

# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Penggunaan alat yang terbuat dari logam telah berkembang pesat untuk memenuhi berbagai kebutuhan. Logam memiliki kelebihan kekuatan tinggi dan mudah dibentuk, tetapi juga memiliki kekurangan, yaitu mudah korosi (Janitra, & Setiyawan, 2023). Korosi pada logam diakibatkan interaksi dengan lingkungan, seperti paparan suhu, gas, atau bahan kimia. Jenis-jenis korosi yang umum terjadi pada logam meliputi *general attack corrosion*, *localized corrosion* seperti *pitting*, *crevice*, serta *galvanic corrosion*. Korosi ini dapat menyebabkan kerusakan pada struktur logam berupa penipisan material, keretakan, kebocoran, hingga kegagalan struktural yang berdampak pada keselamatan, estetika, dan kerugian ekonomi. Pengendalian laju korosi dapat dilakukan dengan pemilihan material yang sesuai atau melalui kombinasi logam untuk meningkatkan ketahanannya terhadap korosi (Jeremy *et al.*, 2024). Oleh karena itu, logam harus memiliki sifat mekanis yang kuat, seperti tahan korosi, kekerasan, kekuatan, tahan aus, serta tahan panas yang tinggi. Proses *deposition* biasanya membentuk lapisan pada permukaan material untuk melindunginya dari keausan dan korosi serta meningkatkan kekerasan. Ini adalah cara untuk meningkatkan sifat mekanis (Andiana *et al.*, 2019).

Material yang memiliki kekerasan tinggi dan dapat digunakan sebagai alat perkakas, seperti mata bor, disebut komposit (Rahman *et al.*, 2020). Komposit mempunyai keunggulan tersendiri dibandingkan dengan bahan teknik alternatif lain seperti kuat, ringan, tahan korosi, serta ekonomis (Nurhidayat *et al.*, 2022). Material komposit memiliki sifat mekanik yang lebih baik daripada logam, termasuk kekuatan yang bisa diatur (*taitorability*), kekuatan lelah (*fatigue*), kekuatan jenis (*strength/weight*, dan *modulus young*) yang lebih tinggi daripada logam. Komposit juga memiliki ketahanan korosi yang baik, sifat sebagai isolator panas dan suara, kemampuan sebagai penghambat listrik, serta dapat digunakan untuk memperbaiki kerusakan akibat pembebanan dan korosi (Azman *et al.*, 2024).

Saat ini, lapisan komposit banyak digunakan dalam berbagai aplikasi karena karakteristiknya yang unik. Beberapa teknik yang umum digunakan untuk pembuatan lapisan komposit meliputi metalurgi serbuk, *plasma spraying*, *laser deposition*, dan *mechanical alloying*. Teknik-teknik ini telah banyak diterapkan dalam pembuatan berbagai jenis lapisan komposit, seperti Co-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub>-Al, dan Cu-SiC. Namun, pembuatan lapisan komposit melalui metode elektrodeposisi yang menggunakan prinsip elektrolisis masih jarang dilakukan (Agustin *et al.*, 2018). Padahal, proses elektrodeposisi merupakan teknik yang efektif sebagai pelapisan nanopartikel pada bahan konduktif dengan keunggulan proses sintesis (Vanrenterghem *et al.*, 2018). Lapisan logam yang dielektrodeposisikan pada substrat memberikan kontribusi untuk kekuatan material (Fu *et al.*, 2021).

Proses elektrodeposisi sedang dikembangkan untuk pembuatan lapisan komposit yang memiliki berbagai keunggulan yang tidak ditemukan pada metode pelapisan konvensional. Proses ini memungkinkan variasi dan peningkatan nilai kekerasan serta kekuatan lapisan, menghasilkan porositas yang lebih rendah, serta meningkatkan ketahanan terhadap aus dan korosi (Agustin *et al.*, 2018). Parameter yang perlu diperhatikan dalam proses elektrodeposisi yaitu nilai pH, temperatur, rapat arus pulsa dan komposisi larutan rendaman (Ghosh, 2019). Proses ini dilakukan dengan mengalirkan arus listrik melalui material konduktif yang direndam dalam larutan yang mengandung garam logam yang akan diendapkan. Teknologi ini serbaguna dan hemat biaya untuk memproduksi berbagai material dua dan tiga dimensi, termasuk pelapisan dan lapisan tipis (Adris *et al.*, 2023). Bergantung pada sumber arusnya, elektrodeposisi dibagi menjadi dua jenis yaitu elektrodeposisi arus langsung dan elektrodeposisi arus pulsa. Arus pulsa memberikan tingkat pelapisan yang lebih cepat dan sering diterapkan dalam industri perminyakan dan kimia karena mampu menghasilkan lapisan dengan tegangan internal yang lebih rendah, porositas yang berkurang, serta ukuran butiran matriks yang lebih halus (Xia *et al.*, 2020).

