

Jurnal PROTEMAN Professional Technology and Manufacturing

Vol. 2 No. 2 (2025) 10 – 15 ISSN: 3063-2773 (Media Online)

Rancang Bangun Alat Proses Pelapisan Logam dengan Metode Elektroplating

Andika¹, Daddy Budiman^{2*}, Asmed³

^{1,2,3} Program Studi DIV Teknik Manufaktur, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Padang

*corresponding author: daddy@pnp.ac.id

Abstract

This research aims to determine the effect of electroplating parameters on the thickness and weight of the nickel coating on ST-37 steel. The test specimens used are sized 50 mm x 50 mm with a thickness of 5 mm. The electroplating process is carried out using varying current levels (1 A, 2 A, and 3 A) and durations (300 seconds, 600 seconds, and 900 seconds) to examine their effects on the coating properties. The results show that the weight of the nickel layer increases with the increase in current magnitude and the duration of time used. The optimal electroplating conditions were found to be at 2 A and 15 minutes per side, resulting in a smooth, shiny, and corrosion-resistant surface. The thickness of the nickel layer was also found to depend on the current density, where a higher current density results in a thicker layer. It can be concluded that the weight of the nickel plating depends on the magnitude of the current used and the duration of the plating process. At the same coating time, if the current used increases, the weight of the nickel layer formed also increases; the difference is only visible in the visual appearance of the surface.

Keywords: electroplating, nickel, steel ST-37, variation of current and time, added value

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh parameter elektroplating terhadap ketebalan dan berat lapisan nikel pada baja ST-37. Benda uji yang digunakan berukuran 50 mm x 50 mm dengan tebal 5 mm. Proses elektroplating dilakukan dengan menggunakan variasi besar arus (1 A, 2 A, dan 3 A) serta durasi waktu (300 detik, 600 detik, dan 900 detik) untuk mengkaji pengaruhnya terhadap sifat pelapisan. Hasilnya menunjukkan bahwa berat lapisan nikel meningkat seiring dengan meningkatnya besar arus dan durasi waktu yang digunakan. Kondisi elektroplating yang optimal ditemukan pada 2A dan 15 menit per sisi, menghasilkan permukaan yang halus, mengkilap, dan tahan korosi. Ketebalan lapisan nikel juga ditemukan bergantung pada kerapatan arus, di mana kerapatan arus yang lebih tinggi menghasilkan lapisan yang lebih tebal. Dapat disimpulkan berat pelapisan nikel yang terjadi tergantung dari besar arus yang digunakan dan lama waktu pelapisan. Pada waktu pelapisan yang sama jika arus yang digunakan semakin naik maka semakin naik pula berat lapisan nikel yang terjadi, perbedaannya hanya terlihat dari hasil visual permukaan.

Kata kunci: elektroplating, nikel, baja ST-37, variasi arus dan waktu, penambahan nilai

Diterima Redaksi : 17-09-2024 | Selesai Revisi : 04-10-2025 | Diterima : 05-10-2025

1. Pendahuluan

Industri Pelapisan Logam di dunia pada umumnya, terkhusus di Indonesia pada masa sekarang ini telah menjadi salah satu bidang pekerjaan yang mengalami perkembangan dan kemajuan yang sangat pesat mulai dari jenis-jenis pelapisan yang digunakan, bahan pelapis yang digunakan hingga hasil lapisan yang juga bermacam-macam [1]. Pada saat ini perkembangan pelapisan logam dengan metode elektroplating banyak diterapkan dalam berbagai bidang industri. Elektroplating merupakan salah satu metode dari pelapisan logam yang juga disebut elektrodposisi, yaitu suatu proses pengendapan / deposisi logam pelindung di atas logam lain dengan

cara elektrolisa. Logam-logam yang dapat digunakan sebagai pelapis adalah nikel, *chromium*, mangan, arsen, platinum, aurum, plumpun, dan lain-lain[2]. Kebutuhan akan informasi tentang teknologi pelapisan logam sangat diperlukan masyarakat, maka perlu adanya media pembelajaran tentang teknologi pelapisan logam. Pada Jurusan Teknik Mesin materi pembelajaran tentang teknologi mekanik belum ada bahan kajian tentang pelapisan logam, yaitu mata kuliah kimia terapan diperlukannya alat pratikum pelapisan logam.

