

## Pengaruh Lama Waktu *Electroplating* dengan Larutan Natrium Hidroksida (NaOH) Terhadap Karakterisasi Lapisan dan Sifat Permukaan Magnesium AZ31

Ragil Mustikasari<sup>1</sup>, Rizal Adi Saputra<sup>1,\*</sup>, Zulhanif<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Lampung, Jl. Soemantri Brodjonegoro, No. 1, Gedong Meneng, Bandar Lampung, 35145, Indonesia

### INFORMASI ARTIKEL

*Article history:*  
Received : 12-10-2025  
Revised : 11-11-2025  
Accepted : 19-11-2025

*Kata kunci:*  
Magnesium AZ31;  
Electroplating;  
Ketahanan Korosi;  
Kekasaran Permukaan;  
Implan Biodegradable.

### ABSTRAK

Paduan magnesium AZ31 memiliki rasio kekuatan terhadap berat yang tinggi dan bobot yang ringan, sehingga berpotensi digunakan sebagai biomaterial, khususnya pada aplikasi implan biodegradabel. Namun, kelemahan utama magnesium adalah ketahanan korosinya yang rendah, yang dapat memengaruhi keandalannya dalam aplikasi medis. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan ketahanan korosi dan sifat mekanik permukaan magnesium AZ31 melalui proses *electroplating* menggunakan larutan natrium hidroksida (NaOH) dengan variasi waktu pelapisan 10, 20, dan 30 menit. Pengujian dilakukan untuk menganalisis pengaruh lama waktu pelapisan terhadap ketebalan lapisan nikel serta kekasaran permukaan. Ketebalan lapisan diukur menggunakan mikroskop mikro, sedangkan kekasaran permukaan diuji dengan Surface Roughness Tester. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan waktu *electroplating* berpengaruh terhadap peningkatan ketebalan lapisan nikel, namun juga menyebabkan kenaikan kekasaran permukaan setelah melewati waktu optimal. Waktu pelapisan 20 menit memberikan hasil terbaik dengan ketebalan lapisan yang optimal dan kekasaran permukaan yang lebih rendah dibandingkan dengan variasi waktu lainnya. Dengan demikian, proses *electroplating* yang teroptimasi dapat meningkatkan performa magnesium AZ31 sebagai material implan melalui peningkatan ketahanan korosi dan biokompatibilitasnya.



This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0

### 1. Pendahuluan

Perkembangan pesat ilmu pengetahuan dan teknologi telah mendorong meningkatnya kebutuhan masyarakat terhadap produk fisik yang memiliki kualitas tinggi. Konsumen modern cenderung memilih produk yang tidak hanya mudah diperoleh, tetapi juga memiliki daya tahan dan nilai estetika yang baik. Kondisi ini menuntut industri untuk terus berinovasi melalui pengembangan teknologi baru dalam upaya memenuhi kebutuhan tersebut. Salah satu teknologi yang berperan penting dalam peningkatan kualitas dan estetika produk adalah *electroplating*.

Proses *electroplating* memungkinkan suatu material dilapisi dengan logam lain untuk meningkatkan ketahanan korosi, kekerasan permukaan, serta penampilan visual produk [1]. Secara prinsip, *electroplating* merupakan proses pelapisan logam dengan bantuan arus listrik, di mana ion logam dari larutan elektrolit diendapkan pada permukaan substrat. Kualitas lapisan yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh pengaturan parameter proses, seperti jenis larutan elektrolit, waktu pelapisan, dan kuat arus listrik [2]. Penggunaan larutan natrium hidroksida (NaOH) dalam proses *electroplating* diketahui dapat meningkatkan kestabilan reaksi dan efektivitas deposisi logam pelapis. Oleh karena itu,

