



Contents list available at [Sinta](https://sinta)

ARMATUR

: Artikel Teknik Mesin & Manufaktur

Journal homepage: <https://scholar.ummetro.ac.id/index.php/armatur>



Perancangan Prototype Alat Elektroplating Berbasis Arduino Uno dan Validasi Kinerja Melalui Karakterisasi Pelapisan PLA

I Made Ivan Wiyarta Cakra Sujana ^{1*}, Rijal Surya Rahmany ², Faisal Manta ³

^{1,2,3}Prodi Teknik Mesin, Institut Teknologi Kalimantan, Jalan Soekarno-Hatta Balikpapan 76127

ARTICLE INFO

Keywords: Electroplating, Arduino Uno, Polylactic Acid (PLA), Zinc Coating, Impact Testing

ABSTRACT

Electroplating is a metal coating process used to enhance the surface properties of materials, including corrosion resistance, hardness, wear resistance, and surface appearance. The quality of the deposited coating is strongly influenced by the stability of electrical parameters and the distribution of metal ions during the deposition process. This study aimed to design and develop an Arduino Uno-based electroplating prototype capable of monitoring electrical parameters while improving coating uniformity through a specimen rotation mechanism. The prototype integrates an Arduino Uno, an XL4015 Constant Voltage/Constant Current (CV/CC) module, an LM2596 DC-DC converter, a DC voltage sensor, a digital volt-amp meter, and an MG996R servo motor. The prototype performance was validated through zinc electroplating on Polylactic Acid (PLA) specimens, followed by Charpy impact testing in accordance with ASTM D256. The results demonstrated that the prototype operated stably throughout the electroplating process and successfully produced a zinc coating covering the entire specimen surface without significant coating defects. Impact testing showed that the average absorbed impact energy increased from 0.1738 J to 0.1942 J, while the impact strength increased from 0.00171 J/mm² to 0.00191 J/mm², representing an improvement of approximately 11.8%. Furthermore, the reduction in standard deviation after electroplating indicates that the developed system produced a more uniform coating. These findings demonstrate that the proposed Arduino Uno-based electroplating prototype effectively

*Corresponding author: made.sujana@lecturer.itk.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.24127/armatur.v7i2.12616>

Received 20 July 2026; Received in revised form 5 August 2026; Accepted 7 August 2026

Available online 10 August 2026

Pendahuluan

Elektroplating merupakan salah satu proses pelapisan logam yang banyak digunakan dalam industri manufaktur untuk meningkatkan kualitas permukaan suatu material. Proses ini dilakukan melalui reaksi elektrolisis dengan mengendapkan ion logam dari larutan elektrolit ke permukaan benda kerja menggunakan arus listrik searah (DC) [1]. Hasil pelapisan dapat meningkatkan ketahanan terhadap korosi, kekerasan permukaan, ketahanan aus, serta memberikan tampilan permukaan yang lebih baik [2]. Selain diaplikasikan pada material logam, perkembangan teknologi manufaktur aditif membuka peluang penerapan *elektroplating* pada material polimer seperti *Polylactic Acid* (PLA) guna meningkatkan sifat mekanik maupun karakteristik permukaannya [3].

Keberhasilan proses *elektroplating* sangat dipengaruhi oleh kestabilan parameter proses, seperti tegangan, arus listrik, waktu pelapisan, dan distribusi ion logam di sekitar permukaan spesimen [4][5]. Pada sistem *elektroplating* skala laboratorium maupun industri kecil, pengaturan parameter tersebut umumnya masih dilakukan secara manual sehingga perubahan tegangan dan arus selama proses dapat menyebabkan ketebalan lapisan menjadi tidak seragam. Selain itu, posisi spesimen yang diam selama proses pelapisan dapat mengakibatkan distribusi ion logam tidak merata sehingga kualitas lapisan yang dihasilkan menjadi kurang optimal [6]. Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem yang mampu memantau parameter kelistrikan sekaligus membantu menghasilkan distribusi pelapisan yang lebih homogen.

