Madani: Jurnal Ilmiah Multidisiplin
Volume 4, Nomor 1, February 2026, P. 587-602
E-ISSN: 2986-6340
Licenced by CC BY-SA 4.0
DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.18446547

Analisis Variasi Tegangan dalam Proses Pelapisan Nikel-Krom Material ST37 terhadap Ketebalan dan Kekilapan Permukaan

Analysis of Voltage Variations in the Nickel–Chromium Plating Process of ST37 Material on Coating Thickness and Surface Gloss

Moch. Hersan Maudian Octa[1], Firman Yasa Utama[2*], Dewi Puspitasari[3], Aji Nugroho[4]
[1,2,3,4]Program Studi D4 Teknik Mesin, Fakultas Vokasi, Universitas Negeri Surabaya
Email korespondensi*: firmanutama@unesa.ac.id

Abstrak

Perkembangan teknologi manufaktur mendorong perlunya inovasi dalam perlindungan permukaan logam, salah satunya melalui metode elektroplating. Proses ini menggunakan arus listrik untuk mengendapkan logam pelapis ke permukaan logam dasar, bertujuan meningkatkan ketahanan terhadap korosi, kekerasan, dan estetika permukaan. Tegangan listrik menjadi parameter penting yang memengaruhi kualitas pelapisan yang dihasilkan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh tegangan listrik terhadap ketebalan dan kekilauan hasil pelapisan logam. Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimen yang meliputi studi literatur, identifikasi masalah, persiapan alat dan bahan, pengujian, dan analisis data. Perlengkapan utama dalam penelitian ini terdiri dari Material ST37, *power supply* DC dengan variasi tegangan 3V,6V dan 12V, elektroda, dan larutan elektrolit yang terdiri dari nikel dan kromium. Data diperoleh melalui pengujian ketebalan menggunakan *Coating Thickness Gauge* dan kekilapan menggunakan *Gloss Meter* pada masing-masing variasi tegangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tegangan berpengaruh terhadap ketebalan dan kekilapan hasil elektroplating. Nilai tertinggi didapatkan pada tegangan 6V dengan rata-rata nilai ketebalan 20.80 µm dan nilai kekilapan 566 GU yang menunjukkan terbentuknya permukaan yang halus dan reflektif.
Kata Kunci : *Elektroplating, Pelapisan Logam, Pengaruh Tegangan Elektroplating.*

Abstract

The advancement of manufacturing technology has driven the need for innovation in metal surface protection, one of which is through the electroplating method. This process uses electric current to deposit a coating metal onto the surface of a base metal, aiming to improve corrosion resistance, hardness, and surface aesthetics. Electrical voltage is a key parameter that influences the quality of the resulting coating. This study aims to analyze the effect of electrical voltage on the thickness and gloss of electroplated metal coatings. This study employed an experimental approach consisting of a literature review, problem identification, preparation of tools and materials, testing, and data analysis. The main equipment and materials used in this research included ST37 material, a DC power supply with voltage variations of 3 V, 6 V, and 12 V, electrodes, and an electrolyte solution composed of nickel and chromium. Data were obtained by measuring the coating thickness using a Thickness Gauge and surface gloss using a Gloss Meter for each voltage variation. The results of this study indicate that the applied voltage significantly affects the thickness and glossiness of the electroplated coating. The highest values were obtained at 6 V, with an average coating thickness of 20.80 µm and a gloss value of 566 GU, indicating the formation of a smooth and highly reflective surface.
Keywords: *Electroplating, Metal Coating, Effect of Electroplating Voltage.*

Article Info
Received date: 22 January 2026 Revised date: 29 January 2026 Accepted date: 1 February 2026

PENDAHULUAN

Baja ST 37 merupakan salah satu jenis baja karbon rendah yang banyak digunakan dalam industri manufaktur, konstruksi, dan otomotif karena harganya yang ekonomis, sifat mekanik yang cukup baik, serta kemudahan dalam proses pembentukan dan pengelasan. Namun, sifat ketahanan korosi dari baja ST 37 tergolong rendah, sehingga memerlukan perlakuan permukaan untuk meningkatkan umur pakai dan kualitas estetika material tersebut (Janitra & Setiyawan, 2023).

Perkembangan teknologi manufaktur dan ilmu material saat ini semakin pesat, terutama dalam bidang perlindungan permukaan logam agar lebih tahan terhadap korosi dan keausan. Salah satu metode yang umum digunakan dalam industri maupun eksperimen teknik adalah elektroplating, yaitu pelapisan logam secara elektrokimia. Proses ini melibatkan pelapisan suatu logam dengan logam lain menggunakan arus listrik dalam larutan elektrolit. Tujuan utamanya adalah untuk memperbaiki sifat permukaan seperti ketahanan terhadap korosi, meningkatkan kekerasan, daya tahan aus, dan kualitas estetika permukaan logam (Yudo & Said, 2017).

Elektroplating telah digunakan secara luas di berbagai bidang industri seperti otomotif, elektronik, perhiasan, hingga alat rumah tangga. Dalam praktiknya, logam yang akan dilapisi (berfungsi sebagai katoda) dan logam pelapis (berfungsi sebagai anoda) dicelupkan ke dalam larutan elektrolit, lalu diberikan arus listrik searah (DC). Ion logam dari anoda akan bergerak melalui larutan dan mengendap di permukaan katoda, membentuk lapisan pelindung yang di inginkan (Schlesinger, M., & Paunović, 2010). Salah satu parameter utama yang sangat memengaruhi keberhasilan proses electroplating adalah tegangan listrik yang digunakan. Tegangan memengaruhi kecepatan reaksi elektrokimia, kualitas permukaan, dan ketebalan hasil pelapisan. Tegangan yang terlalu rendah akan menghasilkan pelapisan yang lambat, tipis, dan tidak merata. Sebaliknya, tegangan yang terlalu tinggi dapat memicu terbentuknya gelembung gas akibat elektrolisis air, menghasilkan lapisan kasar, atau bahkan merusak permukaan logam (Fahmi & Zamrudy, 2023). Dengan variasi tegangan pada *power supply* akan mempengaruhi pada hasil pelapisan nikel dan krom dalam proses elektroplating, oleh karena itu pengujian terhadap variasi tegangan perlu dilakukan untuk memperoleh hasil pelapisan yang terbaik.

Beberapa penelitian terdahulu telah menunjukkan bahwa variasi tegangan berpengaruh terhadap kualitas lapisan logam. Menurut penelitian oleh , (Wijanarka & Toifur, 2020), semakin tinggi tegangan yang diberikan, semakin besar jumlah ion logam yang mengendap dalam waktu tertentu, namun perlu diperhatikan batas optimalnya. Pada penelitian lain oleh (Hilmi, 2020), variasi tegangan antara 6V hingga 12V menunjukkan hasil pelapisan yang berbeda-beda, di mana lapisan terbaik diperoleh pada tegangan sekitar 10V karena keseimbangan antara kecepatan endapan dan kestabilan larutan.

Fokus utama dari penelitian ini yaitu menunjukkan bahwa variasi tegangan akan mempengaruhi pada hasil pelapisan nikel dan krom dalam proses elektroplating. Dari uraian latar belakang diatas dalam penelitian ini didapatkan ide untuk menganalisis pengaruh variasi tegangan pada proses elektroplating terhadap ketebalan dan kekilapan permukaan logam.

Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, terdapat beberapa masalah yang dapat di identifikasi dalam proses pelapisan logam menggunakan metode elektroplating, khususnya dengan variasi tegangan 3V, 6 dan 12V, yaitu:

1. Sifat ketahanan korosi dari baja ST37 tergolong rendah, sehingga memerlukan perlakuan permukaan untuk meningkatkan umur pakai dan kualitas estetika material tersebut.
2. Belum diketahuinya tegangan ideal yang tepat, di mana pemilihan tegangan yang tidak tepat dapat menyebabkan hasil pelapisan menjadi tidak merata, terlalu tipis, atau bahkan merusak permukaan logam.

Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi dan batasan masalah, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh variasi tegangan terhadap hasil pelapisan logam ditinjau dari ketebalan lapisan?
2. Bagaimana pengaruh variasi tegangan terhadap hasil pelapisan logam ditinjau dari kekilapan permukaan lapisan?

METODE PENELITIAN

Jenis Penelitian

Penelitian tugas akhir ini menggunakan jenis penelitian eksperimen yang dilakukan terhadap variabel yang data-datanya belum ada sehingga perlu dilakukan proses manipulasi melalui pemberian perlakuan tertentu terhadap subjek penelitian yang kemudian diamati dampaknya (Arib et al., 2024). Penelitian ini menggunakan jenis penelitian eksperimen yang bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi tegangan pada proses elektroplating terhadap ketebalan dan kekilapan permukaan baja karbon rendah ST37. Oleh karena itu, dibutuhkan variabel yang digunakan sebagai titik fokus dalam penelitian eksperimen yang dibagi dalam beberapa jenis sebagai berikut.

a. Variabel Bebas

Variabel bebas merupakan variabel yang memberikan suatu pengaruh terhadap variabel terikat. Maka, dalam penelitian ini menetapkan variabel bebas adalah variasi tegangan listrik, yaitu sebesar 3V, 6V dan 12V.

b. Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variabel yang menjadi akibat dari variabel bebas. Variabel terikat pada penelitian eksperimen ini adalah hasil ketebalan dan kekilapan permukaan yang dihasilkan.

c. Variabel Kontrol

Variabel kontrol dalam penelitian ini mencakup beberapa parameter yang dijaga tetap selama proses pelapisan berlangsung, yaitu :

1. Waktu pelapisan yang disamakan selama 30 menit untuk pelapisan nikel merujuk pada penelitian yang dilakukan Assegaff & Purwanto, (2017) dan 9 detik untuk pelapisan chrome dekoratif merujuk pada penelitian yang dilakukan Riyadi et al., (2016).
2. Jenis dan konsentrasi larutan elektrolit yang menggunakan larutan nikel sulfat ($NiSO_4$) dengan konsentrasi seragam dan asam khromat.
3. Jarak antara elektroda yang tidak diubah selama proses pelapisan
4. Luas permukaan benda kerja yang dibuat sama untuk setiap pengujian
5. Spesifikasi dan dimensi alat elektroplating dengan kuat arus tetap yaitu 70 Ampere (Rizki et al., 2023).
6. Suhu larutan elektrolit yang dijaga antara 50°C – 70°C merujuk dari penelitian yang dilakukan (Rizki et al., 2023).

Prosedur Penelitian

1. Studi Literatur

Bertujuan untuk mengumpulkan informasi dan referensi sebanyak banyaknya mengenai penelitian terdahulu terkait dengan pelapisan logam menggunakan metode elektroplating. Referensi yang dicari berupa :

a. Konsep dasar pelapisan logam metode elektroplating.
b. Cara kerja pelapisan logam metode elektroplating.
c. Komponen-komponen alat pelapis logam metode elektroplating.
d. Perbandingan hasil pelapisan ditinjau dari ketebalan dan kekilapan permukaan yang disebabkan oleh perbedaan tegangan listrik pada proses pelapisan.

2. Identifikasi Masalah

Tahap kedua adalah melakukan identifikasi masalah terhadap pengaruh tegangan listrik pada proses elektroplating terhadap hasil ketebalan dan kekilapan permukaan lapisan. Hal ini bertujuan untuk memahami secara mendalami masalah seputar pengaruh tegangan listrik terhadap hasil lapisan yang dihasilkan agar penelitian ini dapat memberikan solusi pada permasalahan yang ada dan juga bisa menghasilkan pengetahuan baru mengenai pelapisan logam.

3. Penyiapan Material ST37 dan Alat

Tahap selanjutnya adalah persiapan material dan alat, yaitu pemilihan baja ST37 sebagai bahan uji, serta perlengkapan elektroplating seperti *power supply* DC, larutan elektrolit , dan elektroda.

4. Proses Elektroplating

Tahap berikutnya adalah melakukan Proses elektroplating dilakukan dengan cara mencelupkan spesimen ST37 ke dalam larutan nikel selama 30 menit dan dilanjutkan larutan krom selama 9 detik dengan menggunakan variasi tegangan 3V, 6V dan 12V, sehingga terbentuk lapisan logam pada permukaan spesimen. Variasi tegangan pada proses pelapisan digunakan untuk menghasilkan perbedaan ketebalan dan kekilapan permukaan lapisan yang dihasilkan.

5. Uji Ketebalan dan Kekilapan

Selanjutnya, dilakukan pengujian ketebalan dan kekilapan dengan tiga spesimen untuk masing-masing variabel. Setelah pengujian berhasil, kemudian dibuat analisis hasil dari data pengujian.

6. Hasil Analisis Data Pengujian

Tahap selanjutnya adalah menganalisis data pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat dari hasil uji spesimen yang dilakukan. Variabel bebas meliputi variasi tegangan listrik yang terdiri dari 3V, 6V dan 12 V. Penentuan ini berdasarkan pertimbangan dan studi literatur penelitian relevan. Data dari analisis dapat membantu lebih memahami hasil pengujian. Kemudian membuat laporan analisis data untuk dimasukkan ke dalam laporan hasil penelitian.

7. Kesimpulan

Tahap akhir dari ppenelitan yaitu pembuatan laporan yang berisikan kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan. Laporan dibuat berdasarkan sistem yang ada. Laporan yang telah selesai selanjutnya diserahkan kepada dosen pembimbing untuk ditinjau dan direvisi. Apabila tidak ada kesalahan, maka laporan sudah siap untuk dicetak dan diarsipkan.

Alat dan Bahan

Berikut merupakan alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini :

a. Alat

Dalam penelitian ini, alat yang digunakan untuk mendukung proses pengujian pada proses elektroplating adalah sebagai berikut:

1. *Power supply* DC
   Sebagai sumber tegangan listrik untuk proses elektroplating.
2. Multimeter digital
3. Digunakan untuk mengukur tegangan yang keluar pada *power supply*.
4. Bak wadah elektrolit
   berbahan plastik tahan kimia untuk menampung larutan elektrolit nikel dan chrome 2 buah.
5. Wadah Anoda
   berbahan titanium dibungkus kain tipis untuk wadah Elektroda anoda.
6. Pipa kuningan
   Digunakan sebagai penyangga elektroda.
7. Selang
   Digunakan untuk menyalurkan gelembung yang masuk kedalam wadah larutan.
8. Keran
   Digunakan untuk mengatur gelembung yang masuk kedalam wadah larutan.
9. Pompa aerator
   Digunakan untuk mengaduk larutan agar ion dalam larutan tetap merata.
10. *Water Heater*

Digunakan untuk pemanas larutan sebelum proses pelapisan.