\*) e-mail Corresponding: [rizaladisa@eng.unila.ac.id](mailto:rizaladisa@eng.unila.ac.id)

pengendalian parameter *electroplating* menjadi faktor utama untuk memperoleh ketebalan lapisan yang optimal dengan permukaan yang seragam dan halus.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi lama waktu *electroplating* terhadap ketebalan lapisan, struktur kristal, kekasaran permukaan, dan energi permukaan paduan magnesium AZ31 yang dilapisi nikel menggunakan larutan NaOH. Waktu pelapisan merupakan faktor krusial karena berpengaruh langsung terhadap ketebalan dan kualitas lapisan akhir yang terbentuk. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh durasi *electroplating* terhadap karakteristik lapisan, khususnya dari segi ketebalan dan kekasaran permukaan [3].

Dengan memahami hubungan antara lama waktu pelapisan dan karakteristik hasil *electroplating*, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi bagi industri dalam mengoptimalkan proses pelapisan logam untuk menghasilkan produk dengan kualitas yang lebih baik. Selain itu, hasil penelitian ini juga dapat menjadi dasar bagi pengembangan teknologi *electroplating* yang lebih efektif, efisien, dan ramah lingkungan sehingga mendukung kemajuan industri manufaktur dan biomedis yang berkelanjutan dan inovatif.

### 1.1. Magnesium AZ31

Magnesium dan paduannya, termasuk magnesium AZ31, dikenal sebagai material logam ringan yang memiliki kepadatan rendah, kekuatan spesifik tinggi, serta kemampuan formabilitas yang baik. Keunggulan tersebut menjadikan magnesium AZ31 sebagai kandidat material potensial untuk berbagai aplikasi industri seperti otomotif, kedirgantaraan, elektronik, dan biomedis [4]. Namun demikian, kelemahan utama dari magnesium adalah ketahanan korosi yang rendah akibat sifat elektrokimianya yang mudah teroksidasi [5]. Kondisi ini membatasi penggunaannya pada lingkungan yang rentan terhadap korosi, sehingga diperlukan metode perlindungan permukaan yang efektif untuk meningkatkan ketahanan dan umur pakainya.

Perkembangan pesat ilmu pengetahuan dan teknologi turut mendorong peningkatan kebutuhan masyarakat terhadap produk dengan kualitas dan ketahanan tinggi. Konsumen modern tidak hanya menuntut produk yang fungsional, tetapi juga memiliki nilai estetika dan daya tahan yang baik. Untuk memenuhi tuntutan tersebut, berbagai teknologi pengolahan permukaan dikembangkan, salah satunya adalah *electroplating*. Teknologi *electroplating* memungkinkan proses pelapisan logam pada permukaan material lain guna meningkatkan ketahanan korosi, kekerasan, serta penampilan visual produk [6].

Secara prinsip, *electroplating* merupakan proses pelapisan logam yang menggunakan arus listrik untuk mengendapkan ion logam dari larutan elektrolit ke permukaan substrat. Kualitas lapisan hasil pelapisan sangat bergantung pada parameter proses, seperti jenis larutan elektrolit, waktu pelapisan, dan kuat arus listrik [7]. Penggunaan larutan natrium hidroksida (NaOH) dalam proses ini diketahui mampu meningkatkan kestabilan reaksi dan efektivitas deposisi logam pelapis. Oleh karena itu, pengendalian parameter *electroplating* menjadi faktor kunci dalam memperoleh ketebalan lapisan yang optimal serta permukaan yang seragam dan halus.

Dalam konteks peningkatan ketahanan korosi magnesium AZ31, metode pelapisan nikel melalui proses *electroplating* telah menjadi salah satu pendekatan yang menjanjikan. Lapisan nikel berfungsi sebagai penghalang pelindung antara permukaan magnesium dan lingkungan korosif, sekaligus memperbaiki sifat mekanik permukaan seperti kekerasan dan ketahanan aus [8]. Dengan optimasi parameter proses, khususnya lama waktu pelapisan, diharapkan karakteristik lapisan yang dihasilkan dapat memberikan perlindungan optimal terhadap korosi serta meningkatkan performa magnesium AZ31 dalam berbagai aplikasi industri dan biomedis [9], [10].