Perkembangan teknologi mikrokontroler memberikan alternatif untuk meningkatkan kualitas proses *elektroplating* melalui penerapan sistem kendali berbasis Arduino Uno [7]. Mikrokontroler ini

memiliki keunggulan berupa kemudahan pemrograman, biaya yang relatif rendah, serta kompatibel dengan berbagai sensor dan aktuator [8]. Pada penelitian ini Arduino Uno diintegrasikan dengan modul pengatur tegangan dan arus konstan (XL4015), sensor tegangan, digital volt-amp meter, serta servo motor MG996R. Servo motor digunakan untuk menggerakkan spesimen selama proses *elektroplating* sehingga distribusi ion logam di sekitar permukaan spesimen menjadi lebih merata. Dengan kombinasi tersebut diharapkan proses pelapisan dapat berlangsung lebih stabil dan menghasilkan lapisan yang lebih seragam [9].

Penelitian ini bertujuan merancang dan merealisasikan *prototype* alat *elektroplating* berbasis Arduino Uno sebagai sistem *monitoring* dan pengendali proses pelapisan. Kinerja *prototype* divalidasi melalui proses *elektroplating zinc* pada spesimen PLA, kemudian dievaluasi menggunakan pengujian impak untuk membandingkan karakteristik mekanik antara spesimen tanpa pelapisan (*non-coating*) dan spesimen yang telah mengalami pelapisan (*coating zinc*). Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi alternatif pengembangan sistem *elektroplating* skala laboratorium yang sederhana, ekonomis, dan mampu menghasilkan proses pelapisan yang lebih stabil.

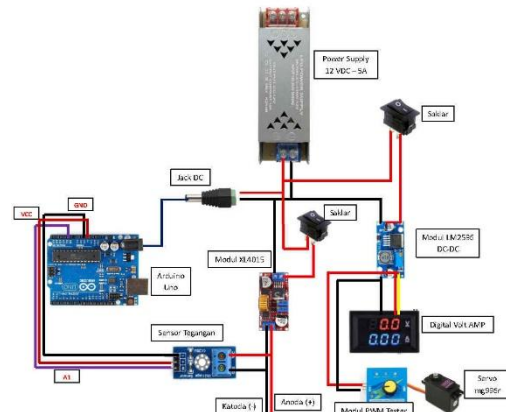
Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental yang diawali dengan perancangan dan pembuatan *prototype* alat *elektroplating* berbasis Arduino Uno, kemudian dilanjutkan dengan pengujian kinerja alat melalui proses pelapisan zinc pada spesimen *Polylactic Acid* (PLA). Tahapan penelitian meliputi perancangan sistem elektronik, perakitan *prototype*, pengujian fungsi setiap komponen, pelaksanaan proses *elektroplating*, serta

karakterisasi hasil pelapisan menggunakan pengujian impak.

Perancangan Prototype *Elektroplating*

Prototype elektroplating dirancang dengan mengintegrasikan sistem catu daya, pengaturan arus dan tegangan, sistem *monitoring*, serta mekanisme penggerak spesimen dalam satu kesatuan alat. Sistem menggunakan sumber tegangan DC 12 V sebagai catu daya utama yang didistribusikan ke seluruh rangkaian [10]. Arduino Uno berfungsi sebagai pusat monitoring dengan membaca tegangan keluaran proses *elektroplating* melalui sensor tegangan DC yang terhubung pada pin analog A1, sehingga kondisi sistem dapat dipantau selama proses berlangsung. Pengaturan parameter pelapisan dilakukan menggunakan modul XL4015 yang bekerja sebagai *Constant Voltage/Constant Current* (CV/CC) untuk menjaga kestabilan tegangan dan arus sesuai kebutuhan proses, sedangkan modul LM2596 digunakan sebagai penurun tegangan untuk memenuhi kebutuhan sistem kontrol [11]. *Monitoring* parameter listrik dilakukan menggunakan digital volt-amp meter yang menampilkan nilai tegangan dan arus secara *real-time*, sementara servo motor MG996R berfungsi sebagai aktuator untuk menggerakkan spesimen selama proses *elektroplating*. Pergerakan spesimen dirancang untuk membantu meningkatkan pemerataan distribusi ion logam pada permukaan benda kerja sehingga diharapkan menghasilkan lapisan yang lebih homogen. Diagram rangkaian *prototype elektroplating* berbasis Arduino Uno ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Rangkaian elektronik dari elektroplating