11. Thermometer
Digunakan sebagai indikator suhu larutan.

12. Kabel penghantar dan penjepit
Digunakan sebagai konektor antara elektroda dan *power supply*.

13. *Thickness Gauge*
Digunakan untuk menguji ketebalan lapisan yang dihasilkan setelah pelapisan.

14. *Gloss Meter*
Digunakan untuk menguji kekilapan permukaan lapisan yang dihasilkan setelah pelapisan.

15. Laptop
Digunakan untuk mencari studi literatur, pengambilan & pengolahan data, dan penulisan laporan tugas akhir.

b. Bahan

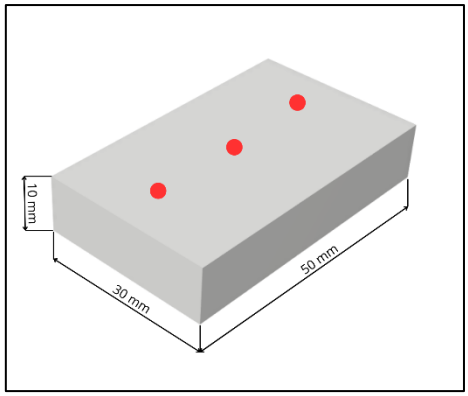
Bahan-bahan yang digunakan dalam proses pelapisan logam meliputi:

1. Material ST37
Digunakan sebagai spesimen pengujian lapisan elektroplating.
2. Larutan nikel sulfat ($NiSO_4$)
Digunakan untuk proses pelapisan nikel.
3. Larutan kromium ($CrO_3 + H_2SO_4$)
Digunakan untuk proses pelapisan krom dekoratif.
4. Larutan aktivator (chromic acid)
Digunakan sebagai pengaktif dan pembersih benda kerja.
5. Larutan pembersih (NaOH, HCl, dan H2SO4)
Digunakan untuk proses pembersihan dan aktivasi permukaan logam sebelum pelapisan.

Prosedur Pengujian Ketebalan

Material yang telah dilapisi selanjutnya dilakukan uji ketebalan. Proses pelapisan spesimen uji ketebalan dilakukan menggunakan prosedur yang sama dengan spesimen uji kekilapan. Pengujian ketebalan lapisan elektroplating menggunakan *thickness gauge* pada permukaan material ST37 memiliki langkah-langkah sebagai berikut:

1. Siapkan spesimen uji.
2. Bersihkan permukaan pada spesimen uji.
3. Letakkan probe pada permukaan spesimen uji.
4. Aktifkan alat thickness gauge hingga alat menampilkan hasil pengukuran.
5. Catat hasil pengukuran ketebalan spesimen.





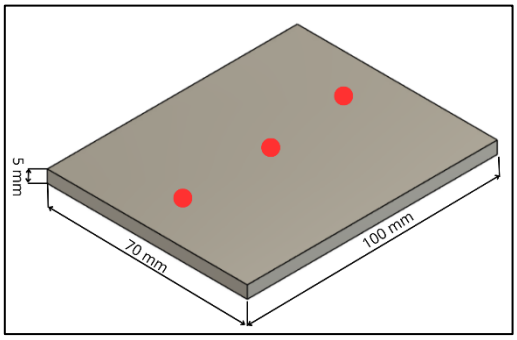
a) Tiga titik untuk pengambilan data b) dua lubang untuk mengaitkan spesimen dengan elektroda

Gambar 3. Spesimen Uji Ketebalan

Prosedur Pengujian Kekilapan

Material yang telah dilapisi selanjutnya dilaakukan uji kekilapan permukaan. Proses pelapisan spesimen uji kekilapan dilakukan menggunakan prosedur yang sama dengan spesimen uji ketebalan. Pengujian kekilapan permukaan lapisan elektroplating menggunakan *gloss meter* pada permukaan material ST37 memiliki langkah-langkah sebagai berikut:

1. Siapkan alat *gloss meter.*
2. Bersihkan permukaan benda uji dari debu, minyak, air, atau partikel lain yang dapat mengganggu pemantulan cahaya.
3. Nyalakan *gloss meter* dan lakukan kalibrasi dengan meletakkan alat di atas kaca referensi kalibrasi.
4. Pastikan nilai yang ditampilkan sesuai standar (misalnya, 93 GU untuk kaca standar di sudut 60°).
5. Pilih sudut yang sesuai berdasarkan jenis permukaan.
6. Letakkan gloss meter secara rata dan stabil di atas permukaan benda uji.
7. Tekan tombol "measure" / "baca".
8. Catat nilai yang ditampilkan dalam satuan GU (Gloss Unit).





a) Tiga titik untuk pengambilan data b) dua lubang untuk mengaitkan spesimen dengan elektroda

Gambar 1. Spesimen Uji Kekilapan

Teknik Analisis Data

Teknik analisis data adalah proses yang dilakukan peneliti untuk menyusun data dengan tujuan mempermudah orang lain untuk membaca dan memahami hasil dari laporan penelitian. Teknik analisis data dalam penelitian ini menggunakan metode kuantitatif deskriptif untuk mengetahui pengaruh variasi tegangan terhadap ketebalan (*Thickness*) dan kekilapan (*Glossy*) permukaan hasil pelapisan logam menggunakan metode elektroplating. Data utama yang dikumpulkan adalah ketebalan lapisan logam (µm) yang diukur menggunakan alat *Thickness Gauge* dan Kekilapan permukaan logam (GU) yang

diukur menggunakan alat *Gloss Meter* dari tiap variasi tegangan, yaitu 3V, 6V dan 12V. Setiap perlakuan dilakukan sebanyak tiga kali ulangan untuk memperoleh hasil yang maksimal.

HASIL

Pada bab ini membahas tentang hasil pengaruh variasi tegangan pada proses elektroplating terhadap ketebalan dan kekilapan permukaan logam ST37. Analisis ini menggunakan 3 jenis variasi tegangan yaitu 3V, 6V, dan 12V merujuk pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Assegaff & Purwanto, (2017). Kemudian hasil dari pelapisan elektroplating diukur menggunakan *thickness gauge* dan *gloss meter*. Proses pengujian ketebalan dan kekilapan pada permukaan lapisan ini dilakukan dengan meletakkan *thickness gauge* dan *gloss meter* di berapa titik pada permukaan benda uji. Selanjutnya, hasil pengujian berupa angka yang menunjukkan nilai ketebalan dan kekilapan akan dicatat secara langsung. Analisis ini dilakukan tiga kali percobaan disetiap variable tegangan yang digunakan, data yang didapatkan nantinya diubah menjadi tabel dan grafik untuk dianalisis.