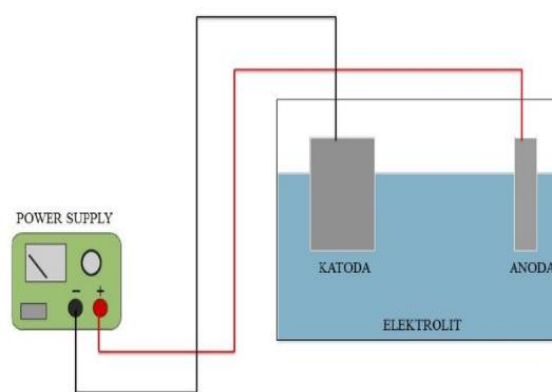
## 2. Alat dan Bahan

### 2.1. Persiapan bahan

Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah paduan magnesium AZ31 dengan dimensi spesimen sebesar  $40 \times 20 \times 5$  mm. Proses pelapisan dilakukan menggunakan larutan natrium hidroksida (NaOH) sebagai elektrolit dan natal nikel sebagai logam pelapis. Tegangan pelapisan dijaga konstan pada 5 volt, sedangkan durasi pelapisan divariasikan selama 10, 20, dan 30 menit untuk mengetahui pengaruh waktu terhadap karakteristik lapisan yang terbentuk.

## 3. Metode Penelitian

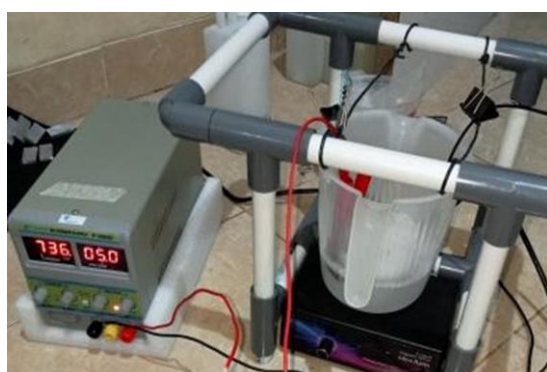
Sebelum proses pelapisan, spesimen magnesium AZ31 dibersihkan menggunakan larutan *etching* untuk menghilangkan kotoran dan oksida permukaan, kemudian dibilas dengan air deionisasi agar bebas dari kontaminan. Selama proses *electroplating*, spesimen dijepit pada posisi katoda, sementara logam nikel digunakan sebagai anoda. Proses pelapisan dilakukan di atas *magnetic stirrer* untuk menjaga homogenitas larutan elektrolit dan distribusi ion logam secara merata pada permukaan spesimen. Setelah proses pelapisan selesai, spesimen dibilas kembali menggunakan air deionisasi dan dikeringkan pada suhu ruang.



Gambar 1. *Electroplating* Magnesium AZ31



(a)



(b)

**Gambar 2.** Proses Pelapisan a). *Setting alat*, b). *Setting temperature*

Pengukuran ketebalan lapisan dilakukan menggunakan mikroskop mikro dengan pembesaran  $100\times$  untuk memperoleh nilai rata-rata ketebalan lapisan nikel pada beberapa titik pengamatan. Sementara itu, pengujian kekasaran permukaan dilakukan menggunakan Surface Roughness Tester, dengan parameter pengukuran meliputi Ra (*Roughness Average*), Rz (*Average Maximum Height*), dan Rv (*Maximum Valley Depth*).

## 4. Hasil dan pembahasan

### 4.1 Hasil Pelapisan

Proses *electroplating* yang dilakukan pada material magnesium AZ31 menunjukkan adanya perubahan signifikan pada morfologi dan karakteristik permukaan setelah dilakukan pelapisan menggunakan logam nikel. Sebelum dilakukan pelapisan, permukaan magnesium AZ31 tampak relatif kasar dan tidak homogen. Hasil pengamatan dengan mikroskop mikro menunjukkan adanya goresan halus serta pori-pori kecil akibat proses fabrikasi dan pembersihan awal.

