

## Analisis Uji Impak pada Elektroplating Krom Dekoratif Menggunakan Logam Basis Tembaga dengan Variasi Suhu

\*Zulfikar Maulana Putra, Sukainil Ahzan, Dwi Pangga

Fakultas Sains, Teknik, dan Terapan, Universitas Pendidikan Mandalika. Jl. Pemuda No. 59A  
Mataram, Indonesia

\*Corresponding Author e-mail: [zulfikarmaulana03@gmail.com](mailto:zulfikarmaulana03@gmail.com)

Received: May 2023; Revised: June 2023; Published: July 2023

### Abstrak

Penelitian ini mengkaji pengaruh variasi suhu selama proses elektroplating krom dekoratif terhadap kekuatan impak dan kecerahan logam dasar tembaga. Elektroplating dilakukan pada tiga suhu berbeda: 50°C, 60°C, dan 70°C. Hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu elektroplating yang lebih tinggi menghasilkan peningkatan kecerahan dan kekuatan impak sampel tembaga yang dilapisi. Secara khusus, kekuatan impak meningkat dari 1,8371 joule/mm<sup>2</sup> pada suhu 50°C menjadi 1,9259 joule/mm<sup>2</sup> pada suhu 70°C. Hal ini menunjukkan bahwa pengendalian suhu pelapisan sangat penting untuk mengoptimalkan sifat estetika dan mekanik dari logam yang dilapisi. Temuan ini sangat relevan bagi industri seperti otomotif dan dirgantara, di mana peningkatan performa mekanik dan kualitas permukaan sangat penting. Penelitian ini berkontribusi pada pemahaman yang lebih baik tentang peran suhu dalam proses elektroplating dan memberikan wawasan praktis untuk meningkatkan kualitas produk melalui optimasi suhu.

**Kata kunci:** Uji Impak, Elektroplating Krom Dekoratif, Logam Basis Tembaga, Variasi Suhu, Sifat Mekanik

### *Analysis of Impact Test on Decorative Chrome Electroplating Using Copper Base Metal with Temperature Variations*

#### *Abstract*

*This study investigates the effect of temperature variations during the decorative chrome electroplating process on the impact strength and brightness of copper-based metal. Electroplating was conducted at three different temperatures: 50°C, 60°C, and 70°C. The results indicated that higher electroplating temperatures lead to increased brightness and impact strength of the coated copper samples. Specifically, the impact strength increased progressively from 1.8371 joules/mm<sup>2</sup> at 50°C to 1.9259 joules/mm<sup>2</sup> at 70°C. This suggests that controlling the plating temperature is crucial for optimizing both the aesthetic and mechanical properties of electroplated metals. These findings are particularly relevant for industries such as automotive and aerospace, where enhanced mechanical performance and surface quality are critical. The study contributes to a better understanding of the role of temperature in the electroplating process and provides practical insights for improving product quality through temperature optimization.*

**Keywords:** Impact Test, Decorative Chrome Electroplating, Copper Base Metal, Temperature Variation, Mechanical Properties

**How to Cite:** Putra, Z. M., Ahzan, S., & Pangga, D. (2023). Analisis Uji Impak pada Elektroplating Krom Dekoratif Menggunakan Logam Basis Tembaga dengan Variasi Suhu. *Journal of Authentic Research*, 2(2), 115-125. <https://doi.org/10.36312/jar.v2i2.2141>



<https://doi.org/10.36312/jar.v2i2.2141>

Copyright© 2023, Putra et al.  
This is an open-access article under the CC-BY-SA License.



## PENDAHULUAN

Dalam era industri modern, logam memainkan peran vital sebagai material penunjang dalam berbagai proses produksi. Meskipun logam memiliki kekuatan mekanik yang tinggi, kebutuhan industri yang semakin kompleks menuntut peningkatan sifat mekanik logam, terutama dalam hal kekuatan impak. Salah satu metode yang banyak digunakan untuk meningkatkan sifat mekanik dan estetika logam adalah elektroplating, di mana logam dasar dilapisi dengan logam lain, seperti krom. Teknik ini tidak hanya meningkatkan daya tahan terhadap korosi tetapi juga

memperbaiki tampilan visual produk, yang sangat penting dalam aplikasi dekoratif seperti pada komponen otomotif (Putri & Handani, 2015).

Di wilayah Nusa Tenggara Barat (NTB), praktik elektroplating krom semakin berkembang, terutama di bengkel-bengkel variasi mobil dan motor. Pelapisan krom dekoratif diterapkan untuk meningkatkan tampilan komponen kendaraan agar lebih menarik. Namun, di balik manfaat estetika tersebut, penting untuk memastikan bahwa proses pelapisan tidak mengurangi kualitas mekanis logam dasar, khususnya kekuatan impak. Suarsana (2008) menunjukkan bahwa variasi waktu pelapisan mempengaruhi ketebalan dan kualitas lapisan, yang secara tidak langsung dapat memengaruhi kekuatan mekanik. Oleh karena itu, penelitian ini penting untuk memahami bagaimana variasi suhu selama proses elektroplating mempengaruhi kekuatan impak logam dasar, khususnya tembaga.

