenai pengaruh variasi rapat arus pulsa, struktur mikro dan sifat mekanik pada proses pelapisan komposit Ni-TiN-AlN yang dilakukan dengan metode elektrodeposisi.
3. Memberikan referensi untuk penelitian lebih lanjut mengenai lapisan komposit Ni-TiN-AlN dengan pengaruh variasi rapat arus menggunakan metode elektrodeposisi arus pulsa.