Spesimen dibuat menggunakan material dasar baja ST37 yang dilapisi menggunakan nikel dan krom. Pelapisan ini menggunakan variasi tegangan 3V, 6V, dan 12V dengan waktu selama 30 menit untuk nikel merujuk pada penelitian yang dilakukan oleh (Assegaff & Purwanto, 2017) dan 9 detik untuk krom dekoratif merujuk pada penelitian yang dilakukan oleh (Riyadi et al., 2016). Dalam Penelitian ini kuat arus yang digunakan dalam proses elektroplating yaitu 70 Ampere tanpa menghitung arus aktual yang terjadi selama proses pelapisan, mengacu pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Rizki et al., 2023).

Berdasarkan Hukum Ohm (V = I × R), nilai hambatan dalam proses pelapisan dapat dihitung sebagai berikut :

Diketahui :	Maka:	
V = 3V, 6V, 12V	1. $R = \frac{3V}{70A} = 0{,}0428\ \Omega$	3. $R = \frac{12V}{70A} = 0{,}1714\ \Omega$
I = 70 Ampere	2. $R = \frac{6V}{70A} = 0{,}0857\ \Omega$	
Ditanya : R….?		
Keterangan :		
V = Tegangan,	I = Kuat Arus,	R = Hambatan

Peningkatan tegangan yang diberikan pada proses elektroplating akan mempengaruhi kuat arus yang mengalir. Dengan demikian, variasi tegangan yang diterapkan berpotensi menyebabkan perbedaan laju deposisi ion logam pada permukaan spesimen, yang selanjutnya memengaruhi ketebalan dan kekilapan hasil pelapisan. Berikut hasil pelapisan yang telah dilakukan:

1. Pelapisan dengan tegangan 3V



Gambar 2. Hasil Pelapisan 3 Volt

2. Pelapisan dengan tegangan 6V



Gambar 3. Hasil pelapisan 6 volt

3. Pelapisan dengan tegangan 12V



Gambar 4. Hasil pelapisan 12 volt

PEMBAHASAN

Analisis Pengujian Ketebalan Lapisan Elektroplating

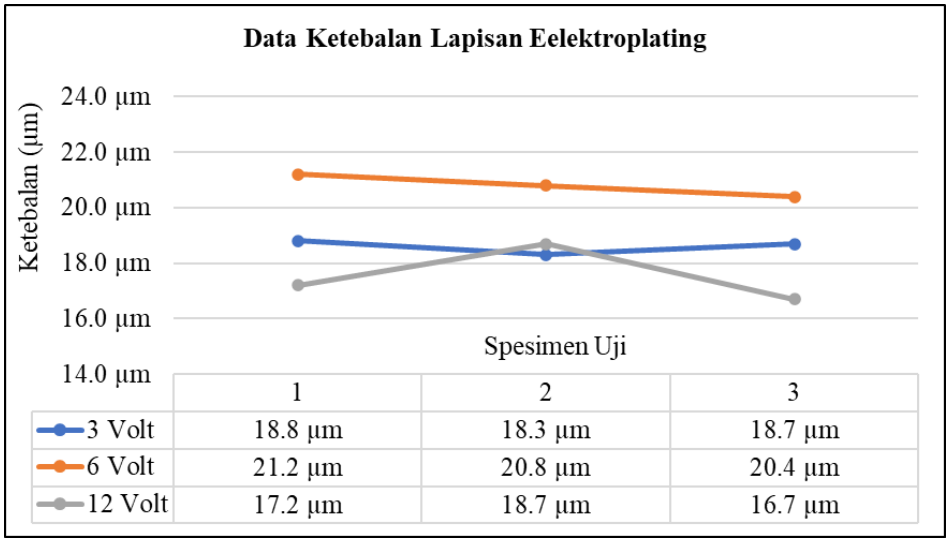
Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat ketebalan lapisan setelah proses elektropating menggunakan variasi tegangan 3V, 6V, dan 12V. Alat yang digunakan untuk mengukur ketebalan lapisan elektroplating adalah *coating thickness gauge*. Berikut tabel hasil dari pengujian ketebalan yang dilakukan.

Tabel 1 Hasil Pengujian Ketebalan Lapisan

Tegangan	Spesimen	Titik 1	Titik 2	Titik 3	Rata-Rata Per Spesimen (µm)
3V	1	18.7	17.5	19.7	18.80
	2	18.9	18.5	18.2	18.30
	3	18.9	19.1	18.2	18.70
Rata – Rata (µm)					**18.60**
6V	1	21.2	21.2	20.6	21.20
	2	21.5	20.9	20.7	20.80
	3	20.9	20.5	20.1	20.40
Rata – Rata (µm)					**20.80**
12V	1	17.6	19.1	16.2	17.20
	2	16.1	18.7	17.1	18.70
	3	17.9	18.3	16.9	16.70
Rata – Rata (µm)					**17.50**

Berdasarkan hasil yang ditunjukkan pada tabel 1, dapat diketahui bahwa nilai ketebalan tertinggi didapatkan pada tegangan 6V, di mana nilai yang disajikan merupakan data nilai rata-rata baik sebelum maupun setelah proses pelapisan. Namun, terjadi penurunan nilai ketebalan yang terbentuk ketika menggunakan tegangan 12V dengan rata-rata 17.50. Menurut Schwartz (2019), tegangan yang terlalu tinggi, menimbulkan reaksi samping seperti pembentukan gas hidrogen yang menimbulkan

porositas pada lapisan, sehingga kualitas permukaan menurun dan cenderung memiliki struktur yang kasar. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan tegangan dalam proses pelapisan tidak selalu di ikuti dengan peningkatan ketebalan lapisan hasil elektroplating.



	1	2	3
3 Volt	18.8 µm	18.3 µm	18.7 µm
6 Volt	21.2 µm	20.8 µm	20.4 µm
12 Volt	17.2 µm	18.7 µm	16.7 µm

Gambar 5. Grafik Ketebalan Lapisan

Berdasarkan data ketebalan lapisan elektroplating yang diperoleh, dapat diamati pada gambar 5. bahwa ketebalan lapisan logam menunjukkan variasi yang berbeda pada setiap tingkat tegangan yang digunakan. Variasi ini menunjukkan bahwa besar kecilnya tegangan listrik memiliki pengaruh terhadap proses deposisi ion logam/menempelnya ion-ion logam dari larutan elektrolit ke permukaan benda kerja selama proses elektroplating berlangsung (Wijanarka & Toifur, 2020).

Pada tegangan 6V, ketebalan lapisan cenderung stabil dengan nilai rata-rata 20.80 µm. Merujuk pada penelitian yang dilakukan oleh Ye et al (2023), kondisi ini mengindikasikan bahwa pada tegangan tersebut, proses deposisi ion logam berlangsung secara terkendali dan merata pada permukaan benda kerja. Kestabilan proses ini berperan penting dalam menghasilkan lapisan dengan ketebalan yang merata.

Pada tegangan 6V menunjukkan hasil yang paling tebal dengan nilai ketebalan 20.80 µm, ditandai dengan peningkatan ketebalan lapisan yang lebih merata dibandingkan tegangan lainnya. Menurut Rattani (2025), hal ini dikarena pada tegangan tersebut, proses deposisi ion logam menuju katoda berada pada kondisi ideal, sehingga deposisi logam dapat berlangsung secara efektif tanpa menimbulkan cacat permukaan.