Setelah dilakukan proses *electroplating*, terjadi perubahan visual dan struktural yang jelas pada permukaan magnesium AZ31. Lapisan nikel terbentuk secara merata menutupi permukaan substrat, memberikan tampilan yang lebih mengkilap dan homogen. Hasil pengukuran ketebalan lapisan menggunakan mikroskop mikro menunjukkan bahwa peningkatan waktu pelapisan berbanding lurus dengan ketebalan lapisan yang terbentuk.



**Gambar 3.** Magnesium sebelum *electroplating*



**Gambar 4.** Magnesium setelah *electroplating*

### 4.2 Ketebalan Lapisan

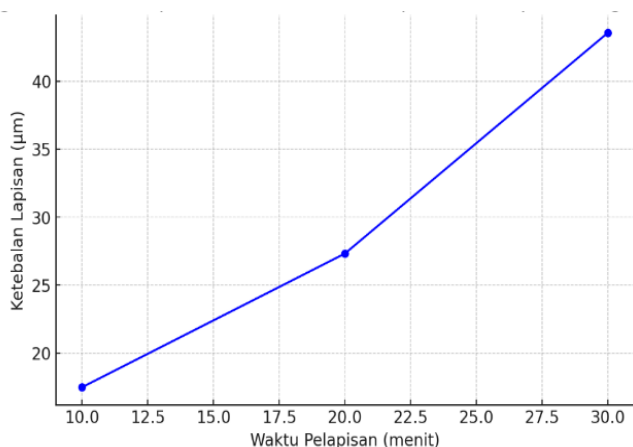
Ketebalan lapisan yang terbentuk pada spesimen magnesium AZ31 selama proses *electroplating* sangat dipengaruhi oleh durasi waktu pelapisan. Secara teori, semakin lama waktu *electroplating*, maka semakin tebal lapisan nikel yang diendapkan pada permukaan magnesium. Hal ini terjadi karena durasi yang lebih panjang memberikan kesempatan lebih banyak bagi ion-ion nikel dalam larutan untuk tereduksi dan menempel pada permukaan katoda.

Pengujian ketebalan lapisan dilakukan menggunakan mikroskop mikro dengan pembesaran  $100\times$  untuk mengevaluasi hasil pelapisan pada tiga variasi waktu, yaitu 10 menit, 20 menit, dan 30 menit. Hasil pengamatan menunjukkan adanya peningkatan ketebalan lapisan seiring bertambahnya waktu pelapisan. Pada waktu pelapisan 10 menit, ketebalan rata-rata lapisan nikel yang terbentuk adalah sekitar  $17.49\ \mu\text{m}$ , sedangkan pada waktu 20 menit meningkat menjadi  $27.32\ \mu\text{m}$ . Ketebalan maksimum diperoleh pada waktu pelapisan 30 menit, dengan nilai rata-rata mencapai  $43.55\ \mu\text{m}$ . Peningkatan ketebalan lapisan ini menunjukkan bahwa durasi waktu memiliki pengaruh langsung terhadap jumlah ion nikel yang berhasil terdeposisi. Namun demikian, perlu diperhatikan bahwa pelapisan dengan waktu terlalu lama dapat menyebabkan pertumbuhan kristal yang tidak seragam, menghasilkan permukaan yang kurang halus dan meningkatkan risiko pengelupasan lapisan. Oleh karena itu, berdasarkan hasil pengamatan, waktu pelapisan 20 menit dapat dianggap sebagai durasi optimal, karena menghasilkan lapisan dengan ketebalan yang cukup tinggi serta distribusi yang merata tanpa menyebabkan peningkatan kekasaran yang signifikan.

