

Madani: Jurnal Ilmiah Multidisiplin
Volume 1, Nomor 9, Oktober 2023, Halaman 112-118
Licensed by CC BY-SA 4.0
E-ISSN: [2986-6340](https://doi.org/10.5281/zenodo.8437512)
DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.8437512>

Analisis Sifat Mekanik Lapisan Krom Pada Titanium Dengan Metode Elektroplating

M. Shafwallah Al. Aziz. R.¹, Agus Choirul Arifin², Rahayu Mekar Bisono³

^{1,2,3}Politeknik Negeri Madiun, Madiun

Email: ¹shafwa.alaziz@pnm.ac.id, ²arifin07@pnm.ac.id, ³mekar@pnm.ac.id

Abstrak

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh variasi waktu pencelupan terhadap ketebalan dan kekerasan lapisan serta kekasaran permukaan pada proses pelapisan krom pada pelat titanium. Proses pelapisan dilakukan menggunakan larutan elektrolit dengan kandungan bahan krom 500 gr/ltr. Selama proses pelapisan, substrat titanium berperan sebagai katoda sedangkan timbal (Pb) berfungsi sebagai anoda. Parameter yang digunakan adalah waktu pencelupan yang terdiri dari 30, 45, 60 dan 75 menit. Pengukuran ketebalan lapisan dilakukan dengan menggunakan foto mikro sehingga ketebalannya dapat terlihat dengan jelas. Pengujian kekerasan permukaan dilakukan dengan pengujian SEM. Pengujian kekerasan dilakukan dengan menggunakan uji kekerasan Vickers. Hasil uji SEM menunjukkan sebaran dan komposisi unsur pada permukaan dan substrat. Hasil uji foto mikro menunjukkan bahwa semakin lama waktu pencelupan maka lapisan krom yang terbentuk semakin tebal yaitu 18,532 μm setelah 75 menit. Hasil uji kekerasan pada substrat logam titanium sebesar 173,88 VHN, dengan bertambahnya waktu pencelupan maka kekerasan tertinggi pada waktu 75 menit sebesar 226,26 VHN. Hasil pengukuran kekasaran permukaan pada substrat titanium sebesar 0,251 μm . Berdasarkan hasil pengukuran, semakin lama waktu pencelupan maka tingkat kekerasan semakin menurun sebesar 0,221 μm setelah waktu 75 menit.

Kata kunci: *titanium, krom, waktu pencelupan, ketebalan lapisan, kekerasan, kekasaran permukaan*

Article Info

Received date: 15 September 2023

Revised date: 26 Sept. 2023

Accepted date: 08 Oktober 2023

PENDAHULUAN

Titanium merupakan logam yang banyak digunakan sebagai bahan konstruksi pesawat terbang, kapal laut, perhiasan, rangka sepeda, peralatan bedah dan alat-alat kesehatan lainnya. Titanium dapat digunakan dalam paduan logam, terutama besi dan aluminium. Titanium merupakan logam transisi yang sangat ringan, tahan lama, dan tahan korosi dengan warna metalik putih keperakan. Salah satu karakteristik titanium yang paling terkenal adalah memiliki sifat lebih kuat dari baja, namun beratnya hanya setengahnya. Titanium juga memiliki karakter dua kali lebih kuat dari aluminium tetapi 60% lebih berat dari aluminium. Pelapisan krom adalah metode yang banyak digunakan dalam teknologi pengolahan logam. Krom atau kromium merupakan salah satu logam *non-ferrous*, proses pelapisan krom semakin banyak dikenal dalam industri logam sebagai lapisan pelindung atau perlakuan permukaan (*metallic surface treatment*) dan merupakan lapisan dengan sifat keras, mempunyai warna putih kebiru-biruan, memiliki ketahanan yang baik untuk melawan efek kekusaman yang tinggi.