Sebaliknya, pada variasi tegangan 12V, ketebalan lapisan justru mengalami penurunan dengan rata-rata nilai ketebalan 17.53 µm dan nilai ketebalan yang tidak merata. Fenomena ini menunjukkan bahwa peningkatan tegangan tidak selalu berbanding lurus dengan peningkatan ketebalan lapisan elektroplating (Hakim, 2021). Menurut Maniam & Paul (2021), tegangan yang terlalu tinggi menyebabkan laju deposisi ion logam berlangsung sangat cepat, sehingga ion-ion logam tidak memiliki cukup waktu untuk tersusun dengan baik pada permukaan substrat.

Merujuk pada penilitian yang dilakukan oleh Schwartz (2019), pada tegangan yang terlalu tinggi, dapat menimbulkan reaksi samping seperti evolusi hydrogen/pembentukan gas hidrogen yang menimbulkan porositas/void pada lapisan, sehingga kualitas permukaan menurun dan cenderung memiliki struktur yang kasar serta berpotensi mengalami pengelupasan.

Secara umum, hasil pengamatan menunjukkan bahwa tegangan yang sesuai untuk menghasilkan lapisan elektroplating dengan ketebalan yang baik, merata, dan memiliki kualitas permukaan yang mengkilap berada pada tegangan 6V. Pada tegangan ini, proses deposisi ion logam

berlangsung secara stabil dan terkendali, sehingga menghasilkan lapisan yang tebal dan mengkilap (Budiana et al., 2023).

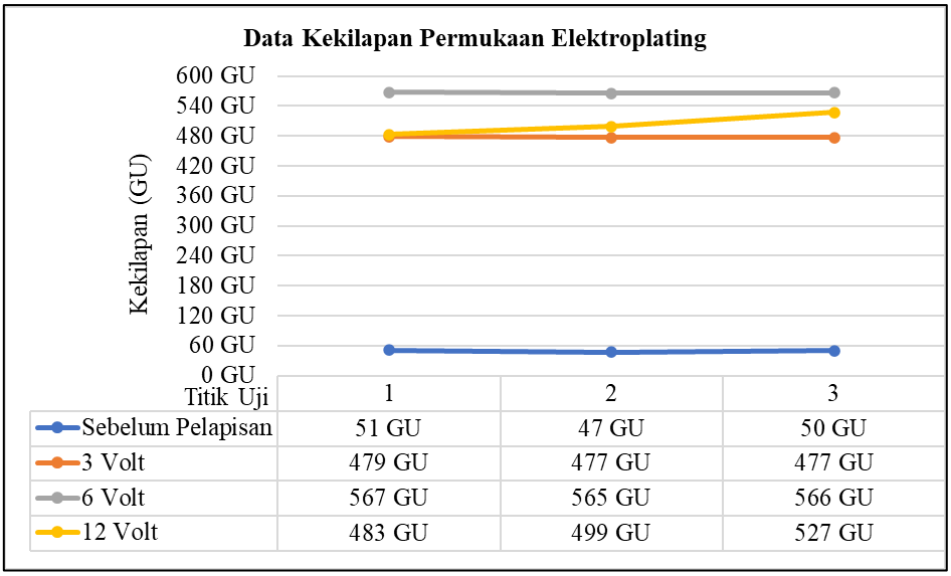
Analisis Pengujian Kekilapan Lapisan Elektroplating

Pengujian ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui tingkat kekilapan permukaan lapisan setelah proses elektropating menggunakan variasi tegangan 3V, 6V, dan 12V. Alat yang digunakan untuk mengukur kekilapan permukaan lapisan elektroplating adalah *gloss meter*. Berikut tabel hasil dari pengujian kekilapan yang dilakukan.

Tabel 2 Hasil Pengujian Kekilapan Permukaan

Tegangan	Spesimen	Titik 1	Titik 2	Titik 3	Rata-Rata Per Spesimen (GU)
Sebelum Pelapisan	1	52	57	46	51
	2	45	51	45	47
	3	47	53	50	50
Rata-Rata (GU)					**49**
3V	1	475	480	482	479
	2	494	496	442	477
	3	492	455	486	477
Rata-Rata (GU)					**478**
6V	1	571	557	574	567
	2	553	574	567	565
	3	558	567	574	566
Rata-Rata (GU)					**566**
12V	1	490	518	440	483
	2	496	550	452	499
	3	492	596	492	527
Rata-Rata (GU)					**503**

Berdasarkan hasil yang ditunjukkan pada tabel 2, dapat diketahui bahwa nilai kekilapan tertinggi dicapai pada penggunaan tegangan 6V, di mana nilai yang disajikan merupakan data nilai rata-rata baik sebelum maupun setelah proses pelapisan. Namun, ketika menggunakan tegangan yang dua kali lebih besar yaitu 12V, terjadi penurunan nilai kekilapan yang disertai dengan ketidakstabilan lapisan yang terbentuk ditunjukkan dengan nilai kekilapan yang berbeda-beda. Dikutip dari penelitian yang dilakukan oleh Rattani (2025), temuan ini menunjukkan bahwa peningkatan tegangan dalam proses elektroplating tidak selalu berbanding lurus dengan peningkatan kekilapan permukaan yang dihasilkan.



Titik Uji	1	2	3
Sebelum Pelapisan	51 GU	47 GU	50 GU
3 Volt	479 GU	477 GU	477 GU
6 Volt	567 GU	565 GU	566 GU
12 Volt	483 GU	499 GU	527 GU

Gambar 6. Grafik Kekilapan Permukaan Lapisan

Berdasarkan data kekilapan pada gambar 4.5, nilai kekilapan permukaan yang diperoleh diukur menggunakan satuan Gloss Unit (GU) sebagai indikator tingkat reflektivitas permukaan logam. Sebelum dilakukan proses pelapisan, nilai kekilapan awal logam berada pada kisaran 45-57 GU, yang menunjukkan bahwa permukaan logam masih relatif kasar, kusam dan belum memiliki sifat reflektif yang baik.

Sebelum dan setelah proses elektroplating dilakukan, terlihat adanya peningkatan nilai kekilapan permukaan pada seluruh variasi tegangan yang digunakan. Peningkatan ini menunjukkan bahwa proses elektroplating mampu memperbaiki kualitas permukaan dengan membentuk lapisan baru yang lebih halus dan reflektif dibandingkan kondisi awal sebelum pelapisan.



a. Sebelum Pelapisan b. Setelah Pelapisan

Gambar 7. Perbedaan Spesimen Uji

Pada variasi tegangan 3 V, nilai kekilapan permukaan meningkat hingga berada pada kisaran 442–496 GU. Menurut Hakim (2021), bahwa pada tegangan 3V, proses deposisi ion logam berlangsung cukup stabil sehingga mampu menghasilkan lapisan yang lebih mengilap dibandingkan sebelum pelapisan, meskipun tingkat kilapnya belum maksimal.