Pembentukan lapisan tipis komposit berbasis nikel (Ni) untuk melindungi material dari keausan dan korosi telah menjadi fokus penting, mengingat dampak kerugian yang ditimbulkan oleh kedua faktor tersebut. Data menunjukkan bahwa

proses pelapisan nikel terutama ditujukan untuk perlindungan terhadap korosi sebesar 30%, dan perlindungan terhadap keausan sebesar 25% (Budi *et al.*, 2015). Namun, lapisan nikel dapat teroksidasi karena difusi oksigen ke dalamnya saat beroperasi pada suhu tinggi di atas 500°C. Untuk mencegah hal ini terjadi, partikel penguat seperti nitrida ditambahkan untuk membentuk lapisan komposit berbasis nikel. Titanium (Ti) sangat membantu meningkatkan sifat anti-korosi dan ketahanan terhadap aus. Ketika keduanya digabungkan dengan nitrogen (N) untuk membentuk senyawa nitrida, seperti TiN, sifat-sifat material tersebut telah ditingkatkan dan mereka berfungsi sebagai partikel penguat dalam lapisan komposit berbasis nikel (Budi *et al.*, 2023).

Titanium Nitrida (TiN) dan Titanium Aluminium Nitrida (TiAlN) dikenal memiliki sifat mekanik dan ketahanan korosi yang sangat baik, terutama pada suhu tinggi. Unsur-unsur ini menjanjikan karena kemampuannya membentuk lapisan *superhard* dan *ultrahard* pada suhu tinggi. Namun, penelitian terkait pengembangan pelapisan tipis nanokomposit Ni-TiAlN masih relatif terbatas (Permatasari *et al.*, 2015).

Alumina atau aluminium oksida ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), yang berbentuk seperti kristal berwarna putih, merupakan salah satu material penyusun bumi. Alumina murni dapat diperoleh melalui proses pemurnian bauksit dengan kalsinasi (Rasyid & Murdiya, 2017). Sebagai salah satu jenis keramik, alumina memiliki sifat fisik yang stabil, tahan terhadap suhu tinggi, dan tahan korosi. Keunggulan alumina terletak pada kekerasannya serta ketahanan yang baik terhadap listrik dan bahan kimia. Alumina diproduksi dalam jumlah besar dengan harga yang relatif terjangkau. Dengan penambahan *layer*  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , akan menghasilkan suatu material baru yang memiliki kekuatan yang tinggi dan juga mampu bertahan pada temperatur tinggi (Pica *et al.*, 2023).

Pada hasil penelitian yang dilakukan oleh Xia *et al* (2021) menunjukkan bahwa kepadatan arus pulsa signifikan memengaruhi mikrostruktur, kekerasan mikro, dan ketahanan aus lapisan Ni-TiN. Kondisi optimal tercapai pada kepadatan arus 60 mA/cm<sup>2</sup> (SP-2), menghasilkan lapisan dengan morfologi permukaan paling halus (Ra 29,57 nm), kekerasan tertinggi (922,1 HV), dan ketahanan aus terbaik

dengan kehilangan massa hanya 36,3 mg. Sebaliknya, kepadatan arus yang terlalu rendah atau terlalu tinggi menghasilkan lapisan dengan morfologi kasar, kekerasan lebih rendah, dan ketahanan aus yang buruk, seperti terlihat pada SP-1 (20 mA/cm<sup>2</sup>) dan SP-3 (100 mA/cm<sup>2</sup>).

Pada hasil penelitian lainnya dari Qu *et al* (2021), tentang pembuatan dan karakterisasi lapisan nano-komposit Ni-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> menggunakan metode elektrodposisi, dengan fokus pada pengaruh kandungan nanopartikel Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> terhadap mikrostruktur, kekerasan, dan ketahanan aus. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> meningkatkan kekerasan mikro hingga 408–556 HV (pada rapat arus pulsa 2 A/dm<sup>2</sup>) dan secara signifikan meningkatkan ketahanan aus dibandingkan lapisan Ni murni. Kandungan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> yang optimal (20 g/L) menghasilkan performa terbaik dengan mekanisme aus dominan berupa aus abrasif ringan. Penguatan struktur terjadi melalui mekanisme penghalusan kristal, penguatan dislokasi, dan dispersi nanopartikel Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Namun, kandungan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> yang terlalu tinggi dapat menyebabkan kluster, menurunkan kekerasan dan ketahanan aus lapisan. Lapisan ini memiliki potensi besar untuk meningkatkan efisiensi dan kualitas dalam aplikasi industri, khususnya pada cetakan encapsulation semikonduktor.

Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan sifat mekanis material dan ketahanan korosi, khususnya kekerasan logam, dengan mengubah lapisan pelindung berbasis nikel dan menambahkan partikel penguat. Selain itu, penelitian ini juga berkonsentrasi pada peningkatan kekerasan material untuk meningkatkan ketahanan terhadap aus, sehingga memungkinkan aplikasi yang lebih luas di industri yang membutuhkan material dengan performa tinggi dan ketahanan jangka panjang.

Pada penelitian ini menggunakan Tungsten Karbida (WC) sebagai substrat yang akan dilapisi dengan lapisan komposit Ni-TiN-AlN-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> menggunakan metode elektrodposisi. Tungsten Karbida dipilih sebagai substrat karena merupakan bahan paduan yang terbuat dari karbida tahan api yang berasal dari logam transisi (biasanya tungsten) dan beberapa logam golongan besi, seperti kobalt, nikel, dan besi, yang mampu mengikat partikel logam melalui proses

metalurgi serbuk (Bayir *et al.*, 2019). Setelah dilapisi, kemudian diuji untuk morfologi dan komposisinya menggunakan *Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive Spectroscopy* (SEM-EDS). Selain itu, struktur kristal pada lapisan komposit Ni-TiN-AlN-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> diuji menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD). Selanjutnya, uji kekerasan dilakukan menggunakan *Vickers Hardness Test*. Hasil karakterisasi menunjukkan bagaimana variasi rapat arus pulsa berdampak pada morfologi, komposisi, struktur kristal, dan kekerasan lapisan tersebut. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengoptimalkan parameter proses, khususnya yang berkaitan dengan metode elektrodeposisi, sehingga parameter yang paling ideal dapat dicapai untuk membuat lapisan berbasis nikel pada permukaan material.

### **B. Perumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang, perumusan masalah dapat dikaji sebagai berikut:

1. Bagaimana proses pembentukan lapisan komposit Ni-TiN-AlN-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> pada substrat Tungsten Karbida (WC) menggunakan metode elektrodeposisi?
2. Bagaimana pengaruh variasi arus pulsa terhadap struktur kristal lapisan komposit Ni-TiN-AlN- Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> yang terbentuk melalui proses elektrodeposisi?
3. Bagaimana pengaruh variasi arus pulsa terhadap morfologi dan komposisi lapisan komposit Ni-TiN-AlN-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> yang terbentuk melalui proses elektrodeposisi?
4. Bagaimana pengaruh variasi arus pulsa terhadap tingkat kekerasan lapisan komposit Ni-TiN-AlN- Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> yang terbentuk melalui proses elektrodeposisi?

### **C. Tujuan Penelitian**

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

1. Menganalisis proses pembentukan lapisan komposit Ni-TiN-AlN-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> pada substrat Tungsten Karbida (WC) melalui metode elektrodeposisi.
2. Menganalisis pengaruh variasi rapat arus pulsa terhadap struktur kristal lapisan komposit Ni-TiN-AlN- Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> yang terbentuk melalui proses elektrodeposisi.

3. Menganalisis pengaruh variasi rapat arus pulsa terhadap morfologi dan komposisi lapisan komposit Ni-TiN-AlN-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> yang terbentuk melalui proses elektrodeposisi.
4. Menganalisis pengaruh variasi rapat arus pulsa terhadap tingkat kekerasan lapisan komposit Ni-TiN-AlN-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> yang terbentuk melalui proses elektrodeposisi.

#### **D. Manfaat Penelitian**

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

1. Memberikan referensi untuk penelitian lebih lanjut mengenai variasi arus terhadap pembentukan lapisan komposit Ni-TiN-AlN-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> melalui elektrodeposisi.
2. Memberikan informasi mengenai optimalisasi proses elektrodeposisi dengan variasi rapat arus pulsa pada pembentukan lapisan komposit Ni-TiN-AlN-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.
3. Memberikan informasi mengenai hasil pengujian morfologi, struktur kristal, komposisi dan tingkat kekerasan pada lapisan komposit Ni-TiN-AlN-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> melalui elektrodeposisi dengan variasi rapat arus pulsa.
4. Menghasilkan lapisan komposit Ni-TiN-AlN-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dengan sifat fisik dan mekanik yang baik melalui proses elektrodeposisi dengan variasi rapat arus pulsa.