Elektroplating adalah proses pelapisan suatu bagian benda dengan menggunakan elektrolit dan arus listrik searah untuk menghantarkan ion-ion dari anoda ke katoda. Pada dasarnya pelapisan ini dilakukan dengan tujuan untuk melindungi diri dari bahaya korosi, dengan terbentuknya kekerasan permukaan, dan sifat teknis atau mekanis tertentu dari logam dasar. Dalam dunia industri, tidak hanya tampilan produk saja yang diminati pasar, namun kekerasan permukaan dan daya rekatnya juga sangat membantu kesuksesan produk di pasaran[1].

Prinsip pelapisan adalah anoda terhubung ke kutub positif dan katoda terhubung ke kutub negatif, kemudian anoda dan katoda direndam dalam larutan elektrolit[2]. Kerapatan arus mempengaruhi sifat mekanik yang diperoleh terutama nilai kekerasan pada saat pelapisan krom keras dengan larutan kromium trivalent[3]. Lama perendaman akan mempengaruhi ketebalan dan kekasaran permukaan lapisan pada pelapisan tembaga bila menggunakan elektroplating[4]. Ketebalan dan kekerasan lapisan krom keras akan meningkat seiring dengan meningkatnya tegangan dan waktu pelapisan[5]. Peningkatan waktu dan arus perendaman akan diiringi peningkatan ketebalan lapisan dan nilai kekerasan mikro akibat dari proses pelapisan *hard chrome*[6]. Peningkatan waktu dan arus pencelupan akan diiringi dengan peningkatan ketebalan lapisan dan nilai kekerasan mikro pada proses elektroplating baja karbon rendah AISI 1026[7]. Peningkatan waktu akan meningkatkan ketebalan lapisan krom dan daya rekatnya pada pelapisan krom dekoratif tanpa lapisan pendukung[8]. Peningkatan waktu pelapisan akan meningkatkan ketebalan dan kekerasan lapisan Ni, namun mengurangi keausan spesifik, sehingga Ni dapat menjadi kandidat potensial sebagai material alternatif pelapisan krom[9]. Peningkatan tegangan arus akan meningkatkan ketebalan dan kekerasan lapisan Cu, namun menurunkan laju keausan spesifik pelapisan baja karbon[10]. Variasi waktu pelapisan nikel pada tembaga berkisar antara 5 hingga 25 menit, nilai iluminasi tingkat kecerahan dan ketebalan lapisan meningkat[11]. Proses elektroplating lapisan tipis titanium pada permukaan besi melalui pengendapan kontak listrik, dimana titanium murni dan elektroda besi direndam dalam garam cair (NaCl-TiCl₂) pada suhu tinggi, merendam besi dalam garam cair selama 10 jam pada suhu 1200 K, diperoleh lapisan besi-titanium yang lebih tipis dibandingkan besi, dan ketahanan korosi lapisan paduan kaya titanium ini diperkirakan lebih tinggi dibandingkan baja[12]. Peningkatan waktu dan suhu perendaman pada proses elektroplating menyebabkan peningkatan ketebalan dan kekerasan permukaan lapisan baja ST42[13]. Meningkatnya waktu tahan celup berpengaruh terhadap ketebalan lapisan dan kekasaran permukaan, yang mana semakin lama waktu tahan celup maka lapisan yang diperoleh akan semakin tebal dan tingkat kekasarannya semakin rendah[14].

Peningkatan waktu proses elektroplating Ni-Cr dapat meningkatkan kekerasan permukaan sampel. Namun peningkatan waktu tersebut mempunyai nilai optimal pada waktu 60 menit, apabila waktu ditambahkan lagi dapat menurunkan kekerasan permukaan sampel[15]. Peningkatan waktu perendaman akan menghasilkan pelapisan dengan kecenderungan yang sama yaitu peningkatan ketebalan lapisan dan peningkatan kekerasan permukaan[16]. Lapisan nikel meningkatkan kekerasan dan secara signifikan mengurangi laju korosi. Kekerasan meningkat tetapi laju korosi menurun seiring dengan bertambahnya waktu elektroplating[17]. Elektroplating dilakukan dengan *hard chromium* pada besi cor kelabu ASTM 40 dengan variasi waktu pelapisan mengakibatkan peningkatan kekerasan dan ketebalan lapisan[18]. Penelitian pelapisan nikel kromium pada baja karbon rendah dengan perubahan suhu menghasilkan peningkatan ketebalan lapisan dan kekerasan seiring dengan peningkatan suhu cairan[19]. Elektroplating dengan memvariasikan tegangan dan jarak elektroda pada saat pelapisan nikel-krom mempunyai pengaruh terhadap sifat baja ST42[20].