Hasil ini sejalan dengan teori *electroplating* yang menyatakan bahwa laju pertumbuhan lapisan logam berbanding lurus dengan waktu deposisi hingga mencapai titik jenuh, di mana efisiensi penempelan ion mulai menurun akibat resistansi lapisan yang terbentuk di permukaan. Dengan demikian, pengendalian waktu pelapisan menjadi parameter penting untuk memperoleh ketebalan dan kualitas lapisan yang optimal pada material magnesium AZ31.

**Tabel 1.** Hasil pelapisan MgAZ31 dengan Nikel

Spesimen	1	2	3
Waktu	10 menit	20 menit	30 menit
Ketebalan	17.49 $\mu\text{m}$	27.32 $\mu\text{m}$	43.55 $\mu\text{m}$



**Gambar 5.** Grafik Ketebalan Pelapisan MgAZ31 dan Nikel

Peningkatan ini disebabkan oleh deposisi ion nikel yang lebih banyak pada durasi pelapisan yang lebih lama. Namun, durasi yang terlalu lama (30 menit) dapat menyebabkan ketidakteraturan struktur lapisan. Dalam bidang biomedis, pelapisan nikel pada magnesium AZ31 melalui *electroplating* berperan penting dalam meningkatkan ketahanan korosi serta kompatibilitas biologis material implan. Durasi *electroplating* menjadi faktor utama yang menentukan ketebalan dan kualitas lapisan yang terbentuk. penambahan waktu *electroplating* dari 30 hingga 50 menit secara nyata meningkatkan ketebalan lapisan nikel, sehingga mampu mengurangi laju korosi material. Namun, ketebalan lapisan tidak selalu bertambah secara proporsional dengan bertambahnya waktu pelapisan.

Pada titik tertentu, pertumbuhan lapisan dapat mencapai batas jenuh, di mana penambahan durasi tidak lagi berdampak signifikan terhadap ketebalan. Kondisi ini terjadi akibat perubahan medan listrik di sekitar permukaan akibat akumulasi lapisan sebelumnya, yang menghambat proses deposisi ion nikel. Oleh karena itu, dalam penerapan biomedis, pemilihan waktu *electroplating* yang optimal sangat penting untuk memastikan ketebalan lapisan yang sesuai guna meningkatkan kinerja serta keamanan implan magnesium.

#### 4.3 Kekasaran Permukaan

Nilai kekasaran permukaan (*surface roughness*) merupakan salah satu parameter penting dalam mengevaluasi kualitas hasil *electroplating*. Permukaan yang lebih halus umumnya menunjukkan lapisan yang terbentuk secara merata dan memiliki daya lekat yang baik terhadap substrat. Pada penelitian ini, pengujian kekasaran permukaan dilakukan menggunakan Surface Roughness Tester dengan parameter utama Ra (*Roughness Average*), Rz (*Average Maximum Height*), dan Rv (*Maximum Valley Depth*).

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa nilai kekasaran permukaan mengalami perubahan signifikan pada setiap variasi waktu pelapisan. Nilai Ra mencapai titik optimal pada durasi pelapisan 20 menit, yaitu sebesar 0.780  $\mu\text{m}$ , yang menunjukkan permukaan paling halus dan merata. Hal ini mengindikasikan bahwa proses deposisi nikel pada waktu

tersebut berlangsung stabil dan homogen, sehingga menghasilkan lapisan dengan struktur mikro yang seragam.

Namun, pada durasi pelapisan 30 menit, nilai Ra meningkat menjadi 1.696  $\mu\text{m}$ , disertai kenaikan nilai Rz dan Rv. Peningkatan ini disebabkan oleh terjadinya pertumbuhan lapisan yang tidak seragam akibat akumulasi ion nikel berlebih di permukaan, yang menyebabkan terbentuknya tonjolan kristal (*nodular growth*) dan penumpukan partikel pada beberapa area tertentu. Akibatnya, permukaan lapisan menjadi lebih kasar dan berpotensi menurunkan ketahanan korosi akibat terbentuknya titik-titik konsentrasi tegangan mikro.