Masalah utama yang dihadapi dalam proses elektroplating adalah bagaimana variasi parameter proses, seperti suhu, mempengaruhi sifat mekanik logam dasar setelah pelapisan. Kekuatan impak, yang merupakan parameter kritis dalam banyak aplikasi industri, mungkin terpengaruh oleh variasi suhu selama proses pelapisan. Penelitian sebelumnya oleh Putri dan Handani (2015) mengungkapkan bahwa variasi waktu pelapisan memengaruhi kuat tarik, kuat tekan, dan kekerasan dari logam yang dilapisi, namun pengaruh suhu pada kekuatan impak belum diteliti secara menyeluruh.

Untuk mengatasi masalah ini, perlu dilakukan uji impak pada logam dasar tembaga yang telah dilapisi krom dengan variasi suhu selama proses elektroplating. Uji impak ini akan memberikan gambaran yang lebih jelas tentang bagaimana pelapisan krom pada logam dasar tembaga berperilaku di bawah kondisi suhu yang berbeda, terutama dalam hal kekuatan terhadap benturan. Dengan demikian, penelitian ini berusaha untuk menjawab pertanyaan bagaimana variasi suhu mempengaruhi kekuatan impak dari logam dasar yang telah dilapisi krom, guna memastikan bahwa produk akhir memenuhi standar kekuatan yang dibutuhkan dalam aplikasi industri.

Penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa variasi parameter proses elektroplating, seperti waktu dan suhu, dapat mempengaruhi sifat mekanik dan fisik logam yang dilapisi. Putri dan Handani (2015) dalam studinya menunjukkan bahwa variasi waktu pelapisan mempengaruhi sifat mekanik tembaga yang dilapisi nikel karbonat ( $\text{NiCO}_3$ ), dengan hasil terbaik pada waktu pelapisan 15 menit untuk kuat tarik, kuat tekan, dan kekerasan. Penelitian ini menyoroti pentingnya pengendalian waktu proses elektroplating, tetapi tidak membahas pengaruh suhu, yang menjadi fokus dalam penelitian ini.

Selain itu, Suarsana (2008) menekankan bahwa variasi waktu pelapisan memengaruhi ketebalan lapisan dan iluminasi cahaya pada tembaga yang dilapisi nikel, dengan ketebalan dan nilai iluminasi tertinggi pada waktu pelapisan 20 menit. Meskipun demikian, hasil ini menunjukkan adanya pengaruh signifikan dari parameter proses lain seperti waktu, yang dapat diperluas menjadi penelitian tentang pengaruh suhu pada kekuatan impak.

Secara umum, literatur menunjukkan bahwa parameter proses elektroplating lainnya, seperti jenis logam pelapis dan waktu, telah banyak diteliti (Putri & Handani, 2015; Suarsana, 2008), namun pengaruh suhu dalam konteks kekuatan impak logam dasar yang dilapisi krom masih belum diteliti secara mendalam. Hal ini membuka

peluang untuk penelitian yang lebih terfokus pada pengaruh suhu, yang sangat relevan mengingat aplikasi industri yang membutuhkan sifat mekanik unggul dari logam yang dilapisi.

Penelitian mengenai pengaruh suhu dalam proses elektroplating telah menunjukkan bahwa suhu dapat mempengaruhi laju deposisi, struktur mikro, dan sifat mekanik dari lapisan yang dihasilkan. Misalnya, Moura (2023) menunjukkan bahwa penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengevaluasi dampak jangka panjang dan keberlanjutan dari berbagai solusi elektroplating yang ramah lingkungan. Selain itu, penelitian oleh Chiang et al. (2018) mengindikasikan bahwa pengaruh aditif dan interaksinya dengan ion logam dalam berbagai lingkungan pelapisan masih kurang dipahami secara mendalam.

Yang et al. (2020) menyarankan bahwa peningkatan peralatan dan proses elektroplating dapat meningkatkan sifat pelapisan secara signifikan, tetapi parameter spesifik seperti suhu sering kali tidak terkarakterisasi dengan baik. Lee dan Kwak (2022) juga menyoroti kurangnya penelitian tentang sifat mekanik film elektroplating, seperti kekuatan geser pada lapisan tembaga, yang menjadi penting untuk aplikasi di lingkungan yang menuntut, seperti industri otomotif.