Pada penelitian ini dilakukan analisis proses elektroplating lapisan titanium menggunakan krom. Proses pelapisan krom yang lama dimungkinkan dapat mempengaruhi ketebalan dan kekerasan lapisan serta kekasaran permukaan logam dasarnya. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh lama perendaman pada proses elektroplating titanium terhadap struktur dan ketebalan lapisan permukaan krom, kekerasan lapisan permukaan krom dan kekasaran lapisan permukaan krom.

METODE PENELITIAN

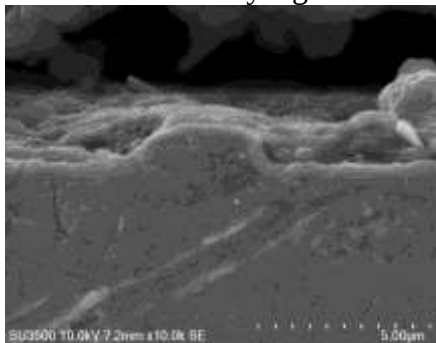
Metodologi penelitian dilakukan dengan metode eksperimen. Kegiatan yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi studi pustaka kemudian preparasi pada bahan krom dan titanium sebagai substrat logam induk yang terdiri dari pemotongan, perataan, pengamplasan, pemolesan, pencucian, pengetsaan, *setup* alat, melakukan elektroplating, pengujian substrat, dan pengambilan data hasil pengujian. Pengambilan data dilakukan dengan melakukan pengujian untuk masing-masing substrat logam induk dan substrat lapisan elektroplating yang meliputi uji SEM, foto mikro, uji kekerasan, dan uji kekasaran.

HASIL DAN PEMBAHASAN

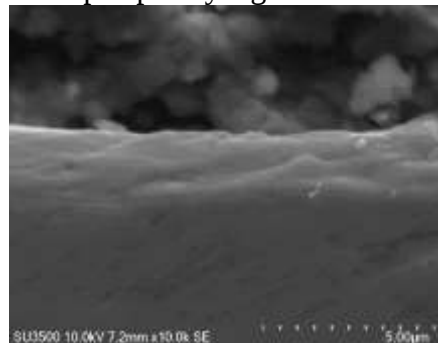
1. Hasil Pengujian SEM Pada Substrat Titanium

Pengujian SEM (*Scanning Electron Microscope*) pada penelitian ini memiliki tujuan untuk melihat representasi struktur lapisan dan untuk mengetahui komposisi unsur dari lapisan tersebut. SEM ini diambil pada potongan substrat lapisan elektroplating dengan waktu perendaman 30 dan 75 menit pada perbesaran 200x. Hal ini dikarenakan agar perbedaan data yang diperoleh dapat terlihat lebih jelas, sehingga diambil pada waktu tercepat dan waktu terlama.

Hasil uji SEM bisa dilihat pada gambar 1 dan gambar 2 khususnya pada sampel dengan waktu perendaman 30 dan 75 menit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa setelah direndam selama 30 menit lapisan chromium masih terlihat sangat kasar dan tidak rata, sedangkan setelah direndam selama 75 menit lapisan chromium terlihat sangat halus dan hampir seragam, dapat disimpulkan bahwa semakin lama waktu perendaman, maka lapisan chromium yang dihasilkan semakin halus dan rata, sehingga membutuhkan waktu yang lama untuk mencapai hasil pelapisan yang maksimal.