Benda kerja yang akan di elektroplating merupakan konduktor atau benda yang dapat menghantarkan arus listrik. Proses elektroplating logam pada dasarnya dilakukan dengan tujuan untuk

mencegah proses korosi yang menyerang pada permukaan baja. Mengenai pengaruh tegangan elektroda chrome dapat disimpulkan bahwa pelapisan terbaik dengan menggunakan variasi tegangan yang besar dan lama waktu yang lama[3].

Alat elektroplating secara umum terdiri dari bagian utama seperti bak penampung cairan elektrolit dan bak pembilas yang terbuat dari bahan bukan logam. Bak penampung digunakan untuk menampung larutan elektrolit/logam pelapis proses pelapisan. Sedangkan bak pembilas adalah bak yang digunakan untuk membilas benda kerja hasil setelah proses pelapisan. Alat elektroplating juga dilengkapi dengan sistem elektrik yang berfungsi sebagai sumber arus baik digunakan untuk memanaskan air dan menghubungkan sirkuit elektroda positif dan negatif. Bagian utama yang lainnya pada alat elektroplating adalah sistem pemanas (heater) dan pengontrol waktu. Temperatur pemanasan yang bekerja pada proses pelapisan masih tergolong rendah, yaitu antara 60 – 80°C atau di bawah temperatur didih air. Suarsana dan komaladewi merancang alat elektroplating untuk penelitian tersebut menggunakan rectifier sebagai sumber arus DC, bak *plating* untuk larutan elektrolit dan bak pembilas, heater, termometer, agitator sebagai penghasil gelembung udara[4].

Teknologi terhadap pelapisan logam, proses lapisan listrik atau elektroplating termasuk kedalam proses pengerjaan akhir (*metal finishing*). Fungsi utama dari pelapisan logam adalah memperbaiki penampilan (dekoratif) seperti pada lapisan emas, perak, tembaga dan kuningan. Pelapisan logam juga berfungsi memperbaiki kehalusan atau bentuk permukaan dan toleransi logam dasar, contohnya pada pelapisan nikel, *chromium*[5].



Gambar 1. Proses Pelapisan Logam

Dalam penelitian ini bertujuan bagaimana hasil dari proses pelapisan logam dengan metode elektroplating dengan berfokus pada lapis nikel terhadap baja ST- 37. Hasil yang akan dianalisa yaitu pertambahan berat dan tebal pelapisan yang akan terjadi pada permukaan baja ST-37.

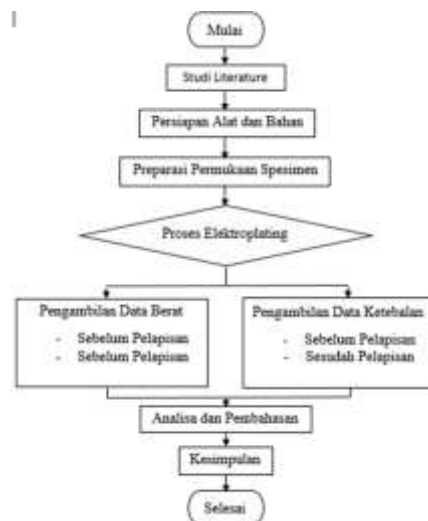
2. Metode Penelitian

Metode penelitian dengan pendekatan eksperimen melalui pembuatan rancangan dan pembuatan alat electroplating serta pengujian

pelapisan logam plat baja ST-37 menggunakan pelapis nikel dengan memvariasikan waktu pelapisan 300, 600, dan 900 detik dan besar arus yang digunakan yaitu 1, 2, 3 ampere terhadap berat dan tebal pelapisan. Dalam pengujian alat ini ditetapkan suatu variabel uji, sebab penentuan variabel merupakan parameter utama yang mempengaruhi hasil dalam pengujian. Pada pengujian ini ditetapkan variabel uji sebagai berikut:

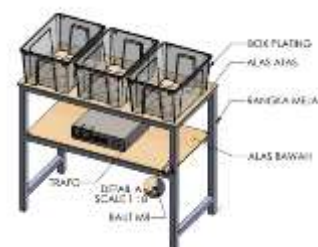
1. Variabel Bebas
Sebagai variabel bebas dalam pengujian ini adalah besarnya arus dan lamanya waktu pelapisan yang akan di uji.
2. Variabel Terkendali
Sesuai dengan tujuan penulisan yang akan dicapai yaitu untuk bisa mendapatkan penambahan ketebalan dan berat yang didapat setelah melakukan proses pelapisan logam dengan lapis nikel, maka variabel kendali dalam penelitian ini adalah tebal lapisan yang didapatkan setelah terjadi proses pelapisan dengan sampel baja ST-37.