Perancangan Prototype *Elektroplating*

Prototype elektroplating yang dikembangkan terdiri atas beberapa komponen utama yang saling terintegrasi untuk membentuk sistem kendali dalam proses pelapisan logam. Setiap komponen memiliki fungsi spesifik, mulai dari pengendalian sistem, penyediaan catu daya, hingga pelaksanaan proses *elektroplating*. Spesifikasi komponen yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Komponen utama yang digunakan pada prototype

Komponen	Spesifikasi
Arduino Uno	ATmega328P
Power Supply DC	12 DC – 5 A
Modul LM2596 DC-DC	Step-down converter, output dapat diatur
Modul XL4015	DC-DC Step-down Constant Voltage/Constant Current (CV/CC)
Sensor Tegangan	DC Voltage Sensor Module 0–25 V
Digital Volt-Amp Meter	Panel meter DC untuk monitoring tegangan dan arus
Modul PWM Tester	Pengatur sinyal PWM servo
Servo Motor	MG996R, torsi ± 11 kg·cm
Saklar ON/OFF	Rocker switch 2 pin
Jack DC	Konektor input catu daya 12 VDC

Berdasarkan komponen yang telah dirancang, seluruh perangkat kemudian diintegrasikan menjadi sebuah *prototype elektroplating* skala laboratorium. *Prototype*

elektroplating berbasis Arduino Uno yang telah direalisasikan ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Prototype elektroplating berbasis arduino

Implementasi Sistem

Implementasi sistem dilakukan dengan mengintegrasikan seluruh komponen elektronik dan mekanik sesuai dengan rancangan yang telah dibuat. Arduino Uno diprogram menggunakan perangkat lunak Arduino IDE. Data hasil pembacaan kemudian dikirim melalui komunikasi serial dan direkam secara *real-time* menggunakan fitur *Data Streamer* pada Microsoft Excel. Penggunaan *Data Streamer* memungkinkan proses akuisisi, penyimpanan, dan visualisasi data tegangan dilakukan secara langsung selama proses *elektroplating* berlangsung [12].

Parameter proses *elektroplating* yang digunakan pada penelitian ini meliputi tegangan, arus, waktu pelapisan, dan kecepatan pergerakan spesimen. Parameter tersebut ditentukan berdasarkan kemampuan sistem catu daya dan kebutuhan proses deposisi zinc agar diperoleh lapisan yang stabil dan merata. Parameter *elektroplating* yang digunakan disajikan pada Tabel 2, sedangkan komposisi larutan elektrolit zinc ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 2. Parameter *Elektroplating*

Parameter	Nilai
Tegangan	4 V
Arus	0-2 A
Waktu plating	60 menit
Kecepatan servo	40 RPM

Tabel 3. Komposisi Larutan Zinc [13]

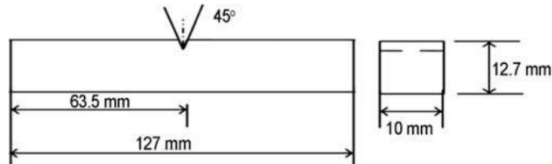
Parameter	Nilai Standar
Zinc Chloride (ZnCl ₂)	50 – 60 g/L
Potassium Chloride (KCl)	190 – 210 g/L
Boric Acid (H ₃ BO ₃)	25 -35 g/L
Zat Aditif (Carrier/Brightener)	1 – 4 ml/L
Derajat Keasaman (pH)	4.8 -5.5

Program yang dikembangkan terdiri atas beberapa fungsi utama, yaitu inisialisasi pin masukan dan keluaran, pembacaan data sensor tegangan, konversi sinyal analog menjadi nilai tegangan aktual, serta pengiriman data hasil pengukuran ke Microsoft Excel melalui *Data Streamer* untuk keperluan *monitoring* dan pencatatan data secara kontinu. Sementara itu, pengaturan besar tegangan dan arus proses *elektroplating* dilakukan menggunakan modul XL4015, sedangkan pengaturan kecepatan putar servo MG996R dilakukan melalui modul PWM Tester. Dengan pembagian fungsi tersebut, sistem mampu melakukan *monitoring* tegangan secara *real-time* serta menghasilkan data pengukuran yang terdokumentasi secara otomatis untuk mendukung proses analisis selama pelaksanaan *elektroplating*.