Gambar 1. Hasil uji SEM dengan waktu pencelupan 30 menit

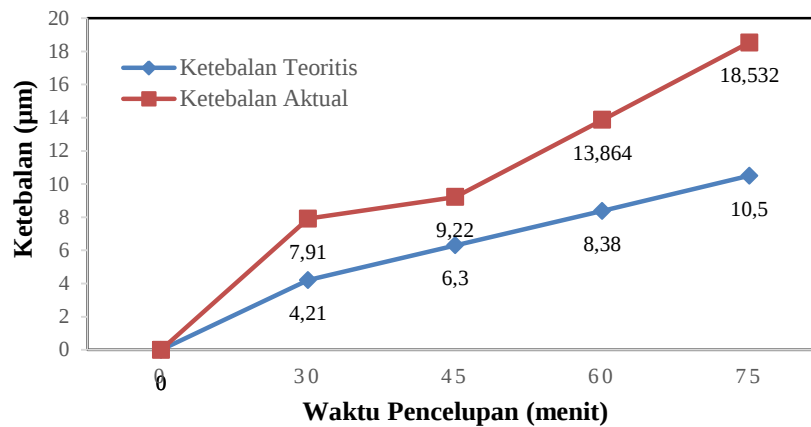


Gambar 2. Hasil Uji SEM dengan waktu pencelupan 75 menit

2. Hasil Pengujian Foto Mikro

Hasil pengujian foto mikro dapat dilihat pada gambar 3 khususnya pada grafik hubungan waktu pelapisan, ketebalan teoritis dan ketebalan sebenarnya. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan ketebalan lapisan aktual serta waktu pelapisan yaitu 30, 45, 60 dan 75 menit, ketebalan lapisan terendah dicapai dengan waktu pelapisan 30 menit sebesar 7,91 μm . Setelah waktu pelapisan 45 menit ketebalannya meningkat menjadi

9,22 μm . Setelah waktu pelapisan 60 menit ketebalan lapisan meningkat lagi menjadi 13,864 μm . Sampai pada waktu pelapisan 75 menit ketebalannya menjadi 18,532 μm . Oleh karena itu, pelapisan elektroplating dengan tegangan tetap dan peningkatan waktu pelapisan dapat meningkatkan ketebalan lapisan pada spesimen. Hal ini dikarenakan seiring bertambahnya waktu pelapisan, lapisan kromium yang terbentuk dan melekat semakin tebal.

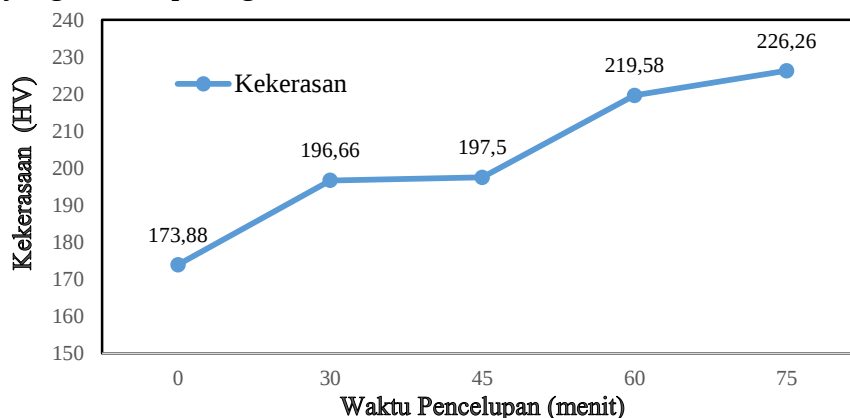


Gambar 3. Grafik hubungan waktu pelapisan, ketebalan teoritis dan ketebalan aktual.

Hasil penelitian elektroplating pada pelat baja karbon rendah lapis tembaga dengan menggunakan variasi waktu perendaman yang telah ditentukan menunjukkan nilai rata-rata ketebalan lapisan dengan variasi waktu 4 detik sebesar 0,622 μm , 6 detik sebesar 0,718 μm dan 8 detik sebesar 0,755 μm . Berdasarkan hasil pengujian diperoleh kekasaran dengan waktu perubahan 4 detik sebesar 0,1100 μm , 6 detik sebesar 0,2527 μm , dan 8 detik sebesar 0,2808 μm . Oleh karena itu, dapat dikatakan bahwa semakin lama waktu pelapisan maka ketebalan lapisan akan semakin bertambah dan kekasaran juga akan semakin meningkat[4].