Adapun tahapan penelitian seperti dijelaskan pada gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir

Perencanaan desain alat proses pelapis logam dengan metode electroplating dapat dilihat pada gambar 3



Gambar 3. Desain Alat Elektroplating

Prinsip kerja alat pelapis logam dengan metode elektroplating, yaitu sebelum benda kerja dicelupkan harus dalam keadaan bersih dan bebas dari kotoran yang menempel seperti lemak dan senyawa oksidan atau sulfide. Selanjutnya benda kerja yang sudah dibersihkan kemudian dikeringkan. Langkah selanjutnya benda uji dicelup pada box pelapis. Catu daya dengan arus DC akan mengalirkan arus menuju ke elektroda yaitu anoda (pelapis) dan katoda (benda uji), sehingga terjadilah pemindahan muatan ion positif ke elektroda yaitu katoda (benda uji), sementara ion bermuatan positif akan berpindah ke arah elektroda bermuatan positif sedangkan ion-ion tersebut di netralkan oleh kedua elektroda dan larutan yang dihasilkan akan diendapkan pada elektroda katoda, hasil yang terbentuk adalah lapisan logam yang melindungi seluruh bidang permukaan benda uji.

2.1. Perhitungan Dalam Perencanaan

1. Box Penampung Larutan

Pada pemilihan material box penampung larutan elektrolit, material yang digunakan berbahan plastik polimer sintesis. Polimer sintesis yaitu polimer yang disintesis dari monomer-monomernya dalam reaktor. Box berukuran 480mm x 310mm x 270mm

Tabel 1 larutan yang akan digunakan pada box plating.

Tabel 1. Jenis larutan		
Pelapisan	Larutan	Massa Jenis
Nikel	NiSO ₄	3,68 gr/cm ³
	NiCl ₂	3,55 gr/cm ³
	H ₂ SO ₄	1,83 gr/cm ³

Dalam menentukan ketahanan permukaan bawah dari bak penampung agar tidak jebol/rusak ketika dilakukan pengangkatan, maka harus dipilih larutan dengan massa jenis terberat. Pada table 1 diketahui massa jenis terberat adalah larutan NiSO₄ dengan massa jenis sebesar 3,68 gr/cm³ dan volume bak penampung yang diisi sebesar 15 liter. Maka dapat dihitung ketahanan box penampung sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 m &= \rho \times V \\
 &= 3,68 \text{ gr/cm}^3 \times 15 \text{ liter} \\
 &= 3,68 \text{ gr/cm}^3 \times 15 \text{ dm}^3 \\
 &= 3690 \text{ kg/m}^3 \times 0,015 \text{ m}^3 \\
 &= 55,35 \text{ kg} \\
 &= 55 \text{ kg} \\
 w &= m \times g
 \end{aligned}$$

$$= 55 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$= 539 \text{ N}$$

$$F = w$$

$$= 539 \text{ N}$$

$$\tau = \frac{F}{A}$$

$$= \frac{539 \text{ N}}{0,48 \text{ m} \times 0,31 \text{ m}}$$

$$= \frac{539 \text{ N}}{0,1488 \text{ m}^2}$$

$$= 3622,31 \text{ N/m}^2$$

$$= 0,00003 \times 10^8 \text{ N/m}^2$$

Material wadah box penampung yang digunakan adalah material berbahan plastik polimer *High Density Polyethylene* (HDPE) dengan tegangan izin sebesar $37 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ [6]. Maka, perbandingan τ Material plastik yang terjadi dengan τ Izin plastik dituliskan dengan pertidaksamaan berikut:

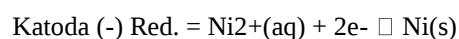
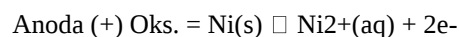
$$0,00003 \times 10^8 \text{ N/m}^2 < 37 \times 10^8 \text{ N/m}^2$$

Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan didapatkan kesimpulan bahwa box penampung aman dari kerusakan ketika proses pengangkatan box penampung. Sehingga permukaan bawah box penampung tidak akan jebol/pecah.