Lebih lanjut, Tiwari (2012) mengidentifikasi tantangan dalam skala industri, terutama dalam mencapai deposisi yang seragam pada geometri yang kompleks. Ini menegaskan bahwa suhu, sebagai salah satu parameter penting dalam elektroplating, perlu dieksplorasi lebih lanjut, terutama dalam kaitannya dengan pengaruhnya terhadap kekuatan impak logam yang dilapisi. Reimschüssel et al. (2023) juga menunjukkan bahwa integrasi teknologi cerdas dan otomatisasi dalam proses elektroplating dapat meningkatkan efisiensi dan mengurangi biaya operasional, tetapi pemahaman lebih lanjut tentang pengaruh suhu terhadap kualitas lapisan masih diperlukan.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi pengaruh variasi suhu pada kekuatan impak logam dasar tembaga yang telah dilapisi krom dekoratif melalui proses elektroplating. Penelitian ini bertujuan untuk mengisi celah dalam literatur yang ada dengan mengkaji secara khusus bagaimana variasi suhu mempengaruhi kekuatan impak logam dasar yang dilapisi. Fokus utama dari penelitian ini adalah pada analisis hubungan antara suhu proses elektroplating dan hasil kekuatan impak, yang merupakan aspek penting namun kurang diteliti dalam konteks pelapisan krom pada tembaga.

Penelitian ini memiliki kebaruan dalam pendekatan yang diambil, yaitu mengkaji pengaruh suhu terhadap kekuatan impak dalam proses elektroplating krom dekoratif. Sementara penelitian sebelumnya lebih banyak berfokus pada parameter lain seperti waktu pelapisan (Putri & Handani, 2015; Suarsana, 2008) dan jenis bahan pelapis, penelitian ini menekankan suhu sebagai variabel kunci yang dapat mempengaruhi hasil akhir dari proses elektroplating. Dengan demikian, hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam bidang material engineering dan aplikasi industri, serta memberikan panduan praktis bagi industri dalam mengoptimalkan kondisi proses elektroplating.

Ruang lingkup penelitian ini mencakup analisis eksperimental menggunakan uji impak pada sampel tembaga yang telah dilapisi krom dengan variasi suhu selama proses elektroplating. Variasi suhu yang digunakan akan meliputi rentang suhu rendah, sedang, hingga tinggi, untuk memberikan gambaran yang komprehensif

tentang pengaruh suhu pada kekuatan impak. Hasil dari penelitian ini diharapkan tidak hanya memberikan kontribusi ilmiah dalam pemahaman tentang proses elektroplating, tetapi juga memberikan panduan praktis bagi industri dalam mengoptimalkan kondisi proses elektroplating untuk aplikasi yang memerlukan sifat mekanik yang unggul (Moura, 2023; Chiang et al., 2018; Yang et al., 2020; Lee & Kwak, 2022; Tiwari, 2012; Reimschüssel et al., 2023).

## METODE

### Material

Material yang digunakan dalam penelitian ini meliputi berbagai alat dan bahan yang sesuai dengan kebutuhan proses elektroplating dan pengujian impak. Alat-alat yang digunakan meliputi gelas kimia 500 mL, batang pengaduk, jangka sorong, termometer, rectifier model 3005S, magnetic stirrer, neraca digital, penghitung waktu (stopwatch), amplas seri 500cc dan 1500cc, pH meter, anoda nikel dengan kemurnian 99%, dan anoda Pb (timbal). Bahan-bahan yang digunakan meliputi pelat tembaga, air demineralisasi (aqua dm), nikel klorida heksahidrat ( $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ), asam kromat ( $\text{CrO}_3$ ), dan asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) dengan konsentrasi 95-97%.

### Persiapan Sampel

Persiapan sampel dimulai dengan pemotongan pelat tembaga sesuai dengan ukuran standar sampel uji impak, yaitu panjang 55 mm, lebar 10 mm, tinggi 10 mm, ketinggian takik 8 mm, kedalaman takik 2 mm, dan sudut takikan  $45^\circ$ . Sampel yang telah dipotong kemudian dihaluskan menggunakan amplas seri 500cc untuk menghilangkan kotoran dan kemudian dilanjutkan dengan amplas seri 1500cc untuk mendapatkan permukaan yang lebih halus. Setelah proses penghalusan, sampel tembaga (Gambar 1) dicelupkan ke dalam larutan asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) dengan konsentrasi 95% selama 3 menit untuk membersihkan permukaannya, kemudian dibilas dengan air demineralisasi (aqua dm) dan dikeringkan sebelum proses elektroplating.