3. Hasil Pengujian Kekerasan

Pengujian dilakukan menggunakan alat uji kekerasan *microhardnes vickers*. Pengujian ini dilakukan terhadap seluruh sampel yang akan dilakukan proses pelapisan. Pengujian dilakukan terhadap 5 spesimen uji dan setiap spesimen mempunyai 5 titik berbeda per spesimen, yaitu bagian atas, bawah, kanan, kiri dan tengah. Pada pengujian kekerasan ini digunakan gaya tekan sebesar 500 gf dan waktu tekan selama 10 detik. Dari hasil pengujian diperoleh grafik hubungan waktu pelapisan dengan kekerasan lapisan pada proses elektroplating dengan pengujian kekerasan *mikrohardnes vickers* seperti yang terlihat pada gambar 4 berikut ini:



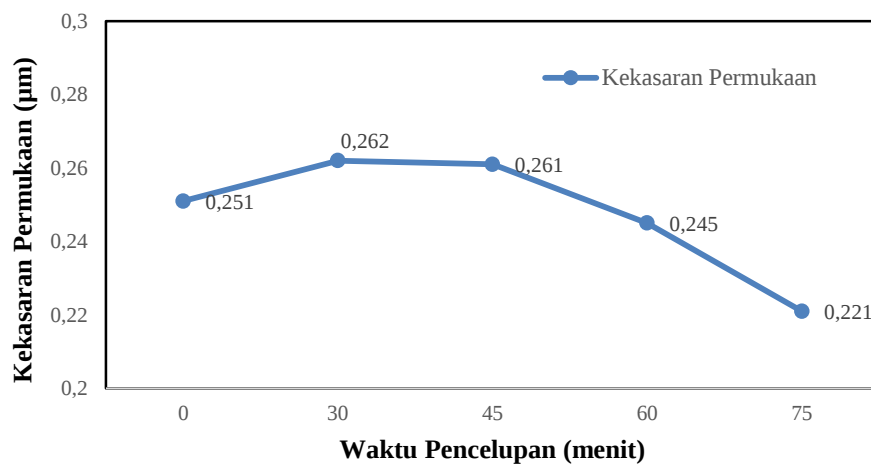
Gambar 4. Grafik hubungan antara waktu pelapisan dengan nilai kekerasan lapisan krom.

Berdasarkan data pengujian, sampel pertama sebelum pelapisan memiliki nilai kekerasan sebesar 173,88 HV. Kemudian pengujian sampel pertama yang sudah dilapisi dengan tegangan 2,8 V selama 30 menit diperoleh nilai kekerasan rata-rata sebesar 196,66 HV. Sampel kedua dengan tegangan 2,8 V selama 45 menit mempunyai nilai kekerasan rata-rata sebesar 197,5 HV. Sampel ketiga yang diberi tegangan 2,8 V selama 60 menit mempunyai nilai kekerasan rata-rata sebesar 219,58 HV. Sampel keempat yang diberi tegangan 2,8 V selama 75 menit mempunyai nilai kekerasan rata-rata sebesar 226,26 HV. Hasil uji kekerasan permukaan, menunjukkan bahwa semakin lama waktu pelapisan maka kekerasan permukaan akan semakin tinggi sehingga hasil pelapisan menjadi semakin keras. Hal ini disebabkan lapisan kromium yang menempel pada titanium lebih tebal.

Hasil penelitian elektroplating pada plat baja karbon rendah yang dilapisi dengan krom keras menggunakan variasi tegangan dan waktu pelapisan menunjukkan bahwa ketebalan lapisan krom keras pada tegangan 4, 6, 8, 10 dan 12 volt selama 15 menit adalah sebesar 7.76, 9.31, 17.85, 27.16 dan 37.79 μm maka nilai kekerasan yang ditampilkan adalah 214.28, 232.92, 254.77, 286.17 dan 351.29 VHN. Dapat disimpulkan bahwa ketebalan dan kekerasan lapisan krom keras akan meningkat seiring dengan bertambahnya tegangan dan waktu pelapisan[5].