2. Menentukan Berat Pelapisan

Dalam menentukan berat pelapisan elektroplating dilakukan tergantung jenis pelapisan yang akan digunakan. Sebagai contoh pada simulasi akan dilakukan proses elektroplating nikel dengan kuat arus 1 ampere dan waktu dalam proses elektroplating selama 15 menit. Dimana nikel sebagai pelapis (anoda) dan yang akan dilapisi yaitu baja ST-37 (katoda). Dengan syarat larutan elektrolit harus memiliki unsur garam yang sama dengan material pelapis (anoda) yaitu larutan NiSO₄ (Ar Ni = 58,7 gram/mol).

Reaksi kimia yang terjadi pada proses elektroplating nikel adalah sebagai berikut :



Maka, berat pelapisan (G) yang terbentuk dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.13)

$$G = (e.i.t)/96.500$$

$$G = (58,7/2 \cdot 1.900)/96.500$$

$$G = 26.415/96500$$

G=0,27 gr

Dari hasil percobaan tersebut dapat dihitung bahwa berat pelapisan yang akan dihasilkan dalam waktu 15 menit yaitu 0,27 gram.

3. Menentukan Rapat Arus

Pengaruh rapat arus pada pelapisan elektroplating sangat mempengaruhi ketebalan lapisan. Pada percobaan material yang digunakan baja ST-37 berukuran 5 cm × 5 cm dan tebal 5 mm, dengan kuat arus yang digunakan sebesar 1 ampere, maka rapat arus (j) pada pelapisan electroplating.

Disimpulkan bahwa luas seluruh permukaan benda uji yaitu:

Luas permukaan 1: $0,5 \text{ dm} \times 0,5 \text{ dm} = 0,25 \text{ dm}^2$

Luas permukaan 2: $0,5 \text{ dm} \times 0,5 \text{ dm} = 0,25 \text{ dm}^2$

Luas permukaan 3: $0,05 \text{ dm} \times 0,5 \text{ dm} = 0,025 \text{ dm}^2 \times 4 = 0,1$

Total luas permukaan benda uji adalah sebesar $0,6 \text{ dm}^2$

Maka dapat ditentukan rapat arus menggunakan rumus berikut:

$$j = \frac{I}{A}$$

$$j = \frac{1 \text{ ampere}}{0,6 \text{ dm}^2}$$

$$j = 1,6 \text{ A/dm}^2$$

3. Hasil dan Pembahasan



Gambar 4. Alat Elektroplating

Dalam pengujian alat akan digunakan spesimen benda kerja dari plat dengan tebal 3 serta 5 mm, dan dengan ukuran 5 cm x 5 cm. Benda kerja terlebih dahulu dibersihkan/dicuci untuk menghilangkan korosi dan menghilangkan lapisan yang sudah ada. Sebelum dilakukan proses elektroplating, lakukan dahulu penimbangan dan pengukuran ketebalan serta berat benda kerja, lalu catat hasilnya. Setelah itu dilakukan proses pelapisan nikel pada tegangan tertentu dan waktu tertentu. Pada saat proses pelapisan nikel berlangsung, amati besar arus yang terjadi pada ampere meter kemudian catat hasilnya. Setelah selesai proses pelapisan nikel maka lakukan penimbangan dan pengukuran ketebalan dari benda kerja yang kedua lalu catat hasil pengujian.

3.1. Data Pengujian

Variabel dependen : Berat benda kerja(gr) dan Ketebalan lapisan (mm)

Faktor independen 1 : Waktu pelapisan (menit)

Faktor independen 2 : Kuat arus (ampere)

 : Data dari hasil pengujian

 : Pengolahan data dari pengujian

Tabel2. Data Hasil Pengujian

Kuat Arus (ampere)	Waktu (menit)	Berat Pelapisan 1 (gram)	Berat Pelapisan 2 (gram)	Tebal Pelapisan 1 (mm)	Tebal Pelapisan 2 (mm)	ΔW (gram)	Δs (mm)
1	5	199,83	199,99	4,672	4,680	0,16	0,004
	10	189,69	189,97	4,643	4,661	0,28	0,009
	15	169,33	169,96	4,596	4,622	0,63	0,013
2	5	126,91	127,76	3,116	3,152	0,85	0,018
	10	201,35	202,41	5,087	5,135	1,06	0,024
	15	182,42	183,74	4,535	4,601	1,32	0,033
3	5	228,55	229,97	5,168	5,240	1,42	0,036
	10	111,57	113,45	2,826	2,910	1,88	0,042
	15	118,78	121,20	2,966	3,076	2,42	0,055