Gambar 1. Sampel elektroplating

### Pengaturan Eksperimental

Proses elektroplating dilakukan dalam dua tahap, yaitu pelapisan nikel dan pelapisan krom. Pada tahap pertama, pelapisan nikel, pelat tembaga dihubungkan dengan kutub negatif (katoda) dari rectifier, sedangkan pelat nikel dihubungkan dengan kutub positif (anoda). Larutan elektrolit yang digunakan adalah larutan nikel klorida heksahidrat ( $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) yang telah dilarutkan dengan aqua dm. Variasi suhu yang digunakan pada proses ini adalah  $50^\circ\text{C}$ ,  $60^\circ\text{C}$ , dan  $70^\circ\text{C}$ , dengan arus sebesar 2 Amper, waktu elektroplating selama 10 menit, dan jarak elektroda 7 cm.

Setelah pelapisan nikel selesai, dilakukan proses pelapisan krom. Pada tahap ini, pelat tembaga yang telah dilapisi nikel dihubungkan dengan kutub negatif (katoda)

dari rectifier, sedangkan pelat timbal (Pb) sebagai anoda. Larutan elektrolit yang digunakan adalah larutan asam kromat ( $\text{CrO}_3$ ) yang telah dilarutkan dengan aqua dm. Proses elektroplating krom dilakukan pada suhu 30°C dengan arus 0,2 Amper selama 2 menit, dan jarak elektroda 7 cm. Setelah selesai, sampel dibilas dengan aqua dm dan dikeringkan untuk menghilangkan sisa-sisa larutan elektrolit.

## Pengukuran Parameter

Pengukuran parameter dalam penelitian ini meliputi pengujian impak untuk menganalisis kekuatan bahan setelah proses elektroplating. Pengujian dilakukan dengan menjatuhkan bola besi dengan massa tertentu dari ketinggian tertentu untuk memberikan energi potensial pada sampel yang telah dilapisi. Nilai energi potensial ( $E$ ) yang dihasilkan dihitung menggunakan Persamaan I.

Di mana  $m$  adalah massa bola besi,  $g$  adalah percepatan gravitasi,  $\lambda$  adalah panjang lengan ayun,  $\beta$  adalah sudut awal ayunan, dan  $\alpha$  adalah sudut akhir ayunan. Nilai impak (HI) dihitung dengan membagi energi potensial (E) dengan luas area takikan (A) pada sampel (Persamaan II).

## Analisis Statistik

Analisis statistik dalam penelitian ini digunakan untuk mengevaluasi pengaruh variasi suhu pada kekuatan impak sampel tembaga yang telah dilapisi krom. Data hasil uji impak dianalisis menggunakan uji ANOVA (Analysis of Variance) untuk menentukan apakah ada perbedaan yang signifikan antara kelompok sampel dengan variasi suhu yang berbeda. Analisis ini dilakukan untuk mengidentifikasi suhu optimal yang memberikan kekuatan impak tertinggi pada sampel yang telah dielektroplating.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

## Deskripsi Temuan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi suhu selama proses elektroplating mempengaruhi warna (kecerahan) pelapisan krom pada tembaga. Dari tiga suhu yang diuji, yaitu 50°C, 60°C, dan 70°C, ditemukan bahwa suhu yang lebih tinggi menghasilkan lapisan krom dengan kecerahan yang lebih baik. Sampel yang dilapisi pada suhu 70°C memiliki tingkat kecerahan paling tinggi, diikuti oleh sampel pada suhu 60°C, dan yang paling rendah adalah sampel pada suhu 50°C. Hal ini dapat dilihat dengan jelas pada Gambar 2, yang menunjukkan perbedaan kecerahan antara sampel-sampel tersebut setelah melalui proses elektroplating.



**Gambar 2.** Sampel setelah dielektroplating.

Selain perbedaan kecerahan, uji impak yang dilakukan pada sampel non-plating dan sampel yang telah dilapisi dengan variasi suhu menunjukkan peningkatan kekuatan impak seiring dengan meningkatnya suhu pelapisan. Berdasarkan data yang disajikan dalam Tabel 1, sampel non-plating memiliki nilai impak sebesar 1,7636 joule/mm<sup>2</sup>. Setelah pelapisan dengan suhu 50°C, nilai impak meningkat menjadi 1,8371 joule/mm<sup>2</sup>, dan terus meningkat pada suhu 60°C dan 70°C masing-masing sebesar 1,8875 joule/mm<sup>2</sup> dan 1,9259 joule/mm<sup>2</sup>. Hasil ini menunjukkan bahwa pelapisan krom pada suhu yang lebih tinggi meningkatkan kekuatan impak logam tembaga yang telah dilapisi.