4. Hasil Pengujian Kekasaran Permukaan

Pengujian ini mengambil 5 titik pada sampel, dengan menggunakan alat pengujian *Surface Roughness Tester*. Prinsip kerja alat tersebut adalah dengan menggunakan *probe* dan mengolahnya dengan *microprocessor*. Dari hasil pengukuran dapat diperoleh grafik hubungan waktu pencelupan dengan kekasaran permukaan lapisan, seperti terlihat pada gambar 5 dibawah ini:



Gambar 5. Grafik hubungan waktu pelapisan dengan tingkat kekasaran permukaan rata-rata lapisan.

Hasil uji kekasaran permukaan menunjukkan adanya perubahan nilai kekasaran permukaan setelah proses elektroplating. Pada raw material mempunyai tingkat kekasaran rata-rata sebesar 0,251 μm dibandingkan dengan waktu pelapisan 30 dan 60 menit raw material lebih tinggi tingkat kekasarnya, karena pencelupan 30 dan 45 menit dimungkinkan belum merata hasil pelapisannya. Pada hasil pelapisan, rata-rata nilai kekasaran permukaan sampel 30 menit yaitu 0,262 μm dibandingkan dengan sampel 45 menit yaitu 0,261 μm tidak mengalami penurunan yang signifikan dan sampel 60 menit yaitu 0,245 μm serta nilai kekasaran permukaan sebesar 0,245 μm . Untuk sampel

dengan waktu 75 menit nilai kekasaran permukaan 0,221 μm yang terjadi pengurangan secara signifikan.

Hasil uji kekasaran permukaan menunjukkan bahwa semakin lama waktu pelapisan maka kekasaran permukaan semakin rendah sehingga hasil pelapisan semakin halus. Hal ini disebabkan karena lapisan kromium yang menempel tersebar merata diseluruh permukaan titanium.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan diatas, maka dapat disimpulkan bahwa pada pelapisan elektroplating peningkatan waktu pelapisan dapat meningkatkan ketebalan lapisan kromium pada titanium, peningkatan waktu pencelupan dapat meningkatkan pula kekerasan permukaan lapisan dan pertambahan waktu pencelupan akan menghasilkan perubahan kekasaran yang bervariasi, yang mana bertambahnya waktu pencelupan pada mulanya akan menambah kekasaran kemudian menurun.

Referensi

- [1] Hendrato, "Pengaruh Waktu Pelapisan Dan Rapat Arus Katoda Terhadap Kekerasan Dan Adhesivitas Lapisan Pada Plat Baja Karbon Rendah AISI 1021 Dengan Proses Elektroplating Hard Chrome Menggunakan CrO_3 250 gr/liter Dan H_2SO_4 5 gr/liter," 2012.
- [2] M. Nurbanasari, A. Ramelan, and A. PHH, "Proses Pelapisan Kromium Pada Pelat Baja Karbon Rendah," no. Iii, pp. 978–979, 2016.
- [3] V. S. Protsenko, F. I. Danilov, V. O. Gordienko, S. C. Kwon, M. Kim, and J. Y. Lee, "Electrodeposition of hard nanocrystalline chrome from aqueous sulfate trivalent chromium bath," *Thin Solid Films*, vol. 520, no. 1, pp. 380–383, 2011.
- [4] F. R. Syam, "Pengaruh variasi waktu celup 4, 6 dan 8 detik terhadap tebal lapisan dan kekasaran tembaga pada pelat baja karbon sedang dengan proses elektroplating," 2014.
- [5] S. Raharjo, Pengaruh Variasi Tegangan Listrik Dan Waktu Proses Elektroplating Terhadap Ketebalan Serta Kekerasan Lapisan Pada Baja Karbon Rendah Dengan Krom. 2010.
- [6] F. S. A. Putra, "Pengaruh Arus Dan Waktu Pelapisan Hard Chrome Terhadap Ketebalan Lapisan Dan Kekerasan Pada Plat Baja Karbon Rendah AISI 1026 Dengan Elektroplating Menggunakan HCrO_3 250 gr/liter Dan H_2SO_4 1,25 gr/liter," 2012.
- [7] D. Tarwijayanto, W. P. Raharjo, and T. Triyono, "Pengaruh Arus Dan Waktu Pelapisan Hard Chrome Terhadap Ketebalan Lapisan Dan Tingkat Kekerasan Mikro Pada Plat Baja Karbon Rendah AISI 1026 Dengan Menggunakan CrO_3 250 gr/lit Dan H_2SO_4 2,5 gr/lit Pada Proses Elektroplating," *MEKANIKA*, vol. 11, no. 02, pp. 109–115, 2013.
- [8] Y. D. Mustopo, Pengaruh Waktu terhadap Ketebalan dan Adhesivitas Lapisan pada Proses Elektroplating Krom Dekoratif tanpa Lapisan Dasar, Dengan Lapisan Dasar Tembaga dan Tembaga-Nikel. 2011.
- [9] T. W. B. Riyadi and Masyrukan, "Hardness and wear properties of laminated Cr-Ni coatings formed by electroplating," *AIP Conf. Proc.*, vol. 1831, 2017.
- [10] T. W. B. Riyadi, Sarjito, Masyrukan, and R. A. Riswan, "Mechanical properties of Cr-Cu coatings produced by electroplating," *AIP Conf. Proc.*, vol. 1855, 2017.
- [11] I. K. Suarsana, "Pengaruh Waktu Pelapisan Nikel pada Tembaga dalam Pelapisan Khrom Dekoratif Terhadap Tingkat Kecenderungan dan Ketebalan Lapisan," *Cakram*, vol. 2, no. 1, pp. 48–60, 2008.