Prosedur Pengujian

Pengujian *prototype* dilakukan menggunakan spesimen *Polylactic Acid* (PLA) yang dibagi menjadi dua kelompok, yaitu spesimen tanpa pelapisan (*non-coating*) dan spesimen yang dilapisi zinc (*coating zinc*). Masing-masing kelompok terdiri atas lima spesimen. Sebelum dilakukan pengujian impak, spesimen dibuat

sesuai dengan standar ASTM D256 dengan dimensi panjang 127 mm, lebar 12,7 mm, tebal 10 mm, serta diberi takikan (V-notch) bersudut 45° sebagai titik konsentrasi tegangan. Standar dimensi spesimen uji impact yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Standar Pengujian Impact ASTM D256 [14]

Tahapan pengujian *prototype* dilakukan sebagai berikut.

- Menyiapkan larutan elektrolit dan memasang elektroda pada bak *electroplating*.
- Memasang spesimen PLA sebagai katoda dan elektroda zinc sebagai anoda.
- Mengatur nilai tegangan dan arus menggunakan modul XL4015 sesuai parameter proses yang telah ditentukan.
- Mengaktifkan sistem *electroplating* dan menjalankan proses pelapisan hingga waktu yang ditentukan tercapai.
- Membersihkan dan mengeringkan spesimen setelah proses *electroplating* selesai.
- Melakukan pengamatan visual terhadap permukaan spesimen untuk mengevaluasi hasil pelapisan.
- Melaksanakan pengujian impact terhadap dua kelompok spesimen, yaitu *non-coating* dan *coating zinc*, sesuai standar ASTM D256.
- Mencatat nilai energi impact dan menghitung nilai impact sebagai dasar evaluasi kinerja *prototype electroplating*.
- Membandingkan hasil pengujian antara spesimen tanpa pelapisan dan spesimen yang telah dilapisi zinc untuk mengetahui pengaruh proses *electroplating* terhadap karakteristik mekanik material.

Setelah pengujian impact dilakukan sesuai standar ASTM D256, nilai energi yang diserap oleh setiap spesimen dicatat dan digunakan untuk menghitung nilai ketangguhan impact (*impact strength*). Berdasarkan nilai *impact strength* dihitung menggunakan Persamaan 1 [15].

$$IS = \frac{E_a}{A} \quad (1)$$

dengan:

- IS = *impact strength*
- E = *absorbed energy* (J)
- A = *cross-sectional area of the specimen* (mm²)

dan dijelaskan bahwa untuk mencari *cross-sectional area of the specimen* menggunakan persamaan 2 dan 3 [15].

$$b = W - a \quad (2)$$

$$A = b \times h \quad (3)$$

dengan:

- W = lebar spesimen,
- a = kedalaman notch,
- b = lebar sisa setelah notch
- h = tebal spesimen.

Perhitungan Data Pengujian

Data hasil pengujian impact dianalisis secara deskriptif menggunakan nilai rata-rata (*mean*) dan standar deviasi untuk mengetahui kecenderungan nilai pengujian serta tingkat penyebaran data pada setiap variasi spesimen. Nilai rata-rata dihitung menggunakan Persamaan 3 [16].

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (3)$$

dengan:

- $\bar{x}$ = nilai rata-rata
- x_i = nilai pengujian ke- i
- n = jumlah spesimen

Selanjutnya, tingkat penyebaran data dihitung menggunakan standar deviasi sampel sebagaimana ditunjukkan pada Persamaan 4 [17].