Peningkatan kekilapan permukaan yang paling tinggi diperoleh pada variasi tegangan 6V. Pada tegangan ini, nilai kekilapan permukaan meningkat hingga mencapai kisaran 553–574 GU. Tingginya nilai kekilapan tersebut mengindikasikan bahwa lapisan elektroplating yang terbentuk memiliki struktur permukaan yang lebih halus dan mampu memantulkan cahaya dengan baik. Hal ini menunjukkan bahwa tegangan 6V berada pada kondisi yang paling ideal untuk menghasilkan permukaan yang memiliki nilai reflektif tinggi.

Sebaliknya, pada variasi tegangan 12V, nilai kekilapan permukaan yang dihasilkan cenderung tidak stabil. Ditunjukkan dengan nilai kekilapan yang berbeda-beda di setiap titik pengukuran berada pada kisaran 440–596 GU. Merujuk pada penelitian yang dilakukan oleh Rattani (2025), ketidakstabilan

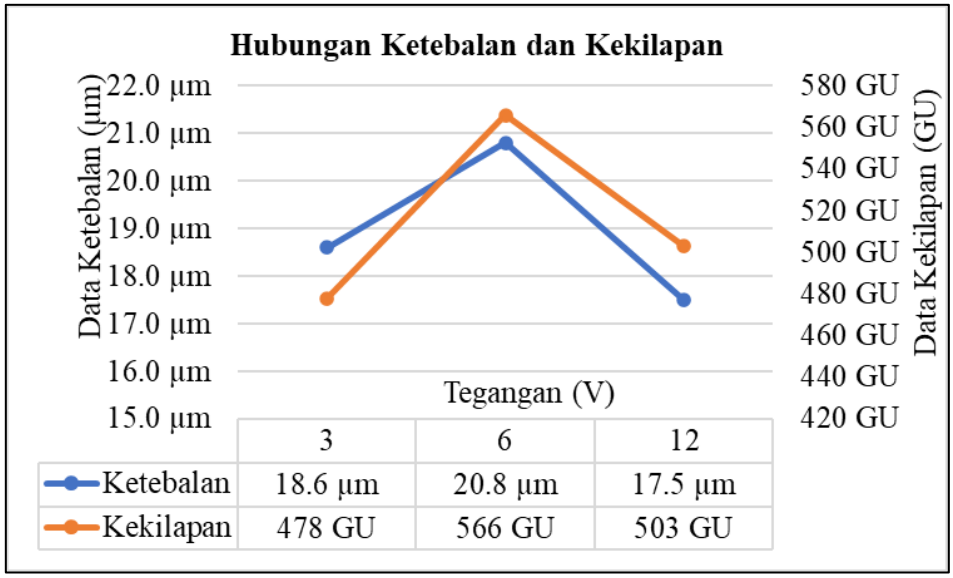
kekilapan yang dihasilkan ini disebabkan oleh laju deposisi ion logam yang terlalu cepat sehingga permukaan menjadi tidak halus.

Menurut Schwartz (2019), ketidakstabilan kekilapan yang dihasilkan selain disebabkan oleh deposisi ion logam yang berlangsung terlalu cepat pada tegangan 12V, disebabkan juga karena efek *concentration overpotential*/keterbatasan transport massa sehingga terbentuknya permukaan yang kasar (*rough deposits*) dan dapat menyebabkan *branching/dendritic growth* atau lapisan tidak homogen. Kondisi ini berdampak langsung pada penurunan kekilapan permukaan, meskipun pada beberapa titik masih terlihat nilai kekilapan yang tinggi. Namun secara keseluruhan, lapisan yang dihasilkan pada tegangan 12V cenderung kurang stabil.

Berdasarkan hasil pengujian tersebut, dapat disimpulkan bahwa peningkatan tegangan listrik dalam proses elektroplating dapat meningkatkan nilai kekilapan permukaan logam. Tegangan untuk menghasilkan permukaan yang halus dan nilai kekilapan yang tinggi berada pada tegangan 6V. Apabila tegangan terlalu tinggi seperti 12V, kestabilan proses pelapisan akan menurun sehingga menyebabkan permukaan menjadi kasar, dan menghasilkan nilai kekilapan yang tidak stabil.

Analisis Hubungan Ketebalan dan Kekilapan Lapisan Elektroplating

Hubungan antara ketebalan lapisan dan kekilapan permukaan merupakan parameter penting dalam mengevaluasi kualitas hasil elektroplating. Ketebalan lapisan tidak hanya memengaruhi daya lindung logam terhadap korosi, tetapi juga berperan dalam menentukan tingkat kehalusan dan reflektivitas permukaan. Dikutip dari penelitian yang dilakukan oleh Budiana et al (2023), menyatakan bahwa nilai kekilapan permukaan sangat dipengaruhi oleh keseragaman dan struktur mikro lapisan yang terbentuk selama proses deposisi ion logam.

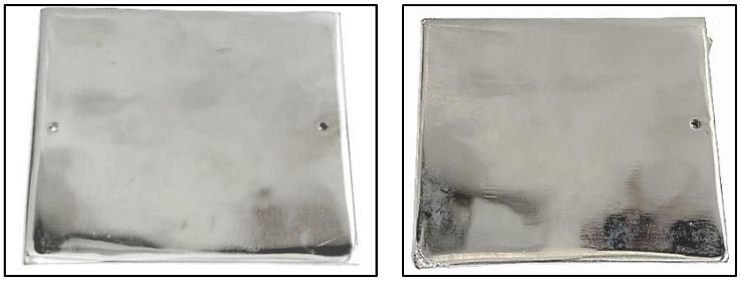


Gambar 8 Grafik Hubungan Ketebalan dan Kekilapan

Berdasarkan gambar 8 hasil pengujian pada tegangan 3 V dan 6 V diperoleh lapisan dengan ketebalan yang relatif stabil, yaitu berkisar antara 18–20 µm. Pada rentang ketebalan ini, nilai kekilapan permukaan juga mengalami peningkatan dibandingkan kondisi sebelum pelapisan. Hal ini menunjukkan bahwa lapisan dengan ketebalan yang merata, membentuk permukaan yang lebih halus sehingga dapat memantulkan cahaya dengan lebih baik.

Hasil yang terbaik ditunjukkan pada tegangan 6V, di mana lapisan elektroplating memiliki nilai ketebalan paling tinggi, serta diikuti oleh nilai kekilapan permukaan yang tertinggi dan merata. Menurut Huo et al (2025), hubungan ini mengindikasikan bahwa nilai ketebalan lapisan yang tinggi berkontribusi terhadap peningkatan kekilapan permukaan. Pada kondisi ini, deposisi ion logam berlangsung secara stabil sehingga permukaan menjadi halus dan minim cacat.

Sebaliknya, pada tegangan 12V dikarenakan proses deposisi ion logam pada proses pelapisan berlangsung lebih cepat, ketebalan lapisan mengalami penurunan dan menunjukkan kekilapan yang tidak merata. Hal tersebut menunjukkan bahwa ketebalan lapisan yang tidak merata serta permukaan yang kasar dapat menurunkan kualitas reflektivitas permukaan meskipun pada beberapa titik nilai kekilapan masih relatif tinggi.