Fenomena ini menunjukkan pentingnya pengendalian parameter waktu pelapisan dalam proses *electroplating* untuk memperoleh permukaan dengan morfologi optimal. Waktu pelapisan yang terlalu singkat dapat menghasilkan lapisan tipis dan tidak merata, sedangkan waktu yang terlalu lama dapat menyebabkan pertumbuhan lapisan berlebih dan peningkatan kekasaran. Dengan demikian, durasi 20 menit dapat dianggap sebagai kondisi pelapisan paling ideal dalam penelitian ini, karena menghasilkan keseimbangan antara ketebalan lapisan dan kehalusan permukaan.

Dalam konteks aplikasi biomedis, penggunaan nikel sebagai lapisan pelindung pada magnesium AZ31 berperan penting untuk meningkatkan ketahanan terhadap korosi dan sifat mekanik permukaan, yang merupakan faktor krusial dalam pengembangan implan biodegradabel. Permukaan yang halus dan seragam akan meminimalkan laju korosi, meningkatkan biokompatibilitas, serta memperpanjang umur pakai implan di dalam tubuh.

#### 4.4 Hubungan Ketebalan dan Kekasaran

Analisis hasil menunjukkan bahwa meskipun ketebalan lapisan nikel meningkat seiring dengan bertambahnya durasi waktu *electroplating*, kekasaran permukaan tidak selalu menunjukkan pola penurunan yang sebanding. Fenomena ini menandakan bahwa terdapat batas waktu optimal di mana kualitas permukaan mencapai kondisi terbaik. Pada penelitian ini, waktu pelapisan 20 menit terbukti memberikan kombinasi paling ideal antara ketebalan lapisan dan kekasaran permukaan yang rendah.

Secara teoritis, lapisan yang lebih tebal diharapkan mampu mengisi ketidakteraturan permukaan substrat sehingga menghasilkan permukaan yang lebih halus. Namun, hasil pengamatan menunjukkan bahwa faktor lain seperti homogenitas deposisi logam, ukuran butir kristal, serta tegangan internal pada lapisan juga berpengaruh signifikan terhadap nilai kekasaran yang dihasilkan. Ketika proses pelapisan dilakukan terlalu lama, seperti pada durasi 30 menit, pertumbuhan lapisan menjadi tidak stabil akibat akumulasi ion nikel berlebih di permukaan, yang dapat menimbulkan struktur permukaan nodular (berbenjol) dan peningkatan kekasaran lokal.

Selain itu, ketebalan yang berlebih juga dapat menyebabkan tegangan sisa (*residual stress*) di dalam lapisan, sehingga lapisan menjadi lebih rentan terhadap retak mikro (*microcrack*) atau pengelupasan (*delamination*). Hal ini menjelaskan mengapa peningkatan waktu pelapisan tidak selalu diikuti dengan peningkatan kualitas permukaan. Oleh karena itu, pengendalian parameter waktu pelapisan menjadi faktor kunci dalam proses *electroplating* untuk mencapai keseimbangan antara ketebalan, kekasaran, dan stabilitas lapisan yang terbentuk.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa peningkatan ketebalan lapisan memang berkontribusi terhadap perlindungan korosi, namun hanya sampai pada titik tertentu. Setelah melewati durasi optimal, efek negatif berupa peningkatan kekasaran dan ketidakseragaman lapisan mulai muncul. Oleh karena itu, waktu pelapisan 20 menit direkomendasikan sebagai kondisi paling efisien untuk menghasilkan lapisan nikel yang tebal, halus, dan stabil pada substrat magnesium AZ31.