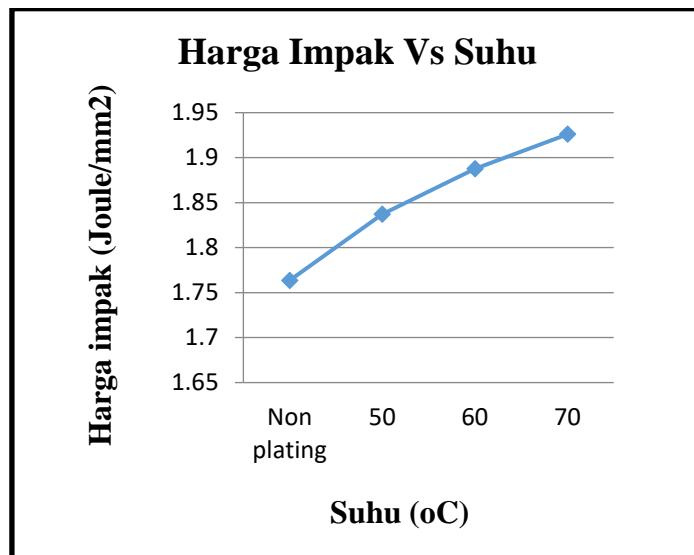
**Tabel 1.** Data hasil uji impak

<b>Sampel</b>	<b>Ukuran sampel</b>					<b>Hasil uji impak</b>	
	<b>p (mm)</b>	<b>l (mm)</b>	<b>t(mm)</b>	<b>T (mm)</b>	<b>A (mm<sup>2</sup>)</b>	<b>E<sub>serap</sub> (joule)</b>	<b>H<sub>impak</sub> (joule/mm<sup>2</sup>)</b>
Non plating	54,98	10,08	10,08	8,10	81,648	144	1,7636
Suhu 50°C	55	10,08	10,08	8,10	81,648	150	1,8371
Suhu 60°C	54,98	10	9,98	8	80	151	1,8875
Suhu 70°C	54,90	10	10,10	8,10	81	156	1,9259

Temuan dalam penelitian ini konsisten dengan literatur sebelumnya yang menyatakan bahwa peningkatan suhu dalam proses elektroplating dapat memperbaiki sifat mekanik dari lapisan yang dihasilkan. Seperti yang ditunjukkan oleh Wahab et al. (2013), peningkatan suhu pelapisan nikel pada tungsten carbide menghasilkan peningkatan kekuatan mekanik, termasuk pengurangan tegangan internal dan peningkatan adhesi lapisan. Ini sejalan dengan hasil penelitian ini di mana peningkatan suhu pelapisan krom pada tembaga meningkatkan kekuatan impak logam yang telah dilapisi.

Liao et al. (2013) juga melaporkan bahwa suhu pelapisan mempengaruhi struktur mikro lapisan tembaga yang dihasilkan, dengan struktur nanotwin yang terbentuk pada suhu rendah menunjukkan sifat mekanik superior dibandingkan dengan film yang dilapisi pada suhu tinggi. Meskipun penelitian ini menunjukkan tren yang berlawanan, di mana suhu yang lebih tinggi menghasilkan peningkatan kekuatan impak, hal ini mungkin disebabkan oleh perbedaan jenis logam dan kondisi pelapisan yang digunakan. Peningkatan suhu kemungkinan menyebabkan pembentukan struktur mikro yang lebih stabil dan seragam, yang pada akhirnya meningkatkan kekuatan impak seperti yang diobservasi dalam penelitian ini (Gambar 3).

Selain itu, hasil yang didapatkan dalam penelitian ini juga mendukung temuan dari Yang et al. (2020), yang menunjukkan bahwa suhu pelapisan yang lebih tinggi memfasilitasi pembentukan struktur mikro yang lebih seragam, meningkatkan resistensi impak lapisan elektroplating. Penelitian ini memperkuat pandangan bahwa kontrol suhu adalah kunci dalam mengoptimalkan sifat mekanik dari lapisan elektroplating, terutama dalam konteks aplikasi yang memerlukan kekuatan tinggi terhadap benturan.



**Gambar 3.** Hubungan antara harga impak dan suhu.

Temuan dalam penelitian ini memiliki implikasi penting baik secara ilmiah maupun praktis. Secara ilmiah, penelitian ini memberikan kontribusi pada pemahaman tentang bagaimana suhu mempengaruhi hasil elektroplating, khususnya dalam hal kekuatan impak logam dasar yang dilapisi. Dengan menunjukkan bahwa suhu yang lebih tinggi dapat meningkatkan kekuatan impak, penelitian ini menambah pengetahuan tentang mekanisme yang mendasari peningkatan sifat mekanik melalui kontrol suhu dalam proses elektroplating.

Secara praktis, hasil penelitian ini sangat relevan bagi industri yang menggunakan proses elektroplating untuk meningkatkan kekuatan dan daya tahan produk mereka. Misalnya, dalam industri otomotif dan dirgantara, di mana komponen seringkali harus menahan beban mekanik yang signifikan, peningkatan kekuatan impak melalui kontrol suhu elektroplating dapat meningkatkan keandalan dan umur panjang produk. Selain itu, hasil ini juga menunjukkan bahwa dengan mengoptimalkan suhu pelapisan, perusahaan dapat menghasilkan produk dengan kualitas yang lebih baik tanpa perlu mengubah bahan dasar atau menambahkan langkah proses yang kompleks.