Permukaan Halus Permukaan Kasar

Gambar 9. Kerusakan Lapisan Elektroplating

Fenomena ini menunjukkan bahwa hubungan antara ketebalan dan kekilapan tidak bersifat linier terhadap peningkatan tegangan. Ketebalan lapisan yang terlalu tipis atau terbentuk secara tidak merata akibat deposisi yang terlalu cepat cenderung menghasilkan permukaan yang kasar dan tidak homogen, sehingga menurunkan nilai kekilapan yang dihasilkan (Huo et al., 2025).

Hubungan antara tegangan, kuat arus, dan hambatan mengikuti Hukum Ohm, di mana tegangan berbanding lurus dengan kuat arus dan berbanding terbalik dengan hambatan. Semakin kecil nilai hambatan, maka arus yang mengalir cenderung lebih stabil sehingga proses deposisi ion logam berlangsung lambat dan menghasilkan lapisan yang lebih tebal dan stabil. Sebaliknya, semakin besar hambatan, arus yang mengalir menjadi tidak stabil sehingga proses deposisi ion logam berlangsung lebih cepat dan menghasilkan lapisan yang tipis dan kasar. Hal ini menunjukkan bahwa hambatan juga berpengaruh terhadap laju deposisi dan kualitas hasil pelapisan logam.

Secara keseluruhan, dapat disimpulkan bahwa ketebalan lapisan yang terdistribusi secara merata berpengaruh baik terhadap peningkatan kekilapan permukaan hasil elektroplating. Tegangan 6V, merupakan tegangan yang ideal untuk menghasilkan lapisan dengan ketebalan yang tinggi sekaligus kekilapan permukaan yang tinggi dan merata. Hasil ini menegaskan pentingnya pengendalian parameter tegangan dalam proses elektroplating untuk memperoleh kualitas lapisan terbaik.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai pengaruh variasi tegangan elektroplating terhadap ketebalan dan kekilapan permukaan lapisan elektroplating pada material baja ST37, di peroleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Tegangan berpengaruh terhadap ketebalan hasil elektroplating. Nilai ketebalan tertinggi didapatkan pada tegangan 6V dengan rata-rata nilai ketebalan lapisan 20.80 µm.
2. Tegangan berpengaruh terhadap kekilapan permukaan hasil elektroplating. Nilai kekilapan tertinggi dan paling stabil didapatkan pada tegangan 6V dengan rata-rata nilai kekilapan 566 GU, yang menunjukkan terbentuknya permukaan yang halus dan reflektif.

SARAN

Berdasarkan hasil penelitian dan kesimpulan yang telah diperoleh, maka peneliti memberikan beberapa saran sebagai berikut:

1. Penelitian selanjutnya disarankan menambah variasi parameter proses, seperti waktu, konsentrasi larutan dan suhu larutan, untuk memperoleh analisis yang lebih menyeluruh terhadap kualitas lapisan.

2. Perlu dilakukan pengujian tambahan seperti uji ketahanan korosi, uji SEM (Scanning Electron Microscope), uji keausan (wear test) untuk mendapatkan gambaran lebih lengkap mengenai kinerja lapisan elektroplating dalam kondisi penggunaan sebenarnya.
3. Pada tahap preparasi permukaan, kualitas pembersihan sangat menentukan hasil akhir. Oleh karena itu, pembersihan permukaan sebaiknya dilakukan lebih teliti untuk mengurangi risiko cacat lapisan seperti bintik dan pori.

REFERENSI

Andinata, F., Destyorini, F., & Sugiarti, E. (2020). Tebal, Terhadap Elektroplating, Lapisan Pada, Nikel St, Baja. *Jurnal*, *2*(2), 48–52.

Arib, M. F., Rahayu, M. S., Sidorj, R. A., & Afgani, M. W. (2024). Experimental Research Dalam Penelitian Pendidikan. *Innovative: Journal Of Social Science Research*, *4*(1), 5497–5511. https://j-innovative.org/index.php/Innovative/article/view/8468

Assegaff, M., & Purwanto, H. (2017). Pengaruh Tegangan Pelapisan Nikel pada Tembaga dalam Pelapisan Khrom Dekoratif terhadap Ketebalan, Kekerasan dan Kekasaran Lapisan. *Momentum*, *13*(2), 19–24.

Atiyah, M. H., & Albusalih, D. S. (2024). Corrosion behavior of Steel 37 under dynamic conditions in 0.1 N H_2SO_4. *Journal of Engineering and Technological Sciences*, *55*(6), 637–647. https://doi.org/https://doi.org/10.5614/j.eng.technol.sci.2023.55.6.2

Auldi, M. W. (2018). *ANALISA PENGARUH VARIASI TEGANGAN PADA PROSES ELEKTROPLATING BAJA DILAPIS CHROM TERHADAP KETEBALAN DAN KEKASARAN*. *Iv*.

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*. *15*(2), 97–103.

Fahmi, M. H., & Zamrudy, W. (2023). Studi Literatur Pengaruh Kuat Arus, Tegangan, Suhu Dan Waktu Terhadap Pelapisan Logam Dengan Metode Electroplating. *DISTILAT: Jurnal Teknologi Separasi*, *7*(2), 406–413. https://doi.org/10.33795/distilat.v7i2.234

Gugua, E. C., Ujah, C. O., Asadu, C. O., Von Kallon, D. V., & Ekwueme, B. N. (2024). Electroplating in the modern era, improvements and challenges: A review. *Hybrid Advances*, *7*(June), 100286. https://doi.org/10.1016/j.hybadv.2024.100286

Hakim, A. rahman. (2021). *Pengaruh tegangan listrik dan waktu pelapisan terhadap berat dan ketebalan pelapisan chrom pada pelat baja carbon rendah*. *4*(2), 330–334.

Hilmi, I. (2020). Electroplating Chrome Baja ST 37 Dengan Perubah Tegangan Listrik 6v, 10v, Dan 12v Terhadap Kekerasan Dan Ketebalan. *Edu Elektrika Journal*, *9*(1), 2020.

Huo, W., Jia, Y., Zang, R., Xia, X., & Lv, Z. (2025). *A Study on the Process of Electroplating a Ni Coating on a Carbon Fiber Surface Under the Condition of an Electroplating Solution Without Additives*. *15*.

Jamaludin. (2024). *Pengaruh Ketebalan Elektroplating Menggunakan Nikel dan Krom pada Aluminium Alloy 2024 terhadap Laju Korosi*. *Table 10*, 42–29.

Janitra, A. A., & Setiyawan, T. (2023). Pengaruh Waktu dan Rapat Arus dalamElektroplating Nikel pada Logam ST-37. *Jurnal Sains Dan Teknologi*, *2*(1), 97–108.

Karthik, R., Mani, R., & Manikandan, P. (2021). Tribological studies of Ni-SiC and Ni-Al2O3 composite coatings by Pulsed Electrodeposition. *Materials Today: Proceedings*, *37*, 701–706. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.05.717

Lelevic, A. (2018). *Ni-P coatings electroplating - A review, Part I: Pure Ni-P alloy*. http://arxiv.org/abs/1807.04693

Maniam, K. K., & Paul, S. (2021). *A Review on the Electrodeposition of Aluminum and Aluminum Alloys in Ionic Liquids*.