3.2. Pengolahan Data

- Hubungan antara arus dengan berat pelapisan nikel yang terjadi



Gambar 5. Grafik hubungan antara arus dengan berat pelapisan nikel

Berdasarkan data tersebut dapat diketahui bahwa nilai berat pelapisan nikel meningkat seiring dengan meningkatnya waktu pelapisan pada setiap kuat arus yang direncanakan. Berat tertinggi benda kerja yang terlapisi diperoleh pada rata-rata waktu 15 menit, sedangkan untuk kuat arus yaitu sebesar 3 ampere. Hal tersebut terjadi karna seiring dengan meningkatnya kuat arus proses reaksi pengendapan ion elektrolit nikel (Ni^{2+}) menjadi lebih cepat, sehingga akan lebih banyak atom hidrogen yang masuk serta interstisi kedalam struktur endapan nikel sebab itu berat pada benda uji akan bertambah.

- Hubungan antara rapat arus dan lama waktu pelapisan terhadap ketebalan lapisan

Arus total yang mengalir melalui sel atau sistem perhitungan besar logam yang diendapkan. Ketebalan rata-rata akan tergantung berat total yang diendapkan dan luas permukaan. Dalam proses ini penting sekali artinya variable yang dikenal dengan rapat arus, sedangkan banyaknya arus itu diberi nama istilah arus.

$$i = \frac{I}{A}$$

Dengan:

i = Rapat arus (A/dm^2)

I = Kuat arus (A)

A = Luas permukaan (dm^2)

Yang terbaca dari ampere meter adalah kuat arus. Sedangkan rapat arus tidak dapat dilihat hanya dari ampere meter, namun diperhitungkan luas permukaan elektrodanya. Sebagai contoh pembahasan kita ambil dari salah satu data hasil percobaan dengan arus yang terjadi sebesar 2 A dan total luas permukaan adalah $0,6 dm^2$

Maka besar rapat arus yang terjadi:

$$\begin{aligned} i &= \frac{I}{A} \\ &= \frac{2 A}{0,6 dm^2} \\ &= 3,3 A/dm^2 \end{aligned}$$

Dengan rumus yang sama kita dapatkan besar rapat arus dari tiap masing-masing percobaan adalah:

Tabel 3.Data Hasil Besar Rapat Arus

Kuat arus (A)	Rapat arus (A/dm^2)	Ketebalan lapisan (μm)		
		300 detik	600 detik	900 detik
1	1,6	4	9	13
2	3,3	18	24	33
3	5	36	42	55

Dari data table percobaan diatas dapat dibuat sebuah grafik hubungan antara rapat arus dan lama waktu pelapisan terhadap ketebalan pelapisan.



Gambar 6.Grafik Rapat Arus Terhadap Tebal Pelapisan

Dari tabel percobaan diatas dapat dibuat sebuah grafik hubungan antara rapat arus dan lama waktu pelapisan terhadap ketebalan pelapisan. Dari grafik diatas (gambar 6) memperlihatkan adanya perbedaan ketebalan lapisan nikel yang terjadi akibat adanya perbedaan rapat arus yang digunakan. Dapat dilihat pada gambar 6 pada waktu yang sama, bahwa semakin naik/besar rapat arus yang digunakan maka semakin naik/besar pula ketebalan lapisan nikel yang terjadi.



Gambar 7.Grafik Hubungan Besar Arus Dengan Ketebalan Lapisan Nikel

Dari grafik diatas (gambar 7) memperlihatkan adanya perbedaan ketebalan lapisan nikel yang terjadi akibat adanya perbedaan rapat arus yang digunakan. Bisa disimpulkan bahwa semakin naik/besar rapat arus yang digunakan semakin naik/besar pula ketebalan lapisan nikel yang terjadi.

3.3 Efisiensi Berat Pelapisan

Dari hasil perhitungan dan pengujian di atas, dapat disimpulkan untuk efisiensi berat pelapisan yaitu sebagai berikut:

Menghitung massa endapan pada katoda dengan persamaan:

$$W = \frac{I \times t \times A}{Z \times F}$$

Dengan mengambil salah satu data pengujian dimana menggunakan arus sebesar 2A selama 15 menit (900 detik), dengan efisiensi arus 100%.