Lebih lanjut, implikasi dari penelitian ini juga menyentuh aspek ekonomi dan lingkungan. Dengan meningkatkan efisiensi proses melalui kontrol suhu yang tepat, perusahaan dapat mengurangi konsumsi energi dan bahan, serta mengurangi limbah dan emisi yang dihasilkan selama proses pelapisan. Ini sejalan dengan temuan dari Vidal et al. (2016), yang menekankan pentingnya praktik yang berkelanjutan dalam operasi elektroplating. Oleh karena itu, penelitian ini tidak hanya relevan dalam konteks peningkatan kualitas produk tetapi juga dalam mendukung keberlanjutan lingkungan dan efisiensi ekonomi dalam industri manufaktur.

### Pembahasan

Penelitian ini telah menunjukkan bahwa variasi suhu selama proses elektroplating krom pada logam dasar tembaga secara signifikan mempengaruhi sifat mekanik, khususnya kekuatan impak, serta penampilan visual lapisan yang dihasilkan. Temuan ini konsisten dengan hasil dari berbagai studi sebelumnya yang menekankan pentingnya kontrol parameter proses elektroplating untuk mengoptimalkan sifat mekanik dari lapisan yang dihasilkan.

### ***Kecerahan Lapisan dan Hubungan dengan Suhu Pelapisan***

Kecerahan atau kilau permukaan adalah salah satu indikator visual dari kualitas lapisan yang dihasilkan melalui proses elektroplating. Dalam penelitian ini, ditemukan bahwa suhu pelapisan yang lebih tinggi menghasilkan lapisan krom yang lebih cerah. Hal ini dapat dijelaskan dengan mempertimbangkan bahwa pada suhu yang lebih tinggi, difusi ion logam dalam larutan elektroplating menjadi lebih aktif, sehingga menghasilkan lapisan yang lebih halus dan seragam, yang pada gilirannya memantulkan lebih banyak cahaya dan tampak lebih cerah (Wahab et al., 2013).

Fenomena ini sejalan dengan hasil yang dilaporkan oleh Liao et al. (2013), yang menunjukkan bahwa variasi suhu pelapisan mempengaruhi struktur mikro dari lapisan tembaga, di mana struktur nanotwin yang terbentuk pada suhu rendah memiliki sifat mekanik yang berbeda dibandingkan dengan lapisan yang terbentuk pada suhu yang lebih tinggi. Meskipun penelitian ini lebih fokus pada tembaga, kesamaan dalam efek suhu terhadap kualitas lapisan menunjukkan bahwa kontrol suhu adalah parameter penting yang harus dipertimbangkan dalam berbagai konteks elektroplating, termasuk untuk logam lain seperti krom.

### ***Peningkatan Kekuatan Impak dengan Suhu***

Hasil uji impak menunjukkan bahwa peningkatan suhu pelapisan krom dari 50°C ke 70°C secara signifikan meningkatkan kekuatan impak dari logam dasar tembaga yang telah dilapisi. Ini menandakan bahwa suhu yang lebih tinggi menghasilkan lapisan yang lebih tahan terhadap beban mekanik, yang mungkin disebabkan oleh pembentukan struktur mikro yang lebih padat dan kuat pada suhu yang lebih tinggi. Penelitian oleh Yang et al. (2020) mendukung temuan ini dengan menunjukkan bahwa suhu pelapisan yang lebih tinggi dapat memfasilitasi pembentukan struktur mikro yang lebih seragam, yang meningkatkan resistensi impak lapisan yang dihasilkan.

Selain itu, temuan ini juga konsisten dengan hasil dari penelitian oleh Belevskii et al. (2019), yang menunjukkan bahwa peningkatan suhu selama pelapisan logam menghasilkan peningkatan kekerasan dan ketahanan terhadap keausan pada lapisan yang dihasilkan. Hal ini penting karena menunjukkan bahwa kontrol suhu tidak hanya mempengaruhi estetika permukaan tetapi juga sifat mekanik inti dari lapisan elektroplating, yang dapat dioptimalkan untuk berbagai aplikasi industri.

### ***Implikasi Industri dan Lingkungan***

Dari perspektif industri, peningkatan kekuatan impak dan kecerahan lapisan krom melalui kontrol suhu elektroplating memiliki implikasi yang signifikan. Dalam industri otomotif dan dirgantara, di mana komponen sering dihadapkan pada kondisi beban mekanik yang ekstrem, kemampuan untuk meningkatkan kekuatan impak melalui optimasi suhu pelapisan dapat meningkatkan daya tahan dan keandalan komponen tersebut. Penelitian oleh Budiana (2023) menyoroti pentingnya pengendalian parameter seperti suhu untuk mencapai kualitas lapisan yang diinginkan, yang juga sejalan dengan temuan dalam penelitian ini.