#### 4. Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa durasi waktu pelapisan memiliki pengaruh yang signifikan terhadap ketebalan lapisan dan kekasaran permukaan pada material magnesium AZ31 yang dilapisi dengan nikel melalui proses *electroplating*. Semakin lama waktu pelapisan, semakin besar ketebalan lapisan nikel yang terbentuk akibat peningkatan jumlah ion logam yang terdeposisi di permukaan. Namun demikian, peningkatan waktu pelapisan tidak selalu diikuti oleh perbaikan kualitas permukaan, karena durasi yang terlalu lama dapat menyebabkan pertumbuhan lapisan yang tidak seragam dan peningkatan nilai kekasaran.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa durasi pelapisan 20 menit merupakan kondisi paling optimal dengan ketebalan lapisan sebesar 27,32  $\mu\text{m}$  dan nilai kekasaran permukaan terendah sebesar 0,780  $\mu\text{m}$ . Kondisi ini menghasilkan lapisan nikel yang merata, halus, dan memiliki kualitas adhesi yang baik terhadap substrat magnesium AZ31.

Untuk aplikasi industri, parameter pelapisan ini dapat dijadikan acuan dalam proses *electroplating* magnesium AZ31 guna meningkatkan ketahanan korosi, kualitas permukaan, serta keandalan mekanik material. Selain itu, hasil penelitian ini juga dapat menjadi dasar bagi studi lanjutan dalam mengoptimalkan parameter *electroplating* lainnya, seperti variasi tegangan, jenis elektrolit, dan suhu pelapisan, untuk memperoleh performa lapisan yang lebih unggul dan berkelanjutan.

#### Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pendanaan Hibah BIMA Kemenristekdikti tahun 2019.

#### Daftar Pustaka

- [1]. H. Anuar, A. M. Ariffin, A. F. Ismail, dan M. A. A. Mohd Salleh, "Effect of NaOH and NaCl electrolyte on electrodeposition of magnesium," *Int. J. Electrochem. Sci.*, vol. 12, pp. 1231–1243, 2017.
- [2]. E. Budiando, *Elektrokimia: Dasar dan Aplikasinya*. Jakarta: Prenadamedia Group, 2020.
- [3]. W. D. Callister dan D. G. Rethwisch, *Materials Science and Engineering: An Introduction*, 10th ed. New York: Wiley, 2020.
- [4]. R. R. Hasibuan dan H. Siahaan, "Pengaruh variasi waktu pelapisan terhadap ketebalan lapisan nikel pada logam kuningan dengan metode *electroplating*," *J. Tek. Kim. USU*, vol. 9, no. 1, pp. 29–34, 2020.
- [5]. Y. S. Irawan, "Karakteristik mikrostruktur dan korosi magnesium dan paduannya," *J. Teknol.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–10, 2008.
- [6]. M. Jamil, "Pengaruh temperatur dan konsentrasi larutan terhadap laju korosi magnesium," *J. Tek. Mesin*, vol. 6, no. 2, pp. 90–96, 2017.
- [7]. D. Kurniawan dan S. Suprpto, "Studi pengaruh variasi arus dan waktu pelapisan terhadap hasil lapisan nikel pada besi," *J. Tek. Mesin*, vol. 5, no. 1, pp. 45–50, 2016.
- [8]. J. Li, Y. Wang, Y. Zhao, X. Zhang, dan Q. Liu, "Corrosion resistance and mechanical properties of AZ31 magnesium alloy with Ni-P coating," *Surf. Coat. Technol.*, vol. 235, pp. 790–796, 2013.
- [9]. R. Mulyadi, *Proses Electroplating: Teori dan Praktik*. Yogyakarta: ANDI, 2015.
- [10]. M. L. Siregar, "Pengaruh variasi waktu *electroplating* terhadap kekasaran permukaan dan kekerasan lapisan nikel pada logam aluminium," *J. Tek. Mesin*, vol. 8, no. 1, pp. 55–60, 2019.