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (4)$$

dengan:

- SD = standar deviasi
- $\bar{x}$ = nilai rata-rata
- x_i = nilai pengujian ke-i
- n = jumlah spesimen

Hasil dan Pembahasan

Prototype berhasil dirancang menggunakan Arduino Uno sebagai pengendali utama dengan sistem suplai daya 12 VDC. Modul XL4015 mampu menjaga kestabilan tegangan dan arus selama proses *elektroplating* berlangsung, sedangkan digital volt-amp meter memberikan informasi parameter listrik secara langsung. Integrasi servo motor MG996R memungkinkan spesimen bergerak selama proses pelapisan sehingga diharapkan distribusi ion zinc pada permukaan spesimen menjadi lebih merata.

Hasil Pelapisan Spesimen

Setelah proses *elektroplating* selesai, seluruh spesimen PLA dibersihkan dan dikeringkan sebelum dilakukan karakterisasi mekanik. Hasil pelapisan ditunjukkan pada Gambar 4, yang memperlihatkan bahwa permukaan spesimen telah tertutup lapisan zinc dengan warna abu-abu keperakan. Secara visual, lapisan terbentuk pada seluruh permukaan spesimen, meskipun masih terlihat sedikit variasi tingkat kilap dan tekstur pada beberapa spesimen. Variasi tersebut kemungkinan disebabkan oleh distribusi arus listrik, posisi spesimen selama proses *elektroplating*, serta laju deposisi ion zinc yang tidak sepenuhnya seragam pada setiap permukaan.



Gambar 4. Hasil pelapisan

Berdasarkan hasil pengamatan visual, tidak ditemukan cacat pelapisan yang signifikan seperti pengelupasan (*peeling*) atau bagian permukaan yang tidak tertutup lapisan. Hal ini menunjukkan bahwa *prototype elektroplating* berbasis Arduino Uno mampu menghasilkan proses deposisi zinc yang berlangsung dengan baik. Penggunaan modul XL4015 sebagai pengatur tegangan dan arus konstan serta mekanisme pergerakan spesimen menggunakan servo motor membantu menjaga kestabilan proses pelapisan sehingga lapisan yang dihasilkan relatif merata pada setiap spesimen.

Spesimen yang telah dilapisi selanjutnya digunakan sebagai benda uji pada pengujian impak untuk mengevaluasi pengaruh lapisan zinc terhadap kemampuan material dalam menyerap energi benturan.

Hasil Pengujian Impak

Pengujian impak dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh proses *elektroplating* zinc terhadap kemampuan spesimen PLA dalam menyerap energi akibat beban kejut. Pengujian dilaksanakan menggunakan metode *Charpy* sesuai standar ASTM D256 terhadap dua kelompok spesimen, yaitu spesimen tanpa pelapisan (*non-coating*) dan spesimen yang telah dilapisi zinc (*coating zinc*). Masing-masing kelompok terdiri atas tiga spesimen. Hasil pengujian energi impak dan nilai impak ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil pengujian

Variasi Spesimen	No	Nilai Energi (J)	Nilai Impak (J/mm ²)
Non-Coating	1	0,1933	0,00190
	2	0,1626	0,00160
	3	0,1654	0,00163
	Rata-rata	0,1738	0,00171
	tandar Deviasi	0,0171	0,00017
Coating Zinc	1	0,2045	0,00201
	2	0,1821	0,00179
	3	0,1961	0,00193
	Rata-rata	0,1942	0,00191
	tandar Deviasi	0,0114	0,00011

Dimensi spesimen

Diketahui:

- W = lebar awal spesimen = 12,7 mm
- a = kedalaman notch
- b = lebar sisa setelah notch

Sehingga

$$b = W - a$$

Jika notch mengikuti ASTM D256 (kedalaman 2,54 mm), maka:

$$b = 12,7 - 2,54$$

$$b = 10,16 \text{ mm}$$

Sedangkan:

- h = tebal spesimen = 10 mm

Jadi luas penampang efektif menjadi:

$$A = b \times h$$

$$A = 10,16 \times 10$$

$$A = 101,6 \text{ mm}^2$$

Non Coating

Sampel 1

Nilai impak

$$IS = \frac{E_a}{A}$$

$$IS = \frac{0.1933}{101.6}$$

$$IS = 0,00190 \text{ J/mm}^2$$

Coating Zinc

Sampel 1

Nilai impak

$$IS = \frac{E_a}{A}$$

$$IS = \frac{0.2045}{101,6}$$

$$IS = 0,00201 \text{ J/mm}^2$$

Berdasarkan hasil pengujian impak yang disajikan pada Tabel 4, spesimen PLA yang telah mengalami proses *elektroplating* zinc menunjukkan peningkatan kemampuan dalam menyerap energi benturan dibandingkan dengan spesimen tanpa pelapisan (*non-coating*). Pada kelompok *non-coating*, nilai energi impak berkisar antara 0,1626-0,1933 J dengan nilai rata-rata sebesar 0,1738 J dan standar deviasi sebesar 0,0171 J. Sementara itu, nilai impak berada pada rentang 0,00160-0,00190 J/mm² dengan nilai rata-rata sebesar 0,00171 J/mm² dan standar deviasi sebesar 0,00017 J/mm². Nilai standar deviasi yang relatif kecil menunjukkan bahwa hasil pengujian antarspesimen memiliki tingkat penyebaran data yang rendah sehingga hasil pengujian dapat dikatakan cukup konsisten.

Setelah dilakukan proses *elektroplating* zinc, terjadi peningkatan pada seluruh parameter pengujian. Nilai energi impak meningkat menjadi 0,1821-0,2045 J dengan rata-rata sebesar 0,1942 J, sedangkan nilai impak meningkat menjadi 0,00179-0,00201 J/mm² dengan rata-rata sebesar 0,00191 J/mm². Selain mengalami peningkatan nilai rata-rata, standar deviasi energi impak menurun menjadi 0,0114 J dan standar deviasi nilai impak menurun menjadi 0,00011 J/mm². Penurunan standar deviasi tersebut menunjukkan bahwa hasil pengujian pada spesimen yang telah dilapisi zinc lebih seragam dibandingkan dengan spesimen tanpa pelapisan, sehingga

mengindikasikan bahwa proses elektroplating menghasilkan kualitas pelapisan yang relatif lebih konsisten.

Berdasarkan nilai rata-ratanya, proses *elektroplating* zinc meningkatkan energi impak dari 0,1738 J menjadi 0,1942 J atau sekitar 11,7%. Selain itu, nilai impak juga meningkat dari 0,00171 J/mm² menjadi 0,00191 J/mm² atau sekitar 11,8%. Peningkatan tersebut menunjukkan bahwa lapisan zinc yang terbentuk pada permukaan spesimen mampu meningkatkan kemampuan material dalam menyerap energi benturan. Lapisan hasil *elektroplating* berfungsi sebagai lapisan pelindung yang memperbaiki karakteristik permukaan sehingga distribusi tegangan saat menerima beban kejut menjadi lebih merata.

Hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa *prototype elektroplating* berbasis Arduino Uno mampu menghasilkan proses pelapisan yang berjalan dengan baik. Penggunaan modul XL4015 sebagai pengatur tegangan dan arus konstan menjaga kestabilan parameter listrik selama proses *elektroplating*, sedangkan mekanisme pergerakan spesimen menggunakan servo motor MG996R membantu meningkatkan pemerataan distribusi ion zinc pada permukaan spesimen. Kombinasi kedua sistem tersebut menghasilkan lapisan yang lebih homogen, sebagaimana ditunjukkan oleh peningkatan nilai energi impak, peningkatan nilai impak, serta penurunan standar deviasi pada spesimen yang telah mengalami pelapisan zinc. Dengan demikian, *prototype* yang dirancang tidak hanya mampu menjalankan proses *elektroplating* secara stabil, tetapi juga memberikan peningkatan terhadap karakteristik mekanik spesimen PLA yang diuji.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa *prototype* alat *elektroplating* berbasis Arduino Uno berhasil dirancang dan

direalisasikan dengan mengintegrasikan Arduino Uno, modul XL4015 sebagai pengatur tegangan dan arus konstan (*Constant Voltage/Constant Current*), modul LM2596, sensor tegangan, digital volt-amp meter, serta servo motor MG996R sebagai penggerak spesimen selama proses pelapisan. Seluruh komponen bekerja sesuai dengan fungsi yang dirancang sehingga proses elektroplating dapat berlangsung secara stabil dan parameter kelistrikan dapat dimonitor secara *real-time* selama proses pelapisan.