Secara teoritis adalah sebesar:

$$W = \frac{\left(\frac{58,7}{2}\right) \times 900 \times 2}{96500}$$

$$= 0,54 \text{ gr}$$

Dari hasil pengujian didapatkan berat lapisan nyata benda kerja sebesar:

$$W' = 1,32 \text{ gram}$$

Jadi Efisiensi *Plating* Ni :

$$\eta = \frac{W'}{W}$$

$$\eta = \frac{1,32}{0,54} \times 100\%$$

$$= 24\%$$

Dapat disimpulkan dalam satu kali pelapisan selama 900 detik dengan besar arus 2 ampere perbedaan hasil secara teoritis dan hasil nyata menghasilkan efisiensi sebesar 24%.

4. Kesimpulan

Dari hasil percobaan menggunakan benda uji baja ST-37 dengan luas permukaan 0,6 dm² didapatkan hasil optimal dengan besar arus 2A dan lama waktu 15 menit disetiap sisi, didapatkan hasil tampak fisik yaitu permukaan benda uji lebih mengkilap, halus dan menambah nilai estetika juga melindungi benda tersebut dari korosi.

Berat pelapisan nikel yang terjadi tergantung dari besar arus yang digunakan dan lama waktu pelapisan. Pada waktu pelapisan yang sama jika arus yang digunakan semakin naik maka semakin naik pula berat lapisan nikel yang terjadi. Begitu pula dengan penggunaan arus yang sama dan lama waktu pelapisan yang semakin besar / naik maka semakin besar pula berat lapisan nikel yang terjadi. Contoh nya pada kuat arus yg sama 2 ampere dengan waktu 5 menit dan 10 menit sebesar 0,85 gr dan 1,06 gr untuk berat, untuk ketebalan sebesar 18µm dan 24µm. Besar ketebalan nikel yang terjadi tergantung dari rapat arus yang digunakan. Pada waktu pelapisan yang sama jika rapat arus yang digunakan semakin naik / besar maka semakin naik / besar pula ketebalan nikel yang terjadi.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada seluruh sivitas akademika Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Padang yang telah membantu pelaksanaan penelitian ini.

Daftar Rujukan

- [1] L. T. Romankiw and E. J. M. O'Sullivan, "Plating techniques," *Handb. Microlithogr. Micromachining, Microfabr.*, vol. 2, pp. 197–298, 1997.
- [2] S. La-Niece, *Metal plating and patination: cultural, technical and historical developments*. Elsevier, 2013.
- [3] H. Kaban, S. Niar, and D. Jorena, "Menguji Kekuatan Bahan Elektroplating Pelapisan Nikel pada Substrat Besi dengan Uji Impak (Impact Test)," *J. Penelit. Sains*, vol. 13, no. 3, p. 13305, 2010.
- [4] Paridawati, "Analisa Besar pengaruh Tegangan Listrik terhadap Ketebalan Pelapisan Chrome pada Pelat Baja dengan Proses Electroplating," *J. Imiah Tek. Mesin*, vol. 1, no. 1, pp. 36–44, 2013.
- [5] 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* UNS (Sebelas Maret University), 2012.
- [6] I. M. L. M. Jaya, *Metode Penelitian Kuantitatif dan Kualitatif: Teori, Penerapan, dan Riset Nyata*. in Anak Hebat Indonesia. Anak Hebat Indonesia, 2020. [Online]. Available: <https://books.google.co.id/books?id=yz8KEA AAQBAJ>
- [7] I. M. L. M. Jaya, *Metode Penelitian Kuantitatif dan Kualitatif: Teori, Penerapan, dan Riset Nyata*. in Anak Hebat Indonesia. Anak Hebat Indonesia, 2020. [Online]. Available: <https://books.google.co.id/books?id=yz8KEA AAQBAJ>
- [8] Yuniati, "Optimasi Tahap Aktivasi Pelapisan Logam Nikel (Ni) Pada Plastik ABS Secara Elektroplating," *J. Teknol.*, 2010, [Online]. Available: http://jurnal.pnl.ac.id/wp-content/plugins/Flutter/files_flutter/1395110873jurnalteknologiOktober2010.pdf