Marawe GmbH Co. KG. (2016). *Handbook for Plating*. https://www.tifoo.de/media/pdf/bf/6d/3e/handbook_for_plating_1_2.pdf

Mulyaningsih, N. (2017). Peningkatan Kualitas Produk Industri Kecil Peralatan Rumah Tangga Dengan Pelapisan Logam. *Prosiding Seminar Nasional Multi Disiplin Ilmu & Call for Papers Unisbank Ke-3*, *... dilakuka*(39), 202–206.

Mutholib, A. (2012). *Laporan Tugas Akhir Elektroplating Dekoratif Protektif Dengan Kapasitas Larutan Elektrolit Nikel 20 L Dan Khrom 10 L*. 1–3. http://katalog.ukdw.ac.id/id/eprint/6167%0Ahttps://katalog.ukdw.ac.id/6167/1/62170056_bab1_bab5_daftar pustaka.pdf

Okonkwo, B. O., Jeong, C., & Jang, C. (2022). Advances on Cr and Ni Electrodeposition for Industrial Applications—A Review. *Coatings*, *12*(10). https://doi.org/10.3390/coatings12101555

Organização Internacional de Normalização (ISO). (2010). *Anodizing of aluminium and its alloys-Measurement of specular reflectance and specular gloss of anodic oxidation coatings at angles of 20°, 45°, 60° or 85° COPYRIGHT PROTECTED DOCUMENT*. *2010*.

Putra, E. A. P., Kadriadi, K., Wirakusuma, K. W., Pratama, A. B., & Boangmanalu, E. P. D. (2024). Analisis Alat Pelapis Logam Portabel Dengan Metode Electroplating Terhadap Hasil Pengujian Kekerasan Material Logam St37. *SINERGI POLMED: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, *5*(2), 62–68. https://doi.org/10.51510/sinergipolmed.v5i2.1653

Raharjo, S. (2010). Pengaruh Variasi Tegangan Listrik Dan Waktu Proses Electroplating Terhadap Sifat Mekanis Dan Struktur Mikro Baja Karbon Rendah Dengan Krom Samsudi. *Jurnal.Unimus.Ac.Id*, 296–308.

Rasyad, A., & Budiarto, B. (2018). Analisis Pengaruh Temperatur, Waktu, dan Kuat Arus Proses Elektroplating terhadap Kekuatan Tarik, Kekuatan Tekuk dan Kekerasan pada Baja Karbon Rendah. *Jurnal Rekayasa Mesin*, *9*(3), 173–182. https://doi.org/10.21776/ub.jrm.2018.009.03.4

Rattani, A. (2025). *Impact of Voltage Variations on Mass Deposition Rate in Copper-Iron Electroplating*. 1–22.

Riyadi, T. W. B., Masyrukan, M., & Sugito, B. (2016). Pengaruh Waktu Tahan Celup Terhadap Nilai Kilap dan Ketebalan Lapisan Tembaga Pada Proses Elektoplating Baja Karbon Tinggi. *Media Mesin: Majalah Teknik Mesin*, *15*(2). https://doi.org/10.23917/mesin.v15i2.2072

Rizki, T. A., Fakhriza, F., Saifuddin, S., & Fathier, A. (2023). Pengaruh Waktu dan Temperatur Proses Elektroplating Terhadap Ketebalan dan Kekerasan Permukaan Baja ASTM A36. *Jurnal Mesin Sains Terapan*, *7*(2), 103. https://doi.org/10.30811/jmst.v7i2.4486

Salman, Wiranata, A., Sinarep, & Dwi Setyawan, P. (2022). the Effect of Nickel Electroplating on the Surface Hardness of Low Carbon Steel. *Energy, Materials and Product Design*, *1*(2), 46–52. https://doi.org/10.29303/empd.v1i2.1495

Schlesinger, M., & Paunović, M. (Eds. . (2010). Modern Electroplating (5th ed.). *John Wiley & Sons*. https://doi.org/https://doi.org/10.1002/9780470602638

Schlesinger, M., & Paunovic, M. (2011). *Modern Electroplating: Fifth Edition*. https://doi.org/10.1002/9780470602638

Schwartz, M. (2019). Deposition from Aqueous Solutions: An Overview. *Handbook of Surface Engineering*, *1998*, 10–13.

Soesatyo, B. (2009). Penambahan Sudut 75 Sistem Pengukuran Standar Kilap. *Jurnal Standardisasi*, *800*.

Tarwijayanto, D., Raharjo, W. P., & Triyono, T. (2013). Pengaruh arus dan waktu pelapisan hard chrome terhadap ketebalan lapisan dan tingkat kekerasan mikro pada plat baja karbon rendah AISI 1026 dengan menggunakan CrO3 250 gr/lt dan H2SO4 2,5 gr/lt pada proses elektroplating. *Mekanika*, *11*(2), 105–115.

Tauvana, A. I. (2016). Pengaruh Variasi Tegangan Dan Waktu Pelapisan Terhadap Kekilapan,

Kekerasan Dan Kekasaran Permukaan Aluminium. *Kurvatek*, *1*(1), 6. https://doi.org/10.33579/krvtk.v1i1.216

Tri Megah, T. (2022). *Anoda dan Katoda Dalam Proses Elektroplating*. https://trimegah-tehnik.com/articles/anoda-dan-katoda-dalam-proses-elektroplating

Usman, R. (2019). Pelapisan baja dengan logam chrom terhadap kekerasan permukaan melalui proses electroplating. In *Jurnal POLIMESIN* (Vol. 2, Issue 1, p. 67). https://doi.org/10.30811/jop.v2i1.1402

Wijanarka, W. A., & Toifur, M. (2020). Effect of Deposition Voltage on Layer Thickness, Microstructure, Cu/Ni Sheet Resistivity of Deposition Results by Magnetic Field Electroplating Assisted Technique. *Indonesian Review of Physics*, *3*(1), 23. https://doi.org/10.12928/irip.v3i1.1530

Wilamowski, B. M., & Irwin, J. D. (2016). Control and mechatronics. *Control and Mechatronics*, *July*, 1–728. https://doi.org/10.1201/9781315218403

Yazdi, M. S., Rezayat, M., Zandi, M. D., & Azami, A. (2022). Tribological and Corrosion Behavior of St37 Steel by Electrochemically Deposited Ni-Fe/Al 2 O 3 Coating. *Research Square*, 1–20. https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1811021/v1

Ye, P., Niu, Q., & Wang, F. (2023). *Materials Science and Engineering : B Effect of electrolyte composition and deposition voltage on the deposition rate of copper microcolumns jet electrodeposition*. *298*(December), 2–7.

Yudo, S., & Said, N. I. (2017). Pengolahan Air Limbah Industri Kecil Pelapisan Logam. *Jurnal Air Indonesia*, *1*(1). https://doi.org/10.29122/jai.v1i1.2287

Yulianto Sudarmono Rizki, E. W. (2015). Analisa Pengaruh Variasi Temperatur Proses Pelapisan Nikel Pelapisan Nikel Khrom Terhadap Kualitas Ketebalan Dan Kekerasan Pada Baja St 40. *Proceeding Call for Paper - SNFT UMSIDA 2013*, *June*, 145–150.