Hasil pengamatan visual menunjukkan bahwa proses *elektroplating* menghasilkan lapisan zinc pada permukaan spesimen PLA yang ditandai dengan perubahan warna permukaan menjadi abu-abu keperakan. Hal ini menunjukkan bahwa proses deposisi logam berlangsung pada permukaan spesimen selama proses elektroplating.

Hasil pengujian impak menunjukkan bahwa spesimen yang telah mengalami pelapisan zinc memiliki rata-rata energi yang diserap sebesar 0,1942 J, lebih tinggi dibandingkan spesimen tanpa pelapisan sebesar 0,1738 J. Berdasarkan perhitungan menggunakan luas penampang efektif spesimen, rata-rata nilai impak meningkat dari 0,00171 J/mm² pada spesimen *non-coating* menjadi 0,00191 J/mm² pada spesimen coating zinc atau sekitar 11,8%.

Secara keseluruhan, *prototype elektroplating* berbasis Arduino Uno mampu mendukung proses pelapisan zinc secara stabil serta menghasilkan peningkatan kemampuan spesimen PLA dalam menyerap energi benturan berdasarkan hasil pengujian impak. Namun demikian, penelitian ini masih terbatas pada evaluasi melalui pengamatan visual dan pengujian impak. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan melakukan karakterisasi ketebalan dan morfologi lapisan, seperti menggunakan mikroskop optik, SEM, atau pengukuran ketebalan lapisan, untuk mengkaji hubungan antara kualitas lapisan zinc dan peningkatan sifat mekanik secara lebih komprehensif.