Lebih jauh lagi, hasil ini juga mendukung pengembangan proses yang lebih efisien dan berkelanjutan dalam elektroplating. Dengan mengoptimalkan suhu pelapisan, perusahaan dapat meningkatkan kualitas produk mereka sambil mengurangi konsumsi energi dan bahan baku, yang pada akhirnya dapat mengurangi biaya produksi dan dampak lingkungan. Ini relevan dengan studi oleh Vidal et al. (2016), yang menunjukkan bahwa peningkatan keberlanjutan dalam proses

elektroplating dapat dicapai melalui kontrol yang lebih baik atas parameter proses, termasuk suhu.

### **Keterbatasan dan Arah Penelitian Selanjutnya**

Meskipun penelitian ini telah menunjukkan hubungan yang kuat antara suhu pelapisan dan sifat mekanik serta visual lapisan krom, ada beberapa keterbatasan yang perlu dicatat. Pertama, penelitian ini hanya berfokus pada satu jenis logam dasar (tembaga) dan satu jenis pelapis (krom). Studi lebih lanjut diperlukan untuk menguji apakah temuan ini berlaku secara umum untuk logam dasar dan jenis pelapis lainnya. Selain itu, penelitian ini menggunakan metode uji impak yang sederhana, dan pengembangan metode pengujian yang lebih kompleks dan canggih dapat memberikan wawasan yang lebih mendalam tentang sifat mekanik lapisan elektroplating.

Untuk penelitian di masa depan, disarankan untuk mengeksplorasi efek jangka panjang dari variasi suhu elektroplating pada ketahanan terhadap korosi dan keausan lapisan krom, serta interaksi antara suhu pelapisan dengan variabel lain seperti jenis elektroda dan komposisi larutan elektroplating. Selain itu, penelitian lebih lanjut dapat mempertimbangkan pengaruh lingkungan dan kondisi operasi yang berbeda terhadap performa lapisan yang dihasilkan, untuk memberikan gambaran yang lebih komprehensif tentang aplikasi praktis dari temuan ini.

Secara keseluruhan, penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam pemahaman tentang bagaimana variasi suhu selama elektroplating mempengaruhi sifat mekanik dan visual lapisan krom, serta memberikan panduan praktis untuk aplikasi industri yang memerlukan optimasi proses elektroplating.

## **KESIMPULAN**

Penelitian ini telah menunjukkan bahwa variasi suhu selama proses elektroplating krom pada tembaga memiliki dampak signifikan terhadap kecerahan permukaan dan kekuatan impak material yang dihasilkan. Peningkatan suhu dari 50°C hingga 70°C menghasilkan lapisan krom yang lebih cerah dan meningkatkan kekuatan impak logam dasar. Hal ini menunjukkan bahwa kontrol suhu adalah parameter kunci dalam proses elektroplating yang dapat mengoptimalkan sifat mekanik dan estetika dari lapisan yang dihasilkan. Temuan ini relevan bagi industri otomotif dan dirgantara, di mana daya tahan dan kekuatan mekanik komponen sangat penting.

Implikasi dari penelitian ini adalah bahwa peningkatan suhu selama proses elektroplating dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas produk secara signifikan tanpa perlu mengubah bahan dasar atau menambah langkah proses yang kompleks. Namun, penelitian lebih lanjut diperlukan untuk menguji temuan ini pada berbagai jenis logam dan kondisi pelapisan yang berbeda, serta untuk mengeksplorasi dampak jangka panjang dari suhu pelapisan terhadap sifat korosi dan keausan lapisan. Penelitian ini berkontribusi pada pemahaman yang lebih baik tentang optimasi proses elektroplating dan memberikan panduan praktis bagi industri dalam meningkatkan kualitas produk melalui kontrol suhu.

## **REKOMENDASI**

Berdasarkan temuan dalam penelitian ini, disarankan agar industri yang menggunakan proses elektroplating untuk meningkatkan kekuatan mekanik dan kualitas estetika komponen mempertimbangkan untuk mengoptimalkan suhu

pelapisan sebagai variabel kunci. Peningkatan suhu selama elektroplating telah terbukti meningkatkan kecerahan lapisan krom serta kekuatan impak tembaga yang dilapisi. Oleh karena itu, perusahaan manufaktur, terutama di sektor otomotif dan dirgantara, sebaiknya mengadopsi kontrol suhu yang lebih ketat dalam proses elektroplating untuk memastikan produk akhir memiliki kualitas yang unggul. Selain itu, penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengevaluasi efek suhu pelapisan pada jenis logam dasar lainnya dan pada kondisi operasi yang berbeda, serta untuk menguji dampak jangka panjang terhadap ketahanan korosi dan keausan. Dengan demikian, industri dapat mencapai efisiensi yang lebih tinggi, mengurangi biaya produksi, dan meningkatkan keberlanjutan proses dengan meminimalkan dampak lingkungan yang terkait dengan penggunaan energi dan bahan kimia dalam elektroplating.