- [12] T. Uda, T. H. Okabe, Y. Waseda, and Y. Awakura, "Electroplating of titanium on iron by galvanic contact deposition in NaCl – TiCl₂ molten salt," vol. 7, pp. 490–495, 2006.
- [13] R. Deviana and A. M. Sakti, "Pengaruh Waktu Pencelupan Dan Temperatur Proses Elektroplating Terhadap Ketebalan Dan Kekerasan Permukaan Baja ST 42," JTM, vol. 03, no. Nomor 01, pp. 176–183, 2014.
- [14] J. Triyono, "Pengaruh Waktu Tahan Celup Proses Elektroplating Tembaga Terhadap Ketebalan Pelapisan Pada Plat Baja Karbon Tinggi Dengan Variasi Tahan 10, 12, dan 14 Detik," 2013.
- [15] N. Mulyaningsih, P. T. Iswanto, and Soekrisno, "Pengaruh waktu elektroplating nikel-chrom terhadap kekerasan baja stainless steel aisi 304," no. November, pp. 360–366, 2012.
- [16] N. Salim, "Studi Pelapisan Krom Pada Baja Karbon Dengan Rapat Arus 5 Ampere Tegangan 12 Volt Dan Variasi Waktu Pencelupan 10, 20, 30, 40 Dan 50 Menit," pp. 1–9, 2016.
- [17] V. Malau and N. S. Luppia, "Pengaruh variasi waktu dan konsentrasi larutan NaCl terhadap kekerasan dan laju korosi dari lapisan nikel elektroplating pada permukaan baja karbon sedang," Pros. Semin. Nas. Sains dan Teknol. ke-2, pp. 147–152, 2011.
- [18] Y. Sukrawan, "Analisis Variasi Waktu Proses Hard Chrome Terhadap Kekerasan Dan Ketebalan Lapisan Pada Besi Cor Kelabu," vol. 39, no. 5, pp. 561–563, 2008.
- [19] S. R. Yulianto and E. Widodo, "Analisa Pengaruh Variasi Temperatur Proses Pelapisan Nikel Khrom Terhadap Kualitas Ketebalan Dan Kekerasan Pada Baja St 40," Proceeding Call Pap. - SNFT UMSIDA, Indones., vol. 2, no. 2013, pp. 145–150, 2013.
- [20] F. Amrulloh and A. E. Palupi, "Pengaruh Tegangan Listrik Dan Jarak Elektroda Proses Pelapisan Nikel Krom Terhadap Karakteristik Baja ST 42," JTM, vol. 02, no. Nomor 03, pp. 122–128, 2014.