Referensi

- [1] Y. Yuwono, A. Asroni, T. C. Wahyudi, and B. Surono, "Pengaruh Variasi Waktu Celup Terhadap Ketebalan Lapisan Dan Pantulan Cahaya Pada Proses Elektroplating Tembaga," *Turbo J. Progr. Stud. Tek. Mesin*, vol. 13, no. 1, pp. 166–173, 2024, doi: 10.24127/trb.v13i1.3319.
- [2] F. Meyola, M. Alvin Reagen, and M. Adfa, "Elektroplating Timah dengan Penambahan Aditif Organik dan Aditif Komersial: Telaah Pustaka," *Rafflesia J. Nat. Appl. Sci.*, vol. 4, no. 2, pp. 277–287, 2024, doi: <https://doi.org/10.33369/rjna.v4i2.39400>.
- [3] L. Masbait and S. Aritonang, "Pengaruh Parameter Proses Elektroplating Terhadap Karakteristik Lapisan Dan Ketahanan Korosi Baja Karbon Rendah Dikaitkan Dengan Kapal," vol. 6, no. 2, pp. 29842–29846, 2026.
- [4] Kardiman and N. F. Program, "Pengaruh Kuat Arus dan Waktu Elektroplating Nikel terhadap Kekerasan dan Laju Korosi Baja Kardiman dkk / Jurnal Rekayasa Mesin," *J. Rekayasa Mesin*, vol. 16, no. 2, pp. 172–180, 2021, doi: <https://doi.org/10.32497/jrm.v16i2.2461>.
- [5] K. Mustopa, A. Hadi, and E. Nuraliansyah, "Efek kuat arus dan waktu proses elektroplating pada material baja," *Sultra J. Mech. Eng.*, vol. 1, no. 1, pp. 48–56, 2022, doi: <https://doi.org/10.54297/sjme.v1i1.308>.
- [6] A. Asroni, E. Budiyanto, T. C. Wahyudi, and I. W. Suarca, "Pengaruh temperatur elektrolit terhadap ketebalan dan kuat lekat baja karbon rendah pada proses elektroplating," *Turbo J. Progr. Stud. Tek. Mesin*, vol. 10, no. 2, pp. 60–66, 2021, doi: 10.24127/trb.v10i2.1755.
- [7] M. Bahtiar, S. I. Haryudo, A. I. Agung, and A. Chandra, "PEMBUATAN PROTOTYPE PENSTABIL TEGANGAN UNTUK MENGATASI GANGGUAN OVER-UNDER VOLTAGE BERBASIS ARDUINO UNO," *J. Tek. Elektro*, vol. 10, no. 01, pp. 119–126, 2021, doi: <https://doi.org/10.26740/jte.v10n1.p119-126>.
- [8] E. Radwitya and S. I. Alkadri, "PERANCANGAN ALAT MONITORING TEGANGAN DAN ARUS LISTRIK BERBASIS MIKROKONTROLER ARDUINO UNTUK RUMAH," *J. Simetrik*, vol. 16, no. 1, pp. 43–52, 2026, doi: <https://doi.org/10.31959/js.v16i1.3763>.
- [9] Y. Jiang *et al.*, "Strong and ductile electroplated heterogeneous bulk nanostructured nickel," *Materials (Basel)*, vol. 12, no. 10, 2019, doi: 10.3390/ma12101573.
- [10] D. N. Sirait, O. A. Rozak, A. Setiawan, and E. Sumarno, "RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING DAN OTOMASI PERBAIKAN KUALITAS DAYA DENGAN BANK KAPASITOR SKALA INDUSTRI KECIL," *Jitet*, vol. 13, no. 3, pp. 1463–1474, 2025.
- [11] M. H. Fahmi and W. Zamrudy, "STUDI LITERATUR PENGARUH KUAT ARUS, TEGANGAN, SUHU DAN WAKTU TERHADAP PELAPISAN LOGAM DENGAN METODE ELECTROPLATING," *DISTILAT J. Teknol. Separasi*, vol. 7, no. 9, pp. 406–413, 2021, doi: <https://doi.org/10.33795/distilat.v7i2.234>.
- [12] H. Rahman, C. D. Widiawaty, Hamdi, and E. N. Setijogiarto, "Sistem Akuisisi Data Berbasis Arduino Pada Rekayasa Prototipe Shell and Tube Heat Exchanger," *J. Poli-Teknologi*, vol. 19, no. 3, pp. 235–239, 2021, doi: 10.24127/trb.v10i2.1755.

- 10.32722/pt.v19i3.3307.
- [13] U. Draz, M. Waseem, and T. Iqbal, "Characterization and corrosion analysis of zinc coating by electrodeposition using acid chloride electrolyte solution," *Results in Surfaces and Interfaces*, vol. 20, no. 3, pp. 1–10, 2025, doi: 10.1016/j.rsufi.2025.100588.
 - [14] Y. Akmal, R. D. Widodo, and M. I. Nuryanta, "The effect of infill structure modification on impact and flexural strength of recycled PET filament in fused deposition modeling," *JTTM J. Terap. Tek. Mesin*, vol. 7, no. 2, pp. 326–337, 2026, doi: 10.37373/jttm.v7i2.2278.
 - [15] R. Kumar, K. Singh, E. Gogna, H. R. Sinha, and A. K. Sahoo, "Comparative analysis of mechanical and water absorption properties of nano/micro-sized alumina filler-based glass-jute hybrid composites," *Int. J. Integr. Eng.*, vol. 12, no. 4, pp. 104–115, 2020, doi: <https://doi.org/10.30880/ijie.2020.12.04.011>.
 - [16] L. D. Martias, "Statistika Deskriptif Sebagai Kumpulan Informasi," *Fihris J. Ilmu Perpust. dan Inf.*, vol. 16, no. 1, p. 40, 2021, doi: 10.14421/fhrs.2021.161.40-59.
 - [17] P. Saputra, "EFEK MODERASI KEBIJAKAN DIVIDEN PADA PENGARUH TAX AVOIDANCE TERHADAP NILAI PERUSAHAAN," *LITERA J. Literasi Akunt.*, vol. 3, no. 1, pp. 22–36, 2023, doi: 10.55587/jla.v3i1.89.