## REFERENSI

- Belevskii, S. S., Gotelyak, A. V., Silkin, S. A., & Dikusar, A. I. (2019). Macroscopic Size Effect on the Microhardness of Electroplated Iron Group Metal—Tungsten Alloy Coatings: Impact of Electrode Potential and Oxygen-Containing Impurities. *Surface Engineering and Applied Electrochemistry*, 55(1), 46–52. <https://doi.org/10.3103/S1068375519010058>
- Budiana, B., Situmorang, C. B., Maulidiah, H. M., & Puspita, W. R. (2023). Effect of Current, Voltage, Temperature, and Time Variations on Thickness of Steel using Electroplating Process. *JURNAL INTEGRASI*, 15(2), Article 2. <https://doi.org/10.30871/ji.v15i2.6519>
- Chiang, C.-H., Lin, C.-C., & Hu, C.-C. (2018). Electrodeposition and Microstructure Characterization of Bimetallic Copper-Silver Films from the Methanesulfonic Acid Baths. *Journal of The Electrochemical Society*, 165(11), D550. <https://doi.org/10.1149/2.0971811jes>
- Lee, J.-H., & Kwak, J. B. (2022). Measurement of Shear Strengths of Cu Films Using Precise Chip Forming. *Materials*, 15(3), Article 3. <https://doi.org/10.3390/ma15030948>
- Liao, C.-N., Lin, C.-Y., Huang, C.-L., & Lu, Y.-S. (2013). Morphology, Texture and Twinning Structure of Cu Films Prepared by Low-Temperature Electroplating. *Journal of The Electrochemical Society*, 160(12), D3070. <https://doi.org/10.1149/2.014312jes>
- Moura, B., Papaioannou, E., Grigoropoulos, A., Zoikis-Karathanasis, A., & Monteiro, H. (2023). Sustainability of Spent Nickel-Based Electroplating Baths: An Innovative Valorisation Process. *Sustainability*, 15(21), Article 21. <https://doi.org/10.3390/su152115366>
- Putri, A., & Handani, S. (2015). Karakterisasi Sifat Mekanik Hasil Elektroplating Nikel Karbonat ( $\text{NiCO}_3$ ) pada Tembaga (Cu). *Jurnal Fisika Unad*, 4(1). <https://www.semanticscholar.org/paper/KARAKTERISASI-SIFAT-MEKANIK-HASIL-ELEKTROPLATING-Putri-Handani/754d8ced29abb29104fa4c2871e0656f825d31bc>
- Reimschüssel, S., Fuchs, U., & Sand, G. (2023). Electroplating scheduling: Closing a research gap from an automation vendor's perspective. In A. C. Kokossis, M. C. Georgiadis, & E. Pistikopoulos (Eds.), *Computer Aided Chemical Engineering* (Vol. 52, pp. 125–130). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-15274-0.50021-4>

- Suarsana, I. (2008). Pengaruh waktu pelapisan nikel pada tembaga dalam pelapisan khrom dekoratif terhadap tingkat kecerahan dan ketebalan lapisan. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin CAKRAM*, 2(1), 48–60.
- Tiwari, C. S. (2012). Conformal EL Ni Fill in Through-Silicon-Via for 3D Interconnects. *ECS Transactions*, 41(43), 73. <https://doi.org/10.1149/1.4717505>
- Vidal, R., Alberola-Borràs, J.-A., Gómez-Cordón, J., Moliner, E., Ortega, A., & Verdejo, E. (2017). LCA to Evaluate the Environmental Impact for Chemical Pre-treatment in Plastics Metallization. *Journal of Polymers and the Environment*, 25(4), 961–972. <https://doi.org/10.1007/s10924-016-0872-6>
- Wahab, H. A., Noordin, M. Y., Izman, S., & Kurniawan, D. (2013). Quantitative Analysis of Electroplated Nickel Coating on Hard Metal. *The Scientific World Journal*, 2013(1), 631936. <https://doi.org/10.1155/2013/631936>
- Yang, S., Kang, Z., & Guo, T. (2020). Preparation and conductive property of Cu coatings and Cu-graphene composite coatings on ABS substrate. *Nanotechnology*, 31(19), 195710. <https://doi.org/10.1088/1361-6